

# La singularidad está cerca

**RAY KURZWEIL**

Cuando los seres humanos TRANSCENDEN LA BIOLOGÍA

La era de las máquinas inteligentes

La solución de 10% para una vida saludable

La era de las máquinas espirituales: Cuando las Maquinas Superan Inteligencia Humana Viaje fantástico: vivir lo suficiente para vivir para siempre (con Terry Grossman,MD)

Penguin Group ( EE.UU. ) Inc., 375 Hudson Street, New York, New York 10014, EE.UU. z Penguin Group (Canadá ) , 10 Alcorn Avenue, Toronto , Ontario , Canadá M4V 3B2 (una división de Pearson pingüino Canada Inc.) z pingüino Books Ltd, 80 Strand , Londres WC2R

ORL , Inglaterra z pingüino Irlanda, Green, Dublín 2 , Irlanda 25 de San Esteban (una división de Penguin Books Ltd) z Penguin Books Australia Ltd, 250 Camberwell Road, Camberwell , Victoria 3124 , Australia (una división de Pearson Australia Group Pty Ltd) z Penguin Books India Pvt Ltd, 11 Centro de la Comunidad , Panchsheel Park, Nueva Delhi 110 017 , India z Penguin Group (NZ ) , Cnr Airborne y Vialidad Rosedale , Albany , Auckland 1310, Nueva Zelanda (una división de Pearson New Zealand Ltd ) z Penguin Books ( Sudáfrica) ( Pty ) Ltd, 24 Strudee Avenue, Rosebank, Johannesburg 2196 , Sudáfrica

Penguin Books Ltd , Oficinas registrados: 80 Strand , Londres WC2R 0RL , Inglaterra

Publicado por primera vez en 2005 por Viking Penguin, un miembro de Penguin Group ( EE.UU. ) Inc.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Copyright © Ray Kurzweil , 2005

Todos los derechos reservados fotografía de la pág . 368 por Helene DeLillo , 2005

Se agradece la autorización para reproducir fragmentos de las siguientes obras con derechos de autor : "Plastic Fantastic Lover " de Marty Balin , realizada por Jefferson Airplane . Bolsa de hielo Publishing Corp. " What I Am " de Edie Brickell Arlisa , Kenneth Neil Withrow , John Bradley Houser , John Walter Bush , Brandon Aly . © 1988 por Geffen Música, Edie Briskell canciones , Withrow Publishing, Enlightened gatito Música, Strange Mind Productions. Todos los derechos reservados . " Season of the Witch " de Donovan Leitch . © 1996 por Donovan (Música ) Limited . Derechos de autor renovado . Derecho de autor internacional asegurado . Usado con permiso . Todos los derechos reservados . Mundial de derecho administrado por Peermusic (UK ) Ltd. "Navegando hacia Bizancio " de las Obras Completas de WB Yeats , Tomo I: Los poemas , revisado editado por Richard J. Finneran . Copyright © 1928 por The Macmillan Company ; copyright © renovado 1956 por Georgie Yeats . Reproducido con permiso de Scribner , un sello de Simon & Schuster Adult Publishing Group y AP Watt SA en nombre de Michael B. Yeats .

Sin limitar los derechos bajo copyright reservado anteriormente, ninguna parte de esta publicación puede ser resproduced , almacenada o introducida en un sistema de recuperación o transmitida de ninguna forma ni por ningún medio (ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin la autorización previa por escrito tanto del propietario del copyright y la editorial anterior de este libro.

La exploración , carga y distribución de este libro a través de Internet o a través de cualquier otro medio , sin el permiso del editor es ilegal y está penado por la ley . Por favor, compre ediciones electrónicas sólo las personas autorizadas y no participar o fomentar la piratería electrónica de materiales sujetos a copyright . Su apoyo a los derechos de autor es de agradecer.

Para mi madre, Hannah, que me dio el valor de buscar las ideas para hacer frente a cualquier reto contenido. Agradecimientos

## CONTENIDO

### **Prólogo**

El Poder de las Ideas

## **CAPITULO I**

### **Los seis Épocas**

La intuitiva visión lineal Versus visión exponencial

### **Las seis Épocas**

Epoca One: Física y Química.

Epoca Dos: Biología y ADN.

Epoca Tres: Cerebro.

Epoca Cuatro: Tecnología.

Epoca Cinco: La fusión de la tecnología humana con la inteligencia humana .

Epoca Seis: El Universo despierta .

### **La Singularidad Esta Cerca**

## **CAPÍTULO II**

### **Teoría de la Evolución de la tecnología :**

#### **La Ley de Aceleración de Devoluciones**

La naturaleza de la Orden.

El ciclo de vida de un paradigma .

Fractal Designs .

Evolución Hipermetrópe .

#### **El S - Curva de una tecnología que consten en su ciclo de vida**

El ciclo de vida de una tecnología .

De Cabra Skins para Descargas .

#### **La Ley de Moore and Beyond**

Ley de Moore : profecía autocumplida ?

El quinto paradigma .

Dimensiones del fractal y el cerebro.

#### **Secuenciación de ADN , memoria , comunicaciones, Internet y miniaturización**

Información , Orden y Evolución:

Las Perspectivas de Wolfram y los autómatas celulares de Fredkin.

Podemos evolucionar Inteligencia Artificial de reglas simples ?

## **La singularidad como imperativo económico**

Obtenga Ochenta billones Tiempo dólares -  
limitado solamente.

La deflación ... una mala cosa ?

## **CAPÍTULO III**

### **El logro de la capacidad computacional del cerebro humano**

### **El sexto paradigma de Tecnología Informática : Tri-Dimensional Computación Molecular y Nuevas Tecnologías Computacionales**

El puente de 3 -D Molecular Computing . Los nanotubos son todavía la mejor opción . Cálculo con moléculas .

Auto-ensamblaje .

Emulando Biología .

Computación con ADN .

Cálculo de spin .

Cálculo de Luz. Quantum Computing.

### **La capacidad computacional del cerebro humano**

Acelerar la disponibilidad de la computación personal humano de nivel .

Capacidad de la memoria humana .

### **Los límites de la Computación**

Informática reversible .

¿Cómo Smart es una roca ?

Los límites de la nanocomputación .

Fijar una fecha para la Singularidad .

La memoria y la eficiencia computacional : A Rock Versus un cerebro humano.

Más allá de la última : Pico y Femtotechnology y doblar la velocidad de la luz .

Yendo atrás en el tiempo .

## **CAPÍTULO IV**

### **La consecución del Software de Inteligencia Humana : Cómo realizar ingeniería inversa del cerebro humano**

La ingeniería inversa del cerebro : una visión general del Grupo 1

Nuevo de imágenes cerebrales y herramientas de modelado .

El software del cerebro . Analytic Versus Neuromorphic  
Modelado del cerebro .

¿Qué tan complejo es el cerebro ? Modelar el cerebro.

Pelando la cebolla .

¿El cerebro humano A diferencia de una computadora?

Los circuitos cerebrales son muy lentos .

Pero es masivamente paralelo .

El cerebro combina fenómenos analógicos y digitales .

El cerebro reconecta Misma.

La mayor parte de los detalles en el cerebro son aleatorios.

El cerebro utiliza las propiedades emergentes .

El cerebro es imperfecto .

Nos contradecirnos .

El cerebro utiliza Evolution.

Los patrones son importantes .

El cerebro es holográfico .

El cerebro está profundamente conectada .

El cerebro tiene una arquitectura de Regiones.

El diseño de una región del cerebro es más simple que el diseño de un Neuron.

Tratar de entender nuestro propio pensamiento: el ritmo acelerado de Investigación.

Mirando en el cerebro

Nuevas herramientas para la exploración del cerebro.

Optimización de la resolución .

Digitalización con nanobots .

Modelos de construcción del cerebro Modelos subneural : sinapsis y espinas .

Modelos neurona. Las neuronas electrónicas . Plasticidad Cerebral .

Regiones de modelado del cerebro. Un modelo neuromórfica : el cerebelo .

Otro Ejemplo : Varios de Modelo de las regiones auditivas .

El sistema visual .

Obras en Ejecución :

Un hipocampo artificial y una zona Olivo cerebellar Artificial .

La comprensión de nivel superior

Funciones: Imitación, Predicción y Emoción .

Interfaz Cerebro y Máquinas

El ritmo acelerado de la ingeniería inversa del cerebro

La escalabilidad de la inteligencia humana .

Carga del Cerebro Humano

## **CAPÍTULO V**

### **GNR : Tres revoluciones superpuestas**

Genética: La intersección de la Información y Biología

Computadora de la vida . Baby Boomers diseño .

¿Podemos realmente vivir para siempre ? ARN i ( ARN de interferencia ) .

Terapias de Célula .

Gene Chips . T

erapia génica somática .

Reversión de la Enfermedad degenerativa .

Lucha contra la enfermedad cardíaca .

La superación del cáncer .

Revertir el envejecimiento .

Las mutaciones del ADN .

Las células tóxicas .

Las mutaciones mitocondriales .

Los agregados intracelulares.

Los agregados extracelulares .

Pérdida de células y la Atrofia .

Clonación humana : La aplicación menos interesante de la tecnología de clonación.

¿Por qué es importante la clonación ?

Preservar las especies en peligro de extinción y restauración de seres extintos .

La clonación terapéutica . Human Engineering de células somáticas .

Resolución de hambre en el mundo .

Clonación Humana Revisited .

Nanotecnología: La intersección de la Información y el Mundo Físico 155

El ensamblador Biológica.

Actualización del núcleo celular con un nanocomputadora y Nanobot .

Los dedos gordos y pegajosos.

El debate se calienta .

Tempranos . Alimentación de la Singularidad. Las aplicaciones de la nanotecnología para el medio ambiente. Nanobots en el torrente sanguíneo.

Robótica : AI Strong

Fugitivo AI . El invierno AI . Kit de herramientas de AI . Sistemas Expertos . Las redes bayesianas . Modelos de Markov . Redes Neuronales. Los algoritmos genéticos ( GAs ) . Búsqueda recursiva . Deep Fritz Empates : están con los seres humanos más inteligentes , o está recibiendo computadoras más estúpido ? La ventaja de Specialized -Hardware . Deep Fritz azul Versus profundo . Las ganancias de software importantes . Están condenados jugadores de ajedrez humanos? Combinación de métodos . A Sampler AI estrecho . Militares y de inteligencia . Exploración Espacial . Medicine. Ciencias y Matemáticas. Negocios , Finanzas y Manufactura . Manufactura y Robótica . Habla y Lenguaje . Entretenimiento y deportes . AI fuerte .

## **CAPÍTULO VI**

### **El impacto . . .**

Toda una gama de impactos .

. . . en el cuerpo humano

Una nueva forma de comer .

Rediseñar el sistema digestivo .

Programable . Sangre .

Tenga un corazón , o no .

Entonces, ¿qué nos queda?

Rediseñar el cerebro humano .

Nos estamos convirtiendo en ciborgs .

Versión 3.0 del cuerpo humano .

. . . en el Cerebro Humano

El escenario de 2010 .

El escenario de 2030 .

Convertirse en otra persona . Beamers

experiencia . Amplíe sus Mente.

. . . en la longevidad humana

La transformación a la experiencia no biológica .

La longevidad de la Información.

. . . sobre la guerra : la distancia , robótica , robusta , tamaño reducido,

Paradigma

Virtual Reality -

El polvo inteligente .

Nanoarmas .

Armas inteligentes.

VR .

. . . en el aprendizaje 225

. . . sobre el trabajo

Propiedad Intelectual.

Descentralización .

. . . en juego

. . . en el destino inteligente del Cosmos : ¿Por qué es probable que estemos solos en el Universo

La Ecuación de Drake. Los límites de la Computación Revisited . Más grande o más pequeño. Ampliación Más allá del sistema solar . La velocidad de la luz Revisited . Los agujeros de gusano . Cambio de la velocidad de la luz . La Paradoja de Fermi Revisited . El Principio Antrópico Revisited . El Multiverso. La evolución de universos . Inteligencia como el Destino del Universo. La función de utilidad final . La radiación de Hawking . ¿Por qué la inteligencia es más poderosa que la física . Un ordenador Universo -Scale .

El holográfica

Universo.

## **CAPÍTULO VII**

Aún Humano? La enojosa cuestión de la Conciencia

¿Quién soy yo ? ¿Qué soy yo?

La singularidad como Trascendencia

## **CAPÍTULO VIII**

**La promesa profundamente entrelazados y los peligros de GNR Entrelazado**  
Beneficios. . .

. . . y peligros

**Toda una gama de riesgos existenciales**

El principio de precaución .  
Cuanto menor sea la interacción , mayor será el potencial explosivo .  
Nuestra simulación está apagado .  
Accidente del Partido. GNR : el enfoque adecuado de la Promesa Versus Peril .  
La inevitabilidad de un futuro transformado .  
Renuncia totalitario .  
Preparación de las defensas  
AI fuerte .  
Volviendo al pasado? La idea de la renuncia  
Renuncia amplia .  
Renuncia fino. Tratar con abuso .  
La amenaza de El fundamentalismo .  
Humanismo fundamentalista .  
Desarrollo de tecnologías defensivas y el impacto de la regulación  
Protección contra "Desagradable " AI fuerte .  
Descentralización . Distributed Energy .  
Libertades civiles en una Edad de la guerra asimétrica.  
Un programa para GNR Defensa

## **CAPÍTULO NUEVE**

### **Respuesta a los críticos**

Una panoplia de críticas a  
La Crítica de la incredulidad  
La crítica de Malthus  
Las tendencias exponenciales no duran para siempre .  
Un límite Prácticamente ilimitado .  
La Crítica de Software  
La estabilidad del software .  
Respuesta Software.  
Software Precio -Performance .  
Productividad de desarrollo de software .  
Complejidad del Software.  
Acelerar Algoritmos .

La última fuente de Algoritmos inteligentes .  
La Crítica de procesamiento analógico  
La Crítica de la Complejidad de procesamiento neural  
La complejidad del cerebro .  
El dualismo inherente de un ordenador .  
Niveles y bucles.  
La Crítica de microtúbulos y Quantum Computing  
La Crítica de la Tesis de Church-Turing  
La crítica de las tasas de fracaso 305 La Crítica de " Lock -In"  
La crítica de la ontología : ¿Puede un ordenador ser conscientes ?  
Habitación china de Kurzweil .  
La Crítica de la brecha entre ricos y pobres  
La Crítica de la probabilidad de Gobierno Reglamento  
La lentitud insoportable de Instituciones Sociales . La crítica del teísmo  
La crítica del holismo

## **Epílogo**

Cómo Singular ? Centralidad Humanos.  
Recursos e Información de contacto Apéndice : La ley de retornos acelerados  
Revisited  
Notas  
Índice [ omitido ]

## **Agradecimientos**

Me gustaría expresar mi profundo agradecimiento a mi madre, Hannah, y mi padre, Fredric, para soportar todas mis primeras ideas e inventos sin lugar a dudas, lo que me dio la libertad para experimentar, para mi hermana Enid por su inspiración, y para mi esposa, Sonia, y mis hijos, Ethan y Amy , que dan vida sentido, el amor y la motivación.

Me gustaría dar las gracias a las muchas personas con talento y devoto que me ayudaron con este complejo proyecto : En Vikingo : mi editor, Rick Kot , que proporcionó el liderazgo , entusiasmo, y la edición perspicaz; Clare Ferraro, que proporcionó un fuerte apoyo como editor; Timoteo Mennel, que proporciona corrección de estilo de expertos; Bruce Giffords y John Jusino, de la coordinación de los muchos detalles de la producción de libros , Amy Hill, para el diseño de texto interior ; acebo Watson, por su labor de difusión eficaz; Alessandra . Lusardi , quien

hábilmente asistido Rick Kot, Paul Buckley, por su diseño de arte claro y elegante, y Herb Thomby , quien diseñó la portada atractiva.

Loretta Barrett , mi agente literaria , cuya guía entusiasta y astuto ayudado a guiar este proyecto. Terry Grossman , MD, mi colaborador salud y coautor del viaje fantástico: Vivir lo suficiente vivir para siempre , por ayudarme a desarrollar mis ideas sobre la salud y la biotecnología a través de 10.000 correos electrónicos de ida y vuelta , y una colaboración multifacética.

Martine Rothblatt , por su dedicación a todas las tecnologías analizadas en este libro y por nuestra colaboración en el desarrollo de diversas tecnologías en estas áreas.

Aaron Kleiner , mi socio de negocios a largo plazo ( desde 1973 ) , por su dedicación y colaboración a través de muchos proyectos , incluido éste .

Amara Angelica , cuyo fiel y profundo esfuerzo llevado a nuestro equipo de investigación. Amara también usó sus habilidades de edición en circulación para que me ayude en la articulación de las cuestiones complejas en este libro. Kathryn Myronuk , cuyos esfuerzos de investigación dedicados hecho una importante contribución a la investigación y las notas. Sarah Negro contribuyó habilidades editoriales investigación exigente y . Mi equipo de investigación proporcionó asistencia muy capaz : Amara Angelica , Kathryn Myronuk , Sarah Negro , Daniel Pentlarge, Emily Brown, Celia Negro -Brooks , Nanda Barker- Hook, Sarah Brangan, Robert Bradbury , John Tillinghast , Elizabeth Collins, Bruce Darner , Jim Rintoul , Sue Rintoul , Larry Klaes y Chris Wright. Asistencia adicional fue proporcionada por Liz Berry, Sarah Brangan , Rosemary Drinka , Linda Katz , Lisa Kirschner, Inna Nirenberg , Christopher Setzer , Joan Walsh y Beverly Zibrak .

Laksman Frank , quien creó muchos de los atractivos diagramas e imágenes de mis descripciones y formato de los gráficos.

Celia Negro -Brooks , para proporcionar su liderazgo en el desarrollo de proyectos y comunicaciones.

Phil y Ted Cohen Coyle, para implementar mis ideas para la ilustración de la página 322 , y Helene

DeLillo , para la " singularidad está cerca " foto al principio del capítulo 7 . Nanda Barker- Hook, Emily Brown y Sarah Brangan , quien ayudó a dirigir las amplias logística de la investigación y los procesos editoriales .

Ken Linde y Matt Bridges, quien proporcionó sistemas de apoyo informático para mantener nuestro flujo de trabajo intrincado avanza sin problemas .

Denise Scutellaro , Joan Walsh, Maria Ellis, y Bob Beal, para hacer la contabilidad en este proyecto complicado.

El equipo KurzweilAI.net , que proporcionó apoyo sustancial de investigación para el proyecto : Aaron Kleiner, Amara Angelica , Bob Beal , Celia Negro -Brooks , Daniel Pentlarge , Denise Scutellaro , Emily Brown , Joan Walsh , Ken Linde, Laksman Frank, Maria Ellis, Matt Bridges, Nanda Barker- Hook, Sarah Negro y Sarah

Brangan.

Marcos Bizzell , Deborah Lieberman , Kirsten Clausen y Dea Eldorado, por su ayuda en la comunicación del mensaje de este libro.

Robert A. Freitas Jr. , para su examen a fondo de la materia relacionada con la nanotecnología . Paul Linsay , para su examen a fondo de las matemáticas en este libro.

Mis lectores expertos colegas que proporcionaron el servicio invaluable de revisar cuidadosamente el contenido científico : Robert A. Freitas Jr. ( nanotecnología , cosmología ) , Ralph Merkle ( nanotecnología ) , Martine Rothblatt ( biotecnología , la tecnología de aceleración ) , Terry Grossman ( la salud , la medicina, biotecnología ) , Tomaso Poggio ( la ciencia del cerebro y el cerebro de ingeniería inversa ) , John Parmentola ( la física, la tecnología militar ) , Dean Kamen ( desarrollo tecnológico), Neil Gershenfeld (tecnología informática , la física , la mecánica cuántica ) , Joel Gershenfeld ( ingeniería de sistemas ) , Hans Moravec (artificial inteligencia, robótica) , Max More ( aceleración tecnología, la filosofía ) , Jean-Jacques E. Slotine (cerebro y ciencias cognitivas ) , Sherry Turkle ( impacto social de la tecnología ) , Seth Shostak (SETI , cosmología , astronomía ) , Damien Broderick (tecnología aceleración, la Singularidad ) , y Harry George ( espíritu empresarial de tecnología) .

Mis lectores internos capaces : Amara Angelica , Sarah Negro , Kathryn Myronuk , Nanda Barker- Hook, Emily Brown , Celia Negro -Brooks , Aaron Kleiner , Ken Linde , John Chalupa , y Paul Albrecht .

Mi hijo , Ethan Kurzweil , y David Dalrymple : mis lectores , que proporcionaron una amplia visión laica .

Bill Gates, Eric Drexler, y Marvin Minsky , quien le dio permiso para incluir los diálogos en el libro, y por sus ideas , que fueron incorporados en los diálogos.

Los muchos científicos y pensadores cuyas ideas y esfuerzos están contribuyendo a nuestra expansión exponencial base de conocimiento humano.

Las personas antes mencionadas proporcionan muchas ideas y correcciones que pude hacer gracias a sus esfuerzos. Para los errores que quedan, me tomo exclusiva responsabilidad.

# La singularidad está cerca

## PROLOGO

### El Poder de las Ideas

Yo no creo que haya ninguna emoción que puede atravesar el corazón humano como el que siente el inventor cuando ve alguna creación del cerebro que se desarrolla con éxito. - NIKOLA TESLA , 1896, INVENTOR DE CORRIENTE ALTERNA

A la edad de cinco años, tuve la idea de que iba a ser un inventor. Tuve la idea de que los inventos pueden cambiar el mundo . Cuando otros niños se preguntaban en voz alta lo que querían ser , yo ya tenía la presunción de que yo sabía lo que iba a ser. El cohete a la luna que yo era entonces edificio (casi una década antes de que el desafío del presidente Kennedy a la nación) no funcionó. Pero todo el tiempo me volví ocho, mis inventos se convirtió en un poco más realista , como un teatro robótico con enlaces mecánicos que podían mover paisajes y personajes dentro y fuera de la vista , y los juegos de béisbol virtuales.

Tras huir del Holocausto , mis padres , ambos artistas , quería un menor provincial, crianza más mundana , religiosa me.1 Mi educación espiritual, por lo tanto, se llevó a cabo en una iglesia unitaria . Queremos pasar seis meses estudiando una religión - va a sus servicios , la lectura de sus libros , que tiene diálogos con sus líderes - y luego pasar a la siguiente. El tema fue " muchos caminos a la verdad. " Me di cuenta , por supuesto , muchos paralelismos entre las tradiciones religiosas del mundo , pero incluso las inconsistencias fueron esclarecedores. Quedó claro para mí que las verdades básicas eran lo suficientemente profundas para superar contradicciones aparentes .

A la edad de ocho años, descubrí la serie Tom Swift Jr. de libros. Las parcelas de todas las treinta y tres libros ( sólo nueve de los cuales se había publicado cuando empecé a leer en 1956 ) eran siempre los mismos : Tom sería meterse en una terrible situación, en la que su destino y el de sus amigos , y muchas veces el resto de la raza humana , pendía de un hilo . Tom se retiraría a su laboratorio en el sótano y pensar en cómo resolver el problema. Este era, pues, la tensión dramática en cada libro de la serie: ¿Qué ingeniosa idea sería Tom y sus amigos llegar a salvar el día 2 La moraleja de estos cuentos era sencilla : la idea de derecho tenía el poder para superar una aparente desafío abrumador.

A día de hoy , sigo convencido de esta filosofía de fondo : no importa lo que dilemas problemas cara de negocios , problemas de salud , dificultades de relación, así como los grandes retos científicos, sociales y culturales de nuestro tiempo, no es una idea que puede nos permite prevalecer . Por otra parte , podemos encontrar esa idea. Y cuando lo encontremos , tenemos que ponerlo en práctica. Mi vida ha sido moldeada por este imperativo . El poder de una idea, esto es en sí misma una idea.

Por la misma época que yo estaba leyendo la serie Tom Swift Jr. , recuerdo a mi abuelo , que también había huido de Europa con mi madre , al regresar de su primer viaje de regreso a Europa con dos memorias clave. Uno de ellos fue el trato amable que recibió de los austríacos y los alemanes , los mismos que habían obligado a huir en 1938. La otra era una rara oportunidad que le habían dado para tocar con sus propias manos algunos manuscritos originales de Leonardo da Vinci. Ambos recuerdos me han influenciado , pero éste es uno que he regresado muchas veces. Describió la experiencia con reverencia, como si hubiera tocado la obra de Dios mismo . Esto, entonces, fue la religión la que me crié con: veneración por la creatividad humana y el poder de las ideas .

En 1960 , a la edad de doce años, descubrí el ordenador y quedé fascinado con su capacidad de modelar y recrear el mundo . Colgué alrededor de las tiendas de electrónica de excedentes en Canal Street en Manhattan ( que todavía están allí !)

Y partes reunido para construir mis propios dispositivos computacionales. Durante la década de 1960 , estaba tan absorto en los movimientos musicales , culturales y políticos contemporáneos como mis compañeros, pero me hice igualmente comprometido en una tendencia mucho más oscuro : es decir , la secuencia notable de máquinas que IBM le ofrecía en esa década , desde su grandes series " 7000"

( 7070 , 7074 , 7090 , 7094 ) a su pequeño de 1620, efectiva el primer " minicomputadora ". Las máquinas fueron introducidas a intervalos anuales , y cada uno era más barato y más potente que el anterior, un fenómeno conocido hoy. Tengo acceso a un IBM 1620 y comenzó a escribir programas para el análisis estadístico y, posteriormente, para la composición musical.

Todavía recuerdo el momento en 1968, cuando me dejaron en el seguro de carcasa de una cámara cavernosa lo que entonces era el equipo más poderoso de Nueva Inglaterra, un top- of-the -line IBM 360 modelo 91 , con un notable millón de bytes ( un megabyte ) de la memoria " core " , una impresionante velocidad de un millón de instrucciones por segundo ( MIPS uno ) , y un costo de alquiler de sólo mil dólares por hora . Había desarrollado un programa informático que hacía juego con los estudiantes de secundaria de colegios , y yo observaba con fascinación como las luces del panel frontal bailaban a través de un patrón distintivo que la máquina procesa solicitud.3 de cada estudiante pesar de que estaba muy familiarizado con todas las líneas de código, sin embargo, parecía como si el equipo era profundo en sus pensamientos cuando las luces se apagaron durante unos segundos en el desenlace de cada ciclo. De hecho, podría hacerlo sin problemas en diez segundos lo que nos llevó diez horas para hacerlo manualmente con mucha menos precisión.

Como inventor de la década de 1970 , me di cuenta de que mis inventos necesarios para tener sentido en términos de las tecnologías de apoyo y las fuerzas del mercado que existen cuando se introdujeron las invenciones , como el mundo sería muy distinto de aquel en el que que fueron concebidos . Comencé a desarrollar modelos de cómo distintas tecnologías de la electrónica , las comunicaciones , procesadores , memoria , almacenamiento magnético , y otros - desarrollados y cómo estos cambios recorrió los mercados y, en definitiva nuestras instituciones sociales. Me di cuenta de

que la mayoría de los inventos no fallan porque el departamento de I + D no se puede llegar a trabajar , sino porque el tiempo es malo . Inventar es muy parecido a navegar: hay que prever y coger la ola en el momento justo .

Mi interés en las tendencias de la tecnología y sus implicaciones tomó vida propia en la década de 1980 , y comenzó a utilizar mis modelos para proyectar y anticipar las futuras tecnologías , innovaciones que aparecerían en 2000 , 2010 , 2020 y más allá. Esto me permitió inventar con las capacidades del futuro mediante la concepción y el diseño de las invenciones que utilizan estas capacidades futuras . A mediados de la década de 1980 , escribí mi primer libro , *La edad de Intelligent Machines*.<sup>4</sup> Incluía extensa (y razonablemente exacta ) predicciones para el 1990 y 2000 , y terminó con el espectro de la inteligencia de las máquinas convertirse indistinguible de la de sus progenitores humanos dentro de la primera mitad del siglo XXI . Parecía una conclusión conmovedora , y en cualquier caso yo personalmente le resultaba difícil ver más allá de lo que la transformación de un resultado.

En los últimos veinte años, he llegado a apreciar un meta- idea importante : que el poder de las ideas para transformar el mundo es en sí misma aceleración . Aunque las personas con facilidad de acuerdo con esta observación cuando se limitó a indicar , son relativamente pocos los observadores verdaderamente aprecian sus profundas implicaciones. Dentro de las próximas décadas , tendremos la oportunidad de aplicar las ideas de conquistar antiguos problemas - e introducir algunos nuevos problemas en el camino.

Durante la década de 1990 , reuní datos empíricos sobre la aparente aceleración de todas las tecnologías relacionadas con la información y la busqué para refinar los modelos matemáticos que subyacen a estas observaciones. He desarrollado una teoría que yo llamo la ley de rendimientos acelerados, lo que explica por qué la tecnología y los procesos evolutivos en el progreso general de una exponencial fashion.<sup>5</sup> en la era de las máquinas espirituales (ASM ) , que escribí en 1998 , que trataron de articular la naturaleza de la vida humana , ya que existiría más allá del punto cuando la máquina y la cognición humana borrosa . De hecho , he visto a esta época como una colaboración cada vez más estrecha entre nuestro patrimonio biológico y un futuro que trasciende la biología.

Desde la publicación de la ASM , he comenzado a reflexionar sobre el futuro de nuestra civilización y su relación con nuestro lugar en el universo. Aunque pueda parecer difícil de imaginar las posibilidades de una civilización futura cuya inteligencia supera ampliamente nuestra, nuestra capacidad de crear modelos de la realidad en nuestra mente nos permite articular una perspectiva interesante sobre las implicaciones de la fusión inminente de nuestro pensamiento biológico con la no biológica inteligencia de que estamos creando. Esto, entonces, es la historia que quiero contar en este libro. La historia se basa en la idea de que tenemos la capacidad de comprender nuestra propia inteligencia para acceder a nuestro propio código de fuente , si se quiere - y luego revisar y expandirla.

Algunos observadores se preguntan si somos capaces de aplicar nuestro propio pensamiento para entender nuestro propio pensamiento. AI investigador Douglas

Hofstadter reflexiona que "podría ser simplemente un accidente del destino que nuestros cerebros son demasiado débiles para comprenderse a sí mismos . Piense en la jirafa humildes , por ejemplo, cuyo cerebro es obviamente muy por debajo del nivel necesario para la auto- comprensión, sin embargo, es muy similar a la nuestra brain.6

Sin embargo , ya hemos conseguido porciones de modelado de nuestras neuronas cerebrales y regiones neurales importantes y la complejidad de estos modelos está creciendo rápidamente . Nuestro progreso en la ingeniería inversa del cerebro humano, un tema clave que voy a describir en detalle en este libro , demuestra que sí tenemos la capacidad de comprender , modelar y extender nuestra propia inteligencia. Este es un aspecto de la singularidad de nuestra especie : la inteligencia es sólo lo suficientemente por encima del umbral crítico necesario para nosotros para escalar nuestra propia capacidad para alturas de libre disposición de la energía creativa y tenemos el apéndice oponible ( los pulgares ) necesarios para manipular el universo nuestra voluntad.

Una palabra sobre la magia : cuando estaba leyendo los libros de Tom Swift Jr. , yo también era un mago ávido. Me gustó el deleite de mi público en experimentar transformaciones aparentemente imposibles de la realidad. En mi adolescencia , he sustituido mi magia de salón con proyectos de tecnología . Descubrí que a diferencia de meros trucos , la tecnología no pierde su poder trascendente en que sus secretos son revelados. A menudo recuerdo de la tercera ley de Arthur C. Clarke, que " cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia . "

Considere las historias de Harry Potter de JK Rowling desde esta perspectiva . Estos cuentos pueden ser imaginario, pero no son visiones irracionales de nuestro mundo , ya que sólo existen unas pocas décadas a partir de ahora . Esencialmente todos los Potter "magia " se realizará a través de las tecnologías voy a explorar en este libro. Reproducción de quidditch y transformación de las personas y objetos en otras formas será factible en su totalidad - de inmersión entornos de realidad virtual , así como en la realidad real , utilizando dispositivos a nanoescala . Más dudosa es la inversión del tiempo ( como se describe en Harry Potter y el prisionero de Azkaban ), aunque las propuestas serias , incluso se han propuesto para llevar a cabo algo como lo siguiente ( sin dar lugar a paradojas causalidad ), al menos para los bits de información, que esencialmente es lo que nos conformamos . ( Véase la discusión en el capítulo 3 sobre los límites últimos de cálculo. )

Tenga en cuenta que Harry desata su magia pronunciando el conjuro adecuado. Por supuesto , el descubrimiento y la aplicación de estos encantamientos hay cosas sencillas . Harry y sus colegas necesitan para obtener la secuencia de los procedimientos y el énfasis exactamente correcto . Ese proceso es, precisamente, nuestra experiencia con la tecnología. Los encantamientos son las fórmulas y los algoritmos subyacentes a nuestra magia moderna. Con sólo la secuencia correcta , se puede obtener una computadora para leer un libro en voz alta , entender el lenguaje humano , anticipar ( y evitar ) un ataque al corazón , o predecir el movimiento de una participación del mercado de valores . Si un encantamiento es sólo un poco fuera de

marca , la magia se ha debilitado en gran medida o no funciona en absoluto.

Se podría objetar que esta metáfora señalando que encantamientos Hogwartian son breves y por lo tanto no contienen mucha información en comparación con , por ejemplo, el código de un programa de software moderno. Pero los métodos esenciales de la tecnología moderna generalmente comparten la misma brevedad. Los principios de funcionamiento de los avances de software , tales como el reconocimiento de voz se pueden escribir en unas pocas páginas de fórmulas . A menudo, un avance clave es una cuestión de la aplicación de un pequeño cambio en una sola fórmula .

La misma observación es válida para los "inventos" de la evolución biológica : considerar que la diferencia genética entre los chimpancés y los seres humanos , por ejemplo, es sólo unos pocos cientos de miles de bytes de información. Aunque los chimpancés son capaces de algunas proezas intelectuales , esa pequeña diferencia en nuestros genes es suficiente para nuestra especie para crear la magia de la tecnología .

Muriel Rukeyser dice que "el universo está hecho de historias , no de átomos ". En el capítulo 7 , me describo como " patternist " alguien que ve patrones de información como la realidad fundamental. Por ejemplo , las partículas que componen el cerebro y el cuerpo cambian en cuestión de semanas , pero no hay una continuidad de los patrones que hacen estas partículas . Una historia puede ser considerada como un patrón significativo de la información , por lo que puede interpretar el aforismo de Muriel Rukeyser desde esta perspectiva. Este libro es, pues, la historia del destino de la civilización humana - máquina, un destino que hemos llegado a referirse como la Singularidad .

## **CAPITULO PRIMERO**

### **Los seis épocas**

Todo el mundo tiene los límites de su propia visión del mundo. Arthur Schopenhauer

No estoy seguro de que cuando me enteré de la Singularidad . Tengo que decir que fue un despertar progresivo. En el casi medio siglo que he sumergí en computadora y las tecnologías relacionadas , que he tratado de comprender el significado y propósito de la agitación continua de que he sido testigo en muchos niveles. Poco a poco, me he dado cuenta de un acontecimiento transformador que se avecina en la primera mitad del siglo XXI . Al igual que un agujero negro en el espacio altera dramáticamente los patrones de la materia y la energía acelerando hacia su horizonte de sucesos, esta singularidad inminente en nuestro futuro está transformando cada vez más todas las instituciones y los aspectos de la vida humana, de la sexualidad con la espiritualidad .

Entonces, ¿cuál es la Singularidad ? Es un período futuro durante el cual el ritmo de cambio tecnológico será tan rápido , su impacto tan profundo, que la vida humana se transformará irreversiblemente . Aunque ni utópica ni distópica , esta época va a

transformar los conceptos que nos apoyamos para dar sentido a nuestras vidas , de nuestros modelos de negocio para el ciclo de la vida humana , incluso la muerte misma. Comprender la singularidad va a alterar nuestra perspectiva sobre la importancia de nuestro pasado y las consecuencias para nuestro futuro. Para entender verdaderamente lo cambia inherentemente vista de cada uno de la vida en general y de la propia vida en particular. Me considero una persona que entiende la singularidad y que ha reflexionado sobre sus implicaciones para su propia vida como un " singularitarian " 1.

Puedo entender por qué muchos observadores no abrazan fácilmente las implicaciones obvias de lo que he llamado la ley de rendimientos acelerados ( la aceleración inherente al ritmo de la evolución, la evolución tecnológica como una continuación de la evolución biológica ) , Después de todo , me tomó cuarenta años para que puedas ver lo que estaba justo en frente de mí , y yo todavía no puedo decir que estoy totalmente a gusto con todas sus consecuencias .

La idea clave que subyace a la Singularidad inminente es que el ritmo de cambio de nuestra tecnología creado por el hombre se está acelerando y sus poderes están creciendo a un ritmo exponencial. El crecimiento exponencial es engañosa. Empieza casi imperceptiblemente y luego explota con inesperada furia inesperada , es decir, si no se tiene cuidado de seguir su trayectoria. (Véase el gráfico "El crecimiento lineal vs exponencial " en la p .10.)

Considere esta parábola : propietario de un lago quiere quedarse en casa para cuidar a los peces del lago y asegurarse de que el lago no se cubren con hojas de nenúfar , que se dice que duplicar su número cada pocos días . Mes tras mes , que espera pacientemente , sin embargo, sólo pequeños trozos de hojas de nenúfar se puede discernir , y no parecen estar expandiéndose de forma notable . Con las hojas de nenúfar que cubren menos del 1 por ciento del lago, el propietario cifra que es seguro para tomar unas vacaciones y se va con su familia. Cuando regresa un par de semanas más tarde, se ha sorprendido al descubrir que todo el lago se ha convertido en cubierta con las almohadillas y el pescado han perecido. Al duplicar su número cada pocos días , los últimos siete doblajes fueron suficientes para extender la cobertura de los pads de todo el lago. (Siete duplicaciones extendieron su alcance 128 veces.) Esta es la naturaleza del crecimiento exponencial.

Considere la posibilidad de Gary Kasparov , quien despreció el patético estado de ajedrez por computadora en 1992. Sin embargo, la duplicación implacable de potencia de los ordenadores cada año permitió una computadora para derrotarlo sólo cinco años después.<sup>2</sup> La lista de formas computadoras ahora pueden exceder la capacidad humana está creciendo rápidamente. Por otra parte , las aplicaciones de una vez estrechas de la inteligencia ordenador están ampliando poco a poco en un tipo de actividad después de otra . Por ejemplo , las computadoras están diagnosticando electrocardiogramas e imágenes médicas , el vuelo y el aterrizaje de los aviones , el control de las decisiones tácticas de armas automáticas , la concesión de créditos y las decisiones financieras , y les da la responsabilidad de muchas otras tareas que antes requerían la inteligencia humana. El rendimiento de estos sistemas se

basa cada vez más en la integración de múltiples tipos de inteligencia artificial ( AI). Pero siempre y cuando hay una deficiencia AI en cualquier esfera de actividad , los escépticos se apuntan a esa zona como un bastión inherente superioridad humana permanente sobre las capacidades de nuestras propias creaciones.

Este libro argumentar , sin embargo , que dentro de varias décadas las tecnologías basadas en la información abarcará todo el conocimiento humano y la competencia , en su momento, las facultades de reconocimiento de patrones , las habilidades de resolución de problemas , y la inteligencia emocional y moral del propio cerebro humano.

Aunque impresionante en muchos aspectos , el cerebro sufre de limitaciones graves . Utilizamos el paralelismo masivo (cien billones de conexiones interneuronales operando simultáneamente ) para reconocer rápidamente los patrones sutiles. Pero nuestro pensamiento es extremadamente lento : las operaciones neuronales básicos son varios millones de veces más lento que los circuitos electrónicos actuales . Eso hace que nuestro ancho de banda fisiológica para el procesamiento de nueva información muy limitada en comparación con el crecimiento exponencial de la base general de conocimiento humano.

Nuestra versión 1.0 organismos biológicos son igualmente frágiles y sujetos a una gran variedad de modos de fallo , por no hablar de los rituales complicados que requieren de mantenimiento . Mientras que la inteligencia humana es a veces capaz de elevarse en su creatividad y expresividad , gran parte del pensamiento humano es derivado , pequeña y circunscrita .

La singularidad nos permitirá trascender las limitaciones de nuestros cuerpos y cerebros biológicos . Vamos a ganar poder sobre nuestros destinos . Nuestra mortalidad estará en nuestras manos. Vamos a ser capaces de vivir tanto tiempo como queremos (un estado sutilmente diferente a decir que viviremos para siempre) .

Vamos a entender completamente el pensamiento humano y nos enormemente extender y ampliar su alcance . A finales de este siglo , la parte no biológica de nuestra inteligencia será billones de billones de veces más potente que la inteligencia humana sin ayuda.

Ahora estamos en las primeras etapas de esta transición. La aceleración del cambio de paradigma ( la velocidad a la que cambiamos enfoques técnicos fundamentales ) , así como el crecimiento exponencial de la capacidad de las tecnologías de la información son tanto principio para llegar a la " rodilla de la curva " , que es la etapa en la que una tendencia exponencial se vuelve perceptible. Poco después de esta etapa , la tendencia se convierte rápidamente explosivo . Antes de mediados de este siglo, las tasas de crecimiento de nuestra tecnología , que serán indistinguibles de nosotros mismos - será tan fuerte como para aparecer esencialmente vertical. Desde un punto de vista estrictamente matemático , las tasas de crecimiento seguirán siendo finito , pero tan extrema que los cambios que provocan aparecerá para romper el tejido de la historia humana. Eso, al menos , será el punto de vista de la humanidad biológica sin contraste .

La singularidad representará la culminación de la fusión de nuestro pensamiento biológico y la existencia con nuestra tecnología , lo que resulta en un mundo que sigue siendo humano, sino que trasciende nuestras raíces biológicas. No habrá distinción post- Singularidad, entre el ser humano y la máquina , o entre la realidad física y virtual. Si usted se pregunta lo que quedará inequívocamente humana en un mundo así , es simplemente esta cualidad : la nuestra es la especie que busca inherentemente para extender su alcance físico y mental más allá de las limitaciones actuales .

Muchos comentaristas de estos cambios se centran en lo que perciben como una pérdida de algún aspecto vital de nuestra humanidad que será el resultado de esta transición. Esta perspectiva se debe , sin embargo , de una mala interpretación de lo que nuestra tecnología se convertirá . Todas las máquinas que hemos conocido hasta la fecha carecen de la sutileza esencial de cualidades biológicas humanas . A pesar de la singularidad tiene muchas caras , la implicación más importante es esto: nuestra tecnología coincidirá y luego muy superior a la finura y suavidad de lo que consideramos como el mejor de los rasgos humanos .

### **La intuitiva visión lineal Versus the Historical View exponencial**

Cuando se crea la primera inteligencia transhumana y se lanza en recursivo auto-mejora , es probable que se produzca , la talla de la que no puedo ni siquiera empezar a predecir una discontinuidad fundamental.

- MICHAEL Anissimov

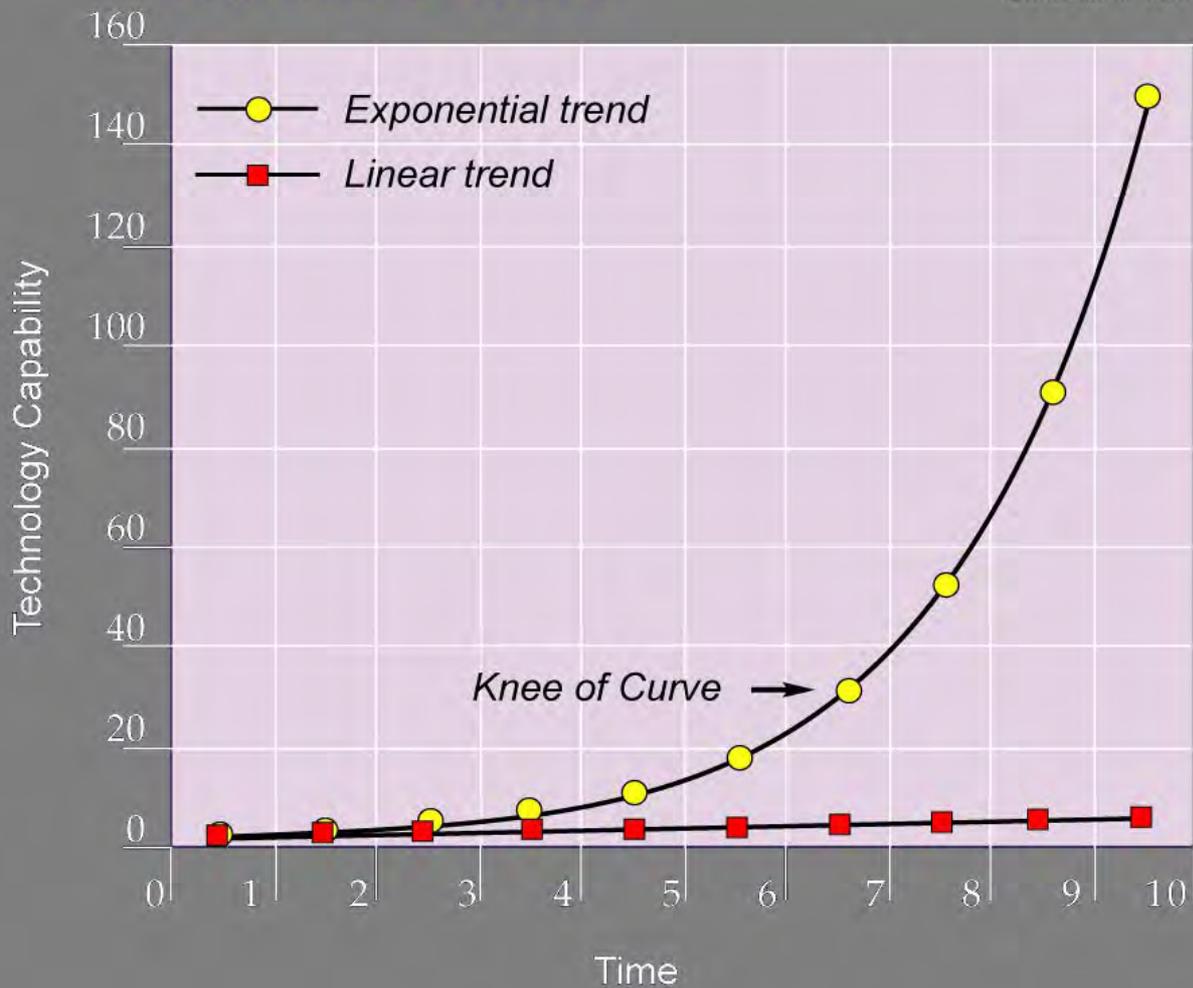
En la década de 1950 John von Neumann , la información legendario teórico , fue citado diciendo que " el avance cada vez más acelerado de la tecnología ... da la impresión de acercarse a alguna singularidad esencial en la historia de la carrera más allá del cual los asuntos humanos, como los conocemos , no podían continuar " 3

Von Neumann hace dos observaciones importantes aquí : . aceleración y singularidad.

La primera idea es que el progreso humano es exponencial ( es decir , se expande mediante la multiplicación repetidamente por una constante ) en lugar de lineal ( es decir, expansión mediante la adición de varias veces una constante ) .

## Linear vs. Exponential Growth

Linear Plot



La segunda es que el crecimiento exponencial es seductora, comenzando lentamente y casi imperceptiblemente, pero más allá de la rodilla de la curva se vuelve explosiva y profundamente transformadora. El futuro es ampliamente incomprendido. Nuestros antepasados esperaban que sea muy parecido a su presente, que había sido muy parecido a su pasado. Tendencias exponenciales existían hace mil años, pero que estaban en esa etapa muy temprana en la que eran tan plana y tan lentos que parecían no existir una tendencia en absoluto. Como resultado, se cumplió la expectativa de un futuro sin cambios observadores. Hoy en día, podemos anticipar el progreso tecnológico continuo y las repercusiones sociales que siguen. Pero el futuro será mucho más sorprendente que la mayoría de la gente se da cuenta, porque pocos observadores han interiorizado realmente las implicaciones del hecho de que la tasa de cambio en sí mismo se está acelerando.

La mayoría de las predicciones a largo plazo de lo que es técnicamente factible en periodos futuros subestiman enormemente el poder de la evolución futura, ya que se basan en lo que yo llamo la visión "lineal intuitiva" de la historia en lugar de la vista "histórico exponencial". Mis modelos muestran que estamos duplicando la tasa de cambio de paradigma cada década, como explicaré en el próximo capítulo. Así, el

siglo XX fue acelerando gradualmente hasta llegar a día de hoy de los avances, sus logros, por lo tanto, eran equivalentes a alrededor de veinte años de progreso en la tasa en 2000. Haremos otros veinte años de progreso en tan sólo catorce años (en 2014), y luego hacer lo mismo en sólo siete años. Para expresar esto de otra manera, no experimentaremos cien años de avance tecnológico en el siglo XXI, seremos testigos del orden de veinte mil años de progreso (de nuevo, si se mide por la tasa actual de progreso), o alrededor de mil veces más grande que lo que se logró en el siglo XX century.<sup>4</sup>

Las percepciones erróneas acerca de la forma del futuro vienen con frecuencia y en una variedad de contextos. Como uno ejemplo de muchos, en un reciente debate en el que participé sobre la viabilidad de la fabricación molecular, un ganador del premio Nobel panelista desestimó las preocupaciones de seguridad con respecto a la nanotecnología, proclamando que "no vamos a ver nanoingeniería entidades autorreplicantes [ dispositivos construidos fragmento a fragmento molecular ] durante cien años." Señalé que cien años era una estimación razonable y en realidad coincidía mi propio análisis de la cantidad de los avances técnicos necesarios para lograr este hito especialmente cuando se mide a día de hoy de los avances ( cinco veces la tasa promedio de cambio que vimos en el siglo XX ). Pero ya que estamos duplicando la tasa de progreso cada década, veremos el equivalente a un siglo de progreso - en la actualidad - tasa en sólo veinticinco años naturales.

Del mismo modo en el futuro de la revista Time de la conferencia de la Vida, que se celebró en 2003 para celebrar el quincuagésimo aniversario del descubrimiento de la estructura del ADN, todos los oradores invitados se les preguntó qué pensaban los próximos cincuenta años serían like.<sup>5</sup> Prácticamente todos los presentadores miró el progreso de los últimos cincuenta años y lo usó como modelo para los próximos cincuenta años. Por ejemplo, James Watson, el codescubridor del ADN, dijo que dentro de cincuenta años tendremos medicamentos que nos permitan comer todo lo que queramos sin aumentar de peso.

Le respondí: " Cincuenta años ? " Hemos logrado esto ya en ratones mediante el bloqueo del gen del receptor de insulina de grasa que controla el almacenamiento de grasa en las células grasas. Los medicamentos para uso humano ( ARN de interferencia y otras técnicas que discutiremos en el capítulo 5 ) se encuentran en desarrollo actualmente y estarán en las pruebas de la FDA en varios años. Estos estarán disponibles en cinco o diez años, no cincuenta. Otras proyecciones son igualmente miope, lo que refleja las prioridades de investigación actuales en lugar de los profundos cambios que el próximo medio siglo traerá. De todos los pensadores de esta conferencia, que fue principalmente Bill Joy y yo, que tenía en cuenta la naturaleza exponencial del futuro, a pesar de la alegría y estoy de acuerdo en la importación de estos cambios, como explicaré en el capítulo 8.

La gente intuitivamente se supone que el ritmo actual de progreso continuará durante los períodos futuros. Incluso para aquellos que han estado el tiempo suficiente para experimentar cómo el ritmo de cambio aumenta con el tiempo, sin examinar la intuición deja a uno con la impresión de que se produce el cambio en la misma

proporción que hemos vivido recientemente. Desde la perspectiva del matemático , la razón de esto es que una curva exponencial se parece a una línea recta cuando se examina por solo una breve duración . Como resultado , incluso comentaristas sofisticados , al considerar el futuro , por lo general extrapolar el actual ritmo de cambio en los próximos diez años o ciento años para determinar sus expectativas. Es por esto que describo esta manera de ver el futuro como la vista " intuitiva lineal " .

Sin embargo, una evaluación seria de la historia de la tecnología revela que el cambio tecnológico es exponencial . El crecimiento exponencial es una característica de cualquier proceso evolutivo , de los cuales la tecnología es un ejemplo primario . Se puede examinar los datos de diferentes maneras , en diferentes escalas de tiempo , y para una amplia variedad de tecnologías , que van desde la electrónica a biológica, así como por sus consecuencias , que van desde la cantidad de conocimiento humano con el tamaño de la economía . La aceleración del progreso y el crecimiento se aplica a cada uno de ellos. De hecho , a menudo nos encontramos con un crecimiento exponencial no sólo simple , pero el crecimiento exponencial "doble " , lo que significa que la tasa de crecimiento exponencial ( es decir, el exponente ) es en sí misma un crecimiento exponencial ( por ejemplo, véase la discusión sobre la relación precio- rendimiento de la informática en el siguiente capítulo ) .

Muchos científicos e ingenieros tienen lo que yo llamo " el pesimismo del científico. " A menudo , están tan inmersos en las dificultades y los detalles intrincados de un desafío contemporáneo que no tienen en cuenta las últimas consecuencias a largo plazo de su propio trabajo , y el campo de trabajo más amplio en el que operan . Ellos lo mismo no tienen en cuenta las herramientas más poderosas que tendrán disponible con cada nueva generación de la tecnología.

Los científicos están entrenados para ser escépticos , hablar con cautela de los objetivos actuales de la investigación , y rara vez especular más allá de la actual generación de búsqueda científica . Esto puede haber sido un enfoque satisfactorio cuando una generación de la ciencia y la tecnología duró más de una generación humana , pero no servir a los intereses de la sociedad , ahora que una generación de progreso científico y tecnológico comprende sólo unos pocos años .

Considere los bioquímicos que , en 1990 , se mostraron escépticos de la meta de la transcripción de todo el genoma humano en tan sólo quince años. Estos científicos sólo habían pasado un año entero transcribiendo apenas una diezmilésima del genoma. Así que, incluso con los avances previstos razonables , parecía natural para ellos que tomaría un siglo , si no más , antes de todo el genoma puede ser secuenciado .

O considere el escepticismo expresado a mediados de los años 1980 que Internet nunca sería un fenómeno importante , ya que entonces sólo incluyó a decenas de miles de nodos (también conocidos como servidores) . De hecho , el número de nodos se duplica cada año , por lo que no era probable que decenas de millones de nodos diez años más tarde . Pero esta tendencia no fue apreciado por los que luchó con tecnología de última generación en 1985 , lo que permitió la adición de unos pocos miles de nodos en todo el mundo en un solo año . " 6

El error conceptual inverso ocurre cuando ciertos fenómenos exponenciales se reconoció por primera vez y se aplican de una manera demasiado agresiva y sin modelar el ritmo adecuado de crecimiento. Mientras que las ganancias de crecimiento exponencial acelerar el paso del tiempo , no es instantáneo. La escalada de los valores de capital ( es decir, los precios del mercado de valores) durante la " burbuja de Internet " y la burbuja de las telecomunicaciones relacionados (1997-2000 ) fue muy superior a cualquier expectativa razonable de crecimiento incluso exponencial. Como demuestro en el capítulo siguiente , la adopción real de la Internet y el comercio electrónico mostró un crecimiento exponencial sin problemas tanto a través de auge y caída , la expectativa exagerada del crecimiento afectó sólo el capital (acciones) las valoraciones. Hemos visto errores comparables durante paradigma anterior cambios - por ejemplo, durante la era del ferrocarril temprano ( 1830 ) , cuando el equivalente a la explosión de Internet y el busto provocó un frenesí de la expansión del ferrocarril.

Otro error que los pronosticadores hacen es tener en cuenta las transformaciones que se deriven de una sola tendencia al mundo día como si nada va a cambiar. Un buen ejemplo es la preocupación de que la extensión de vida radical dará lugar a la superpoblación y el agotamiento de los recursos materiales limitados para sostener la vida humana, que hace caso omiso de la creación de riqueza comparable radical de la nanotecnología y la IA fuerte . Por ejemplo , la fabricación de dispositivos basados en la nanotecnología en la década de 2020 será capaz de crear casi cualquier producto físico a partir de materias primas baratas y la información.

Hago hincapié en la perspectiva exponencial versus lineal porque es el fracaso más importante que los pronosticadores hacen en el examen de las tendencias futuras. La mayoría de los pronósticos de la tecnología y los pronosticadores ignoran por completo este punto de vista histórico exponencial del progreso tecnológico. De hecho , casi todos los que conozco tiene una visión lineal del futuro. Es por eso que la gente tiende a sobreestimar lo que puede lograrse en el corto plazo ( porque tendemos a dejar de lado los detalles necesarios ), pero subestimar lo que se puede lograr en el largo plazo ( porque el crecimiento exponencial se ignora) .

## **Los seis épocas**

Primero creamos las herramientas, luego nos construimos . - Marshall McLuhan

El futuro no es lo que solía ser . - YOGI BERRA

La evolución es un proceso de creación de los patrones de orden creciente. Voy a discutir el concepto de orden en el próximo capítulo , el énfasis en esta sección es en el concepto de patrones. Creo que es la evolución de los patrones de lo que constituye la última historia de nuestro mundo. Evolución trabaja a través de indirección : cada fase o época utiliza los métodos de procesamiento de información de la época

anterior para crear otro. Conceptualizo la historia de la evolución, tanto biológicos y tecnológicos, como ocurre en seis épocas. Como veremos, la Singularidad comenzará con Epoch Cinco y se extenderá desde la Tierra con el resto del universo en Epoca Seis.

### **Epoca Uno: Física y Química.**

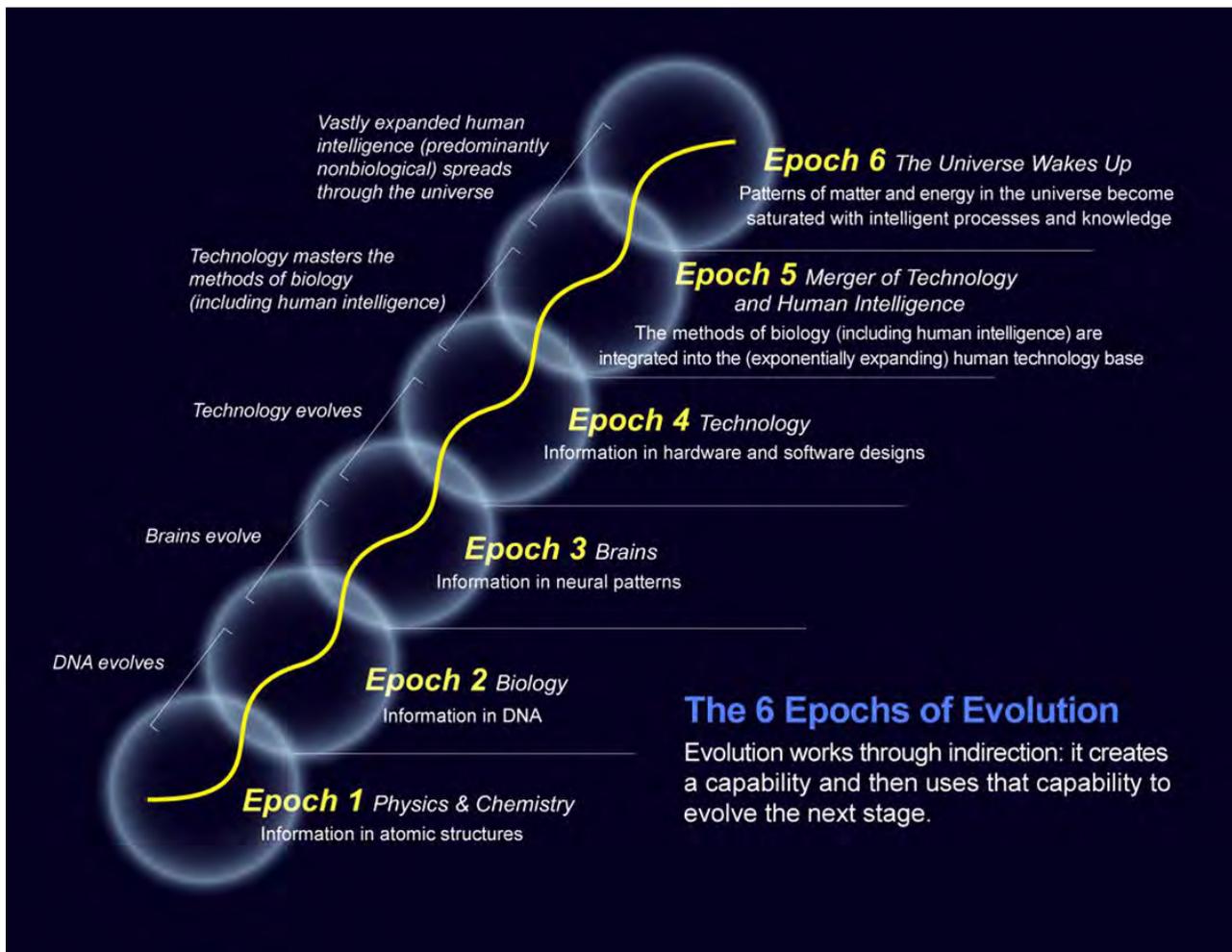
Podemos rastrear los orígenes de un estado que representa la información en sus estructuras de base : los patrones de la materia y la energía. Las recientes teorías de la gravedad cuántica afirman que el tiempo y el espacio se descomponen en cuantos discretos , esencialmente fragmentos de información. Existe controversia en cuanto a si la materia y la energía son en última instancia, digital o analógico en la naturaleza, pero independientemente de la resolución de este problema , sabemos que las estructuras atómicas almacenar y representar la información discreta .

A unos cientos de miles años después del Big Bang , los átomos comenzaron a formarse , como los electrones quedaron atrapados en órbitas alrededor de núcleos constituidos por protones y neutrones. La estructura eléctrica de los átomos les hizo " pegajosa ". Química nació unos pocos millones de años más tarde como los átomos se unieron para crear estructuras relativamente estables llamadas moléculas . De todos los elementos , el carbono demostró ser el más versátil , es capaz de formar enlaces en cuatro direcciones ( contra uno a tres para la mayoría de los otros elementos ) , dando lugar a estructuras complicadas , ricas en información , tridimensionales .

Las reglas de nuestro universo y el equilibrio de las constantes físicas que gobiernan la interacción de las fuerzas básicas son tan exquisitamente , con delicadeza , y exactamente apropiado para la codificación y la evolución de la información ( lo que resulta en aumento de la complejidad ) que uno se pregunta cómo una situación tan extraordinariamente improbable se produjo . Donde algunos ven una mano divina , otros ven nuestra propia mano , es decir , el principio antrópico , que sostiene que sólo en un universo que permite nuestra propia evolución estaríamos aquí para hacer tales questions.<sup>7</sup> teorías recientes de la física sobre múltiples universos especular que nuevos universos se crean sobre una base regular , cada uno con sus propias reglas únicas , pero que la mayoría de éstos ya sea mueren rápidamente o de lo contrario continuar sin la evolución de los patrones interesantes ( como la biología basada en la Tierra ha creado ) debido a que sus normas no lo hacen apoyar la evolución de la cada vez más compleja forms.<sup>8</sup> es difícil imaginar cómo podríamos probar estas teorías de la evolución aplicada a principios de la cosmología , pero está claro que las leyes físicas de nuestro universo son precisamente los que tienen que ser para permitir la evolución de la creciente niveles de orden y complexity.<sup>9</sup>

### **Los seis épocas de la evolución**

Evolución trabaja a través de indirección : crea una capacidad y luego utiliza esa capacidad de evolucionar hasta la siguiente etapa .



## Epoca Dos: Biología y ADN.

En la segunda época, que comenzó hace varios millones de años, compuestos a base de carbono se volvieron cada vez más complejos hasta agregaciones complejas de moléculas formadas mecanismos de auto-replicantes, y se originó la vida. En última instancia, los sistemas biológicos desarrollaron un mecanismo digital exacto (ADN) para almacenar información que describe una sociedad más grande de moléculas. Esta molécula y de su mecanismo de apoyo de los codones y ribosomas habilitado un registro para ser guardado de los experimentos evolutivos de esta segunda época.

## Epoca Tres: Cerebro.

Cada época sigue la evolución de la información a través de un cambio de paradigma hacia un nivel superior de "indirecto". (Es decir, la evolución utiliza los resultados de una época a crear el siguiente.) Por ejemplo, en la tercera época, la evolución del ADN - guiada produjo organismos que pueden detectar la información con sus propios órganos sensoriales y procesar y almacenar esa información en su propio cerebro y el sistema nervioso. Estos fueron posibles gracias a los mecanismos de la segunda época (ADN y la información epi-genética de las proteínas y fragmentos de ARN que controlan la expresión génica), que (indirectamente) habilitadas y se definen los mecanismos de procesamiento de información de tercera época (el cerebro y el sistema nervioso de los organismos). La tercera época comenzó con la

capacidad de los animales de reconocer los primeros patrones, que sigue representando la mayor parte de la actividad en nuestro cerebro.<sup>10</sup> En última instancia, nuestra propia especie se desarrolló la capacidad de crear modelos mentales abstractas del mundo que experimentamos y contemplar las implicaciones racionales de estos modelos. Tenemos la capacidad de rediseñar el mundo en nuestras propias mentes y para poner estas ideas en acción.

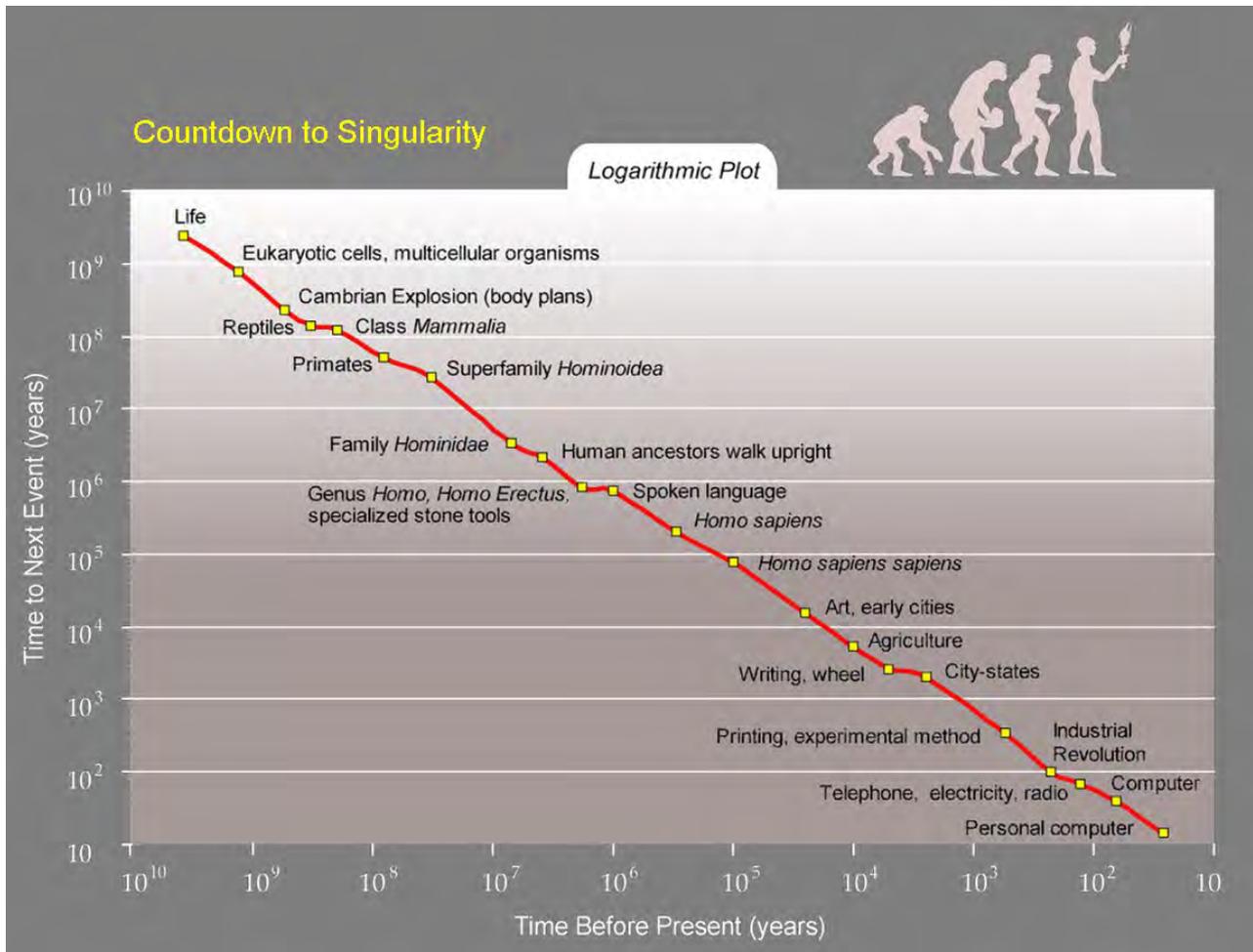
### **Epoca Cuatro: Tecnología.**

La combinación de la dotación de pensamiento racional y abstracto con el pulgar oponible, nuestra especie marcó el comienzo de la cuarta época y el siguiente nivel de direccionamiento indirecto: la evolución de la tecnología humana creada. Esto comenzó con mecanismos sencillos y se convirtió en autómatas elaborada (máquinas mecánicas automatizadas). En última instancia, con dispositivos de cálculo y de comunicación sofisticados, la tecnología en sí era capaz de detectar, almacenar, y la evaluación de los patrones elaborados de información. Para comparar el ritmo de avance de la evolución biológica de la inteligencia a la de la evolución tecnológica, considera que los mamíferos más avanzados han añadido cerca de un centímetro cúbico de materia cerebral cada cien mil años, mientras que nosotros estamos doblando aproximadamente la capacidad de computación de los ordenadores cada año (véase el capítulo siguiente). Por supuesto, ni el tamaño del cerebro ni la capacidad de los ordenadores es el único factor determinante de la inteligencia, pero sí representan factores favorables.

Si colocamos hitos clave de la evolución biológica y el desarrollo tecnológico humano en un solo gráfico que representa tanto el eje x (número de años) y el eje y (el tiempo de cambio de paradigma) en escalas logarítmicas, nos encontramos con un razonablemente recta línea (aceleración constante), con la evolución biológica que conduce directamente al ser humano -dirigido development.<sup>11</sup>

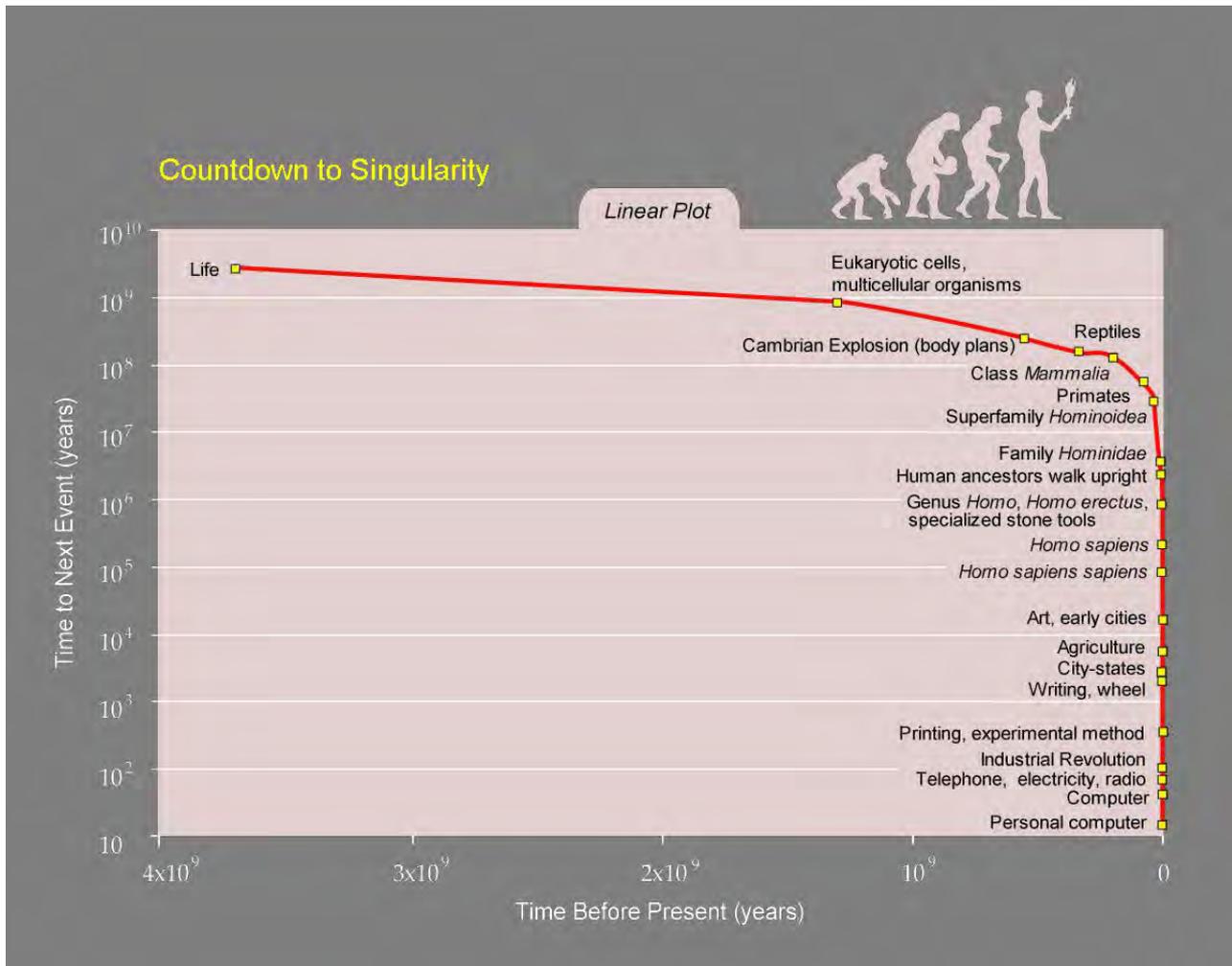
## Cuenta atrás para Singularity (Parcela logarítmica)

Cuenta atrás para la Singularidad : La evolución biológica humana y la tecnología ambos muestran la aceleración continua, indicado por el menor tiempo para el próximo evento (dos mil años a partir del origen de la vida a las células ; catorce años desde el PC a la World Wide Web).



## Cuenta atrás para Singularity (Parcela Lineal)

Visión lineal de la evolución: Esta versión de la figura anterior utiliza los mismos datos, pero con una escala lineal de tiempo antes de que presente en lugar de un ser logarítmica. Esto demuestra la aceleración más espectacular, pero los detalles no son visibles. Desde una perspectiva lineal, eventos más importantes sólo se han producido "recientemente".



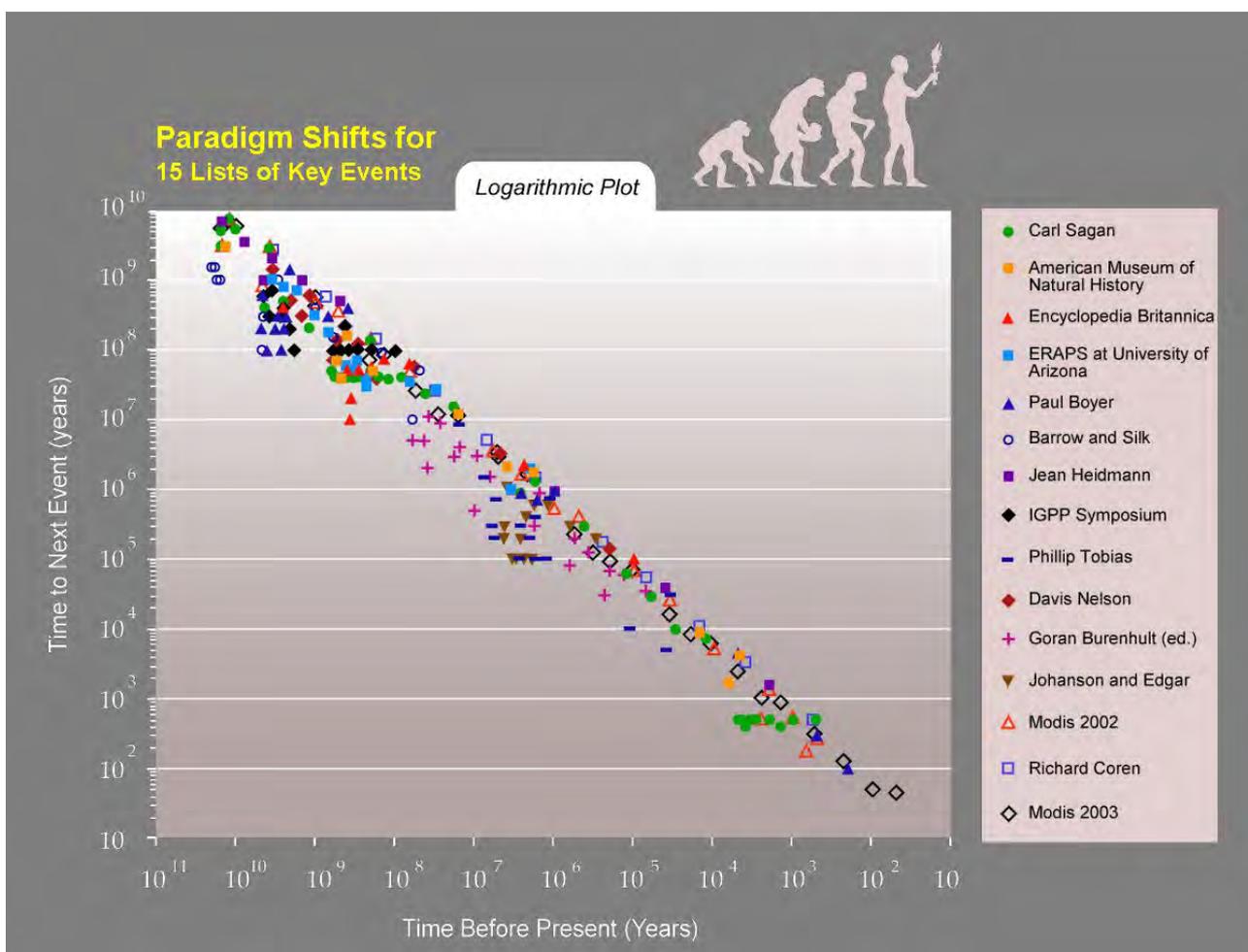
Las cifras anteriores reflejan mi punto de vista de los acontecimientos clave de la historia biológica y tecnológica. Tenga en cuenta, sin embargo, que la línea recta, lo que demuestra la aceleración continua de la evolución, no depende de mi selección particular de los acontecimientos. Muchos observadores y libros de referencia han compilado una lista de acontecimientos importantes en la evolución biológica y tecnológica, cada una de las cuales tiene su propia idiosincrasia. A pesar de la diversidad de enfoques, sin embargo, si combinamos las listas de una variedad de fuentes (por ejemplo, la Enciclopedia Británica, el Museo Americano de Historia Natural, de Carl Sagan "calendario cósmico", y otros), observamos la misma aceleración suave obvia. El siguiente diagrama combina quince listas diferentes de clave de eventos.<sup>12</sup> Donde diferentes pensadores asignan diferentes fechas para el mismo evento, y diferentes listas incluyen eventos similares o coincidentes

seleccionados de acuerdo con diferentes criterios , vemos un " engrosamiento " esperado de la línea de tendencia debido a la el " ruido " ( varianza estadística ) de estos datos . La tendencia general , sin embargo, es muy claro.

## Cambios paradigmáticos de 15 listas de clave

Eventos (Parcela logarítmica )

Quince puntos de vista de la evolución : Principales cambios de paradigma en la historia del mundo , como se ve por quince listas diferentes de los eventos clave . Hay una clara tendencia de la aceleración suave a través de la evolución biológica y luego tecnológica .

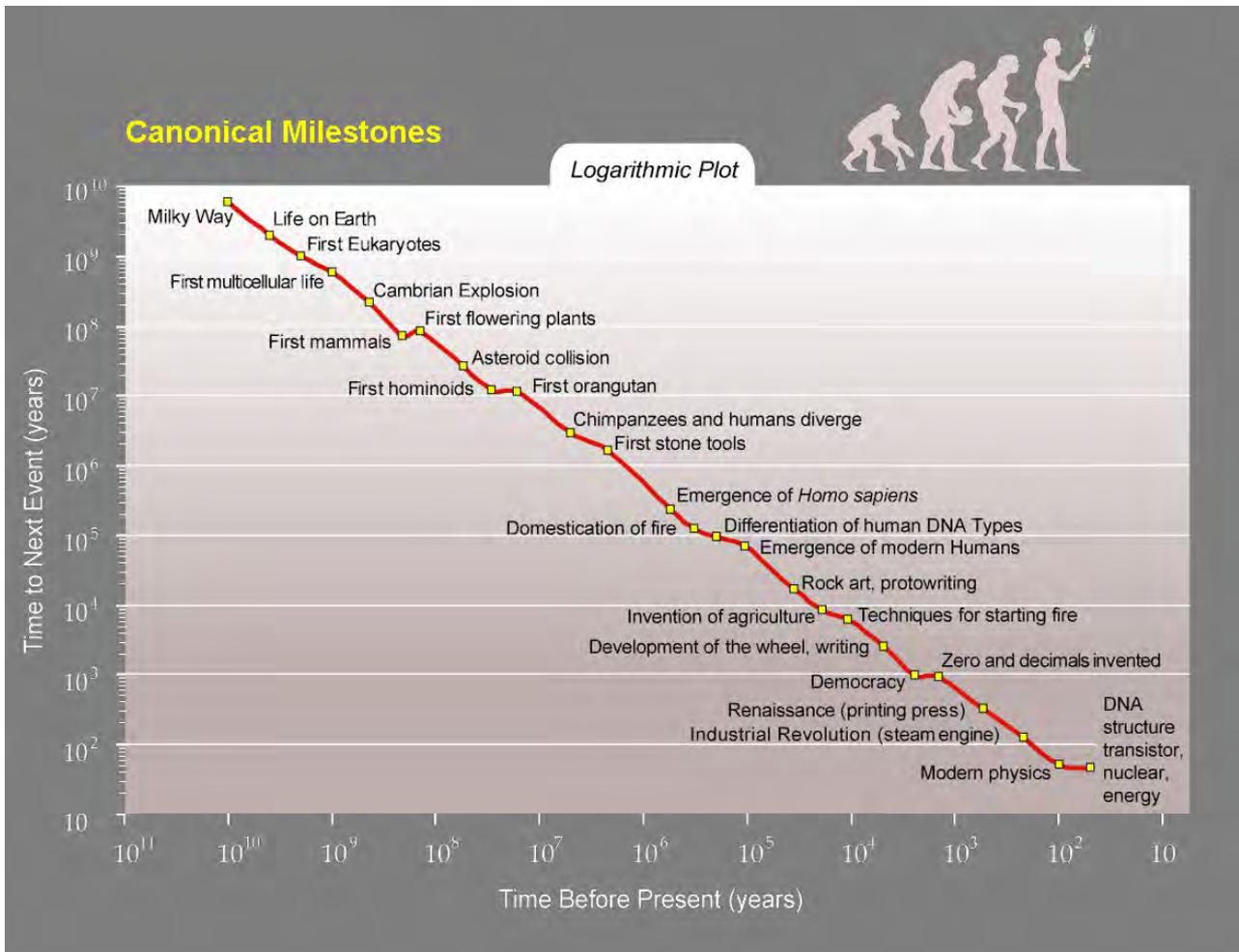


El físico y la complejidad teórico Theodore Modis analizó estas listas y determinó veintiocho grupos de eventos ( que él llamó hitos canónicos ) combinando idénticos, similares y / o afines eventos de los diferentes lists.<sup>13</sup> Este proceso elimina esencialmente el " ruido " ( por ejemplo , la variabilidad de las fechas de entre las listas ) de las listas , revelando de nuevo la misma progresión :

## Hitos canónicas

(Parcela logarítmica )

Hitos canónicas basan en grupos de eventos de trece hitos.



Los atributos que están creciendo exponencialmente en estos cuadros son de orden y complejidad, los conceptos que vamos a explorar en el próximo capítulo. Esta aceleración coincide con nuestras observaciones de sentido común. Hace millones de años, no pasó mucho en el curso de hasta un millón de años. Sin embargo, hace un cuarto de millón de años de acontecimientos trascendentales, como la evolución de nuestra especie se produjo en los marcos de tiempo de sólo cien mil años. En la tecnología, si nos remontamos cincuenta mil años, no pasó mucho en un período de mil años. Pero en el pasado reciente, vemos nuevos paradigmas, como la World Wide Web, el progreso desde el inicio hasta la adopción masiva (es decir, que son utilizados por una cuarta parte de la población de los países avanzados) en tan sólo una década.

## **Epoca Cinco: La fusión de la tecnología humana con la inteligencia humana.**

De cara al futuro de varias décadas , la Singularidad comenzará con la quinta época . Esto será el resultado de la fusión de la gran conocimiento incorporado en nuestros propios cerebros con capacidad mucho mayor , la velocidad y el intercambio de conocimientos capacidad de nuestra tecnología. La quinta época permitirá que nuestra civilización humana - máquina para trascender las limitaciones del cerebro humano de un mero cien trillones extremadamente lento connections.<sup>14</sup>

La singularidad nos permitirá superar antiguos problemas humanos y amplificar enormemente la creatividad humana . Vamos a preservar y mejorar la inteligencia de que la evolución nos ha dado , mientras que la superación de las profundas limitaciones de la evolución biológica. Pero la singularidad también ampliar la capacidad de actuar sobre nuestras inclinaciones destructivas , por lo que su historia aún no ha sido escrito.

## **Epoca Seis: El Universo despierta .**

Voy a hablar de este tema en el capítulo 6 , bajo el título " ... en el destino inteligente del Cosmos . " A raíz de la Singularidad , la inteligencia, la deriva de sus orígenes biológicos en el cerebro humano y sus orígenes tecnológicos en el ingenio humano , empieza a saturar la materia y la energía en su seno. Esto se logrará mediante la reorganización de la materia y la energía para proporcionar un nivel óptimo de cómputo (en base a los límites que discutiremos en el capítulo 3 ) para extenderse desde su origen en la Tierra.

Actualmente Somos conscientes de la velocidad de la luz como un factor que limita la transferencia de información. Eludir este límite tiene que ser considerado como altamente especulativo , pero hay indicios de que esta limitación puede ser capaz de ser superada.<sup>15</sup> Si hay desviaciones , incluso sutiles , que en última instancia aprovechar esta capacidad superluminal . Si nuestra civilización infunde el resto del universo , con su creatividad e inteligencia rápida o lenta depende de su inmutabilidad . En cualquier caso, el asunto "tonto" y los mecanismos del universo se transforman en formas exquisitamente sublime de la inteligencia , que constituirán la sexta época en la evolución de los patrones de información.

Este es el destino último de la singularidad y del universo. La singularidad está cerca

Ya sabes, las cosas van a ser muy diferentes! ... No, no, me refiero a realmente diferente! -MARK MILLER ( Informático ) a Eric Drexler, ALREDEDOR DE 1986

¿Cuáles son las consecuencias de este evento? Cuando las unidades de inteligencia progreso mayor de lo humano , que el progreso será mucho más rápida . De hecho, no parece haber ninguna razón por qué el progreso en sí no supondría la creación de aún más inteligente entidades - en una escala de tiempo aún más corto. La mejor analogía que veo es con el pasado evolutivo : Los animales pueden adaptarse a los problemas y hacer inventos , pero a menudo no más rápido que la selección natural puede hacer

su trabajo - el mundo actúa como su propio simulador en el caso de la selección natural. Los seres humanos tenemos la capacidad de interiorizar el mundo y conducta "y si es " en nuestras cabezas, podemos resolver muchos problemas de miles de veces más rápido que la selección natural. Ahora, mediante la creación de los medios para ejecutar estas simulaciones a velocidades mucho más altas , estamos entrando en un régimen tan radicalmente diferente de nuestro pasado humano como somos los humanos de los animales inferiores. Desde el punto de vista humano, este cambio será un tirar de todas las normas anteriores , tal vez en un abrir y cerrar de ojos, y más allá fuera de control exponencial alguna esperanza de control.

- VERNOR VINGE , " la singularidad tecnológica", 1993

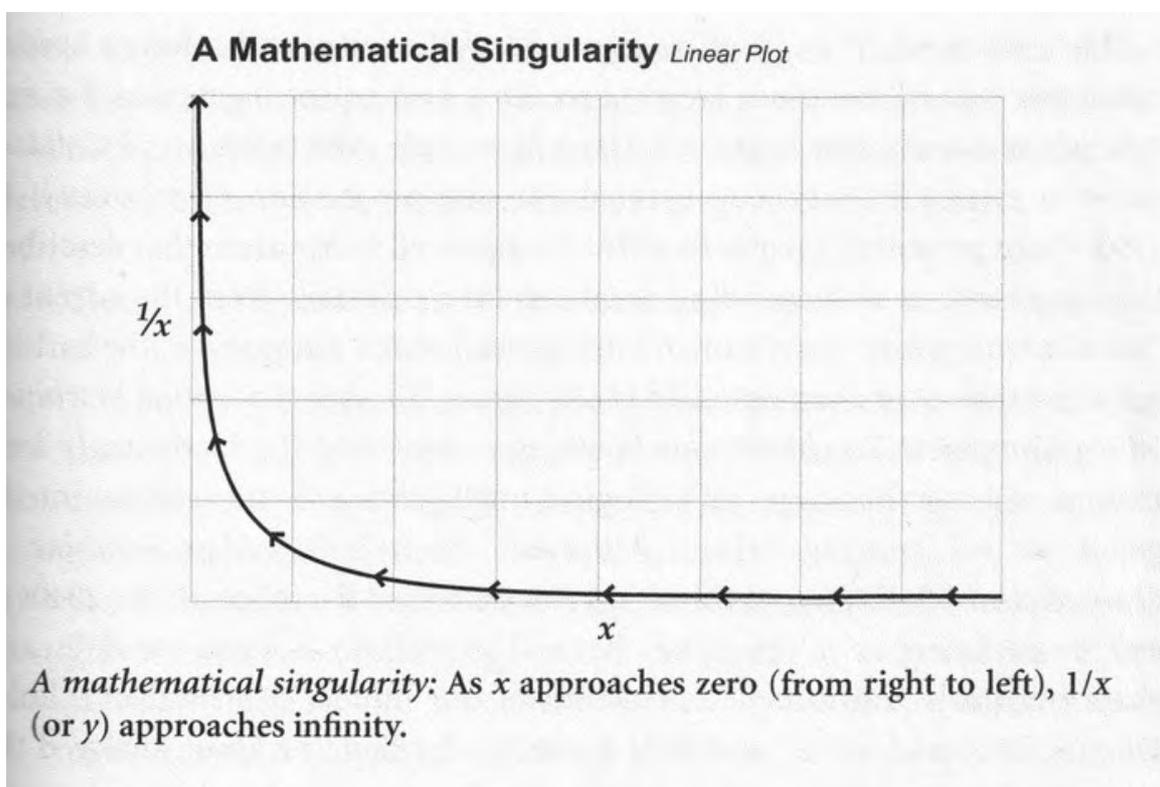
Deje una máquina ultrainteligente definirse como una máquina que puede superar ahora todas las actividades intelectuales de cualquier hombre sin embargo inteligente. Dado que el diseño de las máquinas es una de estas actividades intelectuales , una máquina ultrainteligente podría diseñar máquinas aún mejores , no habría entonces , sin duda, ser una "explosión de inteligencia" y la inteligencia del hombre se quedaría muy atrás. Así, la primera máquina ultrainteligente es el último invento de que el hombre necesita que realizar.

- Irving John Good , "especulaciones acerca de la primera MÁQUINA ultrainteligente " , 1965

Para poner el concepto de singularidad en perspectiva adicional , vamos a explorar la historia de la palabra misma. " Singularity " es una palabra en Inglés que significa un evento único, con , además , implicaciones singulares. La palabra fue adoptada por los matemáticos para denotar un valor que trasciende cualquier limitación finita , como la explosión de una magnitud que resulta al dividir una constante por un número que se acerca cada vez más cerca de cero. Considere , por ejemplo , la simple función  $y = 1 / x$  . A medida que el valor de x se aproxima a cero , el valor de la función ( y ) explota a los valores más grandes y más grandes .

## Una singularidad matemática (Parcela Lineal )

Una singularidad matemática : Cuando  $x$  se aproxima a cero (de derecha a izquierda),  $1/x$  ( o  $y$ ) se aproxima a infinito.



Tal función matemática en realidad nunca alcanza un valor infinito , ya que la división por cero es matemáticamente "indefinido " (imposible de calcular). Pero el valor de  $y$  excede el límite finito posible ( se aproxima a infinito ) como el divisor  $x$  se aproxima a cero .

El siguiente campo de adoptar la palabra era la astrofísica . Si una estrella masiva se somete a la explosión de una supernova , su remanente finalmente se derrumba hasta el punto de parecer volumen cero y densidad infinita, y una " singularidad" se crea en el centro. Como la luz se pensaba que era incapaz de escapar de la estrella después de que llegó a esta densidad infinita , se llama un negro hole.<sup>17</sup> Constituye una ruptura en el tejido del espacio y el tiempo.

Una teoría especula que el universo comenzó con tal Singularity.<sup>18</sup> Curiosamente, sin embargo , el horizonte de sucesos ( superficie ) de un agujero negro es de tamaño finito  $J$  , y la fuerza de la gravedad es sólo teóricamente infinito en el centro de tamaño cero del agujero negro . En cualquier ubicación que en realidad podría ser medida , las fuerzas son finitos , aunque extremadamente grande .

La primera referencia a la singularidad como un acontecimiento capaz de romper el tejido de la historia humana es la declaración de John von Neumann citado anteriormente. En la década de 1960 , IJ Bueno escribió sobre una "explosión de inteligencia " como resultado de las máquinas inteligentes " diseñar su próxima

generación sin la intervención humana . Vernor Vinge , matemático y científico de la computación en la Universidad Estatal de San Diego, escribió acerca de una se acerca rápidamente " singularidad tecnológica " en un artículo para la revista Omni en 1983 y en una novela de ciencia - ficción, Marooned en tiempo real , en 1986.19

Mi libro de 1989 , La era de las máquinas inteligentes , presentó un futuro dirigido inevitablemente hacia máquinas que superen ampliamente la inteligencia humana en la primera mitad del siglo XXI century.<sup>20</sup> Hans Moravec 1988 libro Mind Children llegó a una conclusión similar al analizar la evolución de la robótica.<sup>21</sup> En 1993 Vinge presentó una ponencia en un simposio organizado por la NASA que describe la singularidad como un acontecimiento inminente principalmente como resultado de la llegada de " entidades con más de la inteligencia humana " , que Vinge vieron como el presagio de un fugitivo phenomenon.<sup>22</sup> Mi 1999 libro, la era de las máquinas espirituales : Cuando los equipos superan la inteligencia humana , describe la conexión cada vez más estrecha entre la inteligencia biológica y la inteligencia artificial que somos creating.<sup>23</sup> libro Robot de Hans Moravec : Mere Machine to Mind Trascendente , también publicado en 1999 , describe los robots de la década de 2040 como los "herederos evolutivos, " máquinas que " crecer en nosotros, nuestra capacidad de aprender , y compartir nuestros objetivos y valores , ... los niños de nuestras mentes . " 1997 y 2001 libros <sup>24</sup> estudioso australiano Damien Broderick , ambas tituladas The Spike, analizó el impacto generalizado de la fase extrema de la aceleración de la tecnología prevista en varios decadas.<sup>25</sup> En una extensa serie de escritos , John inteligente ha descrito la singularidad como el resultado inevitable de lo que él llama " MEST " ( materia, energía , el espacio y el tiempo) compression.<sup>26</sup>

Desde mi punto de vista , la Singularidad tiene muchas caras . Se representa la fase de casi vertical de crecimiento exponencial que se produce cuando la tasa es tan extrema que la tecnología parece estar expandiéndose a una velocidad infinita . Por supuesto , desde un punto de vista matemático , no hay discontinuidad , no hay ruptura , y las tasas de crecimiento siguen siendo finita , aunque extraordinariamente grande . Pero desde nuestro actual marco limitado , este evento inminente que parece ser una rotura aguda y abrupta en la continuidad del progreso. Hago hincapié en la palabra "actualmente" porque una de las consecuencias más destacadas de la Singularidad habrá un cambio en la naturaleza de nuestra capacidad de comprensión. Seremos mucho más inteligente que nos unimos con nuestra tecnología.

¿Puede el ritmo del progreso tecnológico continuará para acelerar de forma indefinida

? ¿No hay un punto en el que los seres humanos no son capaces de pensar lo suficientemente rápido para mantener el ritmo? Para los seres humanos sin contraste , claramente. Pero, ¿qué harían 1.000 científicos , cada uno de 1.000 veces más inteligentes que los científicos humanos hoy en día, y cada una de ellas 1.000 veces más rápido que los humanos modernos ( debido a que el procesamiento de la información en el cerebro principalmente no biológicos es más rápido ) logran ? Un año cronológico sería como un milenio de ellos.<sup>27</sup> ¿Qué les ha ocurrido?

Bueno , para empezar , ellos vienen con la tecnología para ser aún más inteligente (porque su inteligencia ya la capacidad fija no lo es). Ellos cambiarían sus propios

procesos de pensamiento para que a pensar aún más rápido. Cuando los científicos se convierten en un millón de veces más inteligente y operar un millón de veces más rápido , a una hora daría lugar a un siglo de progreso ( en términos de días de).

La singularidad consiste en los siguientes principios, que voy a documentar , desarrollar , analizar y contemplar todo el resto de este libro :

- La tasa de cambio de paradigma ( innovación tecnológica ) se está acelerando, en este momento se duplica cada decade.<sup>28</sup>
- El poder (precio - rendimiento, la velocidad , la capacidad y ancho de banda) de las tecnologías de la información es creciendo de manera exponencial a un ritmo aún más rápido, ahora duplicando casi todos año.<sup>29</sup> Este principio se aplica a una amplia gama de medidas , incluyendo la cantidad de conocimiento humano.
- Para tecnologías de la información , hay un segundo nivel de crecimiento exponencial : es decir, el crecimiento exponencial en la tasa de crecimiento exponencial ( el exponente ) . La razón : como la tecnología se vuelve más rentable , más recursos se despliegan hacia su avance , por lo que la tasa de aumento de crecimiento exponencial con el tiempo . Por ejemplo , la industria de las computadoras en la década de 1940 consistía en un puñado de ahora proyectos de importancia histórica. Hoy los ingresos totales de la industria de la computación es más de un billón de dólares , por lo que los presupuestos de investigación y desarrollo son comparativamente más altos.
- exploración del cerebro humano es una de estas tecnologías mejora exponencialmente . Como mostraré en el capítulo 4 , la resolución y el ancho de banda temporal y espacial de exploración del cerebro se duplica cada año . Ahora mismo estamos obteniendo las herramientas suficientes para comenzar la ingeniería inversa grave ( decodificación ) de principios del cerebro humano de la operación. Ya tenemos los modelos y simulaciones de un par de docenas de varios cientos de regiones del cerebro impresionantes . En dos décadas , vamos a tener una comprensión detallada de cómo todas las regiones del trabajo del cerebro humano.
- Vamos a tener el hardware necesario para emular la inteligencia humana con superordenadores a finales de esta década y con los dispositivos de computadoras personales de tamaño antes de finales de la década siguiente. Tendremos modelos de software eficaz de la inteligencia humana a mediados de la década de 2020 .
- Con el hardware y software necesario para emular completamente la inteligencia humana , podemos esperar que las computadoras para pasar la prueba de Turing, que indica la inteligencia indistinguible de la de la diversidad biológica los seres humanos, a finales del 2020s.<sup>30</sup>
- Cuando alcanzan este nivel de desarrollo , las computadoras serán capaces de combinar las fortalezas tradicionales de la inteligencia humana con la fuerza de la inteligencia artificial .
- Los puntos fuertes tradicionales de la inteligencia humana incluyen una formidable capacidad de reconocer patrones . La naturaleza masiva en paralelo y de auto-

organización del cerebro humano es una arquitectura ideal para el reconocimiento de patrones que se basan en sutiles , propiedades invariantes . Los seres humanos también son capaces de aprender nuevos conocimientos mediante la aplicación de conocimientos y los principios de la experiencia , incluida la información obtenida a través del lenguaje inferir . Una capacidad clave de la inteligencia humana es la capacidad de crear modelos mentales de la realidad y llevar a cabo mentales " que pasaría si" los experimentos variando aspectos de estos modelos.

- Los puntos fuertes tradicionales de la inteligencia de las máquinas incluyen la capacidad de recordar miles de millones de hechos con precisión y recordar al instante.
- Otra ventaja de la inteligencia no biológica es que una vez que una habilidad se domina por una máquina , que se puede realizar varias veces a alta velocidad , a una precisión óptima , y sin cansarse .
- Tal vez lo más importante , las máquinas pueden compartir sus conocimientos a una velocidad extremadamente alta , en comparación con la velocidad muy lenta de intercambio de conocimientos a través del lenguaje humano .
- la inteligencia no biológica podrá descargar las habilidades y conocimientos de otras máquinas , con el tiempo también de los seres humanos.
- Las máquinas se procesan y conmutar señales a velocidades cercanas a la de la luz ( unos trescientos millones de metros por segundo ) , en comparación con alrededor de cien metros por segundo para las señales electroquímicas utilizadas en mamíferos biológica brains.<sup>31</sup> Esta relación de velocidad es por lo menos tres millón a uno .
- Las máquinas tendrán acceso a través de Internet a todo el conocimiento de nuestra civilización hombre-máquina y será capaz de dominar todo este conocimiento .
- Las máquinas pueden aunar sus recursos , inteligencia y memoria. Dos máquinas - o un millón de máquinas - pueden unirse para convertirse en una y luego otra vez a ser independiente . Varias máquinas pueden hacer las dos cosas al mismo tiempo: ser uno y secundaria al mismo tiempo . Los humanos lo llaman enamoramiento, pero nuestra capacidad biológica para hacer esto es fugaz y poco fiable.
- La combinación de estas fuerzas tradicionales (la capacidad de reconocimiento de patrones de humana biológica la inteligencia y la velocidad , capacidad de memoria y la precisión , y el conocimiento y la habilidad para compartir habilidades de la inteligencia no biológica ) será formidable.
- Inteligencia Machine tendrá total libertad de diseño y arquitectura (es decir, que no serán restringida por las limitaciones biológicas, tales como la velocidad de conmutación lenta de nuestras conexiones interneuronales o un tamaño del cráneo fija), así como un rendimiento constante en todo momento .
- Una vez que la inteligencia no biológica combina las ventajas tradicionales de los seres humanos y máquinas, la parte no biológica de la inteligencia de nuestra civilización continuará entonces a beneficiarse del crecimiento exponencial doble de la máquina de precio-rendimiento , la velocidad y la capacidad.

- Una vez que las máquinas alcanzan la capacidad de la tecnología de diseño e ingeniero como lo hacen los humanos , sólo mucho más alto velocidades y capacidades , tendrán acceso a sus propios diseños ( código fuente ) y la posibilidad de manipularlos. Los seres humanos están ahora lograr algo similar a través de la biotecnología ( cambio de los procesos de información y genéticos que subyacen a otra nuestra biología ) , pero de una manera mucho más lenta y mucho más limitado que lo que las máquinas serán capaces de lograr mediante la modificación de sus propios programas .
- Biología tiene limitaciones inherentes . Por ejemplo, cada organismo vivo tiene que ser construido a partir de proteínas que están plegados a partir de cadenas unidimensionales de aminoácidos . Mecanismos basados en proteínas carecen de fuerza y velocidad. Podremos hacer una reingeniería de todos los órganos y sistemas de nuestro cuerpo biológico y cerebros para ser mucho más capaz.
- Como veremos en el capítulo 4 , la inteligencia humana tiene un cierto grado de plasticidad ( capacidad cambiar su estructura) , más de lo que antes había sido comprendido. Sin embargo, la arquitectura del cerebro humano es , sin embargo, profundamente limitado . Por ejemplo , hay espacio para sólo unos cien billones de conexiones interneuronales en cada uno de nuestros cráneos. Un cambio genético clave que permitió la mayor capacidad cognitiva de los seres humanos en comparación con el de nuestros ancestros primates fue el desarrollo de una corteza cerebral más grande , así como el desarrollo de un mayor volumen de tejido de materia gris en ciertas regiones de la brain.<sup>32</sup> Esta cambio se produjo , sin embargo , en el mismo plazo de tiempo lento de la evolución biológica y todavía implica un límite inherente a la capacidad del cerebro. Máquinas podrán reformular sus propios diseños y aumentar su propia capacidad sin límite. Mediante el uso de diseños basados en la nanotecnología , sus posibilidades serán mucho mayores que los cerebros biológicos sin aumento del tamaño o el consumo de energía.
- Las máquinas también se beneficiarán del uso de los circuitos moleculares tridimensionales muy rápidos. de hoy circuitos electrónicos son más de un millón de veces más rápido que la conmutación electroquímica utilizada en el cerebro de los mamíferos . Circuitos moleculares del futuro se basarán en dispositivos como los nanotubos , que son pequeños cilindros de átomos de carbono que miden alrededor de diez átomos de ancho y son quinientas veces más pequeño que los transistores basados en silicio de hoy en día . Dado que las señales tienen menos distancia para viajar , sino que también será capaz de operar a terahertz (billones de operaciones por segundo ) acelera en comparación con los pocos gigahercios ( miles de millones de operaciones por segundo ) velocidades de los chips actuales.
- La velocidad del cambio tecnológico no se limita a velocidades mentales humanos. la inteligencia de la máquina mejorará sus propias capacidades en un ciclo de retroalimentación que la inteligencia humana sin ayuda no será capaz de seguir .
- El ciclo de la inteligencia artificial está mejorando iterativamente su propio diseño será más rápido y más rápido. Esta es , de hecho, exactamente lo que se predijo por la fórmula para la aceleración continua de la tasa de cambio de paradigma . Una de las

objeciones que se han planteado a la continuación de la aceleración del cambio de paradigma es que se convierta en definitiva , demasiado rápido para los seres humanos a seguir, y así pues, se argumenta , no puede suceder. Sin embargo , el cambio de biológico a la inteligencia no biológica permitirá que la tendencia continúe

- Junto con el ciclo de mejora de la aceleración de la inteligencia no biológica , la nanotecnología permitirá a la manipulación de la realidad física a nivel molecular .
- La nanotecnología permitirá el diseño de nanobots : robots diseñados a nivel molecular , medido en micrones ( millonésimas de metro ) , como " respirocitos " (células rojas sanguíneas mecánicas) 0.33 nanobots tendrán miles de funciones dentro del cuerpo humano , incluyendo revertir el envejecimiento humano ( en la medida en que esta tarea no se ha completado ya través de la biotecnología , como la ingeniería genética ).
- nanobots van a interactuar con las neuronas biológicas a extender en gran medida la experiencia humana mediante la creación de la realidad virtual desde dentro del sistema nervioso .
- Miles de millones de nanobots en los capilares del cerebro también se extenderá enormemente la inteligencia humana.
- Una vez que la inteligencia no biológica consigue un punto de apoyo en el cerebro humano (esto ya ha comenzado con implantes neuronales computarizados ) , la inteligencia de las máquinas en nuestros cerebros crecen exponencialmente ( como lo ha estado haciendo todo este tiempo ) , por lo menos duplicar el poder de cada año. En contraste , la inteligencia biológica es efectivamente de capacidad fija . Por lo tanto , la porción no biológica de nuestra inteligencia en última instancia predominar.
- nanobots también mejorar el medio ambiente mediante la inversión de la contaminación de la industrialización antes.
- Nanobots llamados foglets que pueden manipular imágenes y las ondas de sonido traerán las cualidades morphing de la realidad virtual a lo real world.<sup>34</sup>
- La capacidad humana de comprender y responder de manera adecuada a la emoción ( la llamada inteligencia emocional) es una de las formas de la inteligencia humana que ser comprendidos y controlados por la inteligencia artificial futuro. Algunas de nuestras respuestas emocionales están sintonizados para optimizar nuestra inteligencia en el contexto de nuestros cuerpos biológicos limitados y frágiles. Inteligencia artificial futuro también tienen " cuerpos" ( por ejemplo , los cuerpos virtuales en la realidad virtual , o proyecciones en la realidad real utilizando foglets ) con el fin de interactuar con el mundo, pero estos cuerpos nanoingeniería será mucho más capaz y durable que los cuerpos humanos biológicos . Por lo tanto, algunas de las respuestas "emocionales" de la inteligencia artificial futuro será rediseñado para reflejar su vasto aumento capabilities.<sup>35</sup> física
- Como la realidad virtual desde dentro del sistema nervioso se vuelve competitivo con la realidad real , en términos de resolución y credibilidad , nuestras experiencias se llevarán a cabo cada vez más en entornos virtuales.

- En la realidad virtual , podemos ser una persona diferente , tanto física como emocionalmente. De hecho , otras personas (como tu pareja ) podrán seleccionar un cuerpo diferente para usted que podría seleccionar por sí mismo (y viceversa).
- La ley de los retornos acelerados continuará hasta que la inteligencia no biológica viene dosis de " saturación " de la materia y la energía en nuestra vecindad del universo con nuestra inteligencia humana - máquina. Por la saturación , es decir la utilización de la materia y los patrones de energía para el cálculo en un grado óptimo, basado en nuestra comprensión de la física de la computación . A medida que nos acercamos a este límite , la inteligencia de nuestra civilización continuará su expansión en la capacidad mediante la difusión hacia fuera, hacia el resto del universo. La velocidad de esta expansión va a alcanzar rápidamente la velocidad máxima a la que la información puede viajar .
- En última instancia , todo el universo se saturará con nuestra inteligencia. Este es el destino del universo . ( Véase el capítulo 6 . ) Vamos a determinar nuestro propio destino y no se ha determinado por los actuales "tontas " , fuerzas simples, maquinales que rigen la mecánica celeste .
- La cantidad de tiempo que tomará el universo para ser inteligente en esta medida depende de si la velocidad de la luz es un límite inmutable. Hay indicios de posibles excepciones sutiles (o elusiones ) a este límite , el cual, si es que existen , la gran inteligencia de nuestra civilización en este momento en el futuro será capaz de explotar .

Esto, entonces, es la singularidad . Algunos dirán que no podemos comprender , por lo menos con nuestro nivel actual de comprensión. Por esta razón , no podemos ver más allá de su horizonte de sucesos y dar sentido completo de lo que hay más allá . Esta es una razón por la que llamamos a esta transformación de la Singularidad.

Yo personalmente he encontrado difícil , aunque no imposible , para mirar más allá de este horizonte de sucesos, incluso después de haber pensado en sus implicaciones para varias décadas. Sin embargo, mi opinión es que , a pesar de nuestras profundas limitaciones del pensamiento , tenemos suficientes poderes de abstracción para hacer afirmaciones significativas acerca de la naturaleza de la vida después de la Singularidad. Lo más importante es la inteligencia que surgirá seguirá representando a la civilización humana , que ya es una civilización hombre-máquina. En otras palabras , las máquinas futuras serán humana , incluso si no son biológicos . Éste será el siguiente paso en la evolución , el siguiente cambio de paradigma de alto nivel, el siguiente nivel de direccionamiento indirecto . La mayor parte de la inteligencia de nuestra civilización, en última instancia, ser no biológica. A finales de este siglo, será de billones de billones de veces más potente que inteligencia.<sup>36</sup> humana Sin embargo, para responder a las preocupaciones expresadas a menudo , esto no implica el fin de la inteligencia biológica , incluso si se lanza desde su posición de superioridad evolutiva. Incluso las formas no biológicas se pueden derivar de diseño biológico . Nuestra civilización permanecerá humana -de hecho , en muchos sentidos será más ejemplar de lo que consideramos como humano de lo que es hoy en día, a pesar de nuestra comprensión del término se moverá más allá de sus orígenes biológicos .

Muchos observadores han expresado su alarma ante la aparición de formas de inteligencia no biológica superior a la inteligencia humana ( un tema que analizaremos con más detalle en el capítulo 9 ) . El potencial para aumentar nuestra inteligencia a través de la conexión íntima con otros sustratos de pensamiento no alivia necesariamente la preocupación , ya que algunas personas han expresado su deseo de permanecer " sin contraste " , mientras que al mismo tiempo mantener su lugar en la cima de la cadena alimenticia intelectual. Desde la perspectiva de la humanidad biológica , estas inteligencias sobrehumanas parecerá que nuestros servidores dedicados , la satisfacción de nuestras necesidades y deseos. Sin embargo, el cumplimiento de los deseos de una herencia biológica venerado ocupará sólo una parte insignificante del poder intelectual que la Singularidad traerá.

MOLLY CIRCA 2004 : ¿Cómo puedo saber si la Singularidad está sobre nosotros ? Quiero decir , yo quiero un poco de tiempo para prepararse.

RAY : ¿Por qué , ¿qué piensas hacer ?

MOLLY 2004 : Vamos a ver , para empezar, me querrá afinar mi currículum . Yo quiero hacer una buena impresión a los poderes fácticos .

GEORGE CIRCA 2048: Oh , yo puedo cuidar de eso por ti.

MOLLY 2004 : Eso no es realmente necesario. Soy perfectamente capaz de hacerlo yo mismo . También podría querer borrar algunos documentos , ya sabes, cuando estoy un poco insultante para unas máquinas que conozco.

GEORGE 2048: Oh , las máquinas se encuentra de todos modos , pero no te preocupes , estamos muy comprensivo .

MOLLY 2004 : Por alguna razón , eso no es del todo tranquilizador. Pero todavía me gustaría saber cuáles van a ser los heraldos .

RAY : Bueno, usted sabrá la singularidad viene cuando usted tiene un millón de mensajes de correo electrónico en su bandeja de entrada .

MOLLY 2004 : Hmm , en este caso , parece que estamos casi allí. Pero en serio , estoy teniendo problemas para mantenerse al día con todas estas cosas volando hacia mí como es. ¿Cómo voy a seguir el ritmo de la Singularidad ?

GEORGE 2048: Vas a tener asistentes virtuales - en realidad , usted necesita sólo uno.

MOLLY 2004 : Lo que supongo que será de ti? GEORGE 2048: A su servicio .

MOLLY 2004 : Eso es simplemente genial. Usted nos encargaremos de todo, usted ni siquiera tiene que mantenerme informado . " Oh , no te molestes diciendo Molly lo que está pasando , ella no va a entender de todos modos , vamos a hacerla feliz y en la oscuridad . "

GEORGE 2048: Oh , eso no va a hacer, no en absoluto. MOLLY 2004 : La parte feliz, quiere decir?

GEORGE 2048: Me refería a mantenerlo en la oscuridad. Usted será capaz de comprender lo que estoy haciendo , si eso es lo que realmente quieres .

MOLLY 2004 : ¿Cuál es, al convertirse en ... RAY : Enhanced ?

MOLLY 2004 : Sí , eso es lo que yo estaba tratando de decir .

GEORGE 2048: Bueno, si nuestra relación va a ser todo lo que puede ser , entonces no es una mala idea.

MOLLY 2004 : Y debo desee permanecer como soy?

GEORGE 2048: voy a estar enamorada de ti , en todo caso . Pero puedo ser más que tu siervo trascendente.

MOLLY 2004 : En realidad , estás siendo " sólo" mi siervo trascendente no suena tan mal.

CHARLES DARWIN : Si se me permite interrumpir, se me ocurrió que una vez que la inteligencia artificial es superior a la inteligencia humana , debe estar en condiciones de diseñar su próxima generación .

MOLLY 2004 : Eso no suena tan raro . Las máquinas se utilizan para máquinas de diseño de hoy en día .

CARLOS : Sí, pero en 2004 todavía están guiados por diseñadores humanos. Una vez que las máquinas están operando a nivel humano , bueno, entonces es como que cierra el círculo .

NED LUDD37 : Y los humanos estarían fuera del bucle. MOLLY 2004 : Seguiría siendo un proceso bastante lento .

RAY : No, en absoluto. Si la inteligencia no biológica fue construido de manera similar a un cerebro humano, sino utilizar incluso alrededor del circuito de 2004 , se -

MOLLY CIRCA 2104 : ¿Quieres decir "ella".

RAY : Sí , por supuesto ... ella ... sería capaz de pensar por lo menos un millón de veces más rápido.

Timothy Leary : Así que el tiempo subjetivo se ampliaría . RAY : Exactamente.

MOLLY 2004 : Suena como un montón de tiempo subjetivo . ¿De qué están las máquinas van a hacer con tanto de él ?

GEORGE 2048: Oh, hay mucho que hacer. Después de todo , tengo acceso a todo el conocimiento humano en Internet .

MOLLY 2004 : Sólo el conocimiento humano ? ¿Qué pasa con todos los conocimientos de la máquina ?

GEORGE 2048: Nos gusta pensar en ello como una civilización .

CHARLES : Entonces , parece que las máquinas serán capaces de mejorar su propio diseño .

MOLLY 2004 : Oh , los seres humanos están empezando a hacerlo ahora .

RAY : Pero sólo estamos jugando con algunos detalles. En sí misma, la inteligencia basada en el ADN es muy lento y limitado.

CHARLES : ¿Entonces las máquinas diseñar su propia generación siguiente con bastante rapidez.

GEORGE 2048: De hecho, en 2048, que es ciertamente el caso . CHARLES : Justo lo que quería llegar , una nueva línea de la evolución entonces. NED : Suena más como un fenómeno fuera de control precario. CHARLES : Básicamente , eso es lo que la evolución es .

NED : ¿Pero qué pasa con la interacción de las máquinas con sus progenitores ? Quiero decir, no creo que me gustaría estar en su camino. Tuve la oportunidad de esconderse de las autoridades inglesas durante unos años en la década de 1800, pero sospecho que será más difícil con estos ...

GEORGE 2048: Guys .

MOLLY 2004 : Ocultación de esos pequeños robots - RAY : nanobots , querrás decir.

MOLLY 2004 : Sí , a escondidas de los nanobots será difícil , sin duda.

RAY : Yo esperaría que la inteligencia que surge de la singularidad de tener un gran respeto por su herencia biológica .

GEORGE 2048 : Por supuesto , es más que respeto , es ... reverencia.

MOLLY 2004 : Eso está muy bien , George , voy a ser su mascota venerado . No es lo que yo tenía en mente.

NED : Así es como Ted Kaczynski dice : vamos a ser mascotas. Ese es nuestro destino, para convertirse en mascotas contentos pero ciertamente no a los hombres libres.

MOLLY 2004 : ¿Y qué pasa con esta época Six ? Si me quedo biológica , que va a utilizar toda la materia y energía preciosos de una manera muy ineficiente. Usted querrá convertirme en , como, mil millones de Mollys virtuales y Georges , cada uno de ellos a pensar mucho más rápido de lo que hago ahora. Parece que habrá mucha presión para ir al otro lado.

RAY : Sin embargo, usted representa sólo una pequeña fracción de la materia y la energía disponible. Mantenerse biológica no cambiará apreciablemente el orden de magnitud de la materia y la energía disponible para la Singularidad . Será bien vale la pena para mantener la herencia biológica .

GEORGE 2048 : Por supuesto.

RAY : Al igual que hoy en día se busca preservar la selva tropical y la diversidad de especies .

MOLLY 2004 : Eso es lo que me temía que quiero decir , estamos haciendo un trabajo maravilloso con la selva tropical.

Yo creo que todavía tenemos un poco de ella se fue. Acabaremos como las especies en peligro de extinción .

NED : ¿O los extintos .

MOLLY 2004 : Y no es sólo conmigo . ¿Qué hay de todas las cosas que uso ? Voy por un montón de cosas .

GEORGE 2048: Eso no es un problema, sólo tendremos que reciclar todas tus cosas . Vamos a crear el ambiente que necesita a medida que los necesite.

MOLLY 2004 : Oh , voy a estar en la realidad virtual?

RAY : No, en realidad , la realidad foglet . MOLLY 2004 : Voy a estar en la niebla ?

RAY : No, no, foglets .

MOLLY 2004 : ¿Perdón?

RAY : Te lo explicaré más adelante en el libro. MOLLY 2004 : Bueno , dame una pista.

RAY : Foglets son nanobots -robots del tamaño de las células de la sangre , que puede conectarse a sí mismos para replicar cualquier estructura física. Por otra parte, pueden dirigir la información visual y auditiva de tal manera como para traer las cualidades morphing de realidad virtual en bienes reales.<sup>38</sup>

MOLLY 2004 : Lo siento me preguntó . Pero, como lo pienso , quiero algo más que mis cosas. Quiero que todos los animales y plantas , también. Incluso si yo no llego a ver y tocar a todos, me gusta saber que están ahí.

GEORGE 2048: se perderá , pero nada .

MOLLY 2004 : Sé que sigues diciendo eso. Pero quiero decir en realidad no , ya sabes, como en la realidad biológica.

RAY : En realidad, toda la biosfera es de menos de una millonésima parte de la materia y la energía en el sistema solar.

CHARLES : Incluye una gran cantidad de carbono .

RAY : Es todavía vale la pena mantener todo esto para asegurarse de que no hemos perdido nada.

GEORGE 2048: Ese ha sido el consenso por lo menos durante varios años .

MOLLY 2004 : Así que, básicamente , tendré todo lo que necesito en mis manos ?

GEORGE 2048: En efecto .

MOLLY 2004 : Suena como el rey Midas. Ya sabes, todo lo que tocaba se convertía en oro.

NED : Sí, y como recordarán que murió de inanición como resultado.

MOLLY 2004 : Bueno, si lo hago terminan yendo hacia el otro lado , con toda esa vasta extensión de tiempo subjetivo , creo que me voy a morir de aburrimiento .

GEORGE 2048: Oh , eso nunca podría suceder. Me aseguraré de ello.

## CAPÍTULO DOS

### Teoría de la Evolución Tecnológica

La Ley de Aceleración de Devoluciones

Cuanto más atrás se mira, más adelante se puede ver . - WINSTON CHURCHILL

Hace dos millones de años , nuestros antepasados eran microbios, hace quinientos millones de años , los peces , hace cien millones de años, algo así como ratones; hace diez millones de años los monos arborícolas, y hace un millón de años, proto-humanos desconcertante a cabo la domesticación de fuego . Nuestro linaje evolutivo se caracteriza por el dominio de cambio. En nuestro tiempo, el ritmo se está acelerando . - CARL SAGAN

Nuestra única responsabilidad es producir algo más inteligente que nosotros, ningún problema más allá de que no son nuestros para resolver .... [ N] o hay problemas difíciles , sólo problemas que son difíciles de un cierto nivel de inteligencia. Mueva los más pequeños poco hacia arriba [ en el nivel de inteligencia ] , y algunos problemas de repente pasar de "imposible" " obvio ". Mover un grado sustancial hacia arriba, y todos ellos se volverán evidentes.

-Eliezer S. YUDNOWSKY , mirando a la singularidad de 1996

"El futuro no se puede predecir " es una frase común .... Pero ... cuando [ esta perspectiva ] está mal , es profundamente errónea. - JOHN SMAR 1

Que la aceleración actual de la tecnología es la consecuencia y el resultado inevitable de lo que yo llamo la ley de rendimientos acelerados , que describe la aceleración del ritmo de y el crecimiento exponencial de los productos de un proceso evolutivo.

Estos productos incluyen, en particular la información, teniendo tecnologías como la computación, y su aceleración se extiende mucho más allá de las predicciones de lo que se conoce como la Ley de Moore. La singularidad es el resultado inexorable de la ley de los retornos acelerados, por lo que es importante que examinemos la naturaleza de este proceso evolutivo.

#### **La naturaleza del Orden.**

En el capítulo anterior ofreció varios gráficos que demuestran la aceleración del cambio de paradigma. ( Los cambios de paradigma son los principales cambios en los métodos y técnicas de trabajo intelectual para realizar las tareas ; . Ejemplos incluyen el lenguaje escrito y el ordenador ) trazan los gráficos lo quince pensadores y obras de referencia considerados como los eventos clave en la evolución biológica y tecnológica , desde el Big Bang hasta el Internet. Vemos alguna variación esperada , pero una tendencia exponencial inconfundible: los principales acontecimientos se han ido produciendo a un ritmo cada vez acelerando .

Los criterios de lo que constituye "eventos clave" varía de una lista del pensador a otro. Pero vale la pena teniendo en cuenta los principios que se utilizan en la fabricación de sus selecciones. Algunos observadores han juzgado que la verdad avances trascendentales en la historia de la biología y la tecnología han supuesto incrementos en complexity.<sup>2</sup>

Aunque el aumento de la complejidad parece seguir los avances en la evolución biológica y tecnológica, creo que esta observación no es precisamente correcta. Pero primero vamos a examinar lo que significa complejidad.

No es sorprendente que el concepto de complejidad es compleja. Uno de los conceptos de complejidad es la cantidad mínima de información necesaria para representar un proceso. Digamos que usted tiene un diseño para un sistema ( por ejemplo, un programa de ordenador o un archivo de diseño asistido por ordenador para una computadora ), que puede ser descrito por un archivo de datos que contiene un millón de bits. Podríamos decir que su diseño tiene una complejidad de un millón de bits. Pero supongamos que notamos que los un millón de bits en realidad consisten en un patrón de mil bits que se repite mil veces. Podríamos señalar las repeticiones, eliminar los patrones repetidos, y expresar todo el diseño en poco más de un millar de los bits, reduciendo de este modo el tamaño del archivo por un factor de alrededor de mil.

Las técnicas de compresión de datos más populares utilizan métodos similares de búsqueda de redundancia dentro información.<sup>3</sup> Pero después de haber comprimido un archivo de datos de esta manera, usted puede estar absolutamente seguro de que no hay otras normas o métodos que pudieran descubrirse que permitan a expresar el archivo en términos aún más compactas? Por ejemplo, supongamos que mi archivo era simplemente "pi" ( 3,1415 ... ) expresado a un millón de bits de precisión. La mayoría de los programas de compresión de datos no serían capaces de reconocer esta secuencia y no comprimir los millones de bits en absoluto, ya que los bits de una expresión binaria de pi son efectivamente al azar y por lo tanto no tienen ningún patrón repetido de acuerdo con todas las pruebas de aleatoriedad.

Pero si podemos determinar que el archivo (o una parte del archivo), de hecho, representa pi, podemos expresar fácilmente (o la parte de ella) muy compacta como "pi con un millón de bits de precisión." Ya que nunca podemos estar seguros de que no hemos pasado por alto alguna representación más compacta de una secuencia de información, cualquier cantidad de compresión que establece sólo una cota superior de la complejidad de la información. Murray Gell-Mann proporciona una definición de complejidad a lo largo de estas líneas. Se define el " contenido de información algorítmica " ( Ale ) de un conjunto de información como " la longitud del programa más corto que hará que una computadora estándar universal para imprimir la cadena de bits y luego se detuvo. " <sup>4</sup>

Sin embargo, el concepto de Gell-Mann no es totalmente adecuada. Si tenemos un archivo con información aleatoria, se no puede ser comprimido. Esta observación es, de hecho, un criterio clave para determinar si una secuencia de números es verdaderamente aleatoria. Sin embargo, si cualquier secuencia aleatoria va a hacer

por un diseño particular , a continuación, esta información se puede caracterizar por una simple instrucción , tales como " poner secuencia aleatoria de números de aquí . " Así que la secuencia aleatoria , si se trata de diez bits o mil millones de bits , no representa una cantidad significativa de complejidad , ya que se caracteriza por una simple instrucción. Esta es la diferencia entre una secuencia aleatoria y una secuencia impredecible de información que tiene un propósito .

Para ganar un poco de una mayor comprensión de la naturaleza de la complejidad , tenga en cuenta la complejidad de una roca. Si tuviéramos que caracterizar todas las propiedades ( ubicación exacta , el momento angular , giro , velocidad , etc ) de cada átomo en la roca , tendríamos una gran cantidad de información. A ( 2,2 libras ) de roca de un kilogramo tiene 1025 átomos que, como explicaré en el próximo capítulo, puede albergar hasta 1.027 bits de información. Esa es una cientos de millones de mil millones de veces más información que el código genético de un ser humano ( incluso sin comprimir el código genético ) 0,5 Sin embargo, para la mayoría de los propósitos comunes , la mayor parte de esta información es en gran medida al azar y de poca consecuencia . Así que podemos caracterizar la roca para la mayoría de los propósitos con mucha menos información con sólo especificar su forma y el tipo de material del que está hecho . Por lo tanto , es razonable considerar la complejidad de una roca ordinaria a ser mucho menor que la de un ser humano a pesar de que la roca contiene teóricamente grandes cantidades de información.<sup>6</sup>

Uno de los conceptos de complejidad es la cantidad mínima de significado, no aleatoria , pero impredecible información necesaria para caracterizar un sistema o proceso .

En concepto de Gell -Mann , el CAE de una cadena aleatoria millones de bits sería de alrededor de un millón de bits de longitud . Así que estoy añadiendo a ALC concepto de Gell -Mann la idea de sustituir cada cadena aleatoria con una simple instrucción "poner bits aleatorios " aquí .

Sin embargo , incluso esto no es suficiente . Otra cuestión es planteada por las cadenas de datos arbitrarios , como los nombres y números de teléfono en la guía telefónica , o mediciones periódicas de los niveles de radiación o la temperatura . Estos datos no es al azar , y los métodos de compresión de datos sólo tendrán éxito en la reducción a un pequeño grado . Sin embargo, no representa la complejidad como este término se entiende en general . Es sólo datos. Así que tenemos otra sencilla instrucción "poner secuencia de datos arbitraria" aquí .

Para resumir mi propuesta de medida de la complejidad de un sistema de información, consideramos en primer lugar su AIC como Gell -Mann lo ha definido . Luego reemplazamos cada cadena aleatoria con una simple instrucción para insertar una cadena aleatoria . A continuación, hacer lo mismo con cadenas de datos arbitrarios. Ahora tenemos una medida de la complejidad que coincida razonablemente nuestra intuición .

Es una observación razonable que los cambios de paradigma en un proceso evolutivo como la biología - y su continuación a través de la tecnología de cada uno representan un aumento de la complejidad , como lo he definido anteriormente. Por ejemplo , la

evolución de ADN permitió organismos más complejos , cuyos procesos de información biológica podrían ser controlados por el almacenamiento de datos flexible de la molécula de ADN . La explosión cámbrica proporcionó un conjunto estable de planes corporales de los animales ( en el ADN ) , por lo que el proceso evolutivo podría concentrarse en el desarrollo cerebral más compleja . En la tecnología , la invención de la computadora proporciona un medio para la civilización humana para almacenar y manipular conjuntos cada vez más complejas de información . La amplia interconexión de Internet proporciona una mayor complejidad.

"El aumento de la complejidad" por sí solo no es, sin embargo , el objetivo final o producto final de estos procesos evolutivos. Resultados de la evolución de mejores respuestas , unos no necesariamente más complicadas. A veces una solución superior es otro más sencillo . Así que vamos a considerar otro concepto : el orden. El orden no es el mismo que el opuesto del trastorno . Si el trastorno representa una secuencia aleatoria de los acontecimientos, lo contrario de la enfermedad debe ser " no aleatoriedad ". La información es una secuencia de datos que es significativa en un proceso, tales como el código del ADN de un organismo o de los bits en un programa de ordenador . "Noise ", en cambio , es una secuencia aleatoria . El ruido es inherentemente impredecible, pero no lleva ninguna información. Información , sin embargo , también es impredecible . Si podemos predecir datos futuros de los datos anteriores, que los datos en el futuro deja de ser información. Por lo tanto , ni la información ni el ruido se pueden comprimir ( y restaurado a exactamente la misma secuencia ) . Podríamos considerar un patrón predecible alterna (como 0.101.010 ... ) para ser ordenado, pero no lleva ninguna información más allá de los dos primeros bits.

Por lo tanto , el orden no constituye el fin , porque el orden requiere información. El orden es la información que se ajuste a un propósito. La medida de orden es la medida de lo bien que la información se ajusta a la finalidad . En la evolución de formas de vida , el propósito es para sobrevivir . En un algoritmo evolutivo ( un programa informático que simula la evolución de resolver un problema ) que se aplica a, por ejemplo , el diseño de un motor a reacción , el objetivo es optimizar el rendimiento del motor , eficiencia, y posiblemente otra orden de medición criteria.<sup>7</sup> es más difícil que la medición de la complejidad . Existen medidas de complejidad propone , como ya comenté anteriormente. Por fin , necesitamos una medida de "éxito " que se adapta a cada situación. Cuando creamos algoritmos evolutivos , el programador tiene que proporcionar una medida de éxito (llamada " función de utilidad ") . En el proceso evolutivo del desarrollo de la tecnología , podríamos asignar una medida del éxito económico.

Basta con tener más información no necesariamente en un mejor ajuste. A veces , una orden más profundo - un mejor ajuste a un propósito - se consigue mediante la simplificación en lugar de nuevos aumentos en la complejidad . Por ejemplo , una nueva teoría que une las ideas aparentemente dispares en una teoría más amplia y coherente reduce la complejidad , pero sin embargo puede aumentar el "orden con un propósito. " ( En este caso , el objetivo es modelar con precisión los fenómenos

observados . ) En efecto , el logro de las teorías más simples es una fuerza impulsora en la ciencia . ( Como dijo Einstein : "Haz todo lo más simple posible, pero no más simple . ")

Un ejemplo importante de este concepto es el que representa un paso clave en la evolución de los homínidos : el cambio en el punto de giro del pulgar , lo que permite una manipulación más precisa del medio ambiente . " 8

Los primates como los chimpancés pueden entender, pero que no pueden manipular los objetos , ya sea con un " apretón de la energía " , o suficiente coordinación motora fina para escribir o para dar forma a los objetos. Un cambio en el punto de pivote del pulgar no aumentó significativamente la complejidad del animal pero no obstante no representan un aumento de la orden , lo que permite , entre otras cosas , el desarrollo de la tecnología . La evolución ha demostrado, sin embargo , que la tendencia general hacia una mayor orden no suelen dar lugar a una mayor complexity.<sup>9</sup>

Mejorando de esta manera una solución a un problema que por lo general aumenta pero a veces disminuye el fin complejidad aumenta. Ahora nos queda la cuestión de la definición del problema . De hecho , la clave de un algoritmo evolutivo (y en evolución biológica y tecnológica en general) es exactamente esto: la definición del problema (que incluye la función de utilidad ) . En la evolución biológica del problema general ha sido siempre para sobrevivir. En particular, los nichos ecológicos esta primordiales traduce desafío en objetivos más específicos , tales como la capacidad de ciertas especies para sobrevivir en ambientes extremos o para camuflarse de sus depredadores . Como la evolución biológica se acercó a los humanoides , el objetivo en sí se desarrolló la capacidad de pensar más adversarios y para manipular el entorno en consecuencia.

Puede parecer que este aspecto de la ley de los retornos acelerados contradice la segunda ley de la termodinámica , lo que implica que la entropía ( aleatoriedad en un sistema cerrado ) no puede disminuir y , por lo tanto , en general increases.<sup>10</sup> Sin embargo , la ley de la aceleración de devoluciones se refiere a la evolución , que no es un sistema cerrado . Se lleva a cabo en medio de un gran caos y de hecho depende del trastorno en su seno , de la que extrae sus opciones a la diversidad. Y a partir de estas opciones, un proceso evolutivo poda continuamente sus opciones para crear cada vez mayor orden. Incluso una crisis, como los grandes asteroides periódicas que se han estrellado contra la Tierra , a pesar de un creciente caos temporal , terminan aumentando más profunda : el orden creado por la evolución biológica.

En resumen , la evolución de los aumentos orden, que el alcalde no puede aumentar la complejidad ( pero por lo general lo hace) . Una razón principal de que la evolución de las formas de vida o de tecnología de velocidades para arriba es que se basa en su propio orden creciente , con medios cada vez más sofisticados de grabación y manipulación de la información . Las innovaciones creadas por la evolución alentar y permitir una evolución más rápida . En el caso de la evolución de formas de vida , el primer ejemplo más notable es el ADN , lo que proporciona una transcripción registrada y protegida de diseño de la vida desde la cual lanzar nuevos experimentos . En el caso de la evolución de la tecnología , cada vez mejores

métodos humanos de la información de grabación han fomentado aún más avances en la tecnología . Los primeros equipos fueron diseñados en papel y montados a mano. Hoy en día , están diseñadas en estaciones de trabajo , con los mismos equipos que se resuelven muchos detalles de diseño de la siguiente generación , y luego se producen en fábricas totalmente automatizadas con sólo una limitada intervención humana .

El proceso evolutivo de la tecnología mejora las capacidades de una manera exponencial. Los innovadores buscan mejorar las capacidades de los múltiples . La innovación es multiplicativo y no aditivo. La tecnología , como cualquier proceso evolutivo , se basa en sí mismo. Este aspecto seguirá acelerándose cuando la propia tecnología toma el control total de su propio progreso en el Epoca V.<sup>11</sup>

Podemos resumir los principios de la ley de la aceleración de rendimiento de la siguiente manera :

- Evolución aplica retroalimentación positiva : los métodos más capaces que resultan de una etapa de progreso evolutivo se utilizan para crear la siguiente etapa. Como se describe en el capítulo anterior, cada época de la evolución ha avanzado más rápidamente mediante la construcción de los productos de la etapa anterior. Evolución trabaja a través de indirección : evolución los humanos creados , los seres humanos crearon la tecnología , los seres humanos están ahora trabajando con la tecnología cada vez más avanzada para crear nuevas generaciones de tecnología. En el momento de la singularidad , no habrá una distinción entre los seres humanos y la tecnología . Esto no es porque los humanos se han convertido en lo que conocemos como máquinas de hoy en día, sino más bien máquinas han evolucionado para ser como los seres humanos y más allá. La tecnología será el pulgar oponible metafórica que permite a nuestro siguiente paso en la evolución. El progreso ( nuevos aumentos de la orden), entonces se basa en procesos que ocurren a la velocidad de la luz en lugar de en las reacciones electroquímicas muy lento pensando. Cada etapa de la evolución se basa en los frutos de la última etapa, por lo que el ritmo de avance de un proceso evolutivo aumenta , al menos de forma exponencial con el tiempo. Con el tiempo, el "orden" de la información integrada en el proceso evolutivo (la medida de lo bien que la información se ajusta a un propósito, que en la evolución es la supervivencia ) aumenta.
- Un proceso evolutivo no es un sistema cerrado , la evolución se basa en el caos en el sistema más grande en el que se lleva a cabo por sus opciones para la diversidad. Debido a la evolución también se basa en su propio orden creciente, en una orden de proceso evolutivo aumenta exponencialmente
- Un correlato de esta observación es que las "ganancias" de un proceso evolutivo (como la velocidad, eficiencia , rentabilidad , o "poder " en general de un proceso ) también aumentan , al menos de forma exponencial con el tiempo. Vemos esto en la ley de Moore, en el que cada nueva generación de chip de computadora (que ahora aparece cada dos años aproximadamente ) proporciona el doble de componentes por costo unitario , cada uno de los cuales funciona mucho más rápidamente ( debido a las distancias más pequeñas requeridas para los electrones a viajar dentro y entre éstos y otros factores). Como ilustro a continuación , este crecimiento exponencial en

la potencia y el precio - rendimiento de las tecnologías basadas en la información no se limita a los ordenadores , pero es cierto para esencialmente todas las tecnologías de la información , e incluye el conocimiento humano , medido muchas maneras diferentes . También es importante tener en cuenta que el término " tecnología de la información " está abarcando una cada vez más amplia clase de fenómenos , y en última instancia, incluir toda la gama de la actividad económica y la iniciativa cultural.

- En otro bucle de retroalimentación positiva , el proceso evolutivo particular, más efectivo se vuelve – por ejemplo , mayor será la capacidad y coste - eficacia que el cómputo alcanza - cuanto mayor es la cantidad de recursos que se despliegan hacia el mayor progreso de ese proceso . Esto se traduce en un segundo nivel de crecimiento exponencial , es que , la tasa de crecimiento exponencial - el exponente -sí crece exponencialmente . Por ejemplo , como se ve en la figura , en la pág .67 , "Ley de Moore : La Quinta paradigma " , que tardó tres años para duplicar el precio-rendimiento de computación a principios del siglo XX , y dos años en el medio del siglo. Ahora se duplica aproximadamente una vez por año . No sólo es cada duplicación de chips en el poder cada año por el mismo costo por unidad , pero el número de fichas que se fabrican también está creciendo de manera exponencial , por lo que los presupuestos de investigación de computadoras han crecido de forma espectacular en las últimas décadas .

- La evolución biológica es un tal proceso evolutivo. De hecho, es la quintaesencia evolutiva proceso . Debido a que tuvo lugar en un sistema completamente abierto (en oposición a las restricciones artificiales en un algoritmo evolutivo ) , muchos niveles del sistema evolucionaron al mismo tiempo . No sólo la información contenida en los genes progreso de una especie hacia una mayor orden, pero el sistema global de la ejecución del proceso evolutivo en sí se desarrolla de esta manera . Por ejemplo , el número de cromosomas y la secuencia de los genes en los cromosomas también han evolucionado con el tiempo . Como otro ejemplo , la evolución ha desarrollado maneras de proteger la información genética de defectos excesivos ( aunque se permite una pequeña cantidad de mutación , ya que este es un mecanismo beneficioso para la mejora evolutiva en curso ). Uno de los medios principales de lograr esto es la repetición de la información genética en los cromosomas emparejados. Esto garantiza que , incluso si un gen en un cromosoma está dañado , es probable que sea correcta y eficaz su gen correspondiente . Incluso el desapareado cromosoma Y masculino ha ideado medios de copias de seguridad de su información mediante la repetición de que en el cromosoma Y itself.<sup>12</sup> Sólo alrededor del 2 por ciento de los códigos del genoma para proteins.<sup>13</sup> El resto de la información genética ha evolucionado medios elaborados para controlar cuándo y cómo los genes codificadores de proteínas se expresan ( producir proteínas ) en un proceso que sólo estamos empezando a comprender . Por lo tanto , el proceso de la evolución , tales como la tasa permitida de la mutación , en sí ha evolucionado con el tiempo .

- La evolución tecnológica es otro de esos proceso evolutivo. En efecto , la aparición de la primera especie de la tecnología - creando resultó en el nuevo proceso de evolución de la tecnología , lo que hace que la evolución tecnológica una

consecuencia de - y una continuación de la evolución - biológica . Homo sapiens evolucionó en el transcurso de unos pocos cientos de mil años, y las primeras etapas de la tecnología humanoide creado (por ejemplo, la rueda , el fuego y las herramientas de piedra ) progresó ligeramente más rápido , lo que requiere decenas de miles de años para evolucionar y ser ampliamente desplegados . Hace medio milenio, el producto de un cambio de paradigma , como la imprenta tomó cerca de un siglo para ser ampliamente desplegado . Hoy en día, los productos de grandes cambios de paradigma , tales como teléfonos celulares y la World Wide Web, son ampliamente adoptados en sólo unos pocos años.

- Un paradigma específico ( un método o enfoque para resolver un problema , por ejemplo , la reducción de los transistores en un circuito integrado como una manera de hacer que los ordenadores más potentes ) genera crecimiento exponencial hasta que su potencial se ha agotado . Cuando esto sucede , se produce un cambio de paradigma , que permite el crecimiento exponencial para continuar.

**El ciclo de vida de un paradigma** . Cada paradigma se desarrolla en tres etapas :

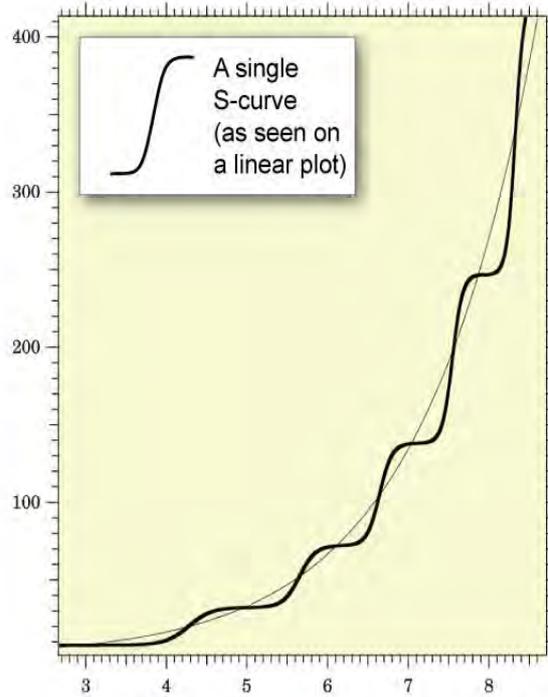
- 1 . Crecimiento lento ( la primera fase de crecimiento exponencial )
- 2 . El rápido crecimiento ( la fase tardía, explosivo de crecimiento exponencial ) , como se ve en la figura por debajo de la curva S
- 3 . Una estabilización como el paradigma particular, madura

La progresión de estas tres etapas se parece a la letra S , se extendía a la derecha . La ilustración de la curva S muestra cómo una tendencia exponencial en curso puede estar compuesta de una cascada de curvas en S . Cada sucesiva curva S es más rápido (tarda menos tiempo en el tiempo, o x, eje y) y superior (ocupa más espacio en la actuación, o Y , el eje ) .

### **Curvas S (como se ve en una parcela lineal)**

Una secuencia exponencial continuo formado por una cascada de curvas en S (representación lineal)

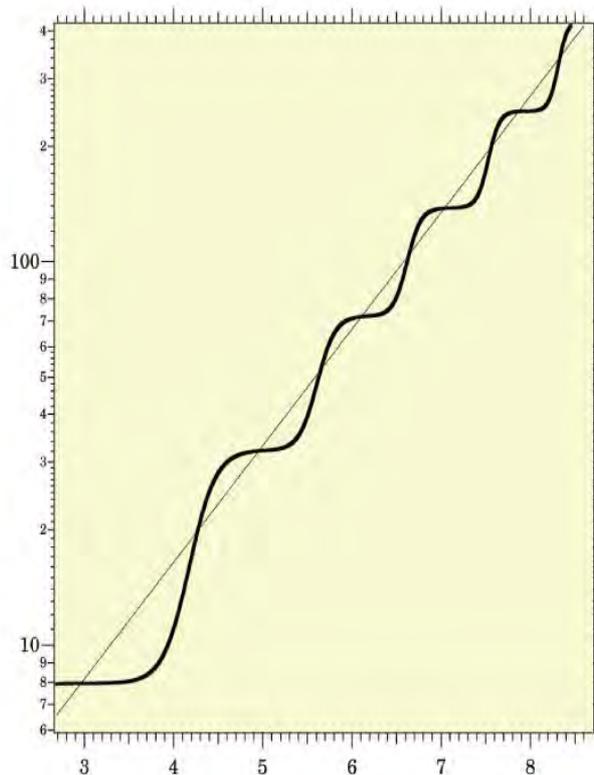
An ongoing exponential sequence made up of a cascade of S-curves (linear plot)



### Curvas S (como se ve en una representación logarítmica )

La misma secuencia exponencial de las curvas S en una parcela logarítmica

The same exponential sequence of S-curves on a logarithmic plot



S- curvas son típicas de crecimiento biológico : la replicación de un sistema de complejidad relativamente fija (tal como un organismo de una especie en particular), que operan en un nicho competitivo y luchando por los recursos locales finitas . Esto ocurre a menudo , por ejemplo , cuando una especie pasa a un nuevo entorno hospitalario . Su número crecerá exponencialmente durante un tiempo antes de estabilizarse . El crecimiento exponencial general de un proceso evolutivo (si molecular, biológica, cultural o tecnológico) reemplaza a los límites del crecimiento visto en cualquier paradigma en particular ( un S - curva específica ) como resultado del aumento de la potencia y la eficiencia desarrollado en cada paradigma sucesiva .

El crecimiento exponencial de un proceso evolutivo , por lo tanto , se extiende por curvas S múltiple. El ejemplo contemporáneo más importante de este fenómeno es los cinco paradigmas de computación se analizan a continuación . Toda la progresión de la evolución observada en los gráficos en la aceleración del cambio de paradigma en el capítulo anterior representa curvas S sucesiva . Cada evento clave , como escribir o imprimir , representa un nuevo paradigma y una S - curva nueva .

La teoría de la evolución del equilibrio puntuado (PE ) describe la evolución como progreso a través de períodos de cambios rápidos seguidos de períodos de relativa stasis.<sup>14</sup> hecho, los eventos clave en los gráficos de época de eventos se corresponden a nuevos períodos de crecimiento exponencial en orden ( y , en general, de la complejidad ) , seguido por un crecimiento más lento , ya que cada paradigma se aproxima a su asíntota ( límite de capacidad ) . Así PE proporciona un modelo evolutivo más que un modelo que predice sólo una progresión suave a través de los cambios de paradigma .

Pero los acontecimientos clave en el equilibrio puntuado , mientras que da lugar a cambios más rápidos , no representan saltos instantáneos . Por ejemplo , el advenimiento de ADN permitió un aumento ( pero no un salto inmediato ) de mejora evolutiva en el diseño del organismo y los aumentos resultantes en complejidad . En la historia reciente tecnológica , la invención de la computadora inició otra oleada , todavía en curso , en la complejidad de la información que la civilización humana - máquina es capaz de manejar . Este último aumento no llegará a una asíntota hasta saturar la materia y la energía en nuestra región del universo con el cálculo , basado en límites físicos que discutiremos en la sección " ... en el destino inteligente del Cosmos" en el capítulo 6.<sup>15</sup>

Durante esta tercera fase de maduración o en el ciclo de vida de un paradigma , la presión comienza a acumularse para el siguiente cambio de paradigma. En el caso de la tecnología, la investigación de dólares se invierten para crear el siguiente paradigma. Esto lo podemos ver en la extensa investigación que se realizan hoy en día hacia la computación molecular tridimensional , a pesar de que todavía nos queda por lo menos una década a la izquierda para el paradigma de reducción de transistores en un circuito integrado plano utilizando fotolitografía.

En general , en el momento en un paradigma acerca a su asíntota en precio- rendimiento , el siguiente paradigma técnico ya está trabajando en aplicaciones de nicho. Por ejemplo , en la década de 1950 ingenieros estaban encogiendo los tubos de

vacío para proporcionar un mayor rendimiento de los precios de ordenadores , hasta que el proceso se convirtió ya no es factible . En este momento, alrededor de 1960, los transistores ya habían logrado un fuerte nicho de mercado en las radios portátiles y fueron utilizados posteriormente para reemplazar los tubos de vacío en las computadoras.

Los recursos que subyacen en el crecimiento exponencial de un proceso evolutivo son relativamente acotadas . Uno de estos recursos es el fin del propio proceso evolutivo ( en constante crecimiento ) (ya que, como he señalado , el productos de un proceso evolutivo siguen creciendo en orden) . Cada etapa de la evolución proporciona las herramientas más poderosas para la próxima . Por ejemplo , en la evolución biológica , el advenimiento de ADN activado más potentes y más rápido "experimentos . " Evolutivos O, para tomar un ejemplo más reciente, el advenimiento de las herramientas de diseño asistido por ordenador permite un rápido desarrollo de la próxima generación de computadoras .

El otro recurso necesario para el crecimiento exponencial continuo de orden es el " caos " del medio ambiente en el que el proceso evolutivo se lleva a cabo y que proporciona las opciones para la diversidad . El caos proporciona la variabilidad para permitir un proceso evolutivo para descubrir las soluciones más potentes y eficientes . En la evolución biológica , una fuente de diversidad es la mezcla y combinación de combinaciones de genes a través de la reproducción sexual. La reproducción sexual en sí fue una innovación evolutiva que aceleró todo el proceso de la adaptación biológica y proporcionan una mayor diversidad de combinaciones genéticas que la reproducción no sexual. Otras fuentes de la diversidad son las mutaciones y las condiciones ambientales cambiantes . En la evolución tecnológica , el ingenio humano combinado con las condiciones variables del mercado mantiene el proceso de innovación en marcha.

**Fractal Designs** . Una cuestión clave sobre el contenido de información de los sistemas biológicos es la forma en que es posible que el genoma , que contiene comparativamente poca información , para producir un sistema tal como un humano , que es mucho más compleja que la información genética que lo describe. Una manera de entender esto es para ver los diseños de la biología como "fractales probabilísticos. " Un determinista fractal es un diseño en el que un solo elemento de diseño (llamado el " iniciador ") se sustituye con múltiples elementos ( denominados en conjunto el " generador " ) . En una segunda iteración de la expansión del fractal , cada elemento en el propio generador se convierte en un iniciador y se sustituye con los elementos del generador de ( a escala para el tamaño más pequeño de los iniciadores de segunda generación ) . Este proceso se repite muchas veces , con cada elemento de nueva creación de un generador de convertirse en un iniciador y ser sustituido por un nuevo generador de escala . Cada nueva generación de expansión fractal añade complejidad aparente, pero no requiere información adicional de diseño . Un fractal probabilístico añade el elemento de incertidumbre . Mientras que un fractal determinista tendrá el mismo cada vez que se hace , un fractal probabilístico será diferente cada vez, aunque con características similares. En un fractal probabilística , la probabilidad de cada elemento generador de ser aplicada es inferior a 1 . De esta manera , los diseños

resultantes tienen una apariencia más orgánica. Fractales probabilísticos se utilizan en los programas de gráficos para generar imágenes de aspecto realista de montañas, nubes, costas, follaje, y otras escenas orgánicas. Un aspecto clave de un fractal probabilístico es que permite la generación de una gran cantidad de complejidad aparente, incluyendo una descripción más detallada variable, a partir de una cantidad relativamente pequeña de información sobre el diseño. Biología utiliza este mismo principio. Los genes proporcionan la información de diseño, pero el detalle en el organismo es mucho mayor que la información de diseño genético.

Algunos observadores interpretan erróneamente la cantidad de detalles en los sistemas biológicos, tales como el cerebro con el argumento de, por ejemplo, que la configuración exacta de cada microestructura (por ejemplo, cada túbulo) en cada neurona está diseñada con precisión y debe ser exactamente la forma en que es para el sistema para funcionar. Para entender cómo un sistema biológico como funciona el cerebro, sin embargo, tenemos que entender sus principios de diseño, que son mucho más simple (es decir, contienen mucha menos información) que las estructuras muy detalladas que la información genética genera a través de estos iterativos, procesos de tipo fractal. Hay sólo ochocientos millones de bytes de información en todo el genoma humano, y sólo alrededor de treinta hasta cien millones bytes después de que se aplica la compresión de datos. Esto es aproximadamente cien millones de veces menos información que está representada por todas las conexiones interneuronales y los patrones de concentración de neurotransmisores en el cerebro humano completamente formado.

Considere cómo los principios de la ley de los retornos acelerados aplicables a las épocas que hemos discutido en el primer capítulo. La combinación de aminoácidos en las proteínas y de los ácidos nucleicos en las cadenas de ARN estableció el paradigma básico de la biología. Las cadenas de ARN (y más tarde DNA) que se auto-replica (Epoch dos) proporcionan un método digital para registrar los resultados de los experimentos evolutivos. Más tarde, la evolución de una especie que el pensamiento racional combinada (Epoch tres) con un apéndice oponible (el pulgar) provocó un cambio de paradigma fundamental de la biología a la tecnología (Epoch Cuatro). El próximo cambio de paradigma primaria será de pensamiento biológico a un híbrido que combina pensamiento biológico y no biológico (Epoch Cinco), que incluirá procesos "biológicamente inspirados" resultantes de la ingeniería inversa de cerebros biológicos.

Si examinamos el calendario de estas épocas, vemos que han sido parte de un proceso continuo de aceleración. La evolución de las formas de vida requiere miles de millones de años para sus primeros pasos (células primitivas, ADN), y luego un progreso acelerado. Durante la explosión del Cámbrico, los principales cambios de paradigma tuvieron sólo unas decenas de millones de años. Más tarde, los humanoides desarrollados a lo largo de un período de millones de años, y el Homo sapiens en un período de sólo cientos de miles de años. Con el advenimiento de la tecnología de una especie - creando el ritmo exponencial se convirtió en demasiado rápido para la evolución a través de la síntesis de proteínas de ADN - guiada, y la evolución se trasladó a la tecnología creados por el hombre. Esto no implica que la

evolución biológica ( genética ) no es continua, sólo que ya no se está llevando el ritmo en términos de mejorar el orden (o de la eficacia y la eficiencia de la computación ) .16

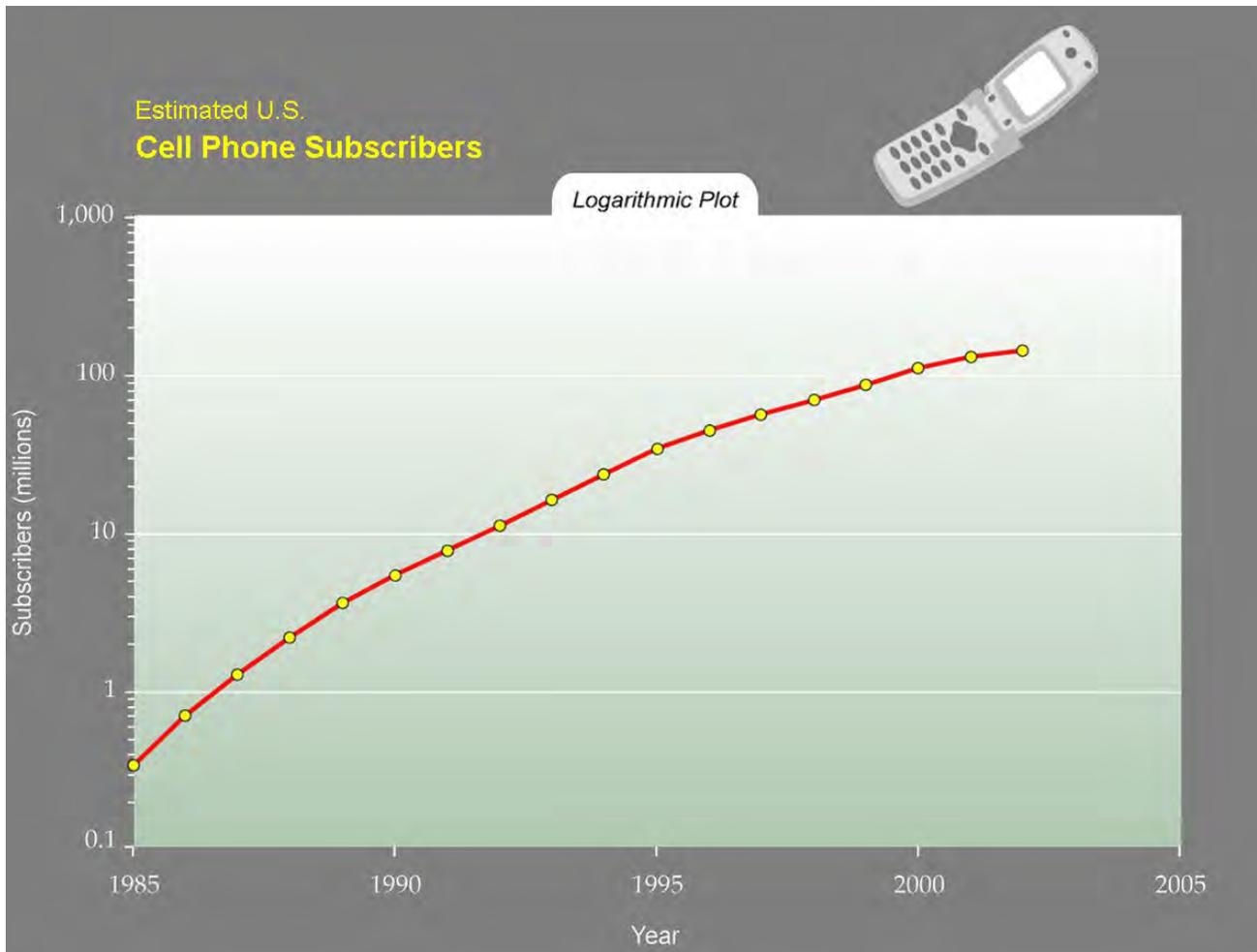
**Evolución Hipermétrope** . Hay muchas ramificaciones de la creciente complejidad y que han resultado de la evolución biológica y su continuación a través de la tecnología. Tenga en cuenta los límites de la observación. Vida biológica temprana puede observar los acontecimientos locales de varios milímetros de distancia, el uso de gradientes químicos. Cuando los animales avistados evolucionaron, fueron capaces de observar los acontecimientos que eran millas de distancia . Con la invención del telescopio , los humanos pudieron ver otras galaxias a millones de años luz de distancia . Por el contrario , el uso de microscopios , podrían ver también las estructuras celulares de tamaño . Hoy en día los humanos armados con la tecnología contemporánea puede ver hasta el borde del universo observable, una distancia de más de trece millones de años luz , y hasta las partículas subatómicas a escala cuántica .

Tenga en cuenta la duración de la observación . Animales unicelulares podían recordar eventos de segundo , a partir de reacciones químicas. Los animales con cerebros pueden recordar eventos de día . Primates con la cultura podrían transmitir información a través de varias generaciones. Las primeras civilizaciones humanas con historias orales fueron capaces de preservar las historias de cientos de años . Con la llegada del lenguaje escrito la permanencia extenderse a miles de años .

Como uno de los muchos ejemplos de la aceleración de la tasa de cambio de paradigma tecnológico, que tomó cerca de medio siglo de la invención del teléfono a finales del siglo XIX hasta alcanzar niveles significativos de uso ( ver la figura siguiente) .17

## El crecimiento de EE.UU. industria de telefonía ( representación logarítmica )

En comparación, la adopción de la telefonía celular a finales del siglo XX tomó sólo una década.<sup>18</sup>

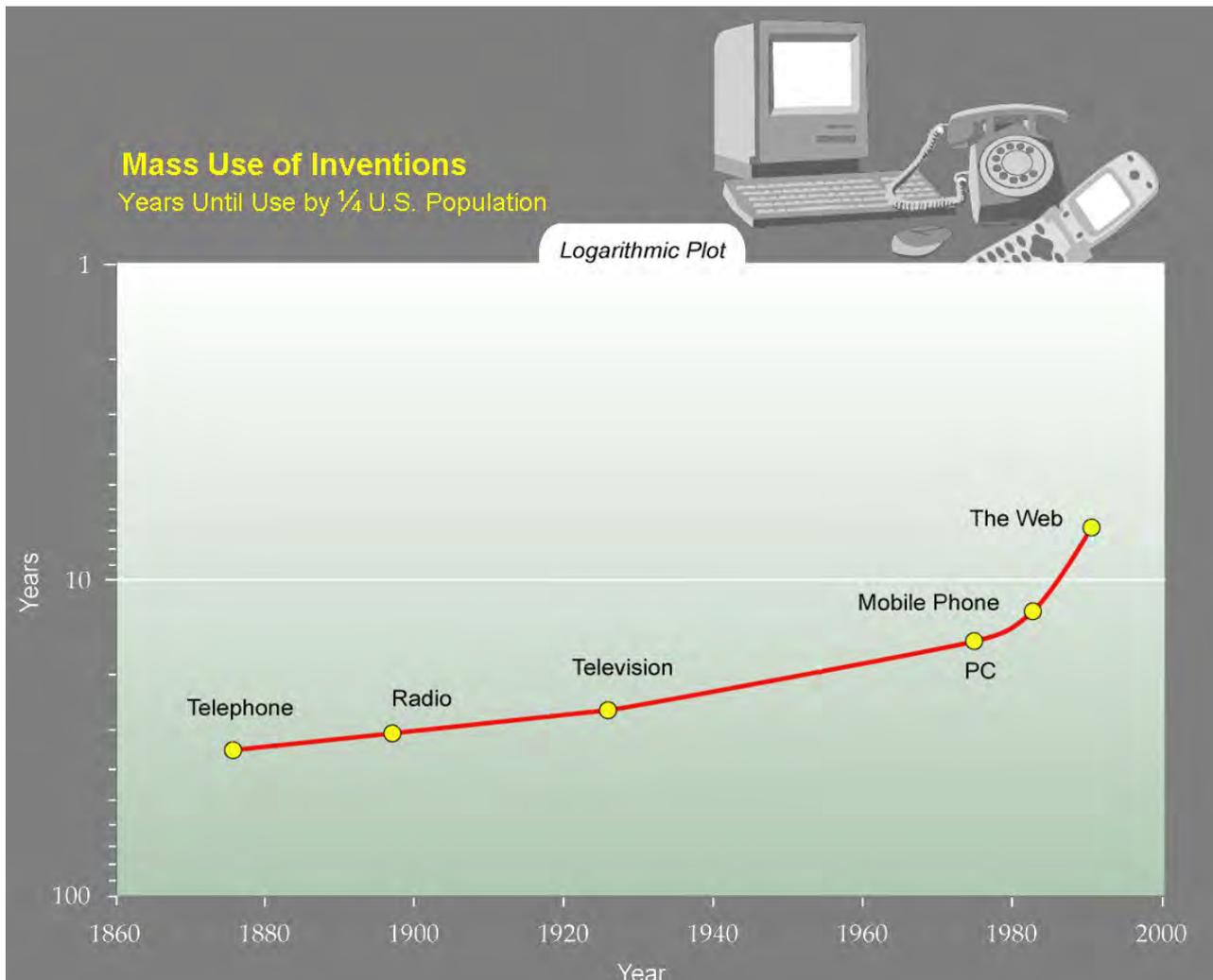


## Estimados usuarios de teléfonos celulares de Estados Unidos (representación logarítmica)

En general vemos una aceleración suave en las tasas de adopción de tecnologías de la comunicación en la última century.<sup>19</sup>

Mass uso de las invenciones :

Años hasta su uso por  $\frac{1}{4}$  Población EE.UU. ( representación logarítmica )



Como se discutió en el capítulo anterior, la tasa global de la adopción de nuevos paradigmas, que es paralelo a la velocidad de los avances tecnológicos, está duplicando cada diez años. Es decir, el momento de adoptar nuevos paradigmas va a la mitad de cada década . A este ritmo , el avance tecnológico en el siglo XXI será el equivalente ( en la visión lineal ) a doscientos siglos de progreso ( en el ritmo de avance en 2000) .<sup>20, 21</sup>

## **El S - Curva de una tecnología que consten en su ciclo de vida**

Una máquina es tan distintiva, brillante y con expresión humana, como una Sonata de violín o un teorema de Euclides. - GREGORY VLASTOS

Está muy lejos de ser el calígrafo monacal, trabajando en su celda, en silencio, con el paso ligero " click, click " de la máquina de escribir moderna, que en un cuarto de siglo ha revolucionado y reformado empresa. - Scientific American, 1905

La tecnología de comunicación nunca ha desaparecido, sino que se vuelve cada vez menos importante cuando el horizonte tecnológico ensancha . - Arthur C. Clarke

Siempre tengo una pila de libros en mi escritorio para hojear cuando se me acaban las ideas, me siento inquieto, o no necesito un tiro de la inspiración. Recogiendo un grueso volumen que recientemente he adquirido, me considero oficio de apuestas:470 páginas finamente impresos organizados en firmas de 16 páginas , todo lo cual se cosen con hilo blanco y pegados sobre un cable de tela gris. Las cubiertas de lino - enlazados duros , estampadas con letras de oro , están conectados al bloque de firma por las hojas finales en relieve delicadamente . Esta es una tecnología que fue perfeccionado hace muchas décadas. Libros constituyen un elemento integral de nuestra sociedad , tanto la reflexión y la formación de su cultura - que es difícil imaginar la vida sin ellos. Pero el libro impreso , como cualquier otra tecnología , no vivir para siempre.

### **El ciclo de vida de una tecnología**

Podemos identificar siete etapas distintas en el ciclo de vida de una tecnología .

1 . Durante la etapa precursora, los requisitos previos de una tecnología de existir , y los soñadores pueden contemplar estos elementos se unen. No obstante, consideran que sueñan con ser el mismo que inventar, aunque los sueños se escriben. Leonardo da Vinci dibujó imágenes convincentes de aviones y automóviles , pero no se considera que ha inventado tampoco.

2 . La siguiente etapa , uno altamente celebra en nuestra cultura , es invención , un muy breve etapa , similar en algunos aspectos al proceso de nacimiento después de un período prolongado de trabajo . Aquí el inventor combina curiosidad, habilidades científicas , la determinación, y por lo general de espectacularidad de combinar métodos de una manera nueva y trae una nueva tecnología para la vida.

3 . La siguiente etapa es el desarrollo , durante el cual la invención está protegido y apoyado por guardianes doting ( que puede incluir el inventor original ) . A menudo, esta etapa es más crucial que invención y puede implicar la creación adicional que puede tener mayor importancia que la propia invención . Muchos manitas habían construido finamente carruajes sin caballos a mano afinados , pero fue la innovación de Henry Ford de la producción en masa que permitió al automóvil para echar raíces y florecer .

4 . La cuarta etapa es la madurez . Aunque continúa evolucionando , la tecnología ahora tiene una vida propia y se ha convertido en una parte establecida de la comunidad. Puede llegar a ser de entrelazado en el tejido de la vida que parece que

muchos observadores que va a durar para siempre. Esto crea un drama interesante cuando llega la etapa siguiente , que yo llamo la etapa de los falsos pretendientes .

5 . Aquí un advenedizo amenaza con eclipsar la tecnología más antigua . Sus entusiastas predicen la victoria antes de tiempo .

Mientras que proporciona algunos beneficios distintos, la nueva tecnología se encuentra en la reflexión a faltar algún elemento fundamental de la funcionalidad o la calidad. Cuando en realidad no desalojar el orden establecido , los conservadores tecnología toman esto como evidencia de que el enfoque original de hecho vivir para siempre.

6 . Esto suele ser una victoria de corta duración para la tecnología de envejecimiento. Poco después , otra nueva tecnología típicamente tiene éxito en la prestación de la tecnología original a la etapa de obsolescencia . En esta parte del ciclo de vida , la tecnología vive sus años dorados en la declinación gradual, el propósito original y funcionalidad ahora subsumidos por un más ágil competidor.

7 . En esta etapa , que puede comprender de 5 a 10 por ciento de ciclo de vida de una tecnología , que finalmente produce a antigüedad (al igual que el caballo y el coche), el clavicordio, el disco de vinilo , y la máquina de escribir manual) .

A mediados del siglo XIX hubo varios precursores del fonógrafo , incluyendo de Léon de Scott de Martinville fonógrafo , un dispositivo que registra las vibraciones del sonido como un dibujo impreso . Fue Thomas Edison , sin embargo , que reunió a todos los elementos juntos e inventó el primer dispositivo capaz de grabar y reproducir sonido en 1877. Otras mejoras eran necesarias para el fonógrafo para convertirse en comercialmente viable. Se convirtió en una tecnología completamente madura en 1949 cuando Columbia introdujo la grabación de larga duración de 33 rpm ( LP ) y RCA introdujo el disco 45 rpm . El falso pretendiente era la cinta de cassette, introducido en la década de 1960 y popularizó durante la década de 1970 . Los primeros entusiastas predijeron que su pequeño tamaño y la capacidad de ser regrabado harían el registro relativamente voluminosos y raspar obsoleto.

A pesar de estos beneficios , casetes carecen de acceso aleatorio y son propensos a sus propias formas de distorsión y la falta de fidelidad. El disco compacto ( CD ) asestó el golpe mortal. Con el CD que proporciona el acceso aleatorio y un nivel de calidad cerca de los límites del sistema auditivo humano , el fonógrafo rápidamente entró en la etapa de obsolescencia. Aunque todavía se produce , la tecnología que Edison dio a luz hace casi 130 años ha alcanzado la antigüedad.

Considere el piano, un área de tecnología que he estado involucrado personalmente con replicar . En el siglo XVIII temprano Bartolommeo Cristofori estaba buscando una manera de proporcionar una respuesta táctil para el clavicordio entonces popular para que el volumen de las notas que varían con la intensidad del toque del intérprete. Llamado gravicembalo cal de piano e forte ( " clavecín con suave y fuerte " ), su invención no fue un éxito inmediato . Otras mejoras , incluyendo la acción de Viena de Stein y la acción del Inglés Zumpe , ayudaron a establecer el "piano" como el

instrumento de teclado por excelencia . Se alcanzó la madurez con el desarrollo de la trama de hierro fundido completa , patentado en 1825 por Alfeo Babcock , y ha visto sólo sutiles refinamientos desde entonces . El falso pretendiente era el piano eléctrico de la década de 1980 . Ofrecía sustancialmente mayor funcionalidad. En comparación con el solo sonido (piano ) del piano acústico , la variante electrónica ofrece docenas de sonidos de instrumentos , secuenciadores que permitían al usuario reproducir toda una orquesta a la vez , el acompañamiento automático , programa de educación para enseñar las habilidades del teclado , y muchas otras características . La única característica que le faltaba era un sonido de piano de buena calidad.

Este defecto fundamental y la falta resultante de la primera generación de pianos electrónicos llevaron a la conclusión general de que el piano no sería reemplazada por la electrónica . Pero la "victoria " del piano acústico no será permanente . Con la mayor variedad de características y precio rendimiento , pianos digitales ya superan las ventas de pianos acústicos en los hogares. Muchos observadores consideran que la calidad del sonido "piano" en los pianos digitales ahora es igual o superior a la del piano acústico vertical. Con exclusión de conciertos y lujo pianos de cola ( una pequeña parte del mercado ) , la venta de pianos acústicos está en declive .

### **De Cabra Skins para Descargas**

Así que en el ciclo de vida de la tecnología es el libro ? Entre sus precursores eran tablillas de arcilla mesopotámicas y egipcias rollos de papiro . En el siglo II antes de Cristo , los Tolomeos de Egipto crearon una gran biblioteca de pergaminos en Alejandría y prohibieron la exportación de papiro para desalentar la competencia .

¿Cuáles fueron tal vez los primeros libros fueron creados por Eumenes II, gobernante de la antigua Perganum griega , el uso de páginas de pergamino hechos de pieles de cabras y ovejas , que fueron cosidas juntas entre las tapas de madera . Esta técnica permitió Eumenes para compilar una biblioteca igual a la de Alejandría. Por la misma época , los chinos también ha desarrollado una forma cruda de libro hecha de tiras de bambú .

El desarrollo y la maduración de los libros ha consistido en tres grandes avances . Impresión , experimentó primero con la de los chinos en el siglo VIII dC con bloques de madera sobrantes , libros permitidos sean reproducidos en cantidades mucho mayores , ampliando su audiencia más allá del gobierno y líderes religiosos. De mayor importancia fue la llegada de los tipos móviles , que los chinos y los coreanos experimentó en el siglo XI , pero la complejidad de los caracteres asiáticos prevenir estos primeros intentos de ser un éxito total . Johannes Gutenberg de trabajo en el siglo XV , se benefició de la relativa simplicidad del conjunto de caracteres Roman . Él sacó su Biblia, el primer trabajo a gran escala impresa en su totalidad con tipos móviles, en 1455 .

Si bien ha habido un flujo continuo de mejoras evolutivas en el proceso mecánico y electromecánico de la impresión , la tecnología de apuestas no vio otro salto de calidad hasta la disponibilidad de composición tipográfica equipo , que acabó con

tipos móviles hace dos décadas. La tipografía es ahora considerado como una parte de procesamiento de imagen digital.

Con los libros de una tecnología totalmente madura , los falsos pretendientes llegaron hace unos veinte años, con la primera ola de " libros electrónicos". Como suele ser el caso, estos falsos pretendientes ofrecen cualitativa dramático y beneficios cuantitativos . Basado en memoria flash de libros electrónicos en CD-ROM o puede proporcionar el equivalente de miles de libros con la búsqueda de gran alcance basado en computadora y las funciones de navegación de conocimiento. Con la Web o CD- ROM y DVD- basado enciclopedias , puedo realizar búsquedas de palabras rápidas utilizando extensas reglas lógicas , algo que no es posible con los treinta y tres volúmenes de " libro " , la versión que poseo. Los libros electrónicos pueden proporcionar imágenes que están animados y que responden a nuestra entrada. Las páginas no necesariamente están ordenados secuencialmente , pero se pueden explorar a lo largo de las conexiones más intuitivos.

Al igual que con el disco de vinilo y el piano , esta primera generación de falsos pretendientes era (y sigue siendo) falta una cualidad esencial de la original, que en este caso son las características visuales excelentes de papel y tinta. Papel no parpadea , mientras que la típica pantalla de ordenador está mostrando sesenta o más campos por segundo . Este es un problema debido a una adaptación evolutiva del sistema visual de los primates . Somos capaces de ver sólo una pequeña porción del campo visual de alta resolución. Esta parte , fotografiada por la fovea de la retina , se centra en un área del tamaño de una sola palabra a los veintidós centímetros de distancia . Fuera de la fovea, tenemos muy poca resolución, pero exquisita sensibilidad a los cambios en el brillo , una habilidad que permitió a nuestros antepasados primates para detectar rápidamente un depredador que podría atacar . El parpadeo constante de una matriz de gráficos de vídeo ( VGA ), la pantalla del ordenador es detectado por nuestros ojos como el movimiento y hace que el movimiento constante de la fovea . Esto reduce considerablemente las velocidades de lectura. que es una de las razones que la lectura en la pantalla es menos agradable que la lectura de un libro impreso. Este tema en particular se ha resuelto con las pantallas planas , que no parpadean .

Otros asuntos cruciales incluyen contraste , un libro de buena calidad tiene un contraste de tinta al papel de alrededor de 120:1 ; pantallas típicas son tal vez la mitad de eso, y la resolución. Impresión y las ilustraciones de un libro representan una resolución de alrededor de 600 a 1000 puntos por pulgada ( ppp ), mientras que las pantallas de ordenador son una décima parte de eso.

El tamaño y el peso de los dispositivos computarizados se están acercando a las de los libros , pero los dispositivos son aún más pesado que un libro de bolsillo . Libros de papel también no se queda sin batería.

Lo más importante, está el tema de los programas disponibles , y me refiero a la enorme base instalada de los libros impresos . Cincuenta mil nuevos libros impresos se publican cada año en los Estados Unidos , y millones de libros ya están en circulación. Hay grandes esfuerzos en curso para explorar y digitalizar los materiales

de impresión , pero será un largo tiempo antes de que las bases de datos electrónicas tienen una riqueza comparable de material. El obstáculo más grande aquí es la vacilación comprensible de los editores para que las versiones electrónicas de sus libros disponibles , teniendo en cuenta el efecto devastador que el intercambio ilegal de archivos ha tenido en la industria de la música - grabación.

Las soluciones están surgiendo para cada una de estas limitaciones. Nuevas tecnologías de visualización , de bajo costo tienen contraste, la resolución , la falta de parpadeo, y la visualización y comparables a los documentos en papel de alta calidad. Energía de células de combustible para dispositivos electrónicos portátiles se está introduciendo , que mantendrá los dispositivos electrónicos alimentados por cientos de horas entre los cambios de combustible del cartucho . Dispositivos electrónicos portátiles ya son comparables con el tamaño y el peso de un libro . El principal problema se va a encontrar medios seguros de que la información electrónica disponible . Esta es una preocupación fundamental para todos los niveles de nuestra economía. Todo, incluyendo los productos físicos, una vez que la fabricación basados en la nanotecnología se convierte en una realidad dentro de unos veinte años, se está convirtiendo en la información.

### **Ley más allá de Moore**

Cuando una calculadora en la ENIAC está equipada con 18.000 tubos de vacío y pesa 30 toneladas , las computadoras en el futuro puede tener sólo 1.000 tubos de vacío y quizás pesa 1,5 toneladas. MECÁNICA - popular, 1949

Ciencias de la Computación no es más acerca de las computadoras que la astronomía con los telescopios . -E. W. DIJKSTRA

Antes de analizar más las consecuencias de la Singularidad , vamos a examinar la amplia gama de tecnologías que están sujetos a la ley de rendimientos acelerados . La tendencia exponencial que ha ganado el mayor reconocimiento público se ha vuelto conocido como la Ley de Moore. A mediados de la década de 1970 , Gordon Moore, un inventor líder de circuitos integrados y más tarde presidente de Intel, observó que podríamos exprimir el doble de transistores en un circuito integrado cada veinticuatro meses (a mediados de la década de 1960, había estimado doce meses). Dado que los electrones tanto tienen menos distancia para viajar, los circuitos también se ejecutarán más rápido , proporcionando un impulso adicional a la potencia de cálculo total. El resultado es el crecimiento exponencial de la relación precio- rendimiento de la computación . Esta tasa de doce meses - duplicación es mucho más rápido que la tasa de duplicación de cambio de paradigma que he hablado antes , que es cerca de diez años. Por lo general, nos encontramos con que el tiempo de duplicación de diferentes medidas - precio-rendimiento , ancho de banda , el fomento de la capacidad de la tecnología de la información es de un año .

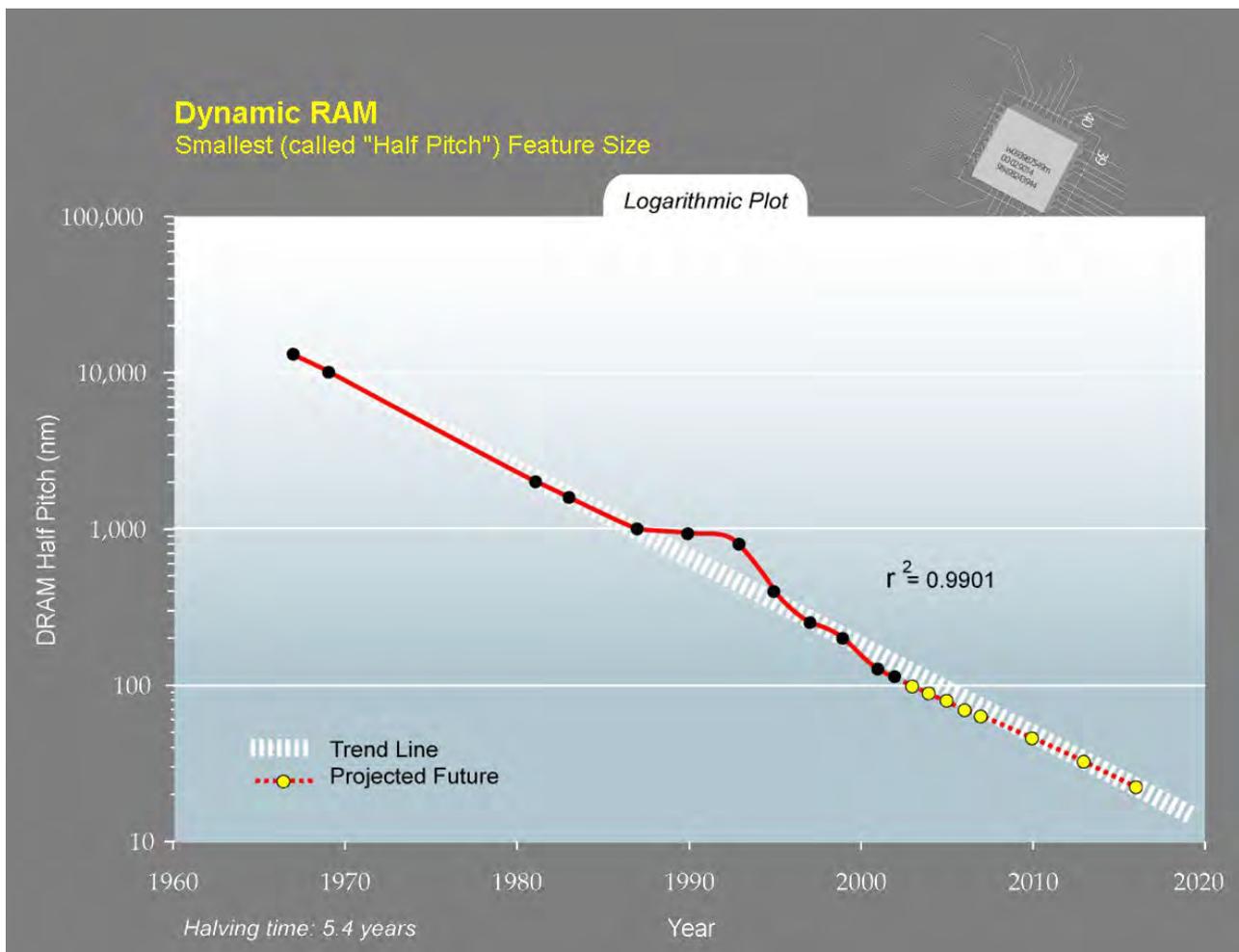
La principal fuerza impulsora de la Ley de Moore es una reducción de semiconductores incluyen tamaños , que reduzca en un medio cada 5,4 años en cada dimensión. ( Ver la figura siguiente ). Desde chips son funcionalmente en dos dimensiones , lo que significa duplicar el número de elementos por cada milímetro cuadrado 2,7 años.<sup>22</sup>

En las siguientes tablas se combinan datos históricos con la hoja de ruta de la industria de semiconductores (International

Guía de Innovación Tecnológica para Semiconductores [ ITRS ] de Sematech ) , que se proyecta hasta el 2018 .

### RAM dinámica :

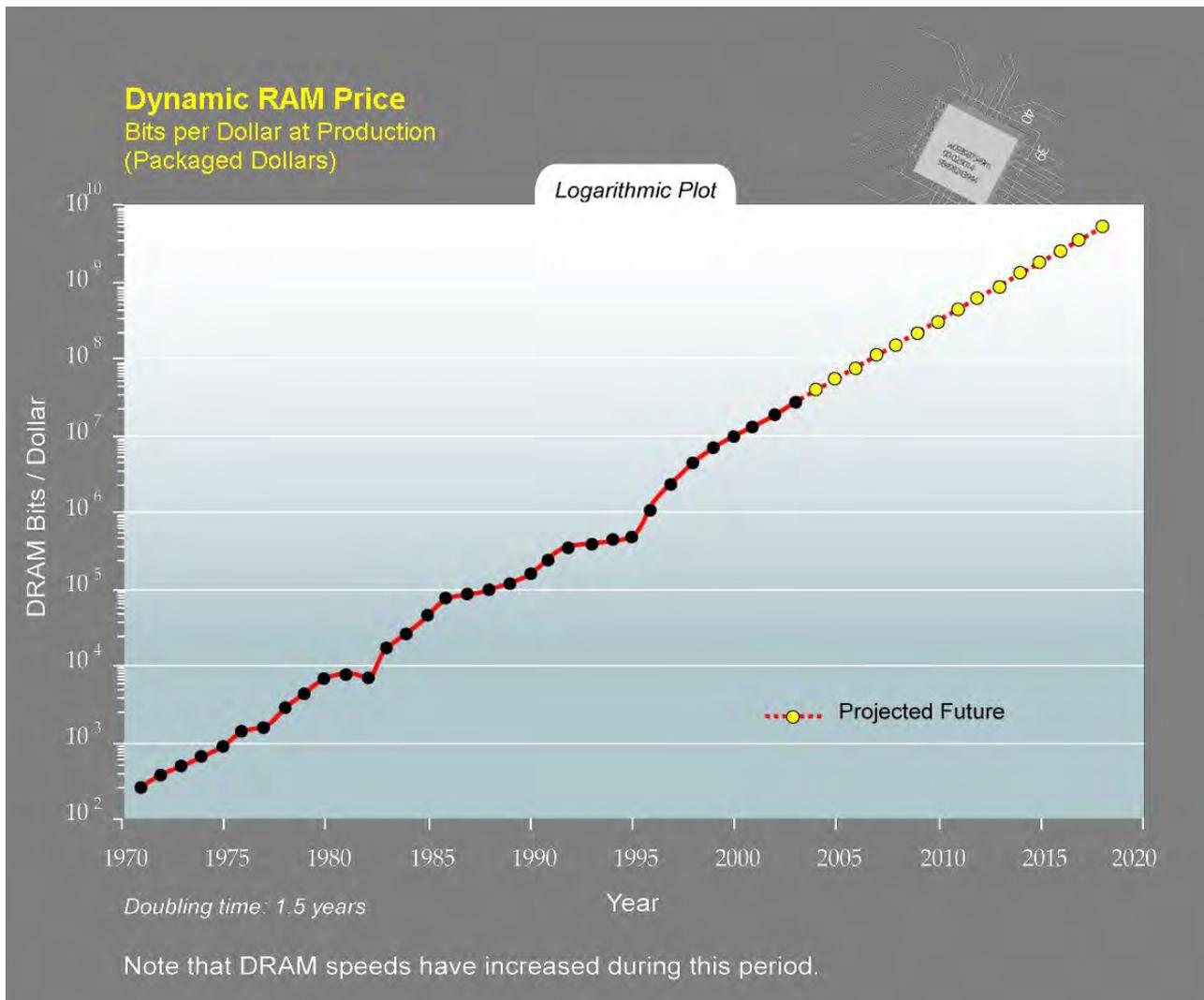
Más pequeño (llamado "Half Pitch" ) Reportaje tamaño ( representación logarítmica ) 5,4 años : Reducir a la mitad el tiempo



El costo de la DRAM (memoria dinámica de acceso aleatorio ) por milímetro cuadrado también ha ido disminuyendo . El tiempo de duplicación de bits de DRAM por dólar ha sido sólo 1,5 años <sup>23</sup>

## RAM dinámica Precio:

Bits por dólar en Producción (Dólares del paquete) (representación logarítmica) 1,5 años : Tiempo de duplicación . Tenga en cuenta que las velocidades de DRAM han aumentado durante este tiempo .



Una tendencia similar se observa con los transistores . Usted podría comprar un transistor por un dólar en 1968 y en 2002 un dólar compró unos diez millones de transistores . Desde DRAM es un campo especializado que ha visto su propia innovación , el tiempo de reducción a la mitad de precio medio transistor es ligeramente más lento que el DRAM, alrededor de 1,6 años (véase la figura siguiente)

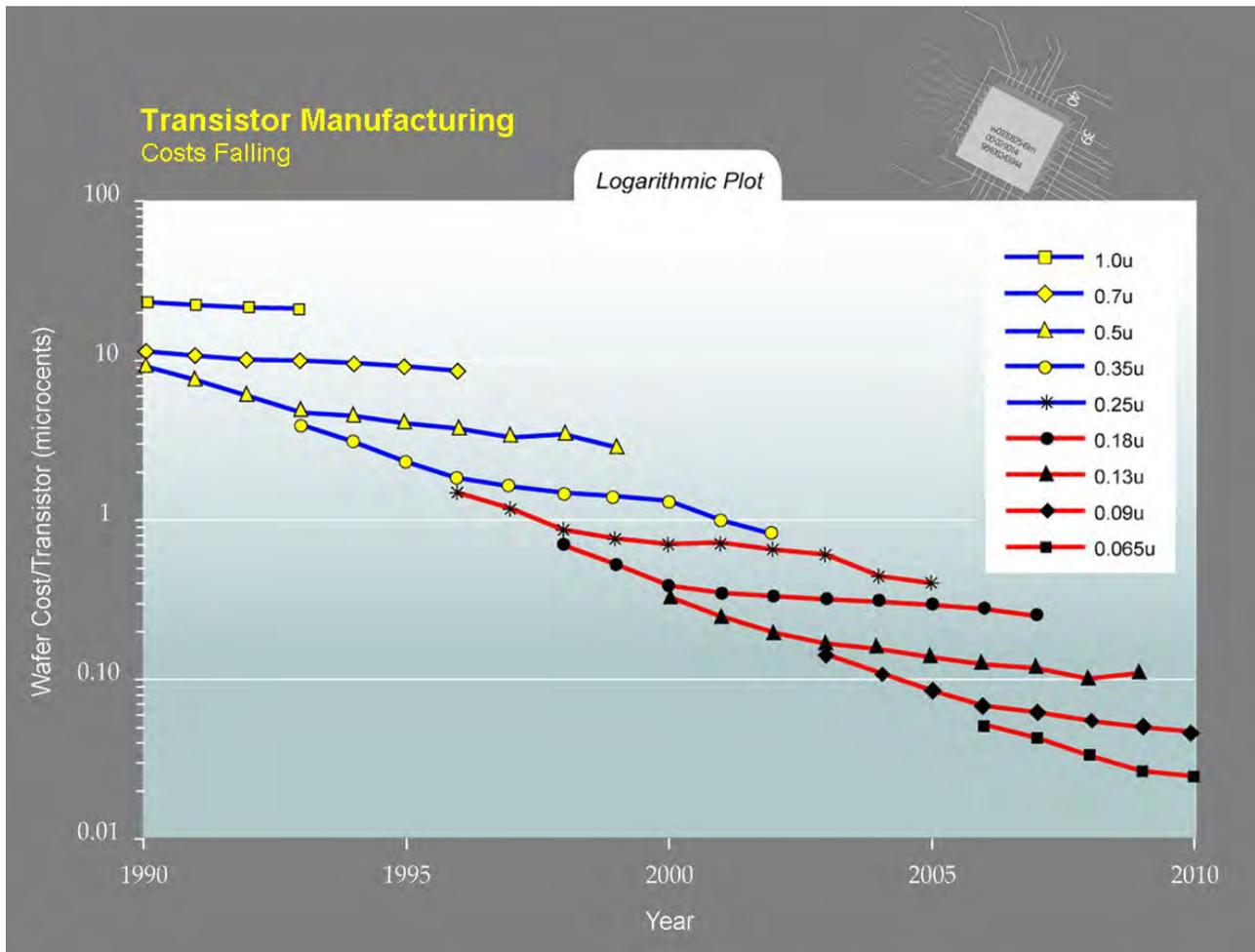
## Promedio Transistor Precio ( representación logarítmica )

1,6 años : Reducir a la mitad el tiempo .



Esta aceleración notablemente suave en el precio - rendimiento de los semiconductores ha progresado a través de una serie de etapas de tecnologías de proceso (que se define por tamaños de la característica) en dimensiones cada vez más pequeñas . El tamaño de la tecla de función está descendiendo por debajo de cien nanómetros , que se considera el umbral de la " nanotecnología "

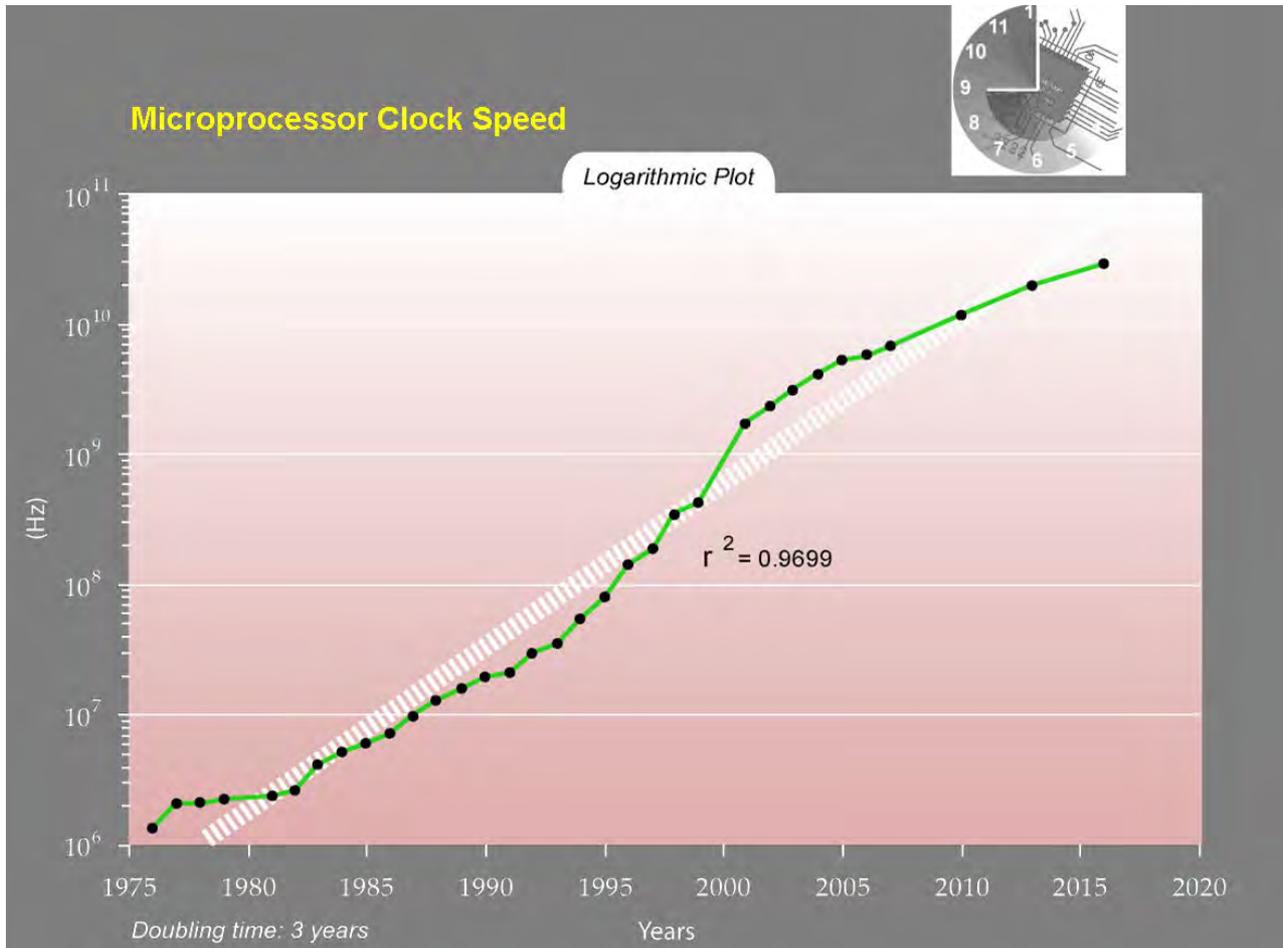
## Los costos de fabricación de transistores Falling ( representación logarítmica )



A diferencia de rosa de Gertrude Stein , que no es el caso de que un transistor es un transistor . A medida que se han convertido en más pequeño y menos caro , los transistores también se han convertido en más rápido por un factor de alrededor de mil a lo largo de los últimos treinta años ( ver la figura siguiente ) - de nuevo , debido a que los electrones tienen menos distancia para viajar.

## Velocidad de reloj del microprocesador ( representación logarítmica )

3 años: tiempo de duplicación .

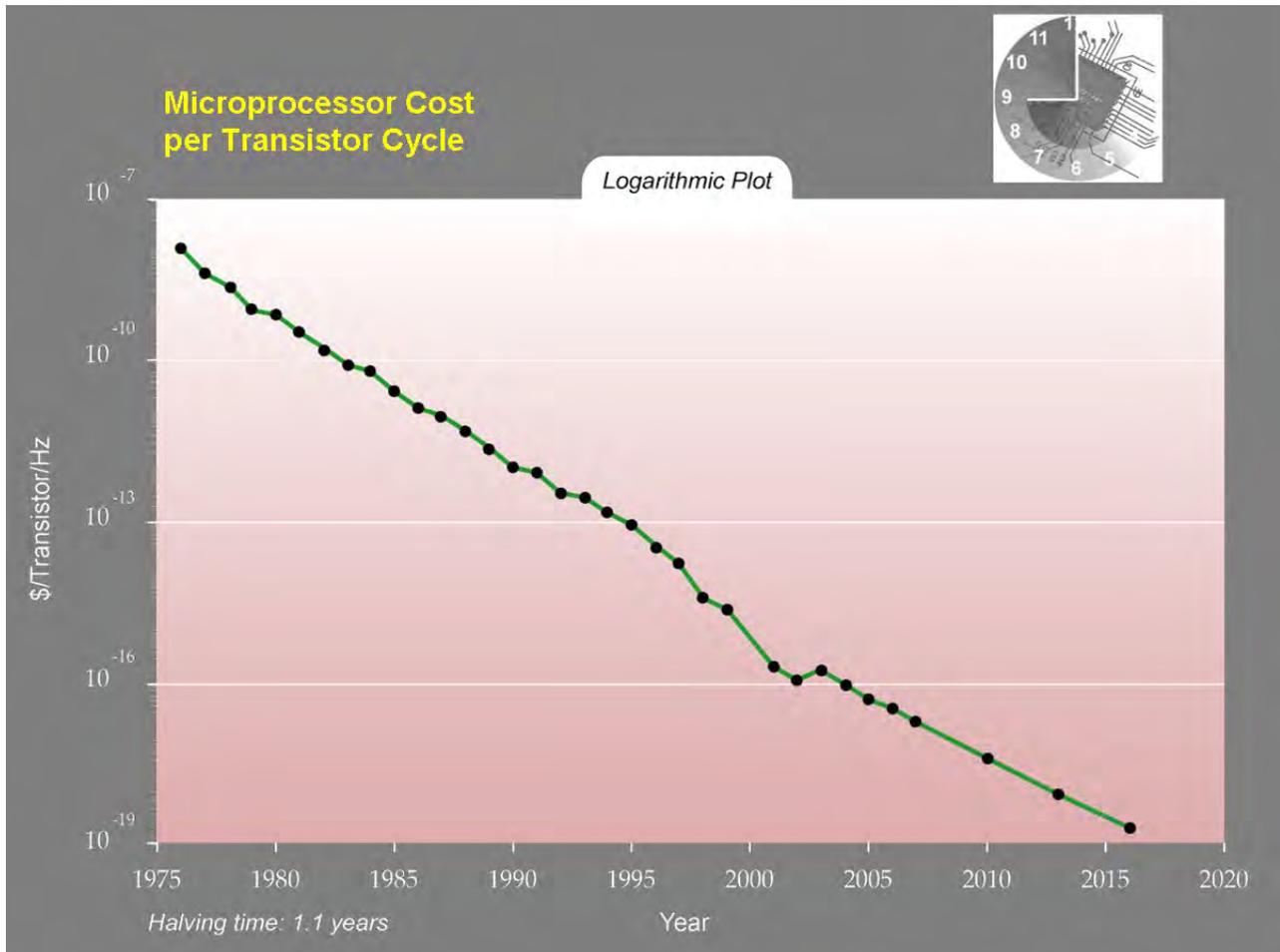


Si combinamos las tendencias exponenciales hacia transistores menos costosos y tiempos de ciclo más rápidos , nos encontramos con una reducción a la mitad el tiempo de sólo 1,1 años en el costo por ciclo de transistor (véase la figura below).<sup>27</sup>

El costo por ciclo de transistor es una medida global más precisa de calidad-precio , ya que toma en cuenta tanto la velocidad y la capacidad. Pero el costo por ciclo de transistor todavía no tiene en cuenta la innovación en los niveles superiores de diseño (como el diseño de microprocesadores ) que mejora la eficiencia computacional.

## Microprocesador Costo por ciclo Transistor ( representación logarítmica )

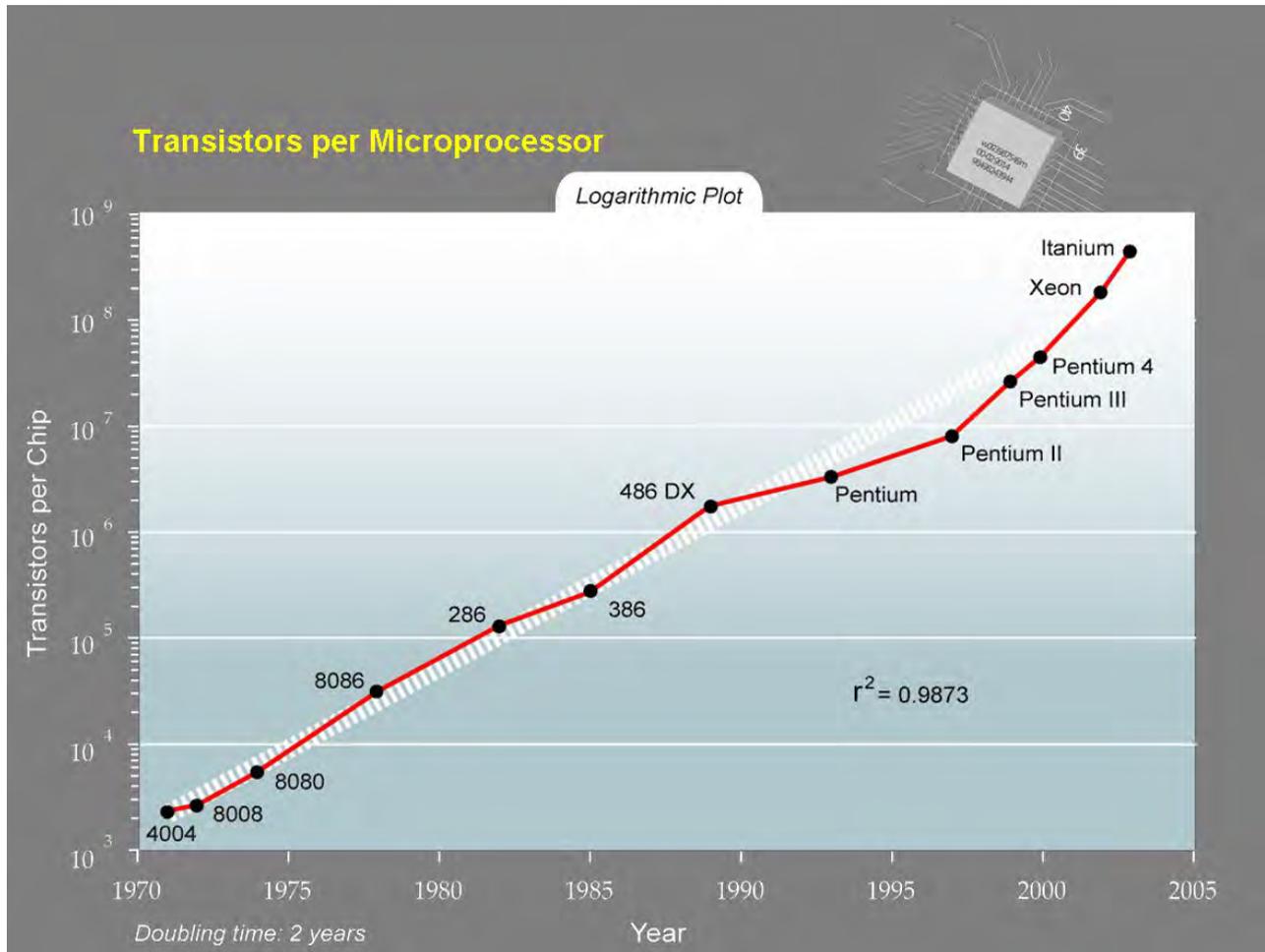
1,1 años : Reducir a la mitad el tiempo .



El número de transistores en procesadores Intel se ha duplicado cada dos años (véase la figura siguiente) . Existen otros factores que han impulsado el precio-rendimiento , incluyendo velocidad de reloj , la reducción en el costo por microprocesador y el diseño del procesador innovations.28

## Transistores por microprocesador ( representación logarítmica )

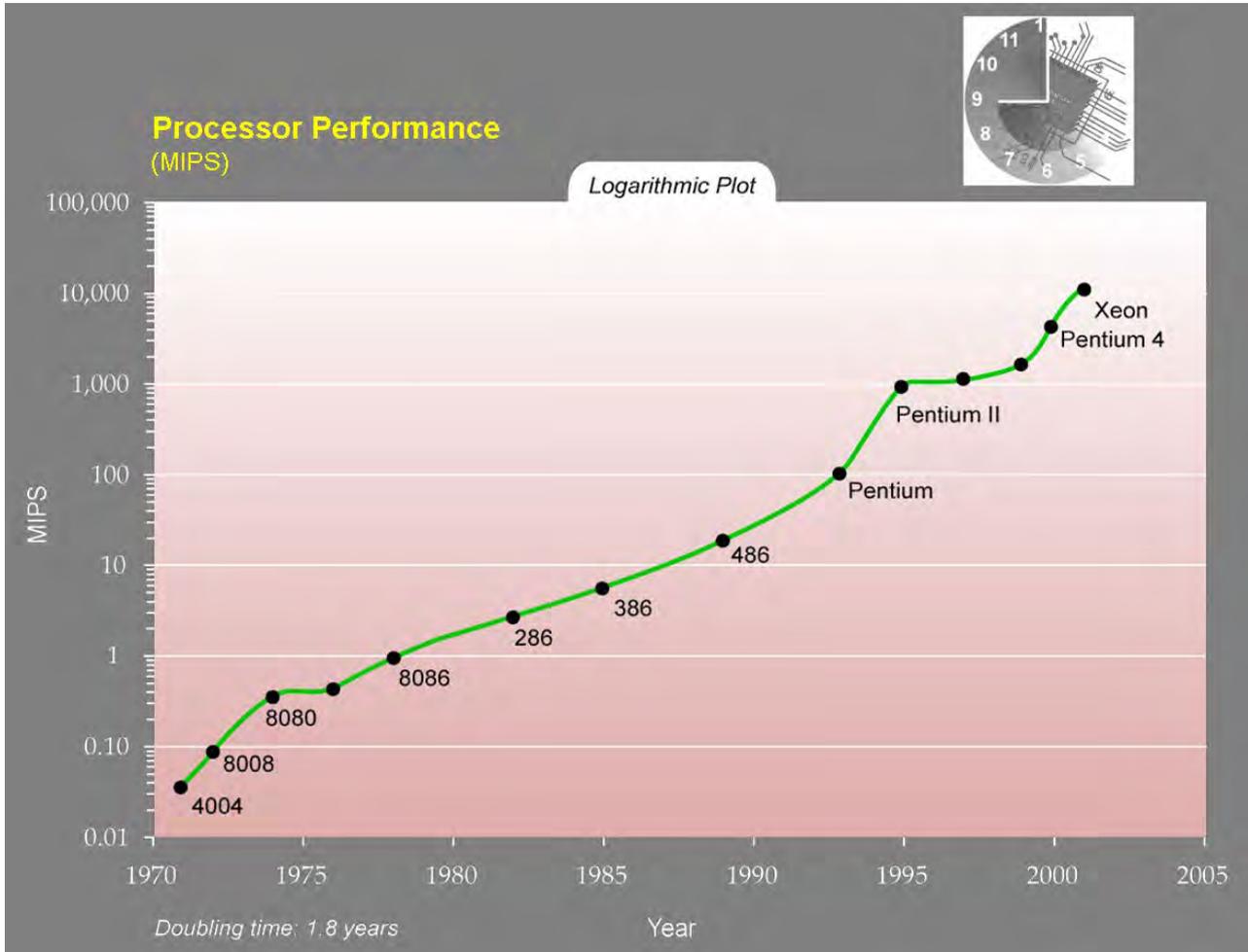
2 años: Tiempo de duplicación .



El rendimiento del procesador en MIPS se ha duplicado cada 1,8 años por procesador (consulte la figura siguiente) . Una vez más, tenga en cuenta que el costo por procesador también ha disminuido a través de este periodo.<sup>29</sup>

## Rendimiento del procesador ( MIPS )

( representación logarítmica ) tiempo doubling : 1,8 años .



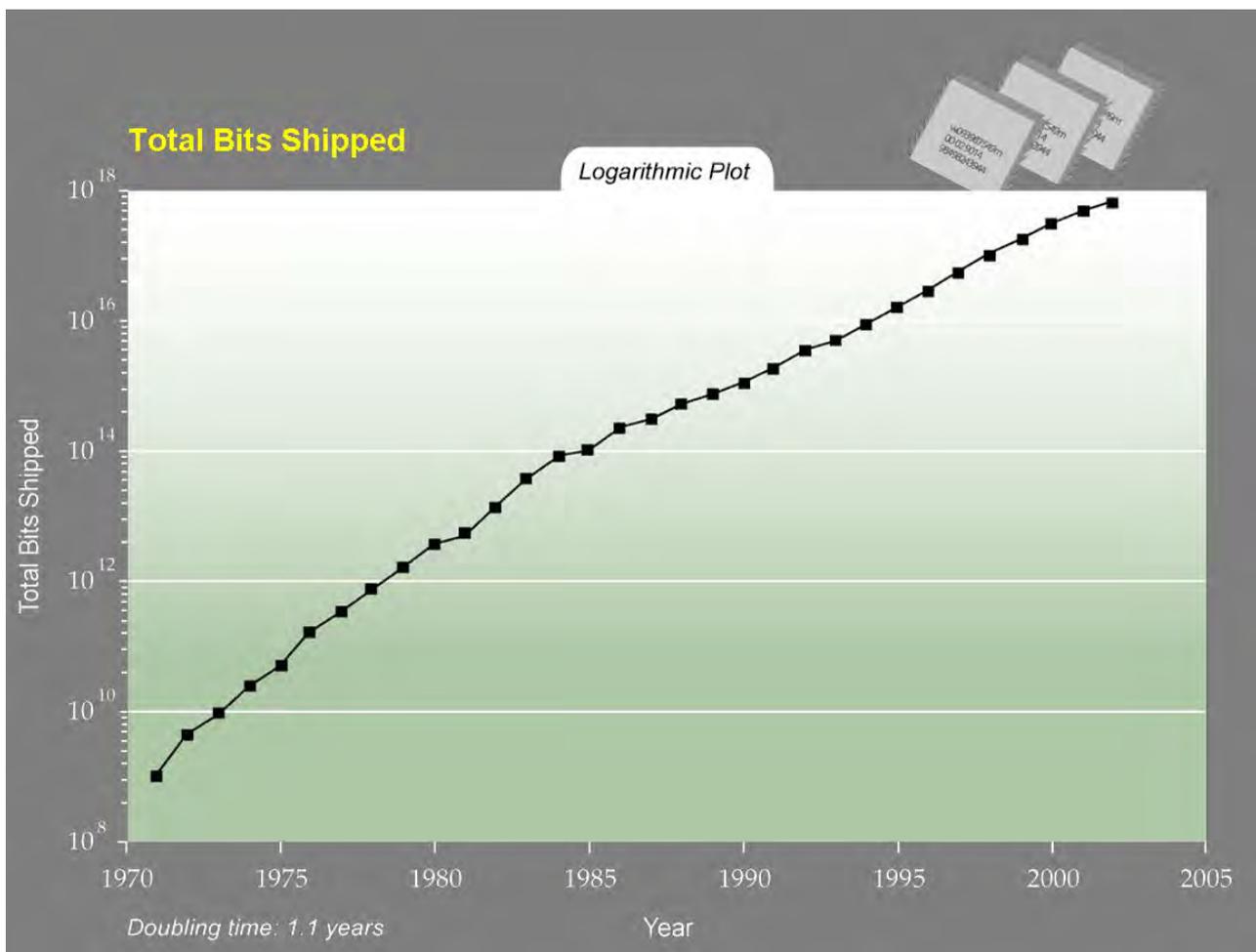
Si examino mis más de cuatro décadas de experiencia en esta industria, que se puede comparar el equipo MIT I utilizada como estudiante a finales de 1960 a un notebook reciente. En 1967 tuve acceso a un multimillonario IBM 7094 con 32 K ( 36 - bit) palabras de memoria y un cuarto de la velocidad del procesador MIPS. En 2004 he usado una computadora personal \$ 2,000 con un medio de millones de bytes de memoria RAM y una velocidad de procesador de unos 2.000 MIPS. El equipo del MIT fue de aproximadamente un millar de veces más caro, por lo que la relación de costo por MIPS es de unos ocho millones a uno.

Medida	IBM 7094 -1967	Notebook - 2004
Velocidad del procesador (MIPS)	0,25	2,000
Memoria principal (Bytes K)	144	256,000
Costo aproximado (2.003 \$)	\$ 11,000,000	\$ 2.000

Mi ordenador reciente ofrece 2.000 MIPS de procesamiento a un costo que es de aproximadamente  $2^{-24}$  inferior a la de la computadora que usé en 1967 . Eso es 24 duplicaciones en 37 años , o alrededor de 18,5 meses por duplicación . Si tenemos en cuenta el incremento del valor de los aproximadamente 2.000 veces mayor RAM, enormes aumentos de almacenamiento en disco, y la instrucción más potente juego de mi equipo circa 2004 , así como importantes mejoras en la velocidad de la comunicación , el software más de gran alcance , y otros factores , el tiempo de duplicación se reduce aún más.

A pesar de esta masiva deflación en el costo de tecnologías de la información , la demanda se ha más que mantenido. El número de bits enviados se ha duplicado cada 1,1 años , más rápido que el tiempo de reducir a la mitad en el costo por bit, lo que es de 1,5 años.<sup>30</sup> Como resultado , la industria de semiconductores disfrutó de un 18 por ciento de crecimiento anual de los ingresos totales de 1958 a 2.002 <sup>31</sup> Toda la información industria de la tecnología (IT ) ha pasado de 4,2 por ciento del producto interno bruto en 1977 a 8,2 por ciento en 1998.<sup>32</sup> TI se ha convertido cada vez más influyente en todos los sectores económicos. La participación en el valor aportado por la tecnología de información para la mayoría de categorías de productos y servicios está aumentando rápidamente. Incluso los productos fabricados comunes, tales como mesas y sillas tienen un contenido de información , representada por sus diseños computarizados y la programación de los sistemas de inventarios y sistemas de adquisición automatizada de fabricación utilizados en su montaje.

### **Bits totales Envío (representación logarítmica)**



1,1 años : Tiempo de duplicación .

### **Duplicar (a la mitad) Times 33**

RAM dinámica "Half Pitch" Feature Tamaño (función de chip más pequeño) 5,4 años

RAM dinámica (bits por dólar) 1,5 años

Transistor Precio promedio 1,6 años

Microprocesador ciclo de costo por transistor de 1,1 años

Bits totales Envío 1,1 años de rendimiento del procesador MIPS de 1,8 años

Transistores en los microprocesadores Intel de 2,0 años

Microprocesador Velocidad de reloj 3,0 años

### **Ley de Moore : profecía autocumplida ?**

Algunos observadores han señalado que la Ley de Moore no es más que una profecía

autocumplida : que los participantes de la industria anticipan donde tienen que estar, en particular en el futuro , y organizar su desarrollo de la investigación correspondiente. Propia hoja de ruta por escrito de la industria es un buen ejemplo de this.<sup>34</sup> Sin embargo , las tendencias exponenciales en tecnología de la información son mucho más amplios que los contemplados en la Ley de Moore . Vemos el mismo tipo de tendencias en esencialmente cada tecnología o medición que se ocupa de la información. Esto incluye muchas tecnologías en las que una percepción de la aceleración de precio-rendimiento no existe o no ha sido previamente articulado ( ver más abajo ) . Incluso dentro de computación en sí , el crecimiento de la capacidad de costo por unidad es mucho más amplio que lo que la ley de Moore solo podría predecir .

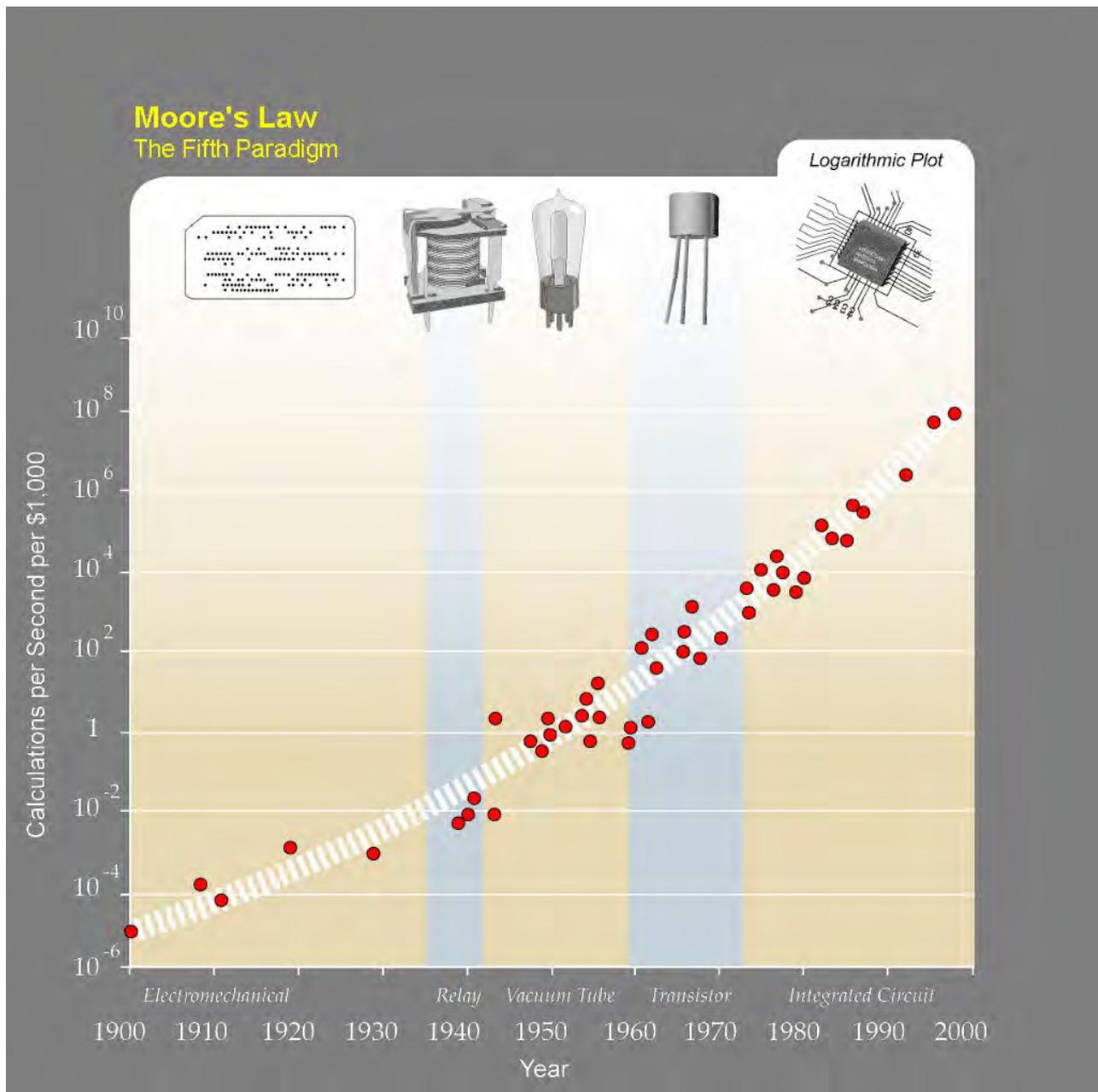
### La Quinta Paradigm

La Ley de Moore no es en realidad el primer paradigma en los sistemas computacionales. Esto se puede ver si se traza la relación precio- rendimiento medido por instrucciones por segundo por cada mil dólares constantes - de cuarenta y nueve famosos sistemas computacionales y equipos que abarcan el siglo XX (véase la figura siguiente) .

### **Ley de Moore:**

El quinto paradigma (representación logarítmica)

Los cinco paradigmas de crecimiento exponencial de la informática : Cada vez que un paradigma ha perdido fuelle , otro se ha recuperado el ritmo .



Como la figura muestra , en realidad había cuatro diferentes paradigmas - electromecánicos, relés , tubos de vacío y los transistores discretos, que mostró un crecimiento exponencial en el precio y rendimiento de computación mucho antes de que los circuitos integrados eran incluso inventados . Y el paradigma de Moore no será la última . Cuando la Ley de Moore llega al final de su curva S , ahora se espera antes de 2020 , el crecimiento exponencial continuará con la computación molecular tridimensional , que constituirá la sexta paradigma .

### Dimensiones fractal y el cerebro

Tenga en cuenta que el uso de la tercera dimensión en los sistemas de computación no es una o la otra opción sino un continuum entre dos y tres dimensiones. En términos de inteligencia biológica , la corteza humana es en realidad bastante plana ,

con sólo seis capas delgadas que se doblan elaboradamente , una arquitectura que aumenta en gran medida la superficie . El plegado de una manera de utilizar la tercera dimensión . En los sistemas de "fractal" (sistemas en los que se aplica iterativamente un reemplazo dibujo o metro plegable ) , se consideran estructuras que están elaboradamente pliegan para constituir una dimensión parcial. Desde ese punto de vista, la superficie enrevesada de la corteza cerebral humana representa un número de dimensiones en entre dos y tres . Otras estructuras del cerebro, tales como el cerebelo , son tridimensionales , pero comprenden una estructura de repetición que es esencialmente de dos dimensiones . Es probable que nuestros futuros sistemas computacionales también se combinarán los sistemas que son altamente plegadas sistemas de dos dimensiones con estructuras completamente tridimensional .

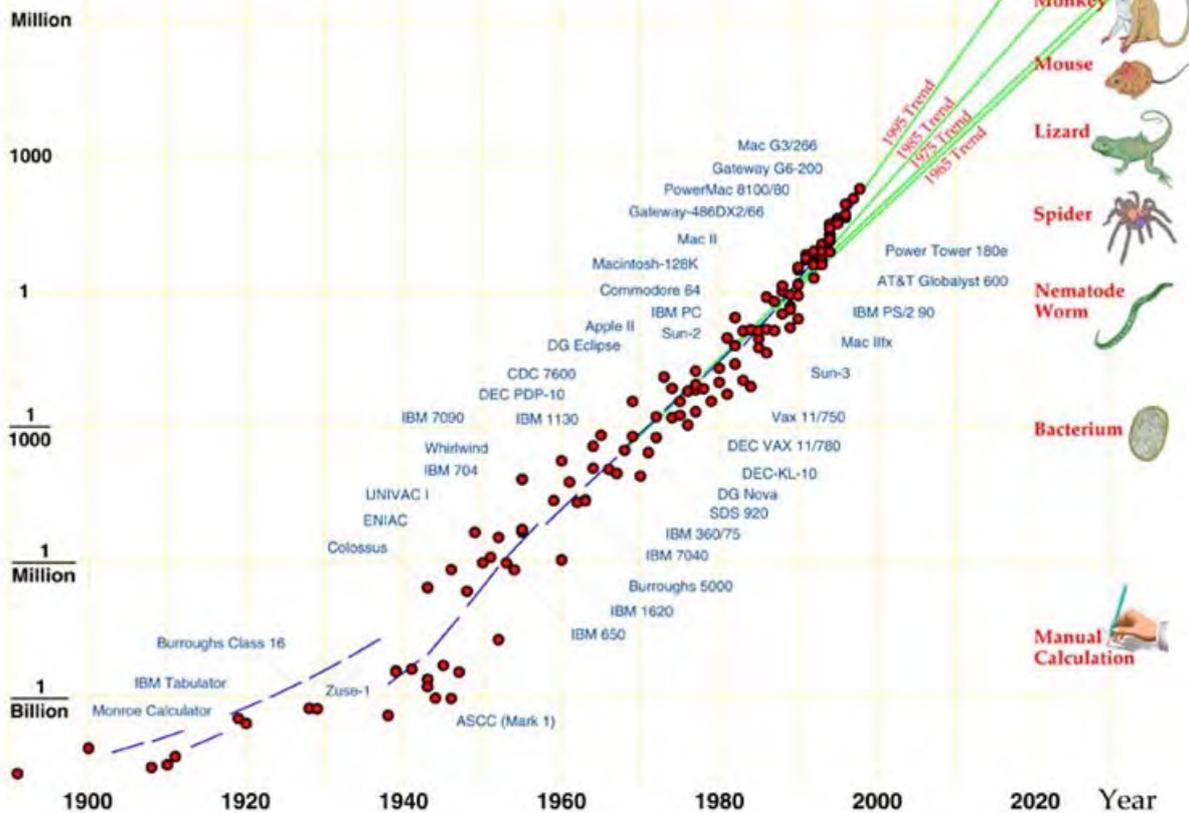
Observe que la figura muestra una curva exponencial en una escala logarítmica , lo que indica dos niveles de exponencial growth.<sup>36</sup> En otras palabras , hay un crecimiento exponencial suave pero inconfundible en la tasa de crecimiento exponencial . ( Una línea recta en una escala logarítmica muestra un crecimiento exponencial simple , una línea curva hacia arriba, muestra un crecimiento exponencial más alto de lo simple. ) Como puede ver , le tomó tres años para duplicar el precio-rendimiento de la informática a principios del siglo XX siglo y dos años en el medio, y se tarda alrededor de un año currently.<sup>37</sup>

Hans Moravec proporciona el siguiente cuadro similar ( véase la figura siguiente) , que utiliza un conjunto de equipos históricos y parcelas líneas de tendencia ( pistas) en diferentes momentos diferentes pero se superponen. Al igual que con la figura de arriba , la pendiente aumenta con el tiempo , lo que refleja el segundo nivel de exponencial growth.<sup>38</sup>

**Evolución de la potencia / coste Computer ( representación logarítmica )**

## Evolution of Computer Power/Cost

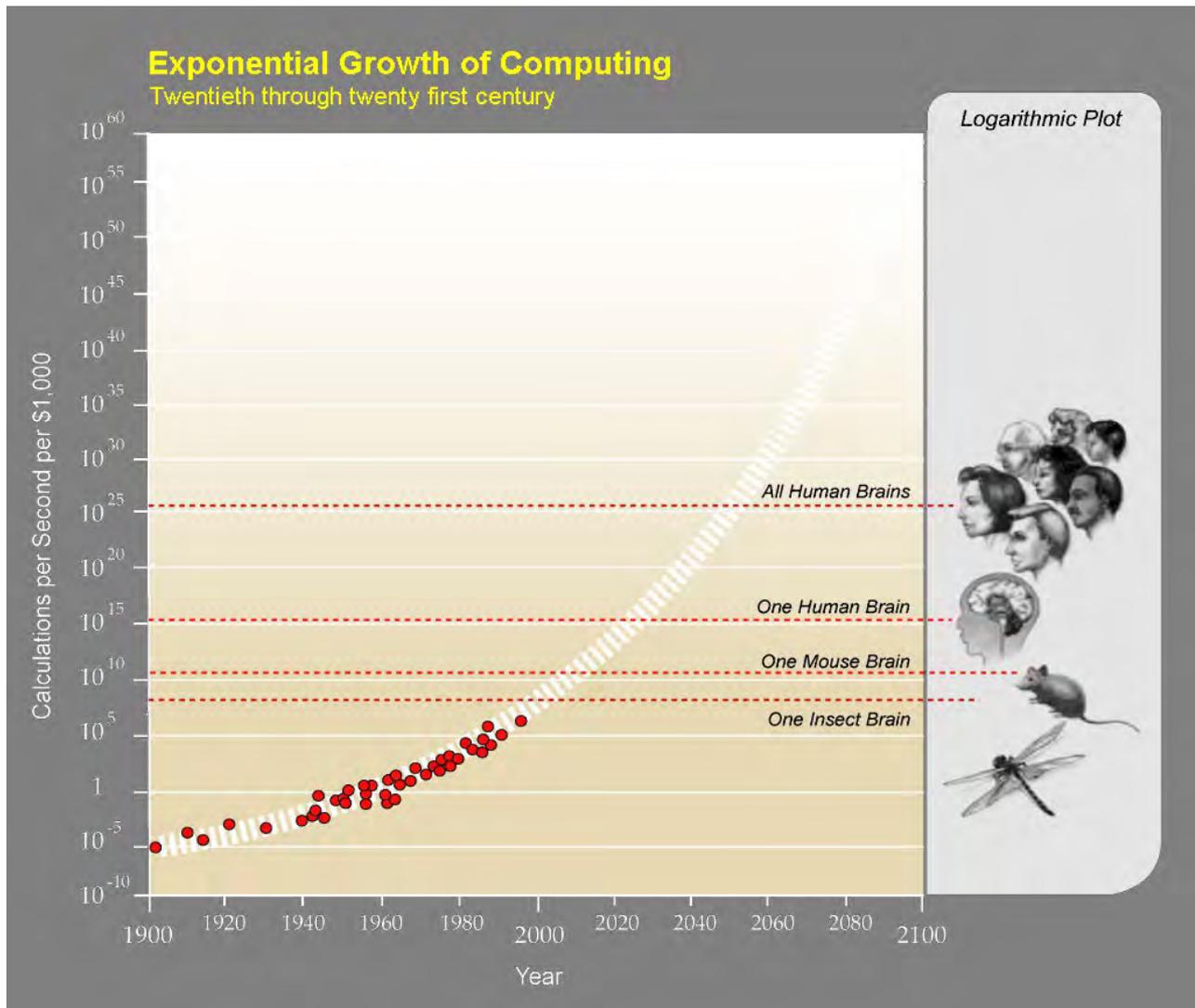
MIPS per \$1000 (1998 Dollars)



Si proyectamos estas tendencias de rendimiento de cómputo a través de este nuevo siglo , podemos ver en la siguiente figura que los superordenadores coincidirá con la capacidad del cerebro humano para fines de esta década y la informática personal logrará que alrededor de 2020 o posiblemente antes , dependiendo de la conservadora una estimación de la capacidad del cerebro humano que usar. (Hablaremos de las estimaciones de velocidad computacional del cerebro humano en el próximo capítulo.39

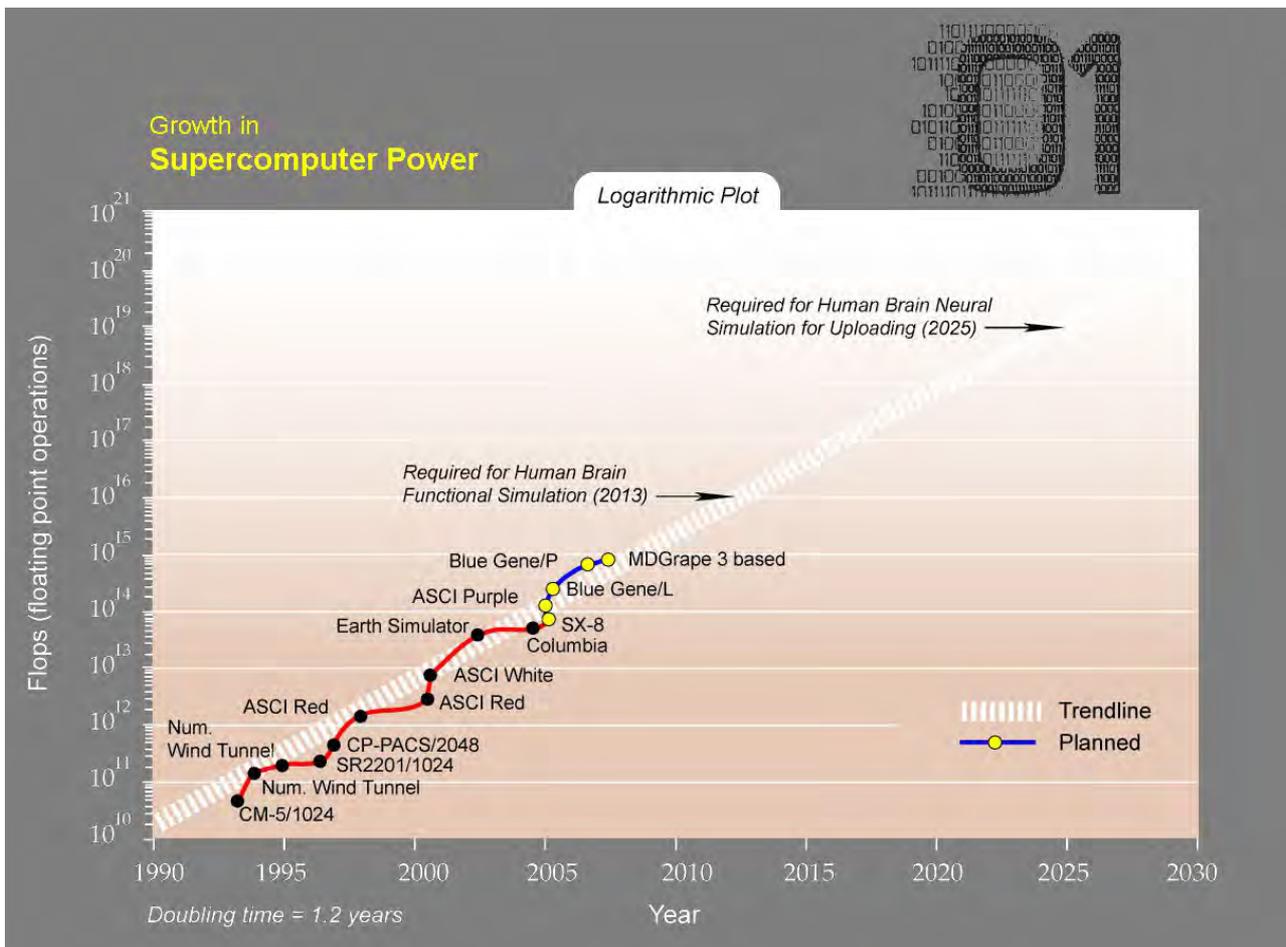
### El crecimiento exponencial de la computación :

Twentieth través Siglo XXI ( representación logarítmica )



El crecimiento exponencial de la computación es un ejemplo maravilloso cuantitativa de las exponencialmente crecientes rendimientos de un proceso evolutivo. Podemos expresar el crecimiento exponencial de la computación en función de su ritmo acelerado : tardó noventa años para alcanzar los primeros MIPS por cada mil dólares , ahora le sumamos uno MIPS por mil dólares cada cinco hours.<sup>40</sup>

**El crecimiento de la energía de Supercomputación (representación logarítmica)**



1,2 años : Tiempo de duplicación

Blue Gene /P superordenador de IBM está planeado para tener un millón de gigaflops (miles de millones de operaciones de punto flotante por segundo) , o  $10^{15}$  cálculos por segundo cuando se lance en 2007.<sup>41</sup> Esa es una décima parte de la  $10^{16}$  cálculos por segundo necesarios para emular el cerebro humano (véase el capítulo siguiente) . Y si extrapolar esta curva exponencial , obtenemos  $10^{16}$  cálculos por segundo a principios de la próxima década.

Como se discutió anteriormente , la Ley de Moore se refiere estrictamente al número de transistores en un circuito integrado de tamaño fijo y, a veces se ha expresado aún más restringida en términos de tamaño de la característica del transistor . Pero la medida más adecuada para realizar un seguimiento calidad-precio es la velocidad de cálculo del coste unitario , un índice que tiene en cuenta los diferentes niveles de " inteligencia " (innovación, es decir , la evolución tecnológica). Además de todo lo de la invención que participan en los circuitos integrados , hay múltiples capas de mejora en diseño por ordenador ( por ejemplo, la canalización, el procesamiento en paralelo , la instrucción look-ahead , la instrucción y el almacenamiento en caché de memoria , y muchos otros) .

El cerebro humano utiliza un proceso computacional analógico digital controlada electroquímico muy ineficiente. La mayor parte de sus cálculos se llevan a cabo en las conexiones interneuronales a una velocidad de sólo alrededor de doscientos cálculos por segundo ( en cada conexión ) , que es al menos un millón de veces más lento que los circuitos electrónicos actuales . Pero el cerebro adquiere sus poderes

prodigiosas de su organización extremadamente paralelo en tres dimensiones . Hay muchas tecnologías en las alas que construirán un circuito en tres dimensiones, que discuto en el capítulo siguiente .

Podríamos preguntarnos si existen límites inherentes a la capacidad de materia y energía para apoyar los procesos computacionales. Este es un tema importante, pero como veremos en el próximo capítulo , no se acercará a esos límites hasta finales de este siglo. Es importante distinguir entre la curva en S que es característico de cualquier paradigma tecnológico específico y el crecimiento exponencial continuo que es característico del proceso evolutivo en curso dentro de una amplia área de la tecnología , tales como cálculo . Paradigmas específicos, tales como la Ley de Moore, no en última instancia, llegar a niveles en los que el crecimiento exponencial ya no es viable . Sin embargo, el crecimiento de la computación reemplaza a cualquiera de sus paradigmas subyacentes y es para los propósitos actuales, una exponenciales en curso

De acuerdo con la ley de los retornos acelerados , cambio de paradigma (también llamado innovación) convierte la curva S de cualquier paradigma específico en un exponencial de continuar. Un nuevo paradigma , tales como circuitos tridimensionales , asume el control cuando el viejo paradigma se acerca a su límite natural , que ya ha ocurrido al menos cuatro veces en la historia de la computación .

En las especies no humanas tales como los monos , el dominio de una herramienta de decisiones o - usando habilidad por cada animal se caracteriza por una curva de aprendizaje en forma de S que termina abruptamente ; tecnología creados por el hombre , en contraste , ha seguido un patrón exponencial de crecimiento y aceleración desde su creación .

### **Secuenciación de ADN, Memoria, Comunicaciones, Internet, y Miniaturización**

La civilización avanza mediante la ampliación del número de operaciones importantes que podemos realizar sin pensar en ellas. - Alfred North Whitehead, 1911<sup>42</sup>

Las cosas son más como lo son ahora de lo que eran antes. - Dwight D. Eisenhower

La ley de retornos acelerados se aplica a todos los de la tecnología , de hecho a cualquier proceso evolutivo . Puede ser trazado con notable precisión en las tecnologías basadas en la información porque tenemos índices bien definidos ( por ejemplo, cálculos por segundo por dólar , o cálculos por segundo por gramo ) para medirlos . Hay un gran número de ejemplos del crecimiento exponencial A implícitos en la ley de los retornos acelerados , en áreas tan diversas como la electrónica de todo tipo , la secuencia de ADN , las comunicaciones , la exploración del cerebro , la ingeniería inversa del cerebro , el tamaño y el alcance del conocimiento humano, y el tamaño de la rápida disminución de la tecnología. La última tendencia está directamente relacionada con la aparición de la nanotecnología .

El futuro GNR ( genética , nanotecnología , robótica ) de edad ( véase el capítulo 5 ) se logrará no por la explosión exponencial de la computación solo, sino más bien de

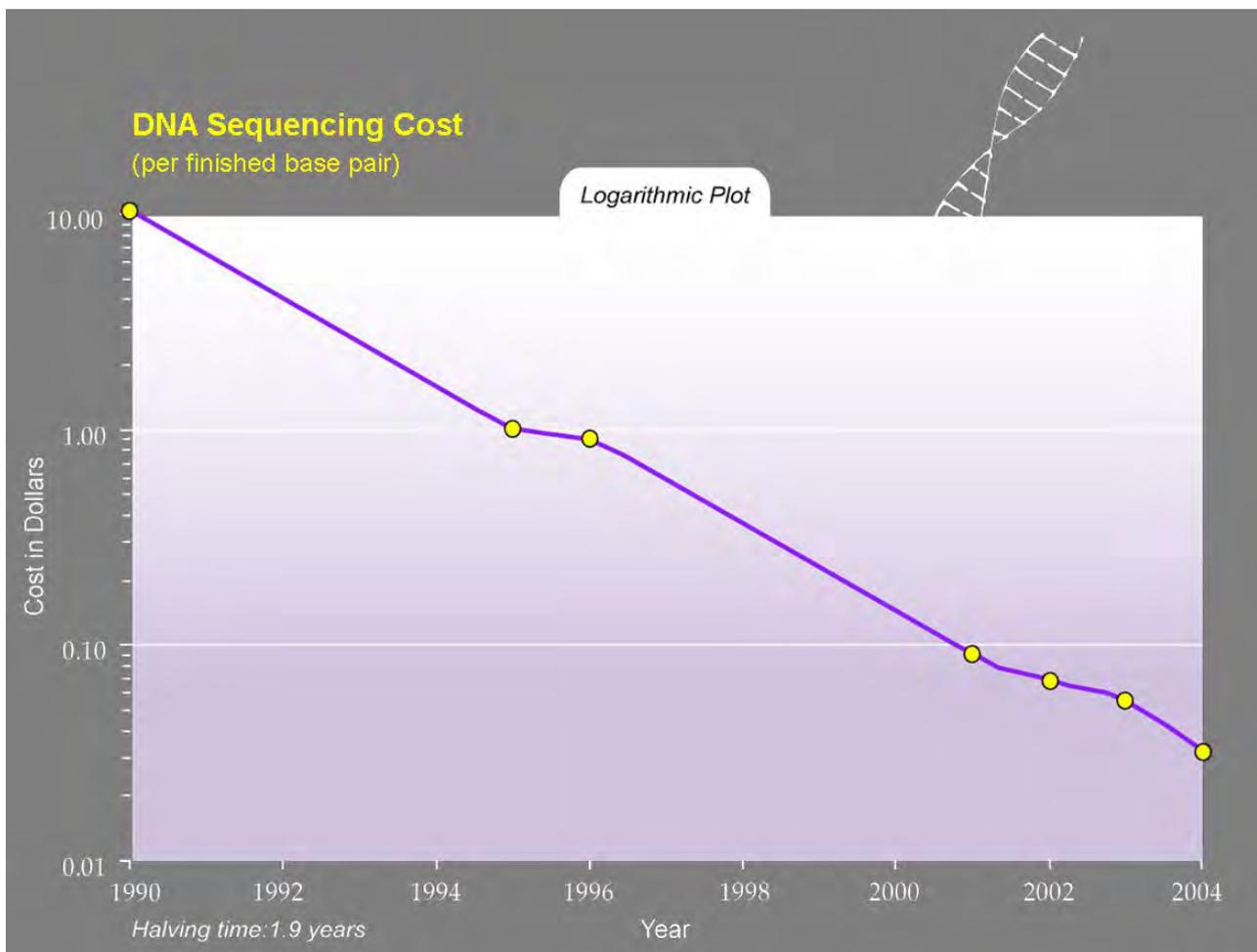
las sinergias y la interacción multitud que la voluntad resultado de múltiples avances tecnológicos entrelazadas . En cada punto de la curva exponencial de crecimiento se basa esta panoplia de tecnologías representa un drama humano intenso de la innovación y la competencia, debemos tener en cuenta que destacar que estos caóticos procesos dan lugar a tales tendencias exponenciales suaves y predecibles . Esto no es una coincidencia, pero es una característica inherente de los procesos evolutivos .

Cuando el genoma humano -scan se puso en marcha en 1990 los críticos señaló que dada la velocidad con la que el genoma podría entonces ser escaneado , se necesitarían miles de años para terminar el proyecto. Sin embargo, el proyecto de quince años se completó poco antes de lo previsto, con un primer borrador en 2003.<sup>43</sup> El costo de la secuenciación del ADN bajó de unos diez dólares por par de bases en 1990 a un par de centavos en 2004 y continúa rápidamente a caer (ver la figura siguiente) .<sup>44</sup>

### Secuenciación de ADN de costos

(por Par Base terminado) (representación logarítmica )

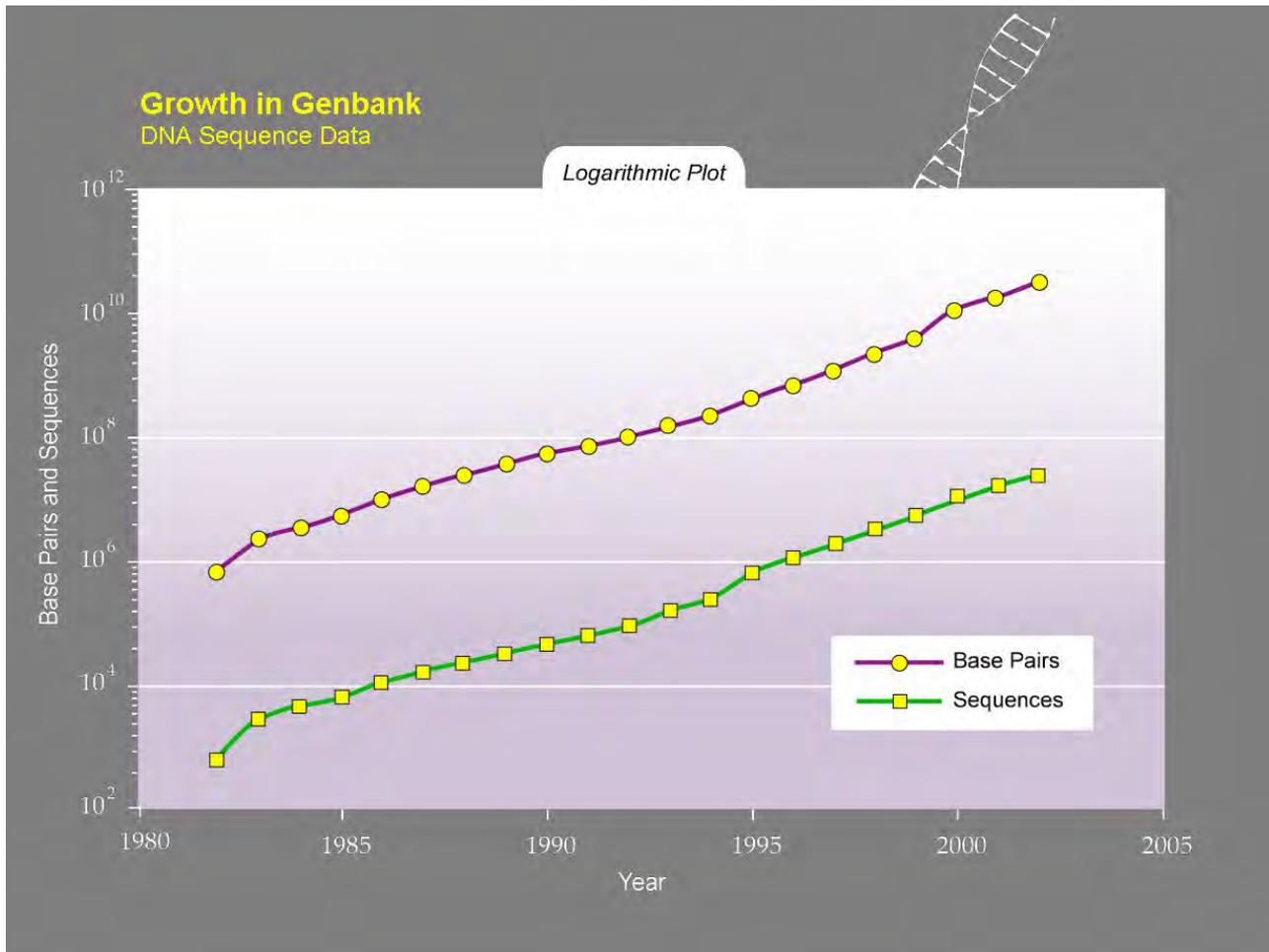
1,9 años : Reducir a la mitad el tiempo



Ha habido un crecimiento exponencial sin problemas en la cantidad de datos de secuencias de ADN que se ha recogido (ver la figura siguiente) .45 Un reciente ejemplo dramático de esta capacidad de mejora fue la secuenciación del virus SARS , que tuvo sólo treinta y un días a partir de la la identificación del virus , en comparación con más de quince años para el VIH virus.46

### El crecimiento en GenBank

ADN Datos de Secuencia (representación logarítmica)

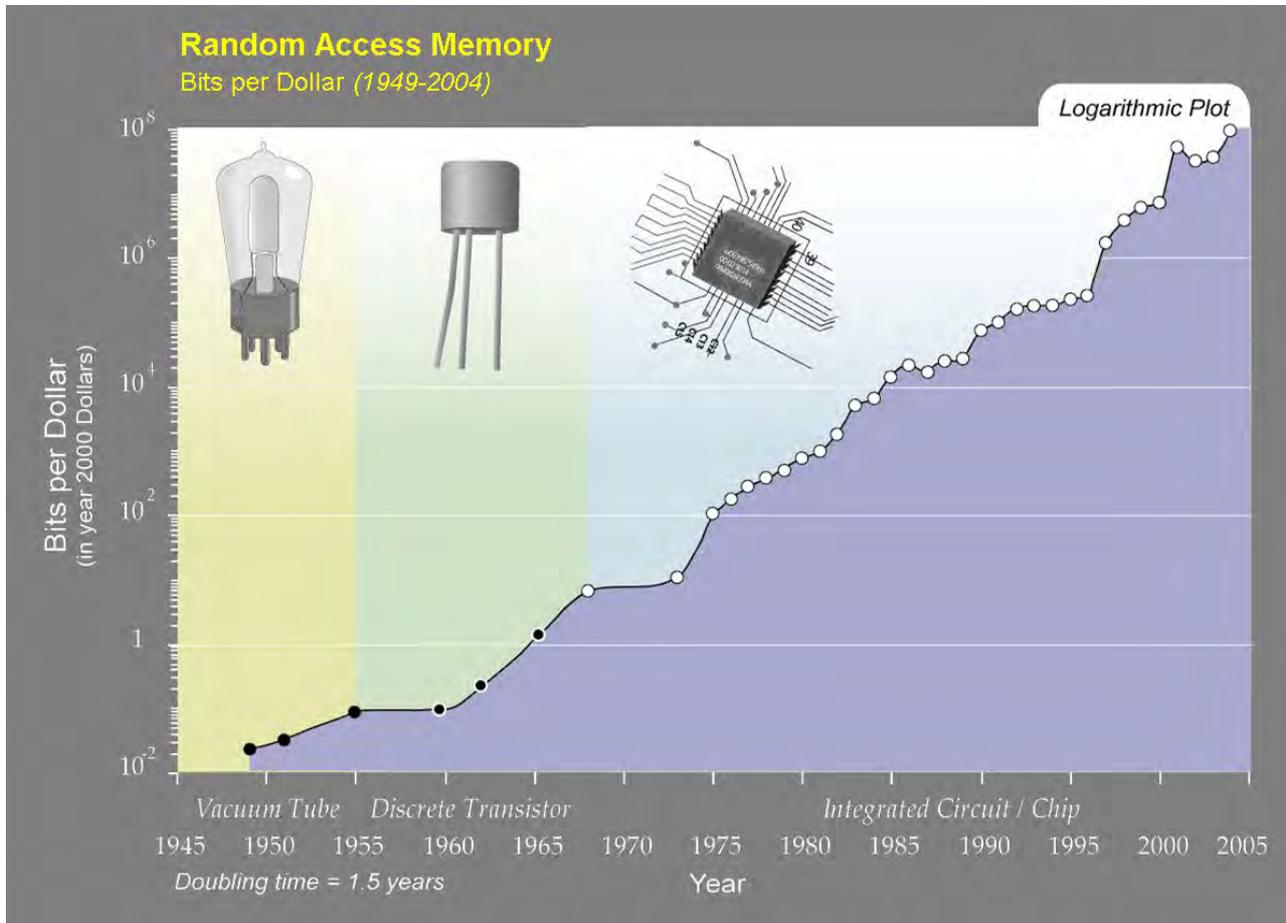


Por supuesto , esperamos ver un crecimiento exponencial de las memorias electrónicas como la RAM. Pero tenga en cuenta la forma en que la tendencia en este gráfico logarítmico (abajo) se produce más fácilmente a través de diferentes paradigmas tecnológicos : tubo de vacío al transistor discreto integrado a circuito.47

## Memoria de acceso aleatorio :

Bits por dólar (1949-2004) ( representación logarítmica )

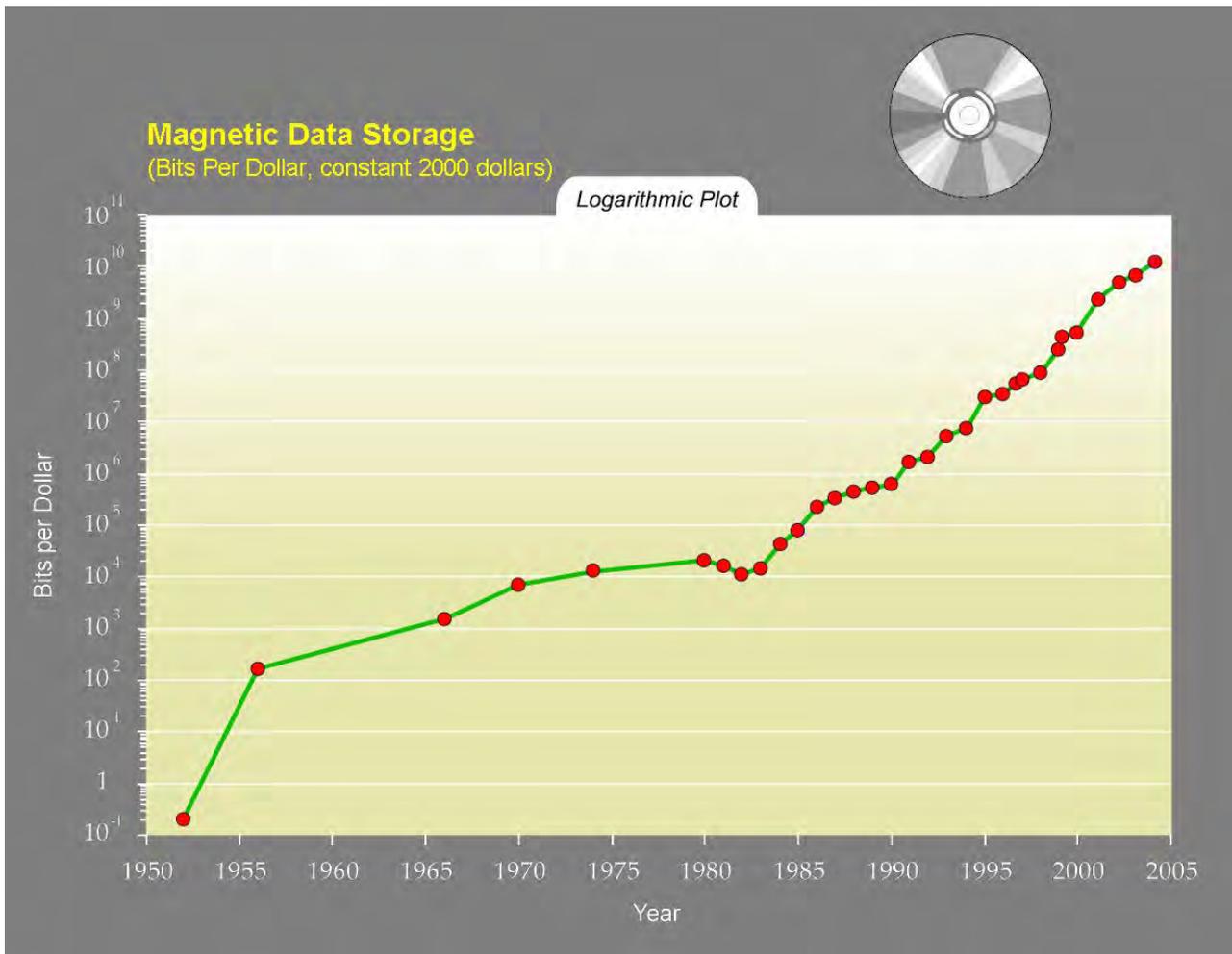
1,5 años : Tiempo de duplicación . El crecimiento exponencial de la capacidad de memoria RAM a través de diferentes cambios de paradigma .



Sin embargo , el crecimiento en la relación precio- rendimiento de la memoria magnética ( disco duro) no es el resultado de la ley de Moore. Esta tendencia exponencial refleja la compresión de datos sobre un sustrato magnético , en lugar de transistores en un circuito integrado , un desafío técnico completamente diferente perseguido por diferentes ingenieros y diferente compañía.<sup>48</sup>

## Magnético de almacenamiento de datos :

bits por Dólar ( representación logarítmica )



El crecimiento exponencial de la tecnología de las comunicaciones (medidas para comunicar información , véase la siguiente figura) durante muchos años ha sido aún más explosivo que en el proceso o medidas de computación memoria y no es menos importante en sus implicaciones. Una vez más, esta progresión implica mucho más que simplemente reducir los transistores en un circuito integrado , sino que incluye la aceleración de los avances en la fibra óptica , conmutación óptica , tecnologías electromagnéticas y otros factores.<sup>49</sup>

Actualmente estamos alejando de la maraña de cables en nuestras ciudades y en nuestras vidas diarias a través de la comunicación inalámbrica , el poder de lo que se está duplicando cada diez once meses (ver la figura siguiente) .

## Precio -Performance

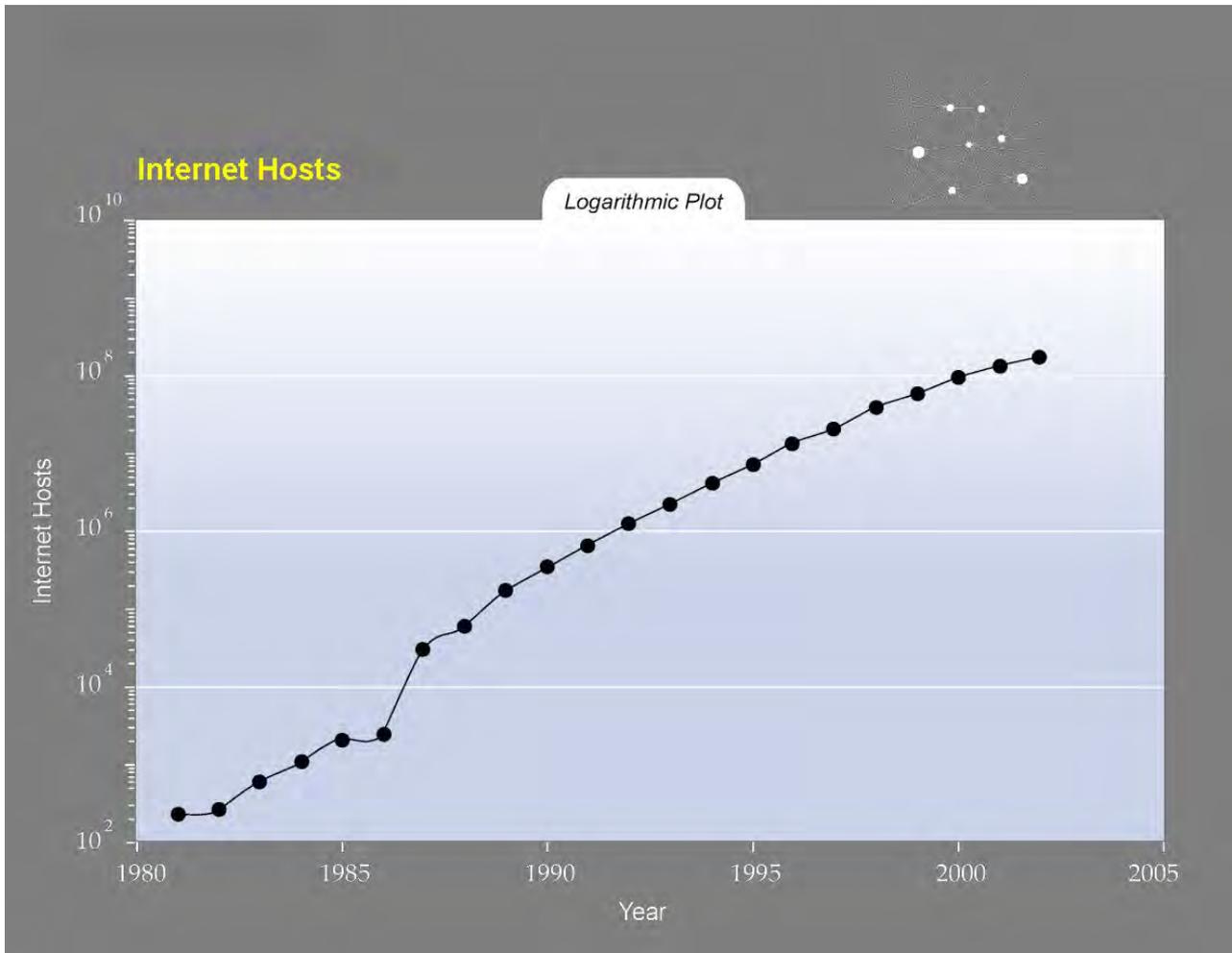
(dispositivos de datos inalámbricos ) ( representación logarítmica )



Las siguientes figuras muestran el crecimiento global de la Internet basado en el número de hosts (ordenadores de servidor Web) . Estos dos gráficos trazan los mismos datos , pero una es sobre un eje logarítmico y el otro es lineal. Como ya se ha comentado, mientras que la tecnología avanza exponencialmente , lo experimentamos en el dominio lineal. De la perspectiva de la mayoría de los observadores , no pasaba nada en esta zona hasta mediados de la década de 1990 , cuando aparentemente de la nada el e -mail World Wide Web y explotó a la vista. Sin embargo, la aparición de Internet en un fenómeno en todo el mundo era fácilmente predecible mediante el examen de los datos de tendencia exponencial a principios de 1980 de la ARPANET , predecesora de la Intenet.<sup>50</sup>

## Hosts de Internet

(representación logarítmica)

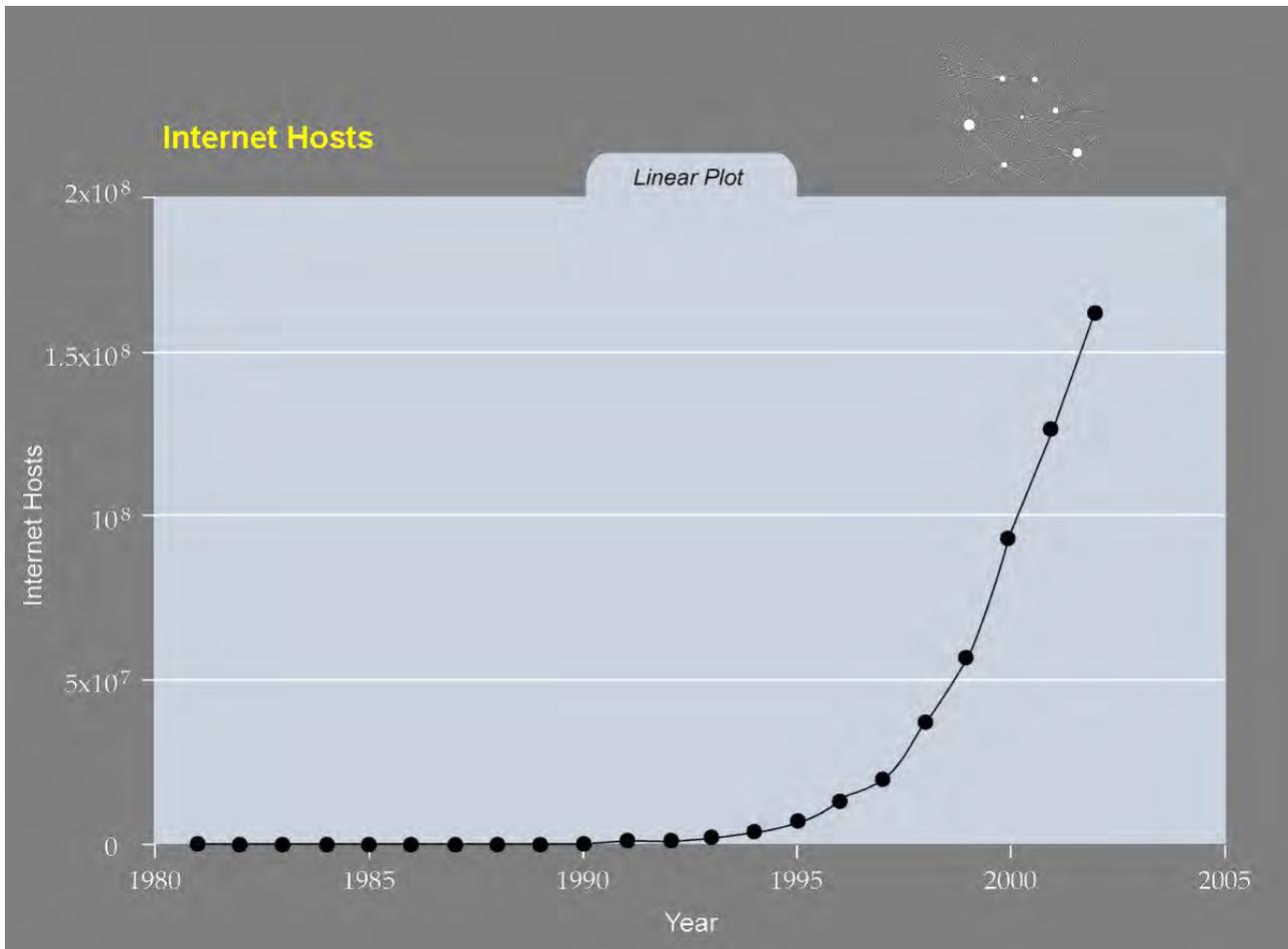


Esta figura muestra los mismos datos en un lineal escala.<sup>51</sup>

## Hosts de Internet

( trama lineal)

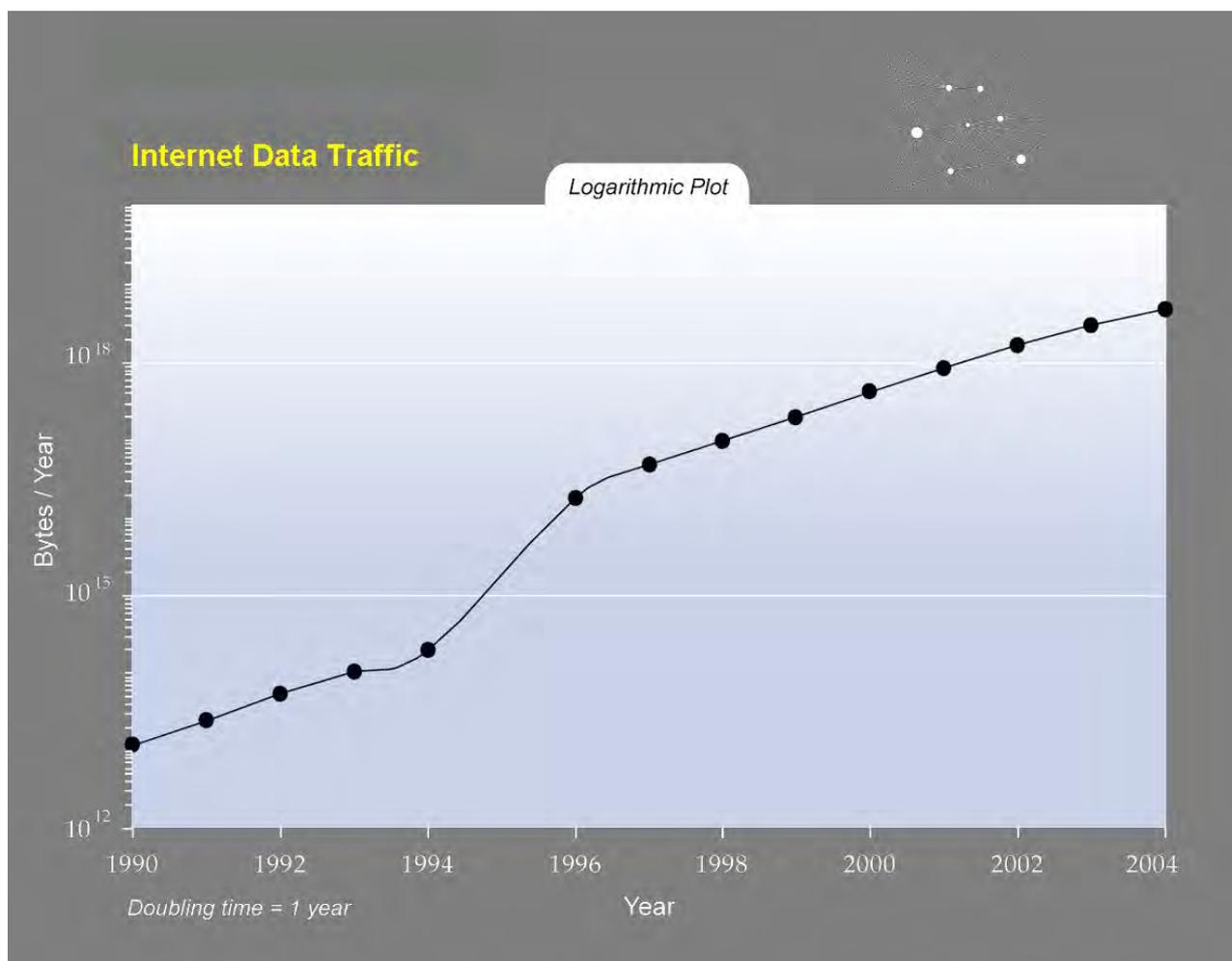
La explosión de la Internet parece ser una sorpresa en el gráfico lineal, pero era perfectamente predecible del logarítmica .



Además de los servidores , el tráfico de datos real en Internet también se ha duplicado cada año.<sup>52</sup>

## Tráfico de Internet Data

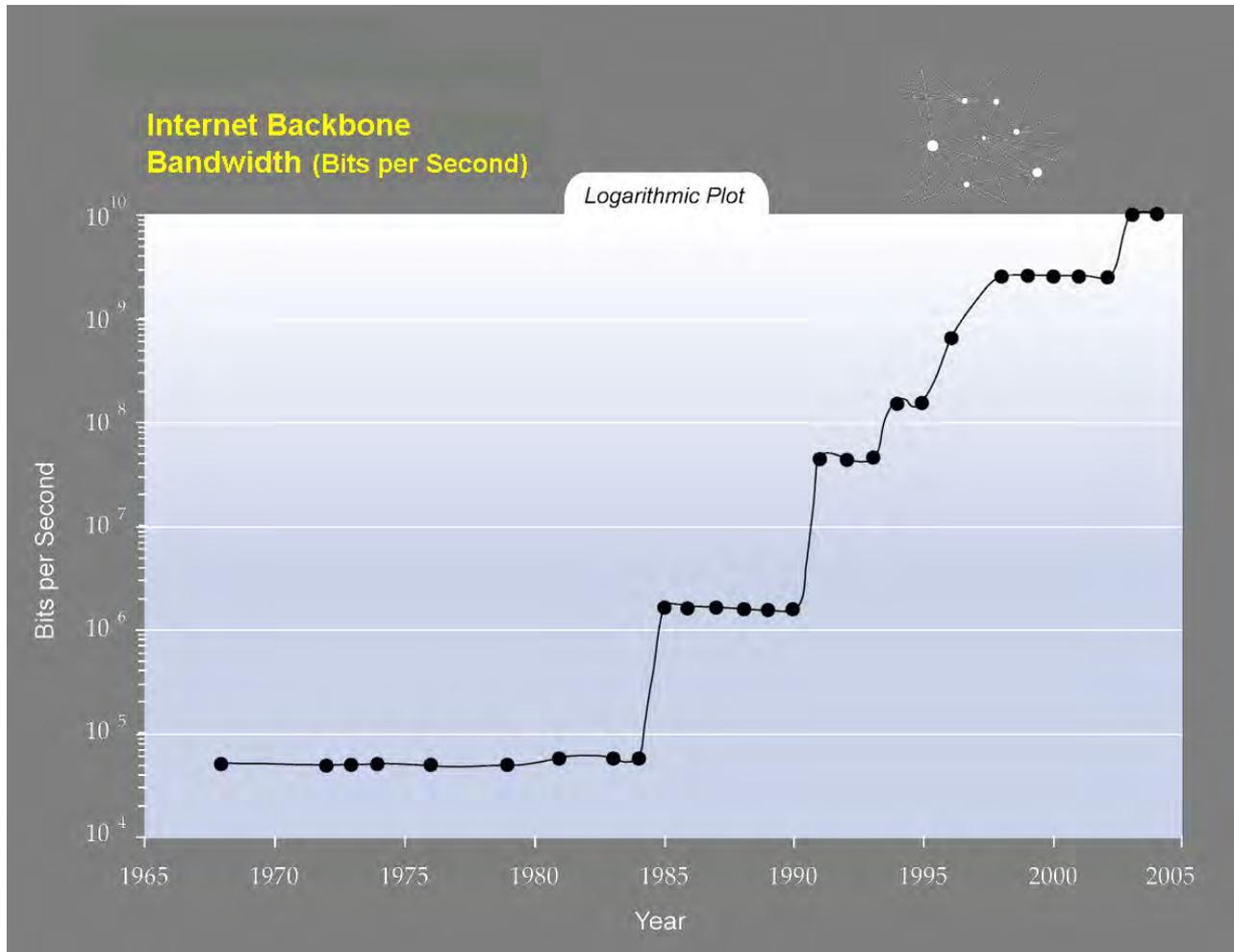
(representación logarítmica) 1 año : tiempo de duplicación .



Para dar cabida a este crecimiento exponencial , la velocidad de transmisión de datos de la red troncal de Internet ( como se representa por los canales de comunicación más rápidos columna vertebral anunciadas realmente utilizadas en la Internet ) ha crecido de manera exponencial en sí . Nótese que en la figura de " Ancho de banda Backbone de Internet" más adelante, en realidad podemos ver la progresión de las curvas S : la aceleración impulsada por un nuevo paradigma, seguido de una estabilización como el paradigma se quede sin vapor, seguido de nuevo por medio de la aceleración de paradigma shift.<sup>53</sup>

## Ancho de banda de red troncal de Internet

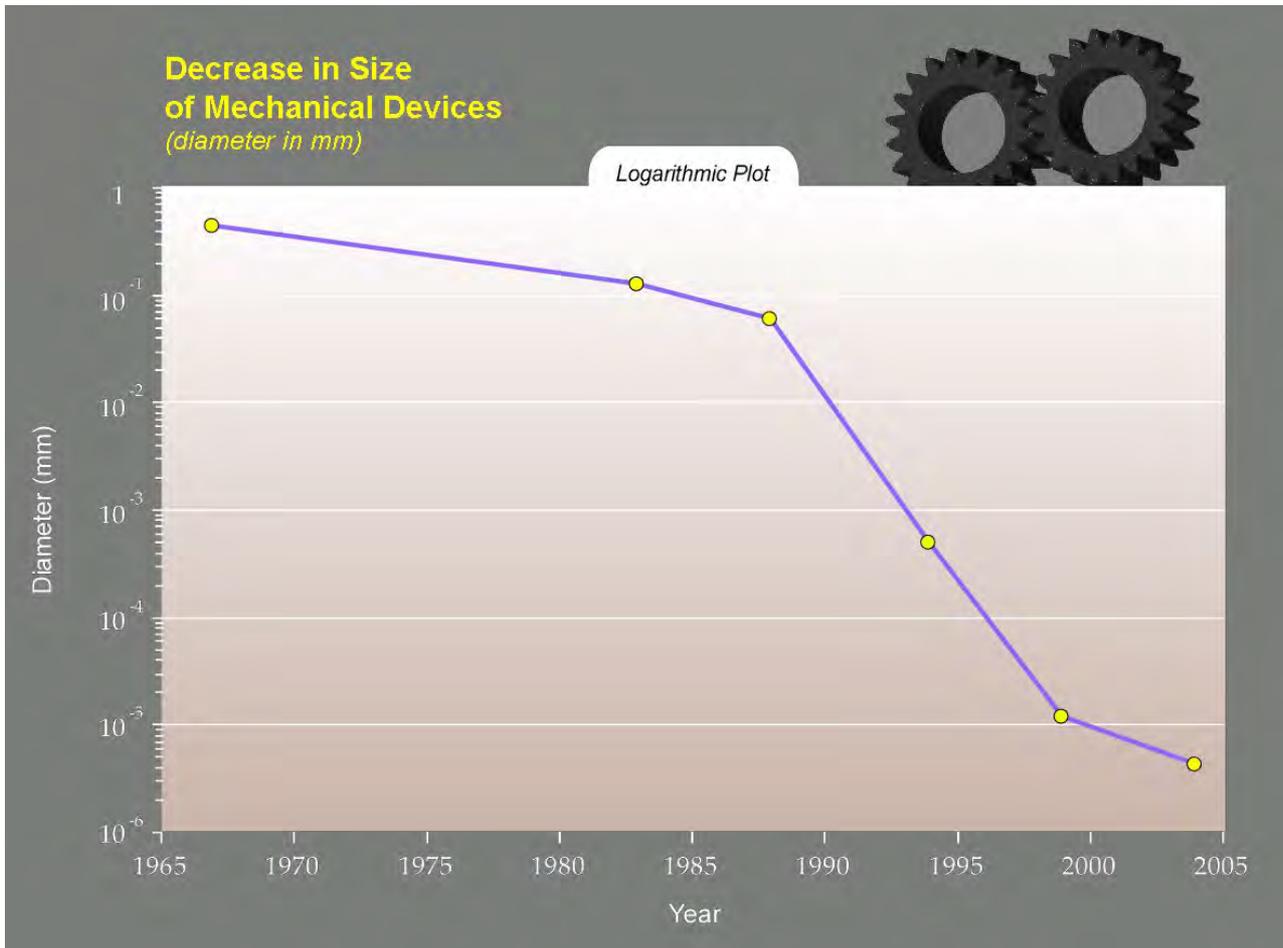
( bits por segundo) ( representación logarítmica )



Otra tendencia que tendrá profundas implicaciones para el siglo XXI es el movimiento generalizado hacia la miniaturización . Los tamaños de las características clave de una amplia gama de tecnologías , tanto electrónicos como mecánicos, están disminuyendo , y a un ritmo exponencial . En la actualidad, se están reduciendo la tecnología por un factor de aproximadamente cuatro por dimensión lineal por década. Esta miniaturización es una fuerza impulsora detrás de la Ley de Moore , sino que también se refleja en el tamaño de todos los sistemas - para electrónica ejemplo , almacenamiento magnético . También vemos esta disminución en el tamaño de los dispositivos mecánicos , como la figura del tamaño de los dispositivos mecánicos illustrates.<sup>54</sup>

## Disminución en el tamaño de la mecánica Dispositivos

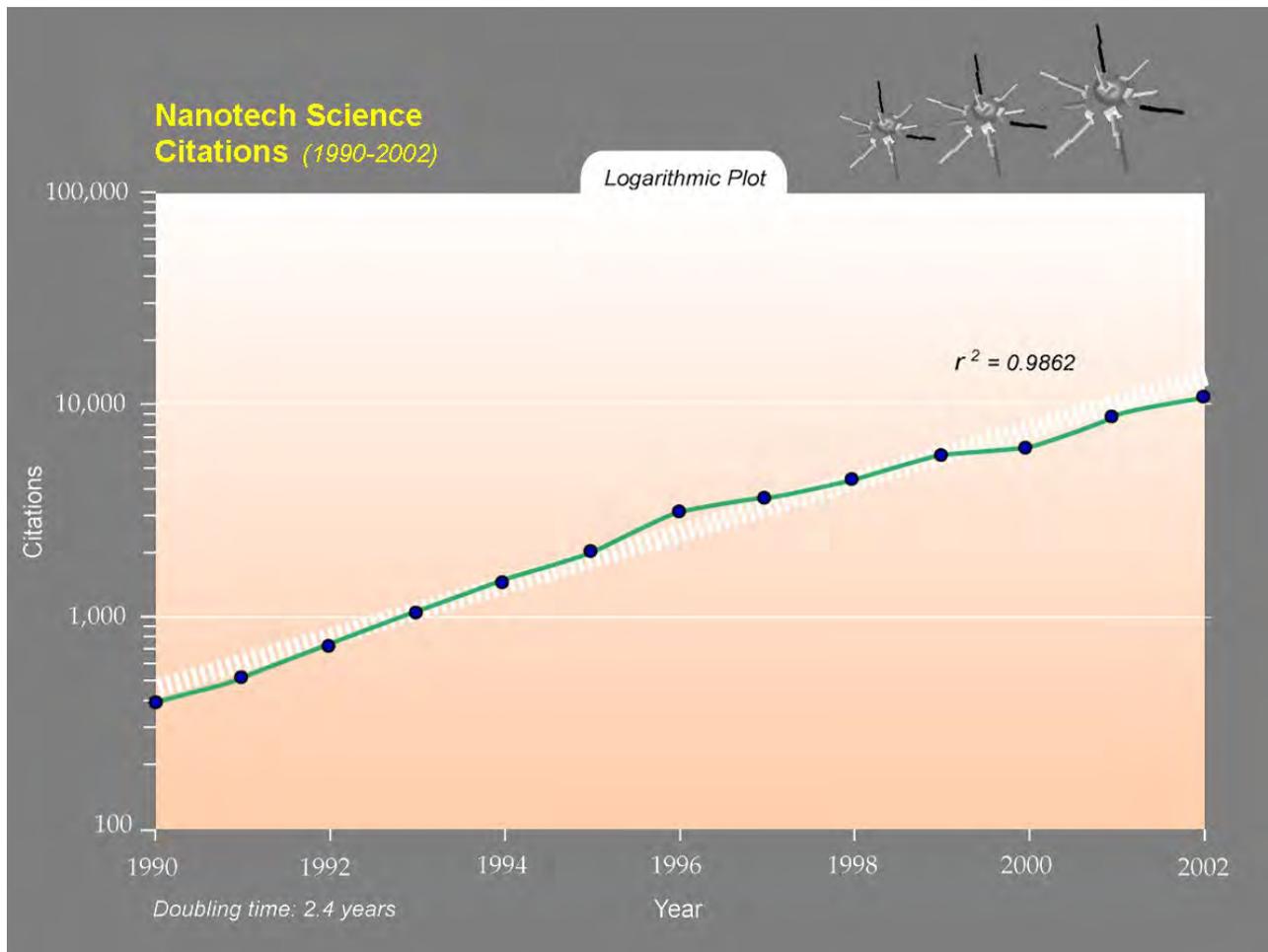
( representación logarítmica )



A medida que el tamaño de la característica sobresaliente de una amplia gama de tecnologías mueve inexorablemente más cerca del rango de varios nanómetros (menos de un centenar de nanómetros - mil millonésima parte de un metro), que se ha acompañado de un interés rápidamente creciente en la nanotecnología . Citas científicas Nanotecnología han aumentado significativamente en la última década, como se ha indicado en la figura de abajo.<sup>55</sup>

## Nanotecnología Ciencia

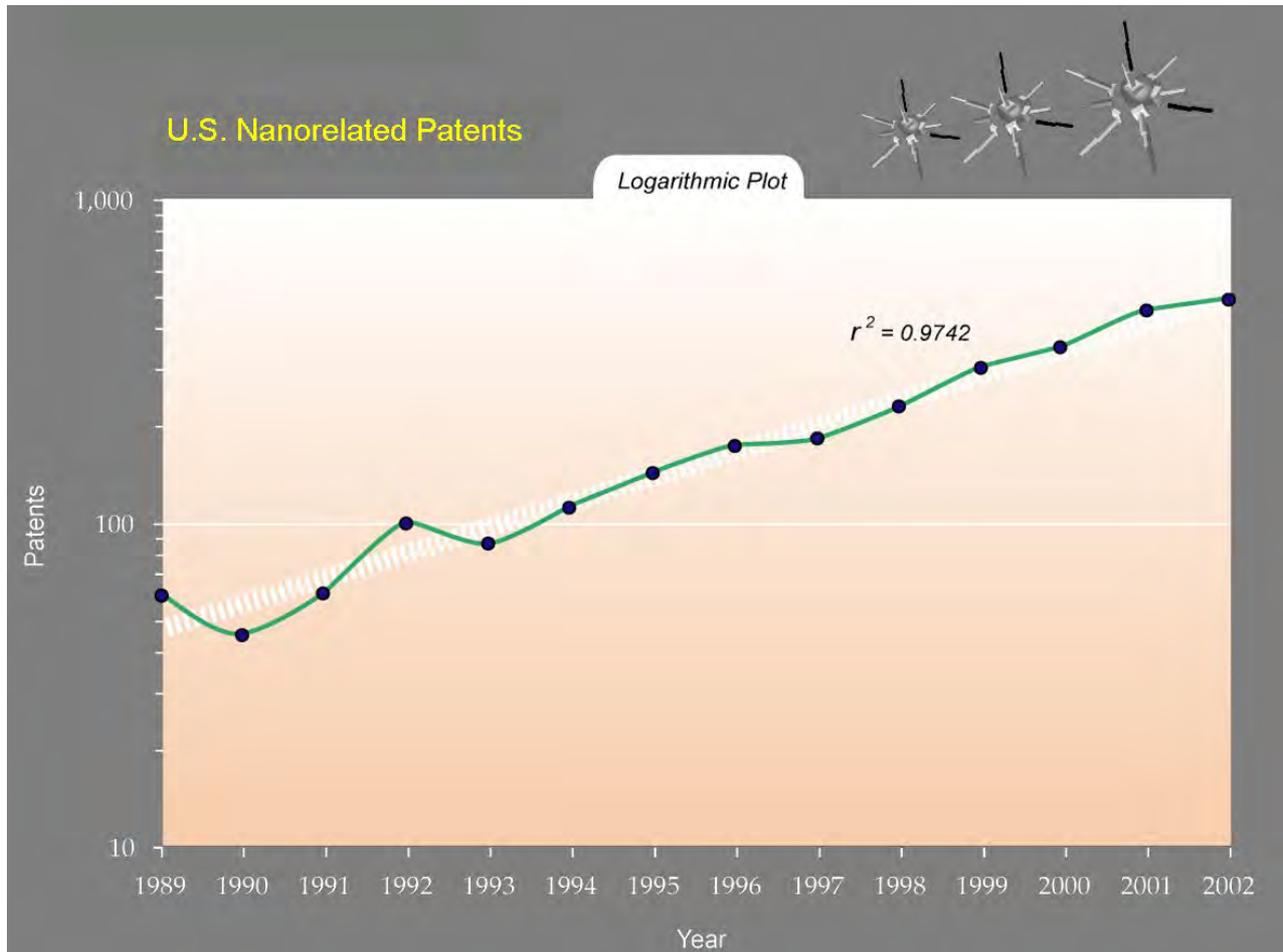
Citas ( 1990 -2002 ) ( representación logarítmica ) 2,4 años : Tiempo de duplicación .



Vemos el mismo fenómeno en las patentes relacionadas con la nanotecnología (abajo)

## Patentes relacionadas con Nano EE.UU.

( representación logarítmica )



Como veremos en el capítulo 5 , la revolución genética (o biotecnología) está trayendo la revolución de la información , con el aumento exponencial de la capacidad y la calidad-precio , en el campo de la biología. Del mismo modo , la revolución de la nanotecnología traerá la creciente dominio de la información sobre los materiales y sistemas mecánicos. La revolución de la robótica ( o " IA fuerte " ) consiste en la ingeniería inversa del cerebro humano, lo que significa llegar a entender la inteligencia humana en términos de información y a continuación, la combinación de los conocimientos resultantes con cada vez más potentes plataformas computacionales . Por lo tanto , los tres de la superposición de transformaciones - genética , nanotecnología y robótica - que dominará la primera mitad de este siglo representan diferentes facetas de la revolución de la información .

## **Información, Orden, y la evolución:**

Los Insights de Wolfram y los autómatas celulares de Fredkin :

Como ya he explicado en este capítulo, todos los aspectos de la informática y de la información está creciendo a un ritmo exponencial. Inherente a nuestra expectativa de una singularidad que tiene lugar en la historia humana es la importancia generalizada de información para el futuro de la experiencia humana . Vemos la información en todos los niveles de la existencia. Toda forma de conocimiento humano y las ideas en expresiones científicas y de ingeniería y diseños artísticos , literatura, música, imágenes, películas , se puede expresar como la información digital.

Nuestros cerebros también operan digitalmente , a través de disparos discretos de nuestras neuronas . El cableado de nuestras conexiones interneuronales puede ser descrito digitalmente , y el diseño de nuestros cerebros se especifica por una sorprendente pequeño código genético digitales.<sup>57</sup>

En efecto , toda la biología opera a través de secuencias lineales de pares de bases de ADN de 2 bits , que a su vez controlan la secuenciación de sólo veinte aminoácidos en las proteínas . Moléculas se forman arreglos discretos de átomos . El átomo de carbono , con sus cuatro posiciones establecimiento de conexiones moleculares, es particularmente hábil para la creación de una variedad de formas tridimensionales , lo que explica su papel central en la biología y la tecnología. Dentro del átomo , los electrones toman en niveles discretos de energía . Otras partículas subatómicas , tales como protones , forman números discretos de quarks de valencia.

Aunque las fórmulas de la mecánica cuántica se expresan en términos de campos continuos y niveles discretos , sí sabemos que los niveles continuos pueden expresarse en cualquier grado de precisión deseado utilizando binario data.<sup>58</sup> De hecho , la mecánica cuántica , como la palabra "quantum " implica , es la base de los valores discretos.

El físico y matemático Stephen Wolfram proporciona amplia evidencia que demuestra cómo el aumento de la complejidad puede provenir de un universo que es en esencia un sistema algorítmico determinista ( un sistema basado en reglas fijas con resultados predeterminados ) . En su libro *A New Kind of Science*, Wolfram ofrece un análisis exhaustivo de cómo los procesos que subyacen a una construcción matemática llamada " un celular autómata " tiene el potencial para describir todos los niveles de nuestros recursos naturales world.<sup>59</sup> ( Un autómata celular es un mecanismo sencillo de cálculo que , por ejemplo , cambia el color de cada celda en una cuadrícula basada en el color de las células cercanas adyacentes de acuerdo con una regla de transformación ) .

En su opinión , es posible expresar todos los procesos de información en cuanto a las operaciones en autómatas celulares , por lo que las ideas de Wolfram llevan en varias cuestiones clave relacionadas con la información y su capacidad de penetración .

Wolfram postula que el universo mismo es un equipo celular - autómatas gigante. En la hipótesis de que hay una base digital para fenómenos aparentemente analógicas (tales como el movimiento y el tiempo) y para las fórmulas de la física, y podemos modelar nuestra comprensión de la física como la simple transformación de un autómatas celular.

Otros han propuesto esta posibilidad. Richard Feynman preguntó al respecto en el examen de la relación de la información a la materia y la energía. Norbert Wiener anunció un cambio fundamental en el enfoque de la energía a la información en su libro de 1948 Cibernética y sugirió que la transformación de información, no la energía, fue el bloque fundamental del universo.<sup>60</sup> Quizás el primero en postular que el universo se está calculando en una computadora digital fue Konrad Zuse en 1.967,<sup>61</sup> Zuse es mejor conocido como el inventor de la primera computadora programable de trabajo, que se desarrolló desde 1935 hasta 1941.

Un entusiasta defensor de una teoría basada en la información de la física era Edward Fredkin, que a principios de 1980 propuso una "nueva teoría de la física", fundada en la idea de que el universo está compuesto en última instancia de software. No debemos pensar en la realidad como un conjunto de partículas y fuerzas, de acuerdo con Fredkin, sino más bien como bits de datos modificados de acuerdo a las reglas de cálculo.

Fredkin fue citado de Robert Wright en la década de 1980 como diciendo:

Hay tres grandes cuestiones filosóficas. ¿Qué es la vida? ¿Qué es la conciencia y el pensamiento y la memoria y todo eso? ¿Y cómo funciona el universo? ... [El] "punto de vista de la información" abarca los tres .... Lo que estoy diciendo es que en el nivel más básico de la complejidad de un proceso de información se ejecuta lo que pensamos que es la física. A nivel mucho más alto de complejidad, la vida, el ADN, ya sabes, la bioquímica de la función, son controlados por un proceso de información digital. Luego, en otro nivel, los procesos de pensamiento a cabo son, básicamente, el procesamiento de información .... Creo que la evidencia de apoyo para mis creencias en diez mil lugares diferentes .... Y para mí es totalmente abrumadora. Es como si hubiera un animal que quiero encontrar. He encontrado sus huellas. He encontrado sus excrementos. He encontrado el medio masticar los alimentos. Me parece pedazos de su piel, y así sucesivamente. En todos los casos se ajusta a un tipo de animal, y no es como cualquier animal de cualquier persona jamás ha visto. La gente dice: ¿Dónde está el animal? Yo digo, bueno, él estaba aquí, él es así de grande, esto eso, y lo otro. Y sé que miles de cosas acerca de él. No tengo en la mano, pero sé que está ahí .... Lo que veo es tan convincente que no puede ser una criatura de mi imaginación.<sup>62</sup>

Al comentar sobre la teoría de la física digital Fredkin, Wright escribe:

Fredkin ... habla de una interesante característica de algunos programas de ordenador, incluidos muchos autómatas celulares: no hay atajo para descubrir lo que van a llevar. Esto, de hecho, es una diferencia fundamental entre el enfoque de "análisis" asociado con las matemáticas tradicionales, incluyendo las ecuaciones diferenciales, y el enfoque "computacional" asociado con los algoritmos. Puede predecir el estado

futuro de un sistema susceptible a la aproximación analítica y sin averiguar lo que los estados que ocupará desde ahora hasta entonces , pero en el caso de muchos autómatas celulares , debe pasar por todos los estados intermedios para averiguar lo que al final será como: no hay manera de saber el futuro , excepto para ver cómo se desarrolla .... Fredkin explica: . " no hay manera de saber la respuesta a una pregunta más rápido que lo que está pasando " ... Fredkin cree que el universo es muy literalmente, un ordenador y que está siendo utilizado por alguien, o algo, para resolver un problema. Suena como una broma good-news/bad-news : la buena noticia es que nuestras vidas tienen un propósito ; las noticias bas es que su propósito es ayudar a algún hacker remoto estimación pi a nueve decimales jillion . 63

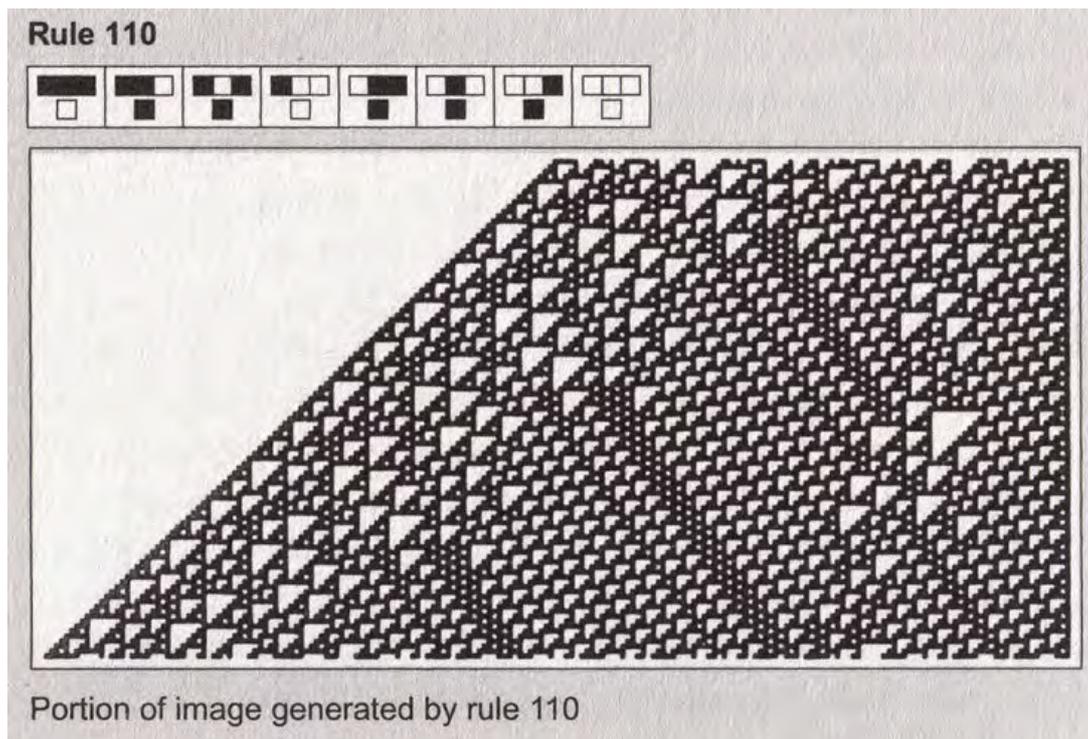
Fredkin llegó a demostrar que, aunque la energía es necesaria para el almacenamiento y recuperación de información , se puede reducir arbitrariamente la energía necesaria para realizar cualquier ejemplo particular de procesamiento de la información . y que esta operación no inferior limite.<sup>64</sup> Eso implica que la información en lugar de la materia y la energía puede ser considerado como el más fundamental reality.<sup>65</sup> voy a volver a la intuición de Fredkin sobre el límite inferior extrema de la energía necesaria para el cálculo y la comunicación en el capítulo 3 , ya que se refiere a la potencia máxima de la inteligencia en el universo.

Wolfram construye su teoría principalmente en una sola visión unificada. El descubrimiento de que haya tan emocionada Wolfram es una regla simple que llama reglas autómatas celulares 110 y su comportamiento . ( Hay algunos otros normas autómatas interesantes, pero la regla 110 hace que el punto lo suficientemente bien . ) La mayoría de los análisis de oferta de Wolfram con los autómatas más simple posible celular, específicamente aquellas que involucran sólo una línea unidimensional de células , dos colores posibles ( blanco y negro) , y las normas basado solamente en las dos células inmediatamente adyacentes . Para cada transformación , el color de una celda depende sólo de su propio color anterior y el de la célula de la izquierda y la celda de la derecha . Por lo tanto , hay ocho posibles situaciones de entrada ( es decir, tres combinaciones de dos colores ) . Cada normas mapea todas las combinaciones de estas ocho situaciones de entrada a una salida (negro o blanco) . Así que hay  $2^8$  ( 256 ) normas posibles para esa sola dimensión, de dos colores , autómata de células adyacentes . La mitad de la posible 256 normas asignan a la otra mitad a causa de izquierda-derecha- simetría. Podemos asignar la mitad de ellos de nuevo debido a la equivalencia negro - blanco , por lo que nos quedamos con 64 tipos de reglas . Wolfram ilustra la acción de estos autómatas con los patrones de dos dimensiones en el que cada línea ( a lo largo del eje y) representa una generación posterior de la aplicación de la regla a cada celda en esa línea .

La mayoría de las reglas son degenerados , lo que significa que crean patrones repetitivos de ningún interés , como las células de un solo color, o un patrón de tablero de ajedrez . Wolfram llama a estas reglas de clase 1 autómatas . Algunas reglas producen rayas arbitrariamente separados que permanecen estables , y Wolfram clasifica esto como perteneciente a la clase 2 . 3 Las reglas de clase son un poco más interesante , ya que las características reconocibles (como triángulos) aparecerán en el modelo resultante en un orden esencialmente aleatorio .

Sin embargo, fue la clase 4 autómatas que dio origen a la experiencia "aha" que dio lugar a Wolfram de dedicar una década con el tema. El autómata de clase 4, de las cuales la regla 110 es el ejemplo por excelencia, producen patrones sorprendentemente complejas que no se repiten. Vemos en ellos artefactos tales como líneas en varios ángulos, agregaciones de triángulos y otras configuraciones interesantes. El patrón resultante, sin embargo, no es ni regular ni completamente al azar, sino que parece tener un poco de orden, pero nunca es predecible.

### Artículo 110 (imagen)



Parte de la imagen generada por la regla 110

¿Por qué es tan importante o interesante? Tenga en cuenta que empezamos con el punto de partida más simple: una sola célula negra. El proceso implica la aplicación repetitiva de un muy simple rule.66 A partir de un proceso tan repetitivo y determinista, uno podría esperar un comportamiento repetitivo y predecible. Hay dos resultados sorprendentes aquí. Uno de ellos es que los resultados producen aparente aleatoriedad. Sin embargo, los resultados son más interesantes que aleatoriedad pura, que a su vez se convertiría en aburrido muy rápidamente. Hay características discernibles e interesante en los diseños producidos, de modo que el patrón tiene un poco de orden y la inteligencia aparente. Wolfram incluye una serie de ejemplos de estas imágenes, muchas de las cuales son bastante encantador a la vista.

Wolfram hace que el siguiente punto repetidamente : " Siempre que se encuentra un fenómeno que parece complejo se toma casi por hecho que el fenómeno debe ser el resultado de algún mecanismo subyacente que es en sí mismo complejo Pero mi descubrimiento de que los programas simples pueden producir gran complejidad hace que sea . claro que esto no es , de hecho, corregir " . 67

Hago encontrar el comportamiento de la regla 110 en lugar encantador. Además , la idea de que un proceso completamente determinista puede producir resultados que son completamente impredecibles es de gran importancia , ya que proporciona una explicación de cómo el mundo puede ser inherentemente impredecible , mientras que todavía se basa en totalmente determinista rules.68

Sin embargo , no estoy del todo sorprendido por la idea de que los mecanismos simples pueden producir resultados más complicados que sus condiciones de partida . Hemos visto este fenómeno en los fractales , el caos y la teoría de la complejidad y los sistemas de auto-organización (tales como redes neuronales y modelos de Markov ), que comienzan con una simple red, pero se organizan para producir un comportamiento aparentemente inteligente.

En un nivel diferente , lo vemos en el cerebro humano , que se inicia con sólo treinta hasta cien millones de bytes de especificación en el genoma comprimido sin embargo termina con una complejidad que es acerca de mil millones de veces grande.69

También es sorprendente que un proceso determinista puede producir resultados aparentemente al azar . Tenemos posee generadores (por ejemplo, la función " aleatoria " en Matemáticas programa de Wolfram ) que utilizan procesos deterministas para producir secuencias que pasan las pruebas estadísticas de aleatoriedad de números aleatorios. Estos programas se remontan a los primeros días de los programas informáticos , como la primera versión de Fortran . Sin embargo , Wolfram proporciona una base teórica a fondo para esta observación .

Wolfram continúa describiendo cómo pueden existir mecanismos computacionales simples en la naturaleza en diferentes niveles , y muestra que estos mecanismos simples y deterministas pueden producir toda la complejidad que vemos y experimentamos . Se ofrece innumerables ejemplos , tales como los diseños agradables de pigmentación en animales , la forma y las marcas sobre cáscaras , y los patrones de turbulencia (tales como el comportamiento de humo en el aire). Él señala que el cálculo es esencialmente simple y omnipresente . La aplicación repetida de transformaciones simples de cálculo , según Wolfram , es la verdadera fuente de la complejidad del mundo.

Mi propia opinión es que esto es sólo parte correcta. Estoy de acuerdo con Wolfram que la computación está a nuestro alrededor , y que algunos de los patrones que vemos son creados por el equivalente de autómatas celulares . Sin embargo, una cuestión clave que debemos hacernos es la siguiente: ¿Qué tan complejo es el resultado de autómatas clase?

Wolfram elude con eficacia la cuestión de los grados de complejidad. Estoy de acuerdo en que un patrón degenerado como un tablero de ajedrez no tiene ninguna

complejidad. Wolfram también reconoce que la mera aleatoriedad no representa la complejidad tampoco, porque el azar puro se vuelve predecible en su pura falta de previsibilidad. Es cierto que las características más interesantes de la clase 4 autómatas ni se repiten ni puramente al azar, por lo que estaría de acuerdo en que son más complejos que los resultados producidos por otras clases de autómatas .

Sin embargo , hay sin embargo un límite distinto a la complejidad producida por clase 4 autómatas . Las muchas imágenes de tales autómatas en el libro de Wolfram tienen una mirada similar a ellos , ya pesar de que se no se repiten , son interesantes ( e inteligente ), sólo hasta cierto punto. Por otra parte , no siguen evolucionando en algo complejo , ni se desarrollan nuevos tipos de características. Se podría ejecutar estos por billones o incluso trillones de trillones de iteraciones y la imagen se mantendría en el mismo nivel de complejidad limitada. Ellos no evolucionan en, por ejemplo , los insectos o los seres humanos o los preludios de Chopin o cualquier otra cosa que podamos considerar de un orden superior de complejidad que las rayas y los triángulos que aparecen entremezcladas en estas imágenes.

La complejidad es un continuo. Aquí defino el "orden" como "información que se ajuste a un propósito. " 70 Un completo proceso predecible tiene orden cero. Un alto nivel de información por sí sola no implica necesariamente un alto nivel de servicio tampoco. Un directorio telefónico tiene una gran cantidad de información , pero el nivel de la orden de que la información es bastante bajo. Una secuencia aleatoria información es esencialmente puro ( ya que no es predecible ) pero no tiene ningún orden. La salida de la clase de autómatas 4 hace poseer un cierto nivel de orden, y no sobrevivir como otros patrones persistentes . Pero los patrones representados por un ser humano tiene un nivel de orden y de complejidad mucho mayor .

Los seres humanos cumplen un propósito muy exigente : sobreviven en un nicho ecológico desafiante. Los seres humanos representan una jerarquía muy intrincada y elaborada de otros patrones. Wolfram se refiere a cualquier patrón que combinan algunas de las características reconocibles y elementos impredecibles a ser efectivamente equivalente a la de otro . Pero él no muestra cómo una clase de 4 autómatas nunca puede aumentar la complejidad de TI , y mucho menos convertirse en un modelo tan complejo como un ser humano.

Hay un enlace que falta aquí , uno que explicaría la forma que se obtiene de los patrones interesantes , pero en última instancia, la rutina de un autómata celular a la complejidad de las estructuras que demuestran la persistencia de los niveles más altos de inteligencia . Por ejemplo , estos patrones de clase 4 no son capaces de resolver problemas interesantes , y ninguna cantidad de iteración los mueve más cerca de hacerlo . Wolfram contrarrestaría que la regla 110 autómata podría ser utilizado como un " ordenador universal . " 71 Sin embargo , por sí mismo , un ordenador universal no es capaz de resolver programas inteligentes sin lo que yo llamaría " software. " Es la complejidad del software que se ejecuta en un equipo universal que es precisamente la cuestión .

Se podría señalar que la clase 4 patrones resultan de los autómatas más simple posible ( unidimensional , de dos colores , las reglas de dos vecinos ) . ¿Qué pasa si

aumentamos la dimensionalidad , por ejemplo , ir a varios colores o incluso generalizar estos autómatas celulares discreta para función continua ? Wolfram abordar todos esto muy a fondo . Los resultados producidos a partir de autómatas más complejos son esencialmente los mismos que los de los muy simples. Tenemos el mismo tipo de interés por los patrones en última instancia muy limitada. Wolfram hace que el punto interesante que no es necesario utilizar reglas más complejas para obtener la complejidad en el resultado final . Pero me gustaría hacer el punto opuesto que no somos capaces de aumentar la complejidad de los resultados finales a través de cualquiera de las reglas más complejas o más iteraciones . Así autómatas celulares nos llevará muy lejos.

### **Podemos evolucionar Inteligencia Artificial de reglas simples ?**

Entonces, ¿cómo hacemos para que a partir de estos patrones interesantes pero limitados a los de los insectos o los interludios Chopin ? Un concepto que necesitamos en consideración es decir, la evolución conflicto - que . Si a esto añadimos otro concepto simple : un algoritmo evolutivo - a la de simples autómatas celulares de Wolfram , comenzamos a obtener resultados mucho más interesantes y más inteligente. Wolfram dice que los autómatas de clase 4 y un algoritmo evolutivo son " computacionalmente equivalente. " Pero esto es cierto sólo en lo que considero el nivel de "hardware" . En el nivel de software , el otro de los patrones producidos son claramente diferentes una de un orden diferente de complejidad y utilidad .

Un algoritmo evolutivo puede empezar generados aleatoriamente posibles soluciones a un problema, que se codifica en un código genético digital. Entonces tenemos las soluciones de competir entre sí en una batalla evolutiva simulado. Las mejores soluciones de sobrevivir y procrear en la reproducción sexual simulado en el que se crean soluciones descendencia , señalando a su código genético ( soluciones codificadas ) de dos padres. También se puede aplicar un tipo de mutación genética. Varios parámetros de alto nivel de este proceso , tales como la tasa de mutación , la tasa de hijos , y así sucesivamente, que se llama apropiadamente "Parámetros de Dios", y es el trabajo del ingeniero de diseño del algoritmo evolutivo para establecer que razonablemente valores óptimos . El proceso se ejecuta durante muchos miles de generaciones de evolución simulada , y al final del proceso es la probabilidad de encontrar soluciones que son de un orden claramente más alto que los de partida queridos.

Los resultados de estos algoritmos evolutivos ( a veces llamada genética ) pueden ser soluciones elegantes , hermosos e inteligentes a los problemas complejos . Se han utilizado , por ejemplo , para crear diseños artísticos y diseños para las formas de vida artificiales , así como para ejecutar una amplia gama de tareas prácticas, tales como el diseño de motores a reacción . Los algoritmos genéticos son una aproximación a " estrecha " artificial es , la creación de sistemas que pueden realizar funciones particulares que utilizan para exigir la aplicación de la inteligencia humana inteligencia - que todavía falta algo . Aunque los algoritmos genéticos son una herramienta útil en la solución de problemas concretos , nunca han logrado algo

parecido a " IA fuerte ", es decir , la aptitud parecida a la amplia y profunda , y las características sutiles de la inteligencia humana , en particular, su poder de reconocimiento de patrones y lenguaje de comandos . ¿El problema es que no se están ejecutando los algoritmos evolutivos suficiente? Después de todo , los seres humanos evolucionaron a través de un proceso que llevó a miles de millones de años . Tal vez no podamos recrear ese proceso con unos pocos días o semanas de simulación por ordenador . Esto no va a funcionar, sin embargo, porque los algoritmos genéticos convencionales alcanzan una asíntota en su nivel de rendimiento por lo que se ejecuta por un período de tiempo más largo no ayudará.

Un tercer nivel ( más allá de la capacidad de los procesos celulares para producir aparente aleatoriedad y algoritmos genéticos para producir soluciones inteligentes enfocadas ) es para llevar a cabo la evolución en múltiples niveles . Algoritmos genéticos convencionales permiten la evolución sólo dentro de los confines de un problema estrecha y un solo medio de la evolución . El código genético en sí tiene que evolucionar , las reglas de la evolución tienen que evolucionar . La naturaleza no se quedó con un solo cromosoma , por ejemplo. Ha habido muchos niveles de indirección incorporados en el proceso evolutivo natural. Y se requiere un entorno complejo en el que la evolución se lleva a cabo .

Para construir la IA fuerte , tendremos la oportunidad de cortar este proceso, sin embargo , por la ingeniería inversa del cerebro humano, un proyecto en marcha , beneficiándose así del proceso evolutivo que ya ha tenido lugar. Estaremos aplicando algoritmos evolutivos dentro de estas soluciones así como el cerebro humano . Por ejemplo , el cableado fetal es inicialmente al azar dentro de las limitaciones especificadas en el genoma al menos en algunas regiones . Investigaciones recientes muestran que las áreas que tienen que ver con el aprendizaje sufren más cambiar, mientras que las estructuras que tienen que ver con el procesamiento sensorial experiencia menos cambio después de nacer.<sup>72</sup>

Wolfram hacer el punto válido que ciertos procesos computacionales (de hecho , la mayoría ) no son predecibles . En otras palabras , no podemos predecir el futuro estado sin ejecutar todo el proceso , estoy de acuerdo con él en que nos puede conocer la respuesta de antemano si de alguna manera se puede simular un proceso a una velocidad más rápida . Teniendo en cuenta que el universo funciona a la velocidad más rápida que puede funcionar , generalmente no hay manera de cortocircuitar el proceso. Sin embargo, tenemos los beneficios de los miles de millones de años de evolución que ya han tenido lugar , que son responsables por el gran aumento de orden de complejidad en el mundo natural. Ahora podemos beneficiar de ella mediante el uso de unos instrumentos evolucionaron para ingeniería inversa de los productos de la evolución biológica (lo más importante , el cerebro humano ) .

Sí, es cierto que algunos fenómenos en la naturaleza que pueden aparecer complejo en un cierto nivel son simplemente los resultados de los mecanismos subyacentes computacionales simples que son esencialmente autómatas celular en el trabajo. El patrón interesante de triángulos en una "tienda oliuve " (citado extensamente por

Wolfram ) o los modelos complejos y variados de un copo de nieve son buen ejemplo. No creo que esta es una nueva observación, ya que siempre hemos consideráramos el diseño de los copos de nieve que se derivan de una simple computación molecular -como proceso de construcción. Sin embargo , Wolfram no nos proporcionan una base teórica convincente para expresar estos procesos y sus patrones resultantes. Pero hay más a la biología de 4 patrones de clase.

Otro aspecto importante de estos Wolfram radica en su tratamiento a fondo de la computación como un fenómeno simple y omnipresente . Por supuesto , nos conocemos desde hace más de un siglo que la computación es intrínsecamente simple: podemos crear cualquier nivel de complejidad de una fundación de las más simples posibles manipulaciones de la información.

Por ejemplo, la computadora mecánica finales del siglo XIX Charles Babbage (que nunca funcionó ) proporciona sólo un puñado de códigos de operación , sin embargo, siempre que (a menos de su capacidad de memoria y velocidad) el mismo tipo de transformaciones que los ordenadores modernos lo hacen. La complejidad de la invención de Babbage deriva únicamente de los detalles de su diseño , que de hecho resultó ser demasiado difícil para Babbage para implementar el uso de la tecnología a su disposición.

La máquina de Turing , la concepción teórica de Alan Turing de un ordenador universal en 1950 , ofrece sólo siete comandos muy básicos , pero se puede organizar para realizar cualquier posible computation.<sup>73</sup> La existencia de una "máquina universal de Turing " , que puede simular cualquier posible máquina de Turing que se describe en la memoria de la cinta, es una nueva demostración de la universalidad y la simplicidad de information.<sup>74</sup> en la era de las máquinas inteligentes , mostré cómo cualquier equipo podría construirse de " un número adecuado de [ un ] dispositivo muy simple " , es decir , el " ni " gate.<sup>75</sup> Esto no es exactamente la misma manifestación como una máquina universal de Turing , pero demuestra que cualquier cálculo puede ser realizado por una cascada de este simple dispositivo (que es más simple que la regla 110 ) , teniendo en cuenta el software adecuado ( que incluya la descripción de la conexión de las puertas NOR) .<sup>76</sup>

Aunque necesitamos conceptos adicionales para describir un proceso evolutivo que crear soluciones inteligentes a los problemas , la demostración de la simplicidad de Wolfram una ubicuidad de la computación es un importante contribución en nuestra comprensión de la importancia fundamental de la información en el mundo .

MOLLY 2004 : Has máquinas evolucionan a un ritmo acelerado tienes. ¿Qué pasa con los seres humanos?

RAY : ¿Te refieres a los humanos biológicos? MOLLY 2004 : Si.

CHARLES DARWIN : La evolución biológica es de suponer que sigue , ¿no es así ?

RAY : Bueno , la biología de este nivel está evolucionando tan lentamente que apenas cuenta . He mencionado que la evolución trabaja a través de indirección . Resulta que

los paradigmas antiguos, como la evolución biológica hacen continuar, pero en su antigua velocidad, por lo que se eclipsado por los nuevos paradigmas. La evolución biológica de los animales tan complejos como los humanos necesitan decenas de miles de años para hacer perceptible, aunque todavía pequeño, las diferencias. Toda la historia de la evolución cultural y tecnológica humana ha tenido lugar en ese plazo de tiempo. Sin embargo, ahora estamos preparados para ascender más allá de las creaciones frágiles y lentos de la evolución biológica en apenas varias décadas. El progreso actual es a una escala que es de mil a un millón de veces más rápido que la evolución biológica.

NED LUDD : ¿Qué pasa si no todo el mundo quiere estar de acuerdo con esto?

RAY : No espero que lo harían. Siempre hay adoptadores tempranos y tardíos.

Siempre hay un borde de ataque y un borde de salida a la tecnología de cualquier cambio evolutivo. Todavía tenemos gente empujando arados, pero eso no ha frenado la adopción de los teléfonos celulares, las telecomunicaciones, la Internet, la biotecnología, etc. Sin embargo, el borde no quedando finalmente ponerse al día. Tenemos sociedades de Asia que saltaron de las economías agrarias a economías de la información, sin pasar por industrialization.<sup>77</sup>

NED : Puede que sea así, pero la brecha digital es cada vez peor.

RAY : Sé que la gente sigue diciendo eso, pero ¿cómo puede ser verdad? El número de los seres humanos está creciendo muy lentamente. El número de seres humanos conectados digitalmente, no importa cómo se mida, está creciendo rápidamente. Una parte cada vez mayor de la población mundial es cada vez electrónicos comunicadores y saltándose el sistema telefónico de cableado primitivo mediante la conexión a Internet sin cables, por lo que la brecha digital está disminuyendo rápidamente, no crece.

MOLLY 2004 : Todavía siento que el tener / no tener problema no recibe suficiente atención. Hay mucho más que podemos hacer.

RAY : Efectivamente, pero las fuerzas impersonales, policía de la ley de los retornos acelerados se mueven, sin embargo en la dirección correcta. Tenga en cuenta que la tecnología en un área en particular comienza inasequibles y no funciona muy bien. Entonces se convierte en más que caro y funciona un poco mejor. El siguiente paso es el producto se convierte en barato y funciona muy bien. Por último, la tecnología se convierte en prácticamente gratuito y funciona muy bien. No fue hace mucho tiempo que cuando usted vio a alguien usando un teléfono móvil en una película, él o ella era un miembro de la élite del poder, debido a que sólo los ricos podían permitirse los teléfonos portátiles. O como un ejemplo más conmovedor, considere los medicamentos para el SIDA. Empezaron no funciona muy bien y que cuesta más de diez mil dólares al año por paciente. Ahora trabajan mucho mejor y se han reducido a varios cientos de dólares por año en mal countries.<sup>78</sup> desgracia con respecto al SIDA, todavía no estamos en la etapa de casi nada grande y cuesta trabajo. El mundo está empezando a tomar medidas un tanto más eficaz sobre el SIDA, pero ha sido más trágico que no se ha hecho. Millones de vidas, la mayoría en África, se han perdido

como resultado. Pero el efecto de la ley de los retornos acelerados se mueve , sin embargo, en la dirección correcta . Y la diferencia de tiempo entre los principales y menos borde es a su vez la contratación . Ahora estimo este retraso en cerca de una década . En una década , será hasta cerca de la mitad de una década.

### **La singularidad como imperativo económico**

El hombre razonable se adapta al mundo , el irrazonable persiste en intentar adaptar el mundo a sí mismo. Por lo tanto, todo el progreso depende del hombre irrazonable.

George Bernard Shaw, "máximas para los revolucionarios ", Man and Superman , 1903.

Todo el progreso se basa en un deseo innato universal, por parte de cada organismo de vivir más allá de sus ingresos . - SAMUEL BUTLER, CUADERNOS , 1912

Si se me acaba de replanteo hoy para hacer que la unidad a la costa oeste para iniciar un nuevo negocio , estaría buscando en la biotecnología y la nanotecnología.

– Jeff Bezos , fundador y CEO de AMAZON.COM

### **Obtenga Ochenta billones Tiempo dólares - Limited Sólo**

Usted recibirá ochenta billón de dólares con sólo leer esta sección y comprender lo que dice. Para obtener más detalles , vea más abajo. ( Es cierto que el autor va a hacer casi cualquier cosa para mantener su atención, pero lo digo en serio acerca de esta declaración . Hasta que regrese a una explicación , sin embargo , hacer leer la primera frase de este párrafo con cuidado. )

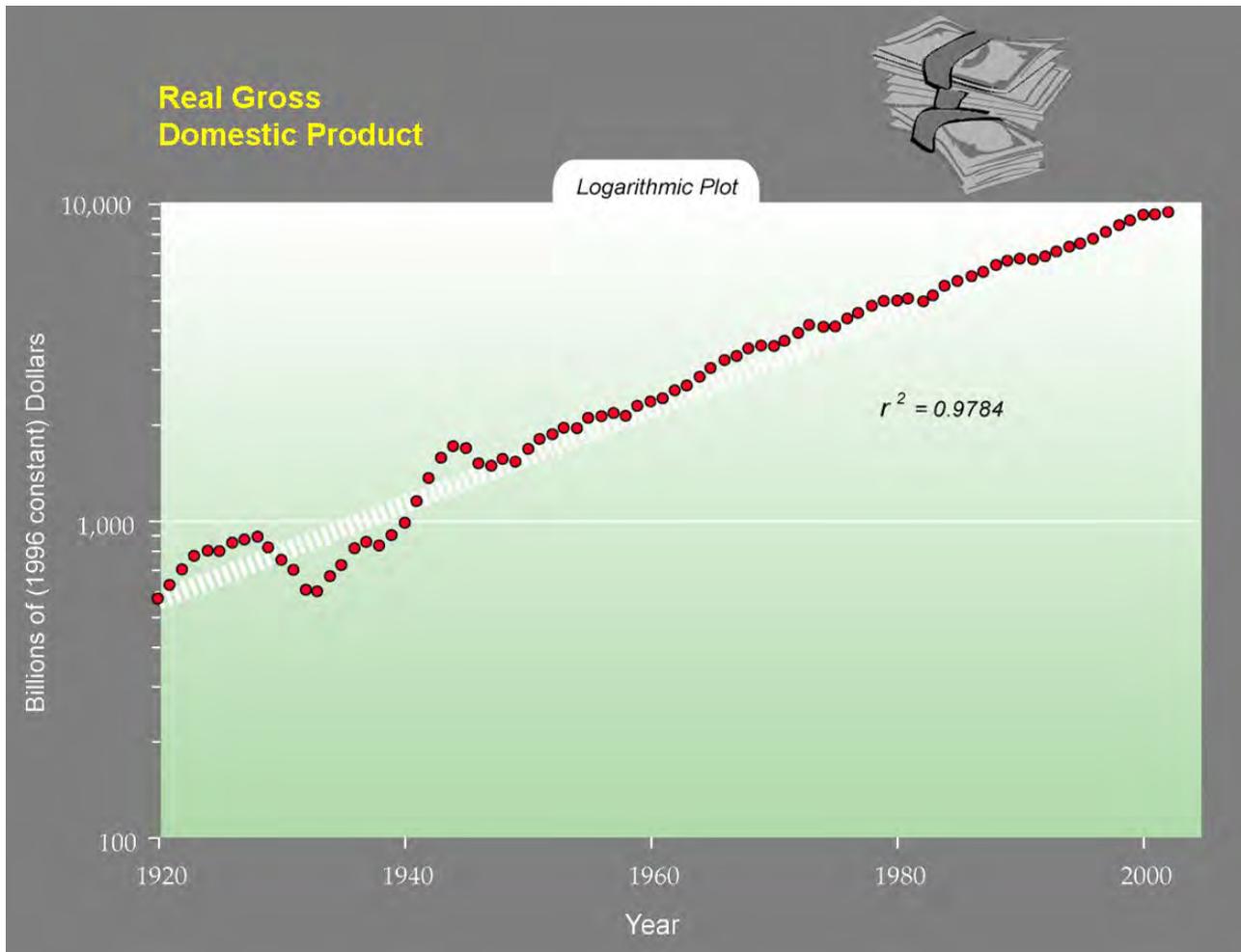
La ley de los retornos acelerados es fundamentalmente una teoría económica . La teoría económica contemporánea y la política se basan en modelos obsoletos que hacen hincapié en los costos de energía , los precios de los productos básicos , y la inversión de capital en instalaciones y equipo como factores impulsores clave, mientras que en gran medida con vistas a la capacidad de cálculo , memoria , ancho de banda , el tamaño de la tecnología , la propiedad intelectual , el conocimiento, y otros componentes vitales cada vez (y cada vez mayor) que están impulsando la economía.

Es el imperativo económico de un mercado competitivo que es la fuerza principal tecnología de impulsar y alimentando la ley de rendimientos acelerados . A su vez , la ley de los retornos acelerados está transformando las relaciones económicas.

Imperativo económico es el equivalente de la supervivencia en la evolución biológica nos estamos moviendo hacia máquinas más pequeñas y más inteligentes , como resultado de pequeños avances innumerables , cada uno con su propia justificación económica particular. Máquinas que pueden llevar a cabo con mayor precisión sus misiones han aumentado de valor, lo que explica que se están construyendo . Hay decenas de miles de proyectos que avanzan los diversos aspectos de la ley de la aceleración de rendimiento de diversas maneras incrementales. poco realista.

## Bruto Real

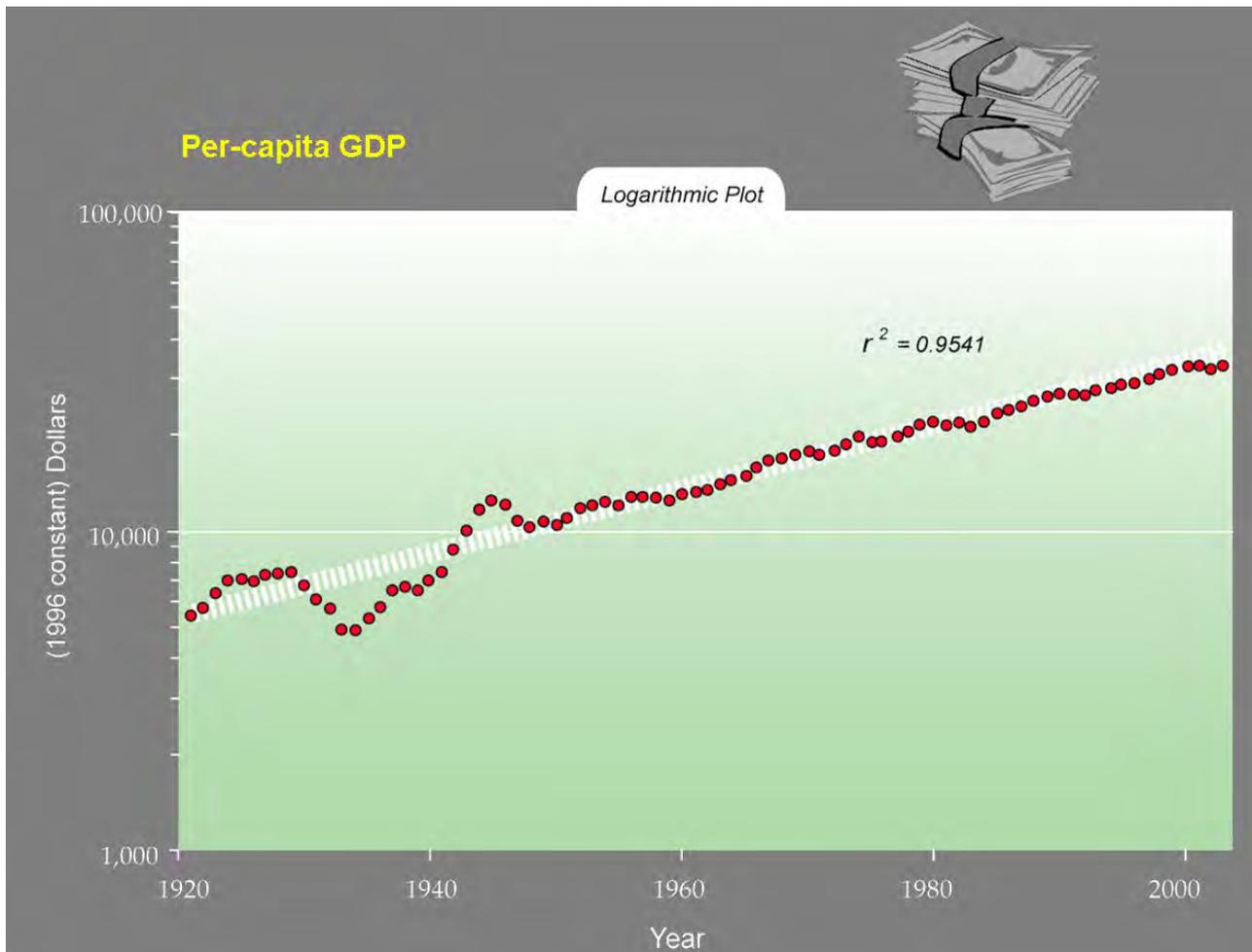
(representación logarítmica)



Algunos críticos de crédito crecimiento de la población con el crecimiento exponencial en el PIB, pero vemos la misma tendencia sobre una base per cápita (ver la figura siguiente) .82

## PIB per cápita

( representación logarítmica )



Tenga en cuenta que el crecimiento exponencial subyacente en la economía es una fuerza mucho más poderosa que las recesiones periódicas. Lo más importante, las recesiones, como depresiones, representan sólo desviaciones temporales de la curva base. Incluso la Gran Depresión sólo representa un pequeño punto en el contexto del patrón subyacente de crecimiento. En cada caso, la economía termina exactamente donde habría tenido la recesión / depresión nunca ocurrió.

La economía mundial continúa acelerándose. El Banco Mundial publicó un informe a finales de 2004 que indica que el año pasado había sido más próspera que en cualquier año en la historia del crecimiento económico mundial del 4 percent.<sup>83</sup> Por otra parte, las tasas más altas se encontraban en los países en desarrollo: más de 6%. Incluso omitiendo China e India, la tasa fue de más del 5 por ciento. En la región de Asia oriental y el Pacífico, el número de personas que viven en la pobreza extrema

pasó de 470 millones en 1990 a 270 millones en 2001 , y se proyecta por el Banco Mundial para ser menos de 20 millones en 2015. Otras regiones están mostrando similar, aunque algo menos dramático crecimiento , económica .

Productividad ( producción económica por trabajador ) también ha estado creciendo de manera exponencial. Estas estadísticas son de hecho subestimado en gran medida debido a que no reflejan plenamente las mejoras significativas en la calidad y características de los productos y servicios. No se trata de que un -coche es un coche-, se han producido importantes mejoras en la seguridad, la fiabilidad y características. Ciertamente , un mil dólares de computación hoy en día es mucho más poderoso de mil dólares de computación hace diez años ( por un factor de más de un millar ) . Hay muchos otros ejemplos de este tipo . Los productos farmacéuticos son cada vez más eficaces, ya que están siendo diseñados para llevar a cabo precisamente modificaciones a las rutas metabólicas exactos que subyacen a la enfermedad y el proceso de envejecimiento con efectos secundarios mínimos ( tenga en cuenta que la gran mayoría de los medicamentos en el mercado hoy en día aún reflejan el viejo paradigma , ver el capítulo 5 ) . Productos pedidos en cinco minutos en la Web y entregados en su domicilio valen más que los productos que usted tiene que ir a buscar a ti mismo . Ropa a medida fabricados para su cuerpo único valen más que la ropa que te encuentras por casualidad en un estante de la tienda. Este tipo de mejoras se llevan a cabo en la mayoría de las categorías de productos , y ninguno de ellos se refleja en las estadísticas de productividad .

Los métodos estadísticos subyacentes a las mediciones de productividad tienden a factorizar ganancias esencialmente la conclusión de que todavía nos llegan sólo un dólar de los productos y servicios para un dólar , a pesar del hecho de que tenemos mucho más por ese dólar . ( Las computadoras son un ejemplo extremo de este fenómeno , pero es omnipresente . ) De la Universidad de Chicago profesor Pete Klenow y profesor de Universidad de Rochester Marcos estimación Bils que el valor en dólares constantes de los bienes existentes se ha incrementado en el 1,5 por ciento anual durante los últimos veinte años como cualitativa de improvements.<sup>84</sup> Esto todavía no tiene en cuenta la introducción de productos totalmente nuevos y categorías de productos (por ejemplo , teléfonos celulares, buscapersonas , ordenadores de bolsillo , las canciones descargadas , y los programas de software ) . No tiene en cuenta el valor creciente de la propia Web. ¿Cómo valoramos la disponibilidad de recursos gratuitos, como las enciclopedias en línea y motores de búsqueda que cada vez ofrecen pasarelas eficaces para el conocimiento humano ?

La Oficina de Estadísticas Laborales, el cual es responsable de las estadísticas de inflación, utiliza un modelo que incorpora una estimación de crecimiento de la calidad de sólo el 0,5 por ciento al año.<sup>85</sup> Si utilizamos Klenow y estimación conservadora de Bils , esto refleja una subestimación sistemática de la mejora de la calidad y una sobrestimación de la inflación resultante en al menos un 1 por ciento por año . Y que aún no tiene en cuenta las nuevas categorías de productos.

A pesar de estas deficiencias en los métodos estadísticos de productividad , aumento de la productividad están realmente llegando a la parte más empinada de la curva

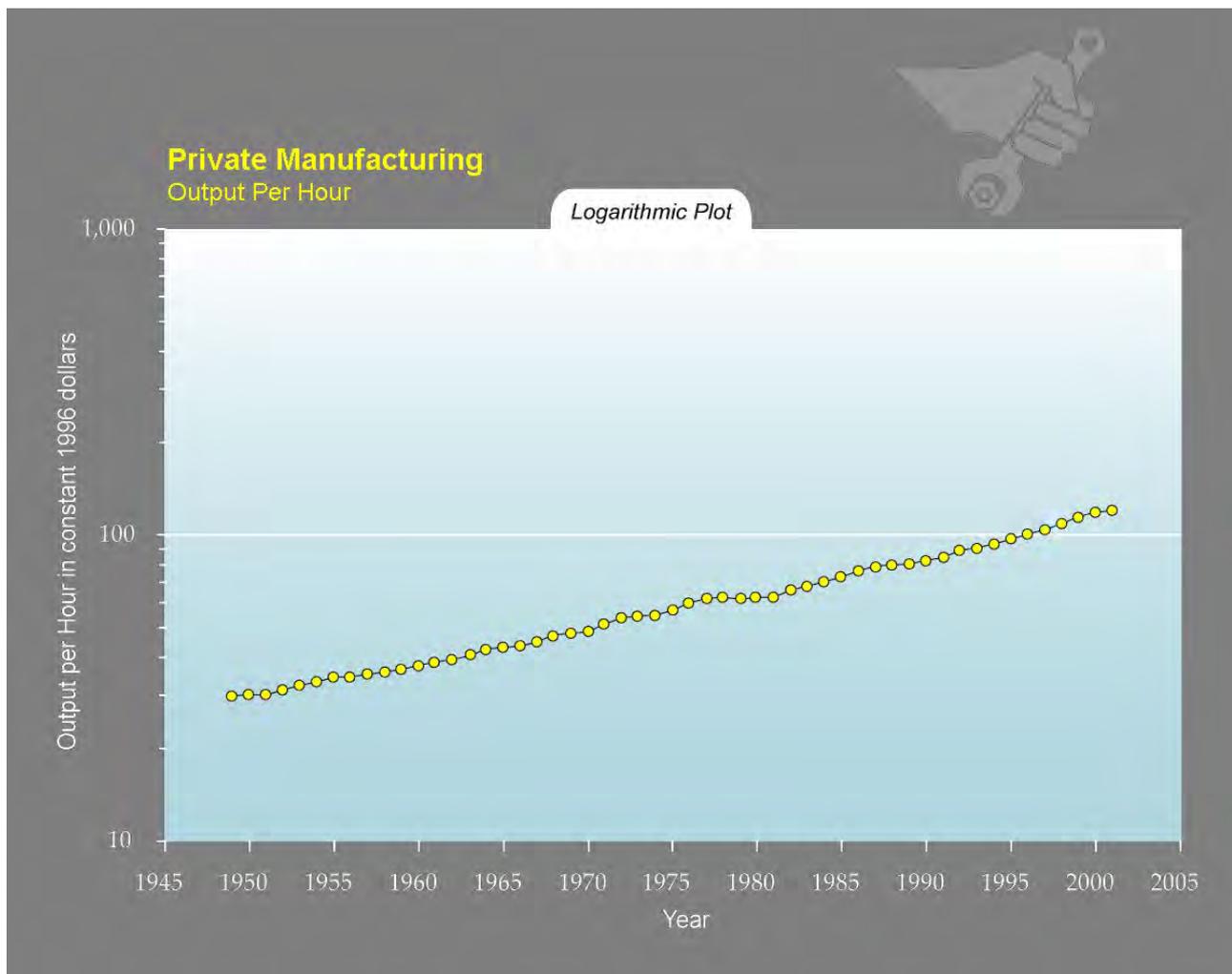
exponencial. La productividad del trabajo creció a un 1,6 por ciento por año hasta 1994 , y luego aumentó a 2,4 por ciento al año , y ahora está creciendo aún más rápidamente . Productividad manufacturera en la producción por hora creció a 4.4 por ciento anual entre 1995 y 1999, la fabricación de bienes duraderos en el 6,5% por año

En el primer trimestre de 2004 , la tasa anual ajustada estacionalmente de variación de la productividad del 4,6 por ciento en el sector empresarial y el 5,9 por ciento en bienes duraderos manufacturing.<sup>86</sup>

Vemos un crecimiento exponencial sin problemas en el valor producido por una hora de trabajo en el último medio siglo (ver la figura siguiente) . Una vez más , esta tendencia no tiene en cuenta el mucho mayor valor de la fuerza de un dólar en la compra de tecnologías de la información (que se ha duplicado aproximadamente una vez al año , en general calidad-precio )<sup>87</sup>

## Producción del Sector Manufacturero

Privado por hora ( representación logarítmica )



## La deflación ... una mala cosa ?

En 1846 creemos que no había una sola prenda en nuestro país cosido por la

maquinaria , y en ese año se publicó la primera patente americana de una máquina de coser. En la actualidad miles de personas están usando la ropa que han sido cosidas por los dedos de hierro , con una delicadeza que rivaliza con la de una doncella de la cachemira . - Scientific American, 1853

En este libro se escribe, una preocupación de muchos economistas de la corriente tanto en la derecha política y la izquierda es la deflación . En la cara de él , tener su dinero rinda más parece ser una buena cosa. La preocupación de los economistas es que si los consumidores pueden comprar lo que necesitan y desean con menos dinero , la economía se contraerá (medido en dólares). Esto pasa por alto , sin embargo , las necesidades y deseos de los consumidores humanos intrínsecamente insaciable. Los ingresos de la industria de los semiconductores, que "sufré" de 40 a 50% de la deflación por años , han crecido , sin embargo, un 17 por ciento cada año durante el último medio century.<sup>88</sup> Dado que la economía es , de hecho, en expansión, esta implicación teórica de la deflación no deben causar preocupación .

La década de 1990 y principios de 2000 se han visto las más poderosas fuerzas deflacionarias en la historia , lo que explica por qué no estamos viendo importantes tasas de inflación. Sí , es cierto que históricamente bajo nivel de desempleo , los altos valores de los activos , el crecimiento económico y otros factores son la inflación, pero estos factores se compensan con las tendencias exponenciales en la relación precio- rendimiento de todas las tecnologías basadas en la información : cálculo , memoria , comunicaciones, la biotecnología , la miniaturización , e incluso la tasa general del progreso técnico . Estas tecnologías afectan profundamente a todas las industrias. También estamos experimentando desintermediación masiva en los canales de distribución a través de las otras nuevas tecnologías de la Web y , así como la eficiencia de la escalada de las operaciones y la administración.

Dado que la industria de la información es cada vez más influyente en todos los sectores de la economía , estamos viendo el impacto creciente de las tasas de deflación extraordinarias de la industria de TI . La deflación durante la Gran Depresión en la década de 1930 se debió a una caída de la confianza del consumidor y una caída de la oferta monetaria. Deflación de hoy es un fenómeno completamente diferente , causada por el rápido aumento de la productividad y la creciente ubicuidad de la información en todas sus formas .

Todos los gráficos de tendencias tecnológicas en este capítulo representan una deflación masiva . Hay muchos ejemplos del impacto de estos rendimientos crecientes . Costo de BP Amoco para la búsqueda de petróleo en 2000 fue de menos de un dólar por barril , frente a los cerca de diez dólares en 1991. Proceso de una transacción de Internet cuesta un centavo banco , en comparación con más de un dólar con un cajero .

Es importante señalar que una consecuencia clave de la nanotecnología es que va a llevar la economía del software que es el hardware que , para los productos físicos . Los precios de software están desinflando aún más rápidamente que las de hardware (ver la figura siguiente) .

## Software exponencial Precio -Performance Improvements<sup>9</sup>

Ejemplo: Automatic Software de reconocimiento de voz

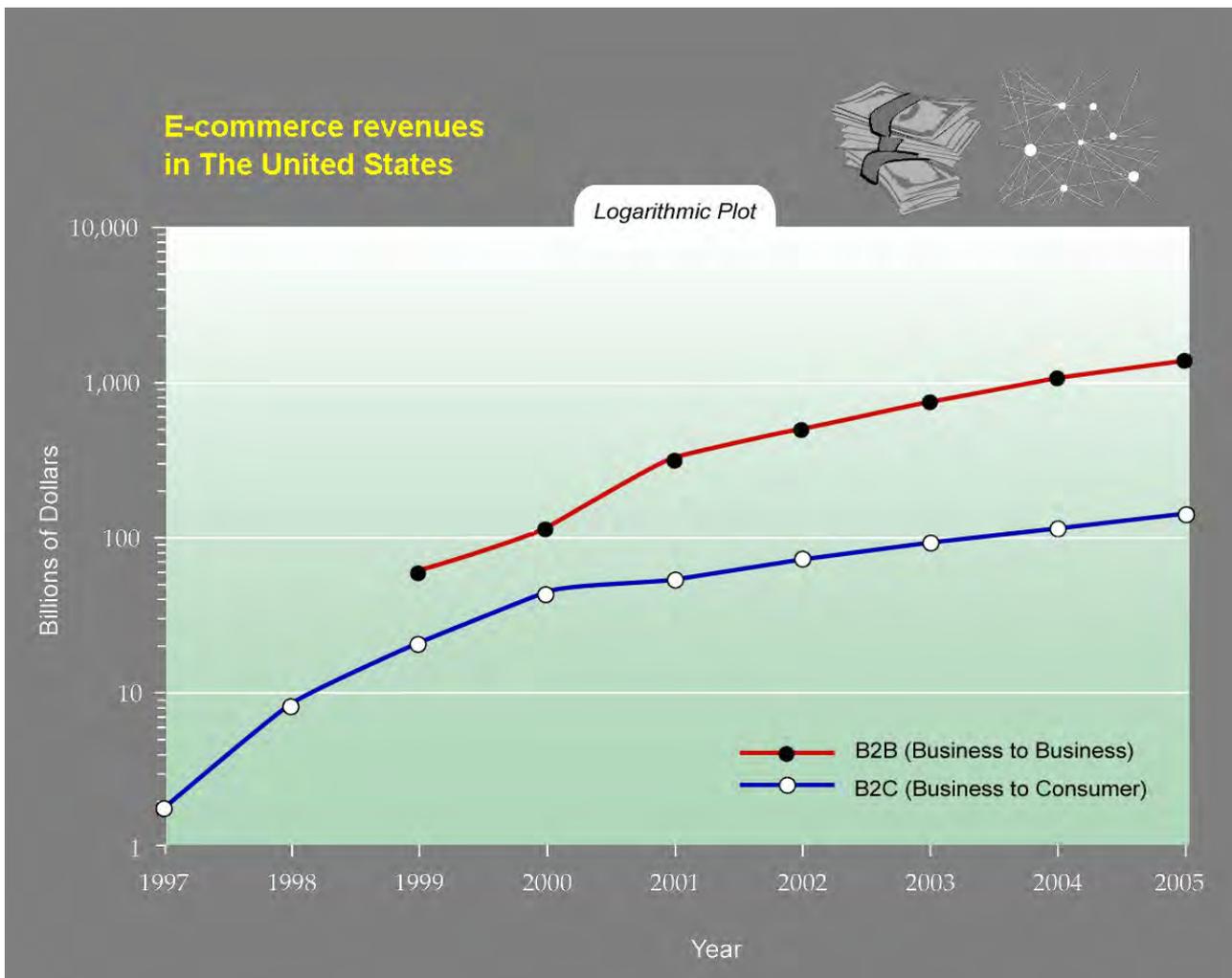
	1985	1995	2000
Cotice	\$ 5,000	\$ 500	\$ 50
Tamaño vocabulario (número de palabras)	1.000	10.000	100.000
Discurso continua ?	No	No	Sí
Formación de usuarios requerida ( minutos )	180	60	5
Precisión votar	Pobre	Feria	Bueno

El impacto de las comunicaciones distribuidos e inteligentes se ha sentido tal vez con mayor intensidad en el mundo de los negocios. A pesar de los cambios de humor drásticos en Wall Street, los extraordinarios valores atribuidos a la llamada e-empresas en la época de auge de 1990 refleja una percepción válida : los modelos de negocio que han sufrido las empresas desde hace décadas están en las primeras etapas de una transformación radical. Los nuevos modelos basados en la comunicación directa y personalizada con el cliente va a transformar todos los sectores , dando lugar a la desintermediación masiva de las capas medias que tradicionalmente han separado al cliente de la fuente principal de productos y servicios. Hay, sin embargo, un ritmo de todas las revoluciones , y las inversiones y las valoraciones del mercado en esta área se expandió mucho más allá de las primeras fases de la S -curve económica.

El ciclo de auge y caída en estas tecnologías de la información era estrictamente un (acción - valor) fenómeno mercados de capital . Ni pluma ni busto es evidente en la actual empresa a consumidor ( B2C ) y de empresa a empresa (B2B ) de datos (véase la figura de la página siguiente ) . Ingresos B2C reales crecieron sin problemas de \$ 1.8 mil millones en 1997 a \$ 70 mil millones en 2002 . B2B tuvo un crecimiento similar lisa Desde USD 56 millones en 1999 a \$ 482 mil millones en 2002.<sup>90</sup> En 2004 se aproxima a los \$ 1 billón. Desde luego, no vemos ninguna evidencia de los ciclos económicos en la relación precio- rendimiento real de las tecnologías subyacentes , como he discutido ampliamente por encima .

## Los ingresos del comercio electrónico en los Estados Unidos

( representación logarítmica )



Ampliar el acceso al conocimiento también está cambiando las relaciones de poder . Los pacientes que se acercan cada vez más las visitas a su médico armado con una sofisticada comprensión de su condición médica y sus opciones. Los consumidores de prácticamente todo, desde tostadoras , coches y casas a la banca y los seguros están usando agentes de software automatizados para identificar rápidamente las decisiones correctas con las características y precios óptimos. Servicios web como eBay se conectan rápidamente los compradores y vendedores de una manera sin precedentes.

Los deseos y los deseos de los clientes , a menudo desconocidos incluso para ellos mismos , se están convirtiendo rápidamente en la fuerza impulsora de las relaciones comerciales. Bien comunicado compradores de ropa , por ejemplo, no van a estar satisfechos por mucho tiempo con conformarse con lo que los elementos pasan a quedar colgado en el estante de su tienda local. En su lugar , van a seleccionar sólo los materiales y estilos adecuados mediante la visualización de la cantidad de

posibles combinaciones de mirar en una imagen en tres dimensiones de su propio cuerpo (basado en un análisis detallado de los cadáveres ), y luego tener las opciones de encargo - manufacturados .

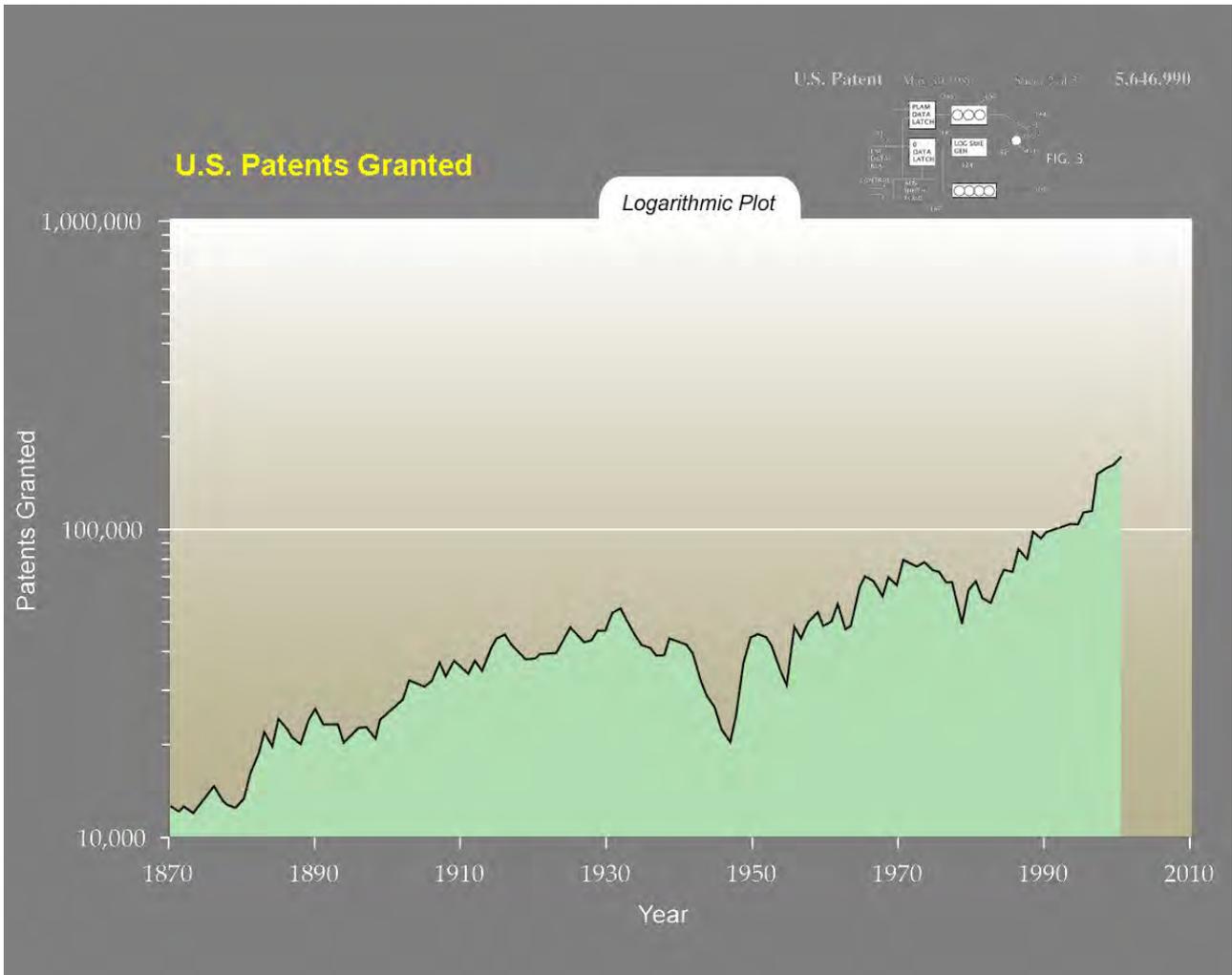
Las desventajas actuales de comercio electrónico basado en la Web ( por ejemplo , las limitaciones en la capacidad de interactuar directamente con los productos y las frustraciones frecuentes de interactuar con los menús y las formas en lugar de personal humano inflexibles ) se disuelve gradualmente como las tendencias se mueven con firmeza a favor de la electrónica mundo . A finales de esta década , las computadoras van a desaparecer como objetos físicos distintos , con pantallas construidas en nuestros anteojos y aparatos electrónicos tejidos en nuestra ropa , ofreciendo la realidad virtual de inmersión total visual. Por lo tanto , " ir a un sitio Web" significa entrar en un entorno de realidad virtual en menos de lo visual y auditiva sentidos - en el que podemos interactuar directamente con los productos y personas, tanto reales como simuladas. Aunque las personas simuladas no será hasta estándares en humanos por lo menos no antes de 2009 - que será muy satisfactorio como agentes de ventas , empleados de reserva, y asistentes de investigación . Hápticos interfaces ( táctil) nos permitirá tocar los productos y personas. Es difícil identificar una ventaja duradera del viejo mundo del ladrillo y mortero , que no será finalmente superada por las ricas interfaces interactivas que están a punto de llegar.

Estos desarrollos tienen implicaciones importantes para la industria de bienes raíces. La necesidad de congregarse a los trabajadores en las oficinas disminuirá gradualmente. A partir de la experiencia de mis propias empresas , ya somos capaces de organizar eficazmente equipos geográficamente dispares , algo que era mucho más difícil hace una década. Los visual - auditivo entornos de realidad virtual de inmersión total , que será omnipresente en la segunda década de este siglo, acelerarán la tendencia hacia las personas que viven y trabajan donde quieran . Una vez que tengamos plena inmersión entornos de realidad virtual que incorporan todos los sentidos , lo que será posible a finales de la década de 2020 , no habrá ninguna razón para utilizar las oficinas de bienes . Bienes raíces será virtual.

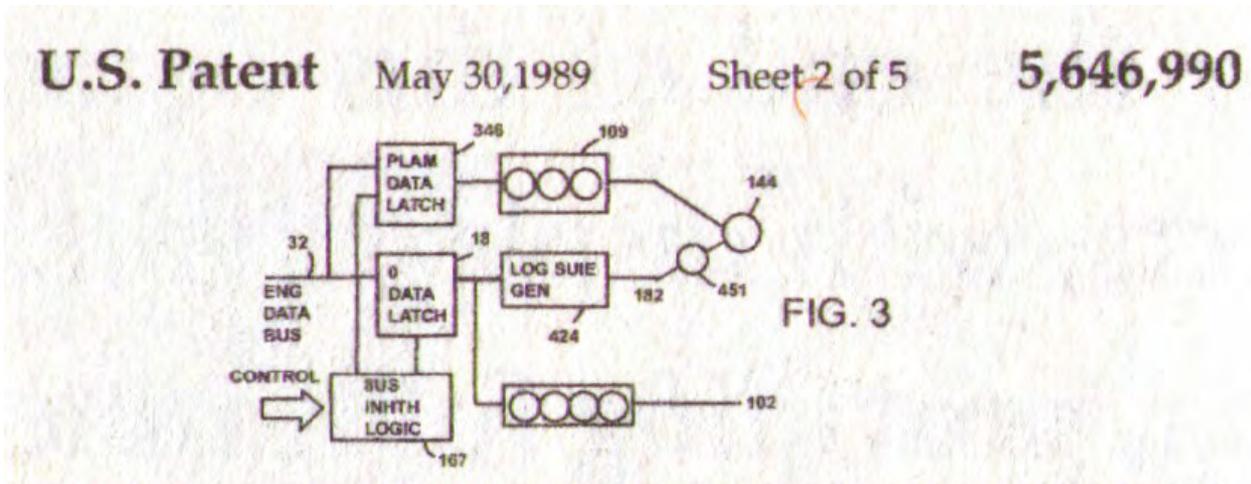
Como Sun Tzu señala , "el conocimiento es poder", y la otra ramificación de la ley de los retornos acelerados es el crecimiento exponencial del conocimiento humano, incluida la propiedad intelectual .

# Patentes de Estados Unidos Granted

( representación logarítmica )



Este es un primer plano de la parte superior derecha de la figura de arriba:



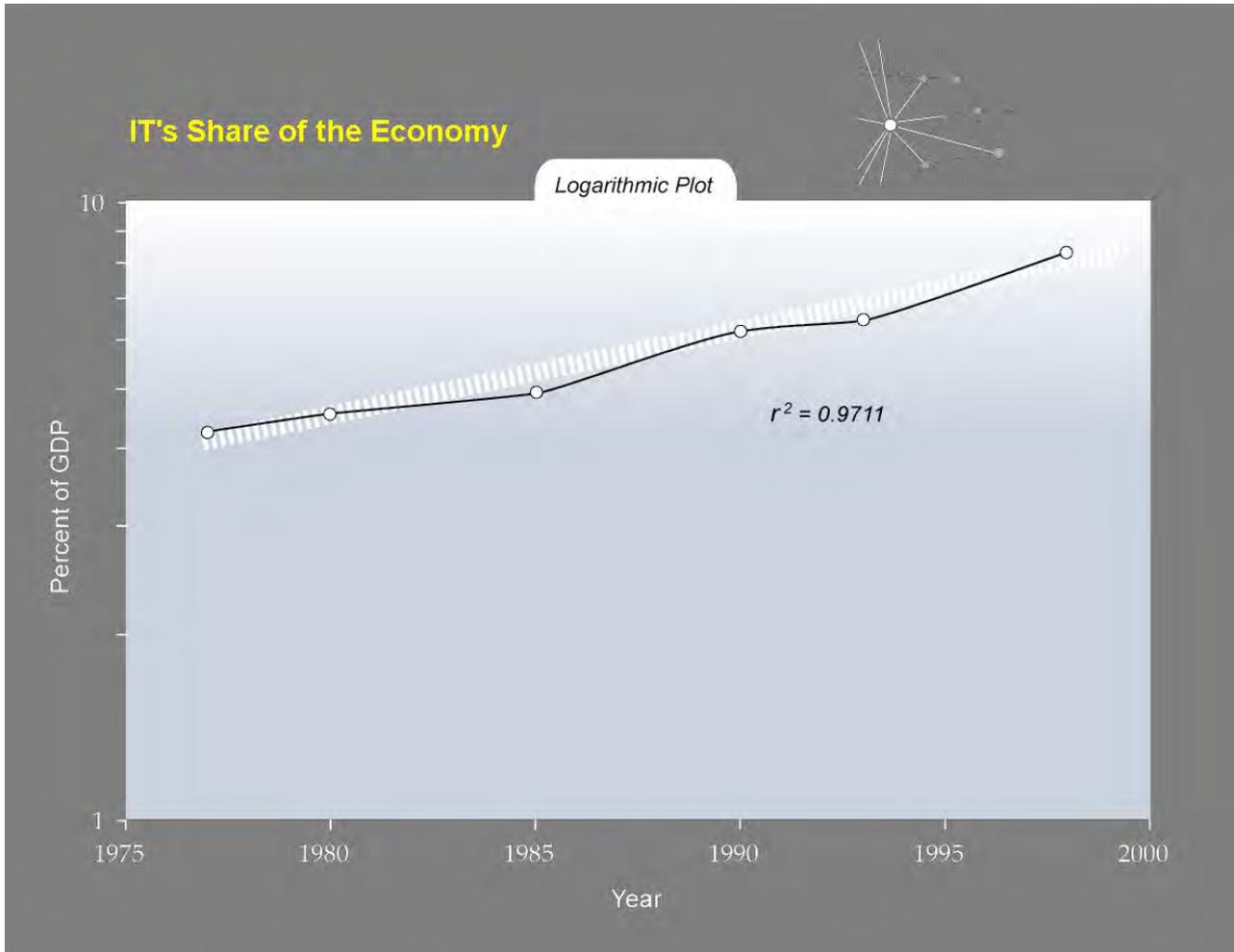
Nada de esto significa que los ciclos de recesión desaparecerán inmediatamente. Recientemente, el país experimentó una desaceleración económica y la recesión del sector de la tecnología y una recuperación gradual. La economía está todavía cargada con algunas de las dinámicas subyacentes que históricamente han provocado ciclos de recesión : compromisos excesivos como el exceso de inversión en proyectos de uso intensivo de capital y la acumulación de stock de inventarios . Sin embargo , debido a la rápida difusión de la información, las formas sofisticadas de contratación en línea , y los mercados cada vez más transparentes en todas las industrias han disminuido el impacto de este ciclo, " recesión " es probable que tengan un menor impacto directo en nuestro nivel de vida . Ese parece haber sido el caso en la mini-recesión que hemos experimentado en 1991-1993 y fue aún más evidente en la última recesión de la década de 2000 . La tasa de crecimiento de largo plazo subyacente continuará a un ritmo exponencial .

Por otra parte , la innovación y la tasa de cambio de paradigma no están notablemente afectados por las pequeñas desviaciones causadas por los ciclos económicos . Todas las tecnologías presentan un crecimiento exponencial se muestra en los gráficos anteriores continúan sin perder el ritmo a través de la desaceleración económica reciente . Aceptación de mercado también muestra evidencia de auge y caída . El crecimiento general de la economía refleja completamente nuevas formas y capas de la riqueza y el valor que antes no existía, o al menos que no constituían anteriormente una parte importante de la economía , como las nuevas formas de materiales basados en nanopartículas , información genética , propiedad intelectual , los portales de comunicación , sitios web , ancho de banda , software, bases de datos , y muchas otras nuevas categorías de base tecnológica.

El sector global de tecnología de información está aumentando rápidamente su participación en la economía y es cada vez más influyente en todos los demás sectores , como se observa en la figura de abajo.<sup>92</sup>

## Es parte de la economía

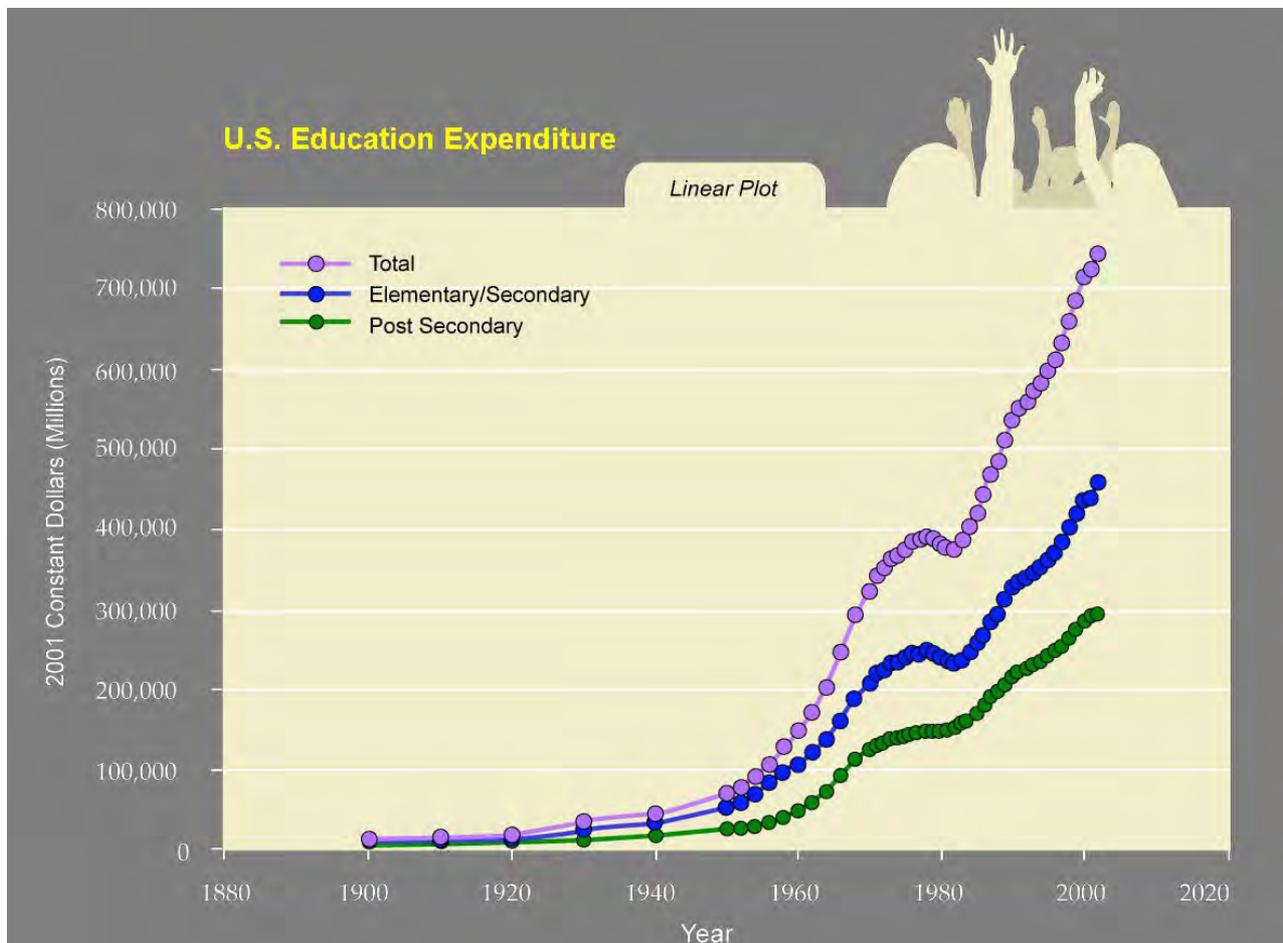
(representación logarítmica)



Otra consecuencia de la ley de los retornos acelerados es el crecimiento exponencial de la educación y el aprendizaje . Durante los últimos 120 años, hemos incrementado nuestra inversión en la educación K- 12 ( por alumno y en dólares constantes) por un factor de diez. Se ha producido un aumento de cien veces en el número de estudiantes universitarios. Automatización inició mediante la amplificación de la potencia de los músculos y en los últimos tiempos se ha amplificar el poder de nuestras mentes. Así que durante los últimos dos siglos , la automatización ha ido eliminando puestos de trabajo en la parte inferior de la escala de habilidad , mientras que la creación de puestos de trabajo nuevos (y mejor pagado ) en la parte superior de la escala de habilidad. La escalera se mueve hacia arriba , por lo que hemos estado aumentando exponencialmente la inversión en educación en todos los niveles (ver la figura siguiente).

## EE.UU. Gasto en Educación

(representación logarítmica)



Ah, y por eso " oferta " al principio de este précis , consideran que los actuales valores de las acciones se basan en las expectativas futuras. Dado que la miope visión intuitiva lineal ( literalmente) representa el punto de vista en todas partes, la sabiduría común de las expectativas económicas es subestimado drásticamente . Dado que los precios de las acciones reflejan el consenso de un mercado comprador-vendedor , los precios reflejan el supuesto lineal subyacente de que la mayoría de la gente comparte sobre el crecimiento económico futuro . Pero la ley de la aceleración de rendimiento claramente implica que la tasa de crecimiento va a seguir creciendo de manera exponencial, ya que el ritmo de progreso continuará acelerándose .

MOLLY 2004 : Pero espera un segundo , usted dijo que iba a recibir ochenta billón de dólares si he leído y comprendido esta sección del capítulo.

RAY : Eso es correcto. Según mis modelos , si reemplazamos la perspectiva lineal con las perspectivas exponencial más apropiados, los precios actuales de las acciones

debe triple.<sup>94</sup> Como no (conservadora) cuarenta billón de dólares en los mercados de renta variable , que tiene ochenta billones de dólares en riqueza adicional .

MOLLY 2004 : Pero usted dijo que yo iba a conseguir ese dinero.

RAY : No, he dicho "usted" se obtendría el dinero, y por eso le sugerí la lectura de la sentencia con cuidado. La Inglés palabra "usted" puede ser singular o plural . Lo dije en el sentido de " todos ustedes. "

MOLLY 2004 : Hmm , eso es molesto. ¿Quieres decir que todos nosotros como en el mundo entero? Pero no todo el mundo va a leer este libro.

RAY : Bueno, pero todo el mundo podía. Así que si todos ustedes leer este libro y lo entienden , entonces las expectativas económicas se basan en el modelo exponencial histórico, y por lo tanto se incrementarían los valores bursátiles.

MOLLY 2004 : ¿Quieres decir que si todo el mundo lo entiende y está de acuerdo con él. Me refiero al mercado se basa en las expectativas , ¿verdad?

RAY : Bueno , supongo que estaba asumiendo eso. MOLLY 2004 : Así es que lo que se espera que suceda ?

RAY : Bueno, en realidad , no. Ponerse el sombrero futurista de nuevo, mi predicción es que, efectivamente, estos puntos de vista sobre el crecimiento exponencial finalmente prevalecerá pero sólo con el tiempo, a medida que más y más evidencia de la naturaleza exponencial de la tecnología y su impacto en la economía se hace evidente . Esto sucederá gradualmente a lo largo de la próxima década , lo que representará una fuerte corriente ascendente de largo plazo para el mercado .

GEORGE 2048: No sé , Ray. Tenías razón que la relación precio-rendimiento de la tecnología de la información en todas sus formas, siguió creciendo a un ritmo exponencial , y con un crecimiento continuo también en el exponente. Y, en efecto , la economía siguió creciendo exponencialmente, con lo que más de la superación de una muy alta tasa de deflación. Y también resulta que el público en general tuvo éxito a todas estas tendencias. Pero esta constatación no tuvo el impacto positivo en el mercado de valores que se está describiendo . El mercado de valores hizo aumentar junto con la economía , pero la realización de una mayor tasa de crecimiento hizo poco para aumentar el precio de las acciones .

RAY : ¿Por qué crees que resultó de esa manera ?

GEORGE 2048: Porque te fuiste una cosa fuera de su ecuación. Aunque la gente se dio cuenta de que los valores bursátiles se incrementará rápidamente , ese mismo ejercicio también aumentó la tasa de descuento ( la tasa a la que hay que descontar los valores en el futuro cuando se considera su valor actual ) . Piensa en ello . Si sabemos que las acciones van a aumentar significativamente en un período futuro, nos gustaría tener las acciones ahora para que podamos realizar las futuras ganancias . Así que la percepción de un aumento de valor de las acciones futuras también aumenta la tasa de descuento . Y eso anula la expectativa de los futuros valores más altos.

MOLLY 2104 : Eh, George , que no estaba muy bien tampoco. Lo que dices tiene

sentido lógico, pero la realidad psicológica es que la mayor percepción de un aumento de los valores futuros tuvo un mayor impacto positivo en el precio de las acciones que los aumentos en la tasa de descuento tenido un efecto negativo. Así que la aceptación general de crecimiento exponencial , tanto en la relación precio-rendimiento de la tecnología y el ritmo de la actividad económica no proporcionaron un proyecto al alza para el mercado de renta variable, pero no el triple que usted habló , Ray , debido al efecto de que George estaba describiendo .

MOLLY 2004 : De acuerdo, lo siento me preguntó . Creo que voy a aferrarme a las pocas acciones que tengo y no te preocupes por eso .

RAY : ¿Qué ha invertido en ?

MOLLY 2004 : Vamos a ver , hay una nueva empresa del motor de búsqueda basado en el lenguaje natural que espera tomar en Google . Y también he invertido en una empresa de pilas de combustible . Además, una empresa de construcción de sensores que pueden viajar en el torrente sanguíneo .

RAY : Me parece una bonita cartera de alto riesgo , de alta tecnología .

MOLLY 2004 : Yo no diría que es una cartera. Estoy incursionando con las tecnologías que hablas .

RAY : Está bien, pero ten en cuenta que si bien las tendencias previstas por la ley de rendimientos acelerados son muy suaves, eso no significa que podemos predecir fácilmente que prevalecerán competidores.

MOLLY 2004 : Sí, es por eso que estoy abriendo mis apuestas.

## **CAPÍTULO TRES**

### **El logro de la capacidad computacional del cerebro Humano**

Como les comente en motores de la creación , si se puede construir AI genuina , hay razones para creer que se puede construir cosas como las neuronas que son un millón de veces más rápido. Esto nos lleva a la conclusión de que usted puede hacer que los sistemas que piensan de un millón de veces más rápido que una persona. Con AI , estos sistemas podrían hacer el diseño de ingeniería. Combinando esto con la capacidad de un sistema para construir algo que es mejor que él, usted tiene la posibilidad de una transición muy abrupta . Esta situación puede ser más difícil de tratar siquiera de la nanotecnología , pero es mucho más difícil de pensar de manera constructiva en este punto. Por lo tanto , no ha sido el centro de las cosas que yo discuto , aunque señalo periódicamente a él y decir : " Eso es importante también. "

-Eric Drexler, 1989

El sexto paradigma de Tecnología Informática : Tri-Dimensional

## Computación Molecular y Computacional Tecnologías Emergentes

En la edición 19 de abril 1965 , de la electrónica , Gordon Moore escribió: " El futuro de la electrónica integrada es el futuro de la propia electrónica. Las ventajas de la integración provocarán una proliferación de la electrónica, empujando esta ciencia en muchas áreas nuevas", 1 Con estas modestas palabras , Moore marcó el comienzo de una revolución que aún está cobrando impulso. Para dar a sus lectores una idea de cuán profunda será esta nueva ciencia , Moore predijo que " en 1975 , la economía pueden dictar apretando tanto como 65.000 componentes en un solo chip de silicio . " Imagínese que .

El artículo de Moore describe la duplicación anual repetida del número de transistores (utilizado para los elementos computacionales , o puertas ) que podría ser montado en un circuito integrado . Su 1965 "Ley de Moore " , la predicción fue criticada en su momento porque su gráfica logarítmica del número de componentes en un chip tenía sólo cinco puntos de referencia ( desde 1959 hasta 1965 ) , lo proyectan esta tendencia naciente hasta llegar a 1975 fue considerado como prematuro. Estimación inicial de Moore era incorrecta , y revisó a la baja de una década más tarde. Pero la idea básica - el crecimiento exponencial de la relación precio- rendimiento de la electrónica basada en reducir el tamaño de los transistores en un circuito integrado , era válido y prescient.2

Hoy en día, hablamos de miles de millones de componentes no miles . En los chips más avanzados de 2004, las puertas lógicas son sólo cincuenta nanómetros de ancho, ya bien en el ámbito de la nanotecnología ( que se ocupa de las mediciones de cien nanómetros o menos ) . La desaparición de la Ley de Moore se ha predicho de forma regular , pero al final de este notable paradigma sigue siendo expulsado en el tiempo. Paolo Gargini , Intel Fellow , director de estrategia de tecnología de Intel y presidente del influyente International Technology Roadmap para Semiconductores (ITRS), declaró recientemente : "Nosotros vemos que por lo menos los próximos 15 a 20 años podemos seguir permaneciendo en la Ley de Moore. De hecho , ... nanotecnología ofrece muchas nuevas perillas podemos recurrir a continuar mejorando el número de componentes en un die.3

La aceleración de la computación ha transformado todo, desde las relaciones sociales y económicas a las instituciones políticas, como demostraré en este libro. Pero Moore no señaló en sus papeles que la estrategia de encogimiento tamaños de la característica no fue , de hecho , el primer paradigma para traer crecimiento exponencial a la computación y la comunicación . Fue la quinta , y ya , podemos ver los contornos de la siguiente : la computación en el nivel molecular y en tres dimensiones . A pesar de que tenemos más de una década a la izquierda del quinto paradigma , ya ha habido un progreso convincente en todas las tecnologías de apoyo necesarios para el sexto paradigma. En la siguiente sección , proporciono un análisis de la cantidad de cómputo y memoria necesaria para alcanzar niveles humanos de la inteligencia y la razón por la que puedo estar seguro de que estos niveles se

alcanzarán en las computadoras de bajo costo dentro de dos décadas . Incluso estos ordenadores muy potentes estarán lejos de ser óptima , y en la última sección de este capítulo voy a revisar los límites de la computación de acuerdo con las leyes de la física tal y como los entendemos hoy en día. Esto nos llevará a las computadoras alrededor del año a finales del siglo XXI .

### **El puente de 3 -D Molecular Computing .**

Pasos intermedios ya están en marcha : las nuevas tecnologías que conduzcan a la sexta paradigma de la computación tridimensional molecular incluyen los nanotubos y los circuitos de nanotubos , computación molecular , de autoensamblaje en circuitos de nanotubos, los sistemas biológicos emulando asamblea de circuito, calculando con el ADN, la espintrónica (informática con el espín de los electrones), la computación con la luz y la computación cuántica. Muchas de estas tecnologías independientes se pueden integrar en sistemas computacionales que eventualmente acercarse a la capacidad máxima teórica de materia y energía para llevar a cabo el cálculo y se superan ampliamente las capacidades computacionales de un cerebro humano .

Un enfoque consiste en construir circuitos tridimensionales utilizando litografía de silicio " convencional " . Matrix Semiconductor ya está vendiendo los chips de memoria que contienen planos apilados verticalmente de transistores en lugar de un apartamento, layer.4 Desde un solo chip 3 -D puede tener más memoria, el tamaño total del producto se reduce , por lo que Matrix se dirige inicialmente electrónicos portátiles , donde se pretende para competir con la memoria flash ( utilizada en los teléfonos móviles y cámaras digitales , ya que no pierde información cuando el poder está apagado). El sistema de circuitos apilados también reduce el costo general por bit. Otro enfoque proviene de uno de los competidores de la matriz , Fujio Masuoka , un ex ingeniero de Toshiba que inventó la memoria flash. Masuoka afirma que su novedoso diseño de la memoria, que se parece a un cilindro, se reduce el tamaño y el costo por bit de la memoria por un factor de diez en comparación con planos chips.5 prototipos de trabajo de chips de silicio tridimensionales también se han demostrado en el Rensselaer Centro del Instituto Politécnico de Integración Gigascale y en el MIT Media Lab .

Nippon Telegraph and Telephone Corporation de Tokio ( NTT ) ha demostrado una tecnología dramática 3 - D utilizando litografía de haz de electrones , que pueden crear estructuras tridimensionales arbitrarias con tamaños de las características (tales como transistores ) tan pequeños como diez nanometers.6 NTT demostró la tecnología mediante la creación de un modelo de alta resolución de la Tierra sesenta micrones de tamaño con características de diez nanómetros . NTT dice que la tecnología es aplicable a la nanofabricación de dispositivos electrónicos tales como semiconductores , así como la creación de sistemas mecánicos a nanoescala .

### **Los nanotubos son todavía la mejor opción .**

En la era de las máquinas espirituales , cité los nanotubos que utilizan moléculas

organizadas en tres dimensiones para almacenar bits de memoria y para actuar como puertas lógicas - como el más probable la tecnología para marcar el comienzo de la era de la computación molecular tridimensional. Los nanotubos sintetizados , primero en 1991 , son tubos formados por una red hexagonal de átomos de carbono que se han enrollado para hacer una costura cylinder.<sup>7</sup> nanotubos son muy pequeñas : los nanotubos de pared única son sólo un nanómetro de diámetro , para que puedan alcanzar altas densidades .

También son potencialmente muy rápido . Peter Burke y sus colegas en la Universidad de California en Irvine ha demostrado recientemente circuitos de nanotubos funcionan a 2,5 gigahercios (GHz) . Sin embargo , en la revista Nano Letters, una revista revisada por pares de la Sociedad Química Americana , Burke dice que el límite teórico de velocidad para estos transistores de nanotubos "debe ser terahertz ( THz 1 = 1.000 GHz ), que es cerca de 1.000 veces más rápido que las velocidades de computación modernos. " <sup>8</sup> Una pulgada cúbica de circuitos de nanotubos , una vez plenamente desarrollado , podría ser de hasta cien millones de veces más potente que el ser humano brain.<sup>9</sup>

Circuitos de nanotubos era polémica cuando discutí en 1999, pero ha habido un progreso espectacular en la tecnología durante los últimos seis años. Dos pasos importantes se hicieron en 2001 . Un transistor basado en nanotubos ( con dimensiones de una a veinte nanómetros ) , que funciona a temperatura ambiente y el uso de un solo electrón para cambiar entre los estados activado y desactivado , se informó en el 06 de julio 2001 , de la revista Science.<sup>10</sup>

Casi al mismo tiempo , IBM también demostró un circuito integrado con mil basado en nanotubos transistors.<sup>11</sup>

Más recientemente , hemos visto los primeros modelos de trabajo de un circuito basado en nanotubos . En enero de 2004 los investigadores de la Universidad de California en Berkeley y la Universidad de Stanford crearon un circuito de memoria integrado, basado en nanotubes.<sup>12</sup> Uno de los retos en el uso de esta tecnología es que algunos nanotubos son conductores ( es decir , sólo transmite electricidad) , mientras que otros actúan como semiconductores ( es decir, son capaces de conmutar y capaz de implementar puertas lógicas ) . La diferencia en la capacidad se basa en características estructurales sutiles . Hasta hace poco , la clasificación a cabo operaciones manuales necesarias , que no sea práctico para la creación de circuitos de gran escala. Los científicos de Berkeley y Stanford abordaron esta cuestión mediante el desarrollo de un método totalmente automatizado de selección y descarte los nanotubos nonsemiconductor .

La alineación de los nanotubos es otro de los desafíos con los circuitos de nanotubos , ya que tienden a crecer en todas las direcciones. En 2001 los científicos de IBM demostraron que los transistores de nanotubos podrían ser cultivadas en mayor , similar a los transistores de silicio . Se utilizó un proceso llamado "destrucción constructiva", que destruye los nanotubos defectuosos justo en la oblea en lugar de clasificarlos de forma manual. Thomas Theis, director de ciencias físicas en el Centro de Investigación de IBM Thomas J. Watson , dijo en ese momento : "Creemos que

IBM ya ha superado un hito importante en el camino hacia chips de escala molecular .... Si tenemos éxito en última instancia , a continuación, los nanotubos de carbono se nos permiten mantener indefinidamente la ley de Moore en términos de densidad , porque hay muy pocas dudas en mi mente de que estos pueden ser más pequeños que cualquier futuro transistor.<sup>13</sup> silicio en mayo 2003 Nantero , una pequeña empresa en Woburn , Massachusetts, cofundado por el investigador de la Universidad de Harvard Thomas Rueckes , tomó el proceso un paso más allá cuando se demostró una oblea de chip único con diez mil millones de cruces de nanotubos , todos alineados en la dirección correcta . La tecnología Nantero implica el uso de equipos de litografía estándar para eliminar automáticamente los nanotubos que están alineados incorrectamente. Uso de Nantero de equipo estándar ha excitado observadores de la industria porque la tecnología no requeriría nuevas y costosas máquinas de fabricación . El diseño Nantero proporciona acceso aleatorio , así como nonvolatility ( los datos se conserva cuando el equipo está apagado ) , lo que significa que podría sustituir a todas las formas primarias de la memoria : RAM , flash y disco.

### **Cálculo con moléculas .**

Además de los nanotubos , se han logrado importantes avances en los últimos años en la informática con sólo una o unas pocas moléculas. La idea de la informática con las moléculas se sugirió por primera vez en la década de 1970 por Avi Aviram de IBM y de la Universidad Northwestern Mark A. Ratner.<sup>14</sup> En ese momento, no teníamos las tecnologías facilitadoras , que requieren avances simultáneos en la electrónica , la física, la química y incluso la ingeniería inversa de los procesos biológicos para la idea de ganar tracción.

En 2002 los científicos de la Universidad de Wisconsin y la Universidad de Basilea crearon una " unidad de memoria atómica " que utiliza átomos para emular una unidad de disco duro . Un solo átomo de silicio puede ser añadido o removido de un bloque de veinte otros usando un microscopio de efecto túnel . El uso de este proceso , los investigadores creen , el sistema se podría utilizar para almacenar millones de veces más datos en un disco de tamaño comparable - una densidad de alrededor 250 terabits de datos por pulgada cuadrada - a pesar de la demostración implicados sólo un pequeño número de bits.<sup>15</sup>

La velocidad de un terahertz predicho por Peter Burke para circuitos moleculares se ve cada vez más precisa , dado el transistor nanoescala creado por científicos de la Universidad de Illinois en Urbana- Champaign. Se ejecuta a una frecuencia de 604 gigahercios ( más de la mitad de un terahercios ) <sup>16</sup>

Un tipo de molécula de que los investigadores han encontrado que tienen propiedades deseables para la computación se llama un " rotaxano , " que puede cambiar estados cambiando el nivel de energía de una estructura de anillo contenida dentro de la molécula . Memoria rotaxano y dispositivos de conmutación electrónica se ha demostrado , y mostrar el potencial de almacenar cien gigabits ( 10<sup>11</sup> bits) por pulgada cuadrada . El potencial sería aún mayor si se organiza en tres dimensiones .

## **Auto-ensamblaje .**

Auto-ensamblaje de circuitos a nanoescala es otra técnica que permita clave para la nanoelectrónica eficaces . Auto-ensamblaje permite que los componentes formados incorrectamente al ser desechados de forma automática y hace posible que los potencialmente billones de componentes del circuito para que se organicen , en lugar de ser cuidadosamente ensamblados en un proceso de arriba hacia abajo. Ello permitiría a los circuitos a gran escala que se creen en tubos de ensayo en lugar de en las fábricas de miles de millones de dólares, usando la química en lugar de la litografía , de acuerdo con investigadores de la UCLA scientists.<sup>17</sup>

Universidad de Purdue han demostrado ya la libre organización de las estructuras de nanotubos , usando el mismo principio de que hace que las hebras de ADN para vincular juntos en estable structures.<sup>18</sup>

Científicos de la Universidad de Harvard han dado un paso adelante fundamental en junio de 2004 cuando se manifestaron otro método de auto-organización que se puede utilizar en una gran scale.<sup>19</sup> La técnica comienza con la fotolitografía para crear una matriz grabada de interconexiones (conexiones entre los elementos de cálculo ) . Un gran número de nanocables transistores de efecto de campo ( una forma común de los transistores ) y interconectores nanoescala se depositan en la matriz . Estos se conectan a sí mismos en el patrón correcto .

En 2004 los investigadores de la Universidad del Sur de California y el Centro de Investigación Ames de la NASA demuestra un método que se auto-organiza circuitos extremadamente densas en un producto químico solution.<sup>20</sup> La técnica crea espontáneamente nanocables y hace que las células de memoria a nanoescala , cada uno capaz de mantener tres bits de datos , que se auto-ensamblan en los cables . La tecnología tiene una capacidad de almacenamiento de 258 gigabytes de datos por pulgada cuadrada (que los investigadores reclamación podría aumentar diez veces),en comparación con 6,5 gigabits en una tarjeta de memoria flash. También en 2003 IBM demostró un dispositivo de memoria de trabajo utilizando polímeros que se auto-ensamblan en veinte nanómetros de ancho hexagonal structures.<sup>21</sup>

También es importante que nanocircuitos ser auto -configuración . El gran número de componentes del circuito y su fragilidad inherente (debido a su pequeño tamaño) que sea inevitable que algunas porciones de un circuito no funcionarán correctamente. No va a ser económicamente factible para descartar todo un circuito , simplemente porque un pequeño número de transistores de un billón son no funcionamiento . Para solucionar este problema , los circuitos futuros monitorear continuamente su propio desempeño y la información de ruta alrededor de las secciones que son poco fiables de la misma manera que la información en Internet se encamina en torno a nodos que no funcionan . IBM ha sido particularmente activa en este campo de la investigación y ya ha desarrollado diseños de microprocesadores para diagnosticar automáticamente los problemas y recursos de chips reconfigurar accordingly.<sup>22</sup>

## **Emulando Biología .**

La idea de la construcción de los sistemas electrónicos o mecánicos que son auto-replicantes y auto-organización se inspira en la biología , que se basa en estas propiedades . La investigación publicada en las Actas de la Academia Nacional de Ciencias se describe la construcción de nanocables autorreplicantes basado en los priones , que son proteínas autorreplicantes . (Como se detalla en el capítulo 4 , una forma de prion parece desempeñar un papel en la memoria humana , mientras que se cree que otra forma de ser responsable de la enfermedad de Creutzfeldt - Jakob variante, la forma humana de la enfermedad de las vacas locas .) <sup>23</sup> El equipo involucrado en el proyecto utilizó como un modelo de priones , debido a su fuerza natural . Debido a que los priones normalmente no conducen la electricidad , sin embargo , los científicos crearon una versión modificada genéticamente que contiene una fina capa de oro, que conduce la electricidad con baja resistencia . Profesor de biología del MIT Susan Lindquist , que dirigió el estudio , comentó: "La mayoría de las personas que trabajan en nanocircuitos están tratando de construir utilizando técnicas de fabricación de ' arriba hacia abajo ' . Pensamos que nos gustaría probar un enfoque de " abajo hacia arriba" , y dejamos autoensamblaje molecular hacer el trabajo duro para nosotros " .

La molécula auto-replicante final de la biología es , por supuesto , el ADN . Investigadores de la Universidad de Duke crearon bloques moleculares llamados "tejas" fuera de ADN auto-montaje moleculares.<sup>24</sup> Ellos fueron capaces de controlar la estructura del conjunto resultante , creando " nanogrids , " Esta técnica adjunta automáticamente las moléculas de proteína a la celda de cada nanogrid , lo que podría ser utilizado para llevar a cabo operaciones de cálculo . También demostraron un proceso químico que recubre los nanocintas ADN con plata para crear nanocables . Al comentar sobre el artículo en el número del 26 de septiembre de 2003, de la revista Science , dijo el investigador principal Hao Yan, " Para usar el ADN de auto-ensamblaje de moléculas de proteínas u otras moléculas de la plantilla se ha buscado desde hace años, y esta es la primera vez que se ha demostrado tan claramente . " <sup>25</sup>

## **Computación con ADN .**

ADN es propio ordenador nanoingeniería de la naturaleza , y su capacidad de almacenar información y llevar a cabo manipulaciones lógicas a nivel molecular ya ha sido explotado en "ordenadores especializados de ADN . " Un ordenador de ADN es esencialmente un tubo de ensayo lleno con agua que contiene miles de millones de moléculas de ADN , con cada molécula que actúa como un ordenador .

El objetivo del cálculo es para resolver un problema , con la solución expresada como una secuencia de símbolos . ( Por ejemplo , la secuencia de símbolos podrían representar una demostración matemática o sólo los dígitos de un número. ) Así es como funciona una computadora de ADN. Se crea una pequeña cadena de ADN ,

utilizando un código único para cada símbolo . Cada uno de esos cadena se repite miles de millones de veces usando un proceso llamado "reacción en cadena de la polimerasa " ( PCR). Estas piscinas de ADN entonces se ponen en un tubo de ensayo. Dado que el ADN tiene una afinidad para ligarse filamentos juntos , formar hebras largas de forma automática , con secuencias de las hebras que representan los diferentes símbolos , cada uno de ellos una posible solución al problema . Dado que habrá muchos miles de millones de tales filamentos , hay múltiples hebras para cada respuesta posible (es decir, cada posible secuencia de símbolos).

El siguiente paso del proceso es poner a prueba todos los hilos simultáneamente . Esto se hace mediante el uso de enzimas especialmente diseñadas que destruyen hebras que no cumplen ciertos criterios . Las enzimas se aplican al tubo de ensayo secuencial , y mediante el diseño de una serie de enzimas precisa el procedimiento eventualmente destruir todas las hebras incorrectos , dejando sólo los que tienen la respuesta correcta. (Para una descripción más completa del proceso, vea esta nota: 26)

La clave para el poder de la computación ADN es que permite para probar cada uno de los miles de millones de hebras simultáneamente . En 2003 los científicos israelíes dirigidos por Ehud Shapiro en el Instituto Weizmann de Ciencia ADN combinado con trifosfato de adenosina ( ATP ) , el combustible natural para los sistemas biológicos , tales como la humana cuerpo.<sup>27</sup> Con este método , cada una de las moléculas de ADN era capaz de realizar cálculos , así como proporcionar su propia energía . Los científicos del Weizmann demostraron una configuración que consta de dos cucharadas de este sistema de supercomputación líquido , que contenía treinta millones de millones de ordenadores moleculares y llevaron a cabo un total de 660 billones de cálculos por segundo (  $6.6 \times 10^{14}$  cps ) . El consumo de energía de estos equipos es muy bajo , sólo cincuenta millonésimas de watt para todos los treinta millones de millones de computadoras.

Hay una limitación, sin embargo , a la computación de ADN : cada uno de los muchos miles de millones de ordenadores tiene que realizar la misma operación a la vez (aunque en datos diferentes ) , por lo que el dispositivo es una " instrucción múltiples datos individuales " ( SIMD ) arquitectura . Si bien existen importantes clases de problemas que son susceptibles de un sistema SIMD ( por ejemplo , el procesamiento de cada píxel en una imagen para la mejora de la imagen o de compresión , y la solución de problemas de lógica combinatoria - ) , no es posible para programarlos para los algoritmos de propósito general , en el que cada equipo es capaz de ejecutar cualquier operación que se necesita para su misión particular.

(Tenga en cuenta que los proyectos de investigación de la Universidad de Purdue y la Universidad de Duke , descrito anteriormente, que utilizan cadenas de ADN auto-montaje para crear estructuras tridimensionales son diferentes de la computación con ADN descritas aquí . Estos proyectos de investigación tienen el potencial de crear configuraciones arbitrarias que son no limitado a SIMD computación.)

**Cálculo de spin .**

Además de su carga eléctrica negativa, los electrones tienen otra propiedad que puede ser explotada para la memoria y cálculo: giro. De acuerdo con la mecánica cuántica, los electrones giran sobre un eje, similar a la forma en que la tierra rota sobre su eje. Este concepto es teórico, debido a que un electrón se considera que ocupa un punto en el espacio, por lo que es difícil imaginar un punto sin cantidad que hace girar, no obstante. Sin embargo, cuando una corriente eléctrica se mueve, se produce un campo magnético, que es real y medible. Un electrón puede girar en una de dos direcciones, que se describe como "arriba" y "abajo", por lo que esta propiedad puede ser explotada para la conmutación de la lógica o de codificar un poco de memoria.

El excitante propiedad de la espintrónica es que no se requiere energía para cambiar de estado de espín de un electrón. La Universidad de Stanford, profesor de física Shoucheng Zhang y profesor de Universidad de Tokio Naoto Nagaosa Pongámoslo de esta manera: "Hemos descubierto el equivalente de la 'Ley de Ohm' un nuevo [la ley que establece que la electrónica actual en un alambre equals voltaje dividido por la resistencia] ... [es] dice que el espín del electrón puede ser transportado sin ninguna pérdida de energía, o la disipación. Además, este efecto se produce a temperatura ambiente en materiales ya ampliamente utilizados en la industria de los semiconductores, como el arseniuro de galio. eso es importante porque que podría permitir a una nueva generación de dispositivos de computación." 28

El potencial, entonces, es para conseguir las eficiencias de superconductor (es decir, mover la información en o cerca de la velocidad de la luz sin ninguna pérdida de información) a temperatura ambiente. También permite múltiples propiedades de cada electrón para ser utilizado para la computación, aumentando de este modo el potencial para la memoria y la densidad computacional.

Una de las formas de la espintrónica ya es familiar para los usuarios de computadoras la magnetorresistencia (un cambio en la resistencia eléctrica causada por un campo magnético) se utiliza para almacenar los datos en los discos duros magnéticos. Una nueva forma emocionante de la memoria no volátil basado en espintrónica llamada MRAM se espera (memoria de acceso aleatorio magnética) para entrar en el mercado en pocos años. Al igual que los discos duros, la memoria MRAM conserva sus datos, sin poder, pero no utiliza partes móviles y tendrá velocidades y regrabación comparables a la RAM convencional.

Tiendas MRAM información en aleaciones metálicas ferromagnéticas, que son adecuados para el almacenamiento de datos, pero no para las operaciones lógicas de un microprocesador. El santo grial de la espintrónica sería lograr efectos prácticos espintrónica en un semiconductor, que nos permitan utilizar la tecnología tanto para la memoria y la lógica. Fabricación de chips de hoy se basa en el silicio, que no tiene las propiedades magnéticas requeridas. En marzo de 2004 un grupo internacional de científicos informó que por el dopaje de una mezcla de silicio y el hierro con el cobalto, el nuevo material es capaz de mostrar las propiedades magnéticas necesarias para la espintrónica, manteniendo la estructura cristalina del silicio requiere como semiconductor.29

Un papel importante de la espintrónica en el futuro de la memoria del equipo está clara, y es probable que contribuya a sistemas de lógica también. El espín de un electrón es una propiedad cuántica (sujeto a las leyes de la mecánica cuántica), así que quizás la aplicación más importante de la espintrónica será en los sistemas de computación cuántica, utilizando el espín de los electrones cuántica entrelazados para representar qubits, que explicaré más adelante.

La rotación también se ha utilizado para almacenar la información en el núcleo de los átomos, el uso de la compleja interacción de los momentos magnéticos sus protones. Científicos de la Universidad de Oklahoma también demostraron una "fotografía molecular" técnica para almacenar 1024 bits de información en una sola molécula de cristal líquido que comprende diecinueve hidrógeno atoms.<sup>30</sup>

### **Cálculo de Luz.**

Otro enfoque para SIMD computing es utilizar múltiples rayos de luz láser en el que la información se codifica en cada flujo de fotones. Los componentes ópticos se pueden utilizar para realizar las funciones lógicas y aritméticas sobre los flujos de información codificados. Por ejemplo, un sistema desarrollado por pequeñas lentes, una pequeña empresa israelí, utiliza láseres 256 y puede realizar ocho billón de cálculos por segundo realizando el mismo cálculo en cada una de las 256 secuencias de data.<sup>31</sup> El sistema puede ser utilizado para aplicaciones tales como la realización de compresión de datos en 256 canales de video.

Tecnologías SIMD, como ordenadores de ADN y los ordenadores ópticos tendrán importantes roles especializados que desempeñar en el futuro de la computación. La replicación de ciertos aspectos de la funcionalidad del cerebro humano, tales como el procesamiento de los datos sensoriales, puede utilizar arquitecturas SIMD. Para otras regiones del cerebro, tales como los relacionados con el aprendizaje y el razonamiento, la computación de propósito general, con sus "múltiples instrucciones múltiples datos" (MIMD) deberán arquitecturas. Para computing MIMD alto rendimiento, tendremos que aplicar los paradigmas de computación molecular tridimensional descritos anteriormente.

### **Quantum Computing.**

La computación cuántica es una forma aún más radical de procesamiento paralelo SIMD, pero que se encuentra en una fase muy temprana de desarrollo en comparación con las otras nuevas tecnologías que hemos discutido. Un ordenador cuántico contiene una serie de qubits, que esencialmente son cero y uno al mismo tiempo. El qubit se basa en la ambigüedad fundamental inherente a la mecánica cuántica. En un ordenador cuántico, los qubits están representados por una propiedad cuántica de las partículas, por ejemplo, el estado de espín de los electrones individuales. Cuando los qubits están en un estado de "enredarse", cada uno es al mismo tiempo en ambos estados. En un proceso llamado "decoherencia cuántica" se resuelve la ambigüedad de cada qubit, dejando una secuencia inequívoca de unos y

ceros . Si el ordenador cuántico está configurado de manera correcta , que decohered secuencia representará la solución a un problema. Esencialmente , sólo la secuencia correcta sobrevive el proceso de coherencia .

Al igual que con el ordenador de ADN se ha descrito anteriormente , una clave para el éxito de la computación cuántica es una declaración cuidadoso del problema , incluyendo una forma precisa para poner a prueba posibles respuestas . El ordenador cuántico prueba efectivamente cada posible combinación de valores de los qubits . Así que un ordenador cuántico con un millar de qubits probar 21000 (un número aproximadamente igual a uno seguido de 301 ceros ) soluciones potenciales al mismo tiempo .

Un ordenador cuántico mil bits sería mucho superar a cualquier computadora de ADN concebible , o para el caso cualquier equipo no cuántica concebible. Hay dos limitaciones en el proceso, sin embargo . La primera es que , como el ADN y ordenadores ópticos se discutió anteriormente , sólo un conjunto especial de problemas es susceptible de ser presentado a un ordenador cuántico . En esencia , tenemos que yo sea capaz de probar cada posible respuesta de una manera simple.

El ejemplo clásico de una utilidad práctica para la computación cuántica está en factoring números muy grandes ( encontrar que un número menor, cuando se multiplican entre sí , dan lugar a la gran cantidad ) . Número de factoring con más de 512 bits actualmente no se puede lograr en un ordenador digital, incluso un paralelo masivo one.<sup>32</sup>

Clases interesantes de problemas susceptibles de computación cuántica incluyen códigos de cifrado ruptura (que dependen de un gran número de factoring ) . El otro problema es que la potencia de cálculo de un ordenador cuántico depende del número de qubits entrelazados , y el estado de la técnica se limita actualmente a alrededor de diez bits . Un ordenador cuántico diez bits no es muy útil , ya que  $2^{10}$  es sólo 1.024 . En un ordenador convencional , que es un proceso sencillo para combinar bits de memoria y puertas lógicas . No podemos, sin embargo , crear un ordenador cuántico veinte - qubit simplemente mediante la combinación de dos máquinas de diez qubit . Todos los qubits tienen que ser cuántica - enredados juntos , y que ha demostrado ser un reto .

Una pregunta clave es : ¿es difícil para agregar cada qubit adicional? La potencia de cálculo de un ordenador cuántico crece exponencialmente con cada qubit añadido, pero si resulta que la adición de cada qubit adicional hace que la tarea de ingeniería exponencialmente más difícil , no se gana ninguna ventaja. (Es decir , la potencia de cálculo de un ordenador cuántico será sólo linealmente proporcional a la dificultad de ingeniería . ) En general, los métodos propuestos para la adición de los qubits hacen que los sistemas resultantes significativamente más delicada y susceptible a la decoherencia prematura .

Hay propuestas para aumentar significativamente el número de qubits , aunque éstas aún no se han demostrado en la práctica. Por ejemplo , Stephan Gulde y sus colegas en la Universidad de Innsbruck han construido un ordenador cuántico con un solo átomo de calcio que tiene el potencial de codificar simultáneamente decenas de

qubits - posiblemente hasta ciento - con diferentes propiedades cuánticas en el átomo.<sup>33</sup> El papel fundamental de la computación cuántica sigue sin resolverse. Pero incluso si una computadora cuántica con cientos de qubits entrelazados demuestra factible, se mantendrá un dispositivo de propósito especial, aunque uno con notables capacidades que no pueden ser emuladas de cualquier otra manera.

Cuando sugerí en la era de las máquinas espirituales que la computación molecular sería la sexta gran paradigma de la computación, la idea seguía siendo controversial. Ha habido mucho progreso en los últimos cinco años, que se ha producido un cambio radical en la actitud de los expertos, y esto se ha convertido en una vista general. Ya tenemos pruebas de concepto para todos los principales requisitos para la computación molecular tridimensional: transistores de una sola molécula, las células de memoria basadas en átomos, nanocables y métodos a la libre reunión y auto-diagnosticar los billones (potencialmente billones de billones) de los componentes.

Procede contemporáneos electrónica desde el diseño de planos detallados de chips a la fotolitografía a la fabricación de patatas fritas en grandes fábricas centralizadas. Nanocircuitos son más propensos a ser creado en pequeños frascos de química, un desarrollo que será otro paso importante en la descentralización de nuestra infraestructura industrial y mantendrán la ley de los retornos acelerados a través de este siglo y más allá.

### **La capacidad computacional del cerebro humano**

Puede parecer aventurado esperar que las máquinas inteligentes totalmente en unas pocas décadas, cuando los equipos apenas han igualado mentalidad de insectos en un medio siglo de desarrollo. De hecho, por esa razón, muchos investigadores de inteligencia artificial desde hace mucho tiempo se burlan de la sugerencia, y ofrecen unos siglos como un período más creíble. Pero hay muy buenas razones para que las cosas van a ir mucho más rápido en los próximos cincuenta años de lo que lo han hecho en los últimos cincuenta años. . . . Desde 1990, la potencia disponible para AI individual y programas de robótica se ha duplicado cada año, a 30 MIPS en 1994 y 500 MIPS en 1998. Semillas hace mucho alegados estéril de repente brotan. Máquinas de leer el texto, reconocer el habla, incluso traducir idiomas. Robots la unidad entre países, se arrastran a través de Marte, y nido por los pasillos de la oficina. En 1996 un programa llamado teorema demostrando EQP correr cinco semanas con un equipo MIPS 50 en el Laboratorio Nacional Argonne encontró una prueba de la conjetura de álgebra de Boole de Herbert Robbins que había eludido a los matemáticos durante sesenta años. Y es todavía sólo la primavera. Esperar hasta el verano.

-Hans Moravec "CUANDO SE HARDWARE PARTIDO DEL HUMANO CEREBRO ? " 1997

¿Cuál es la capacidad computacional de un cerebro humano? Se han realizado una serie de estimaciones, basado en la difusión de la funcionalidad de las regiones del

cerebro que han sido ingeniería inversa ( es decir, los métodos de entenderse ) a niveles humanos de rendimiento. Una vez que tengamos una estimación de la capacidad computacional para una región en particular , podemos extrapolar que la capacidad de todo el cerebro , considerando cuál es la parte del cerebro que la región representa. Estas estimaciones se basan en la simulación funcional, que se replica la funcionalidad global de una región en lugar de la simulación de cada neurona y la conexión interneuronal en esa región .

Aunque no queremos depender de ningún cálculo sencillo , nos encontramos con que las diversas evaluaciones de las diferentes regiones del cerebro , proporcionan estimaciones razonablemente cerca de todo el cerebro. Las siguientes son las estimaciones de orden de magnitud, lo que significa que estamos tratando de determinar las cifras correspondientes al múltiplo más cercano de diez. El hecho de que las diferentes formas de hacer la misma estimación dan respuestas similares corrobora el enfoque e indica que las estimaciones están en un rango apropiado .

La predicción de que la Singularidad - una expansión de la inteligencia humana por un factor de miles de millones a través de fusión con su forma no biológica - ocurrirá dentro de las próximas décadas no depende de la precisión de estos cálculos . Incluso si nuestra estimación de la cantidad de cálculo necesaria para simular el cerebro humano era demasiado optimista ( es decir, demasiado bajo ) por un factor de hasta mil ( que creo que es poco probable ) , que retrasaría la Singularidad por sólo alrededor de ocho años.<sup>34</sup> Un factor de un millón de que significaría un retraso de sólo unos quince años , y un factor de mil millones sería un retraso de alrededor de veintiún años.<sup>35</sup>

**Hans Moravec** , robótica legendario en la Universidad Carnegie Mellon , ha analizado las transformaciones realizadas por el circuito de procesamiento de imágenes neuronales que figura en el retina.<sup>36</sup> La retina es de unos dos centímetros de ancho y medio milímetro de espesor . La mayor parte de la profundidad de la retina se dedica a la captura de una imagen, pero una quinta parte se dedica al procesamiento de imagen , que incluye distintiva movimiento oscuridad y la luz , y la detección de un millón de pequeñas regiones de la imagen .

La retina , según el análisis de Moravec , realiza diez millones de estos bordes y el movimiento detecciones cada segundo . Basado en sus varias décadas de experiencia en la creación de sistemas de visión robótica , se estima que se requiere la ejecución de un centenar de instrucciones de ordenador para volver a crear cada uno de tales detección a niveles humanos de rendimiento , lo que significa que replicar la funcionalidad de procesamiento de imágenes de esta porción de la retina requiere 1.000 MIPS . El cerebro humano es de aproximadamente 75.000 veces más pesado que los 0,02 gramos de neuronas en esta porción de la retina , lo que resulta en una estimación de alrededor de 1.014 (100 billones de dólares) de instrucciones por segundo para toda la brain.<sup>37</sup>

Otra estimación proviene de la obra de Lloyd Watts y sus colegas en la creación de simulaciones funcionales de las regiones del sistema auditivo humano , que discuto en el capítulo 4.<sup>38</sup> Una de las funciones de los vatios Software ha desarrollado una

tarea llamada "separación de flujos", que se utiliza en las teleconferencias y otras aplicaciones para lograr la telepresencia (la localización de cada participante en una teleconferencia de audio remoto), para lograr esto, Watts explica, significa "medir con precisión el retardo de tiempo entre los sensores de sonido que están separadas en el espacio y que tanto recibir el sonido". El proceso consiste en análisis de tono, posición en el espacio, y las señales de voz, incluyendo señales específicas del idioma. "Una de las claves importantes utilizados por los seres humanos para localizar la posición de una fuente de sonido es la diferencia horaria Interaural (ITD), es decir, la diferencia en el tiempo de llegada de los sonidos en los dos oídos." 39

Propio grupo de Watts ha creado funcionalmente equivalente recreaciones de estas regiones cerebrales derivados de la ingeniería inversa. Se estima que 1.011 cps están obligados a lograr la localización de nivel humano de los sonidos. Las regiones de la corteza auditiva responsables de este procesamiento comprenden al menos 0,1 por ciento de las neuronas del cerebro. Así que una vez más llegamos a una estimación aproximada de unos  $10^{14}$  cps  $\circ 10^3$ ).

Sin embargo, otra estimación proviene de una simulación en la Universidad de Texas, que representa la funcionalidad de una región del cerebelo que contiene  $10^4$  neuronaslo que requiere aproximadamente  $10^8$  cps, aproximadamente  $10^4$  cps o por neurona. La extrapolación de este sobre un estimado de  $10^{11}$  neuronas resulta en una cifra de aproximadamente  $10^{15}$  cps para todo el cerebro.

Vamos a discutir el estado de la ingeniería inversa del cerebro humano después, pero está claro que podemos emular la funcionalidad de las regiones del cerebro con menos cálculo de lo que se requiere para simular el funcionamiento no lineal preciso de cada neurona y todos los componentes neuronales (que es decir, todas las complejas interacciones que tienen lugar dentro de cada neurona). Llegamos a la misma conclusión cuando se intenta simular la funcionalidad de los órganos en el cuerpo. Por ejemplo, los dispositivos implantables se están probando que simulan la funcionalidad del páncreas humano en la regulación de la insulina levels.40 Estos dispositivos funcionan mediante la medición de los niveles de glucosa en la sangre y la liberación de la insulina de una manera controlada para mantener los niveles en un rango apropiado. Mientras que siguen un método similar a la de un páncreas biológica, no, sin embargo, intentan simular cada célula de islotes pancreáticos, y no habría ninguna razón para hacerlo.

Estas estimaciones toda resultado en órdenes de magnitud comparable ( $10^{14}$ - $10^{15}$  cps). Dada la etapa temprana de la ingeniería inversa del cerebro humano, voy a utilizar una cifra más conservadora de  $10^{16}$  cps para nuestras discusiones posteriores.

Simulación funcional del cerebro es suficiente para volver a crear las capacidades humanas de reconocimiento de patrones, la inteligencia, y la inteligencia emocional. Por otro lado, si se quiere "cargar" la personalidad de una persona en particular (es decir, la captura de todos sus conocimientos, habilidades y personalidad, un concepto que voy a explorar en mayor detalle al final del capítulo 4), entonces puede ser necesario para simular procesos neuronales en el nivel de las neuronas individuales y las porciones de las neuronas, tales como el soma (cuerpo celular), axón (conexión

de salida ) , dendritas ( árboles de conexiones entrantes ) , y las sinapsis ( regiones de conexión axones y dendritas ) . Para ello, tenemos que mirar a los modelos detallados de las neuronas individuales . El "fan out" ( número de conexiones interneuronales ) por neurona se estima en  $10^3$  . Con un estimado de  $10^{11}$  neuronas , que es cerca de  $10^{14}$  conexiones. Con un tiempo de reposición de cinco milisegundos, que llega a cerca de  $10^{16}$  transacciones por segundo sinápticas .

Simulaciones de neurona modelo indican la necesidad de unos  $10^3$  cálculos por transacción sináptica a capturar las no linealidades (interacciones complejas ) en las dendritas y otras regiones de neuronas , lo que resulta en una estimación global de aproximadamente  $10^{19}$  cps para simular el cerebro humano en este nivel.<sup>41</sup>

Podemos por lo tanto considerar este un límite superior, pero desde  $10^{14}$  hasta  $10^{16}$  cps para lograr equivalencia funcional de todas las regiones cerebrales es probable que sea suficiente .

Blue Gene / L supercomputadora de IBM , que está siendo construido y programado para ser completado en la época de la publicación de este libro, se proyecta para proporcionar 360 Trillón de cálculos por segundo (  $3.6 \times 10^{14}$  cps ) <sup>42</sup> Esta figura es ya mayor que las estimaciones más bajas descritas anteriormente. Blue Gene / L también tendrá un centenar de terabytes (alrededor de  $10^{15}$  bits) de almacenamiento principal , más que nuestra estimación para la emulación de la memoria funcional del cerebro humano ( ver más abajo ) . De acuerdo con mis predicciones anteriores , supercomputadoras lograrán mi estimación más conservadora de  $10^{16}$  cps para la emulación del cerebro humano funcional a principios de la próxima década (véase la " supercomputadora Power" figura en la pag. 71 ) .

### **Acercar la disponibilidad de la computación personal humano de nivel .**

Las computadoras personales de hoy proporcionan más de  $10^9$  cps . De acuerdo con las proyecciones del " crecimiento exponencial de la computación " gráfico ( p. 70 ) , lograremos  $10^{16}$  cps 2025. Sin embargo , hay varias formas de esta línea de tiempo puede ser acelerado. En lugar de utilizar procesadores de propósito general , uno puede usar circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC ) para proporcionar un mayor rendimiento para los cálculos de precio muy repetitivas . Tales circuitos ya proporcionan un rendimiento extremadamente alto de cálculo para los cálculos repetitivos usados en la generación de imágenes en movimiento en los videojuegos. ASIC puede aumentar calidad-precio por mil , cortando cerca de ocho años fuera de la fecha de 2025 . Los programas variados que una simulación del cerebro humano comprender también incluyen una gran cantidad de repetición y por lo tanto serán susceptibles de aplicación ASIC . El cerebelo , por ejemplo , se repite un patrón de cableado básicos miles de millones de veces .

También vamos a ser capaces de amplificar la potencia de los ordenadores personales por la recolección de la potencia de cálculo no utilizada de los dispositivos a través de Internet . Nuevos paradigmas de la comunicación , como la computación "malla " contemplan el tratamiento de todos los dispositivos en la red como un nodo en lugar

de un " rayo. " 43 En otras palabras, en lugar de los dispositivos (tales como computadoras personales y PDAs ) simplemente el envío de información desde y hacia los nodos , cada dispositivo actuará como un nodo en sí , el envío de información a y recibir información de cada otro dispositivo . Eso creará auto-organización de redes muy sólidas y de comunicación. También será más fácil para las computadoras y otros dispositivos para aprovechar los ciclos de CPU no utilizados de los dispositivos en su región de la malla.

Actualmente , al menos 99 por ciento , si no el 99,9 por ciento, de la capacidad de cálculo de todos los ordenadores en Internet se encuentra sin uso. Efectivamente el aprovechamiento de este cálculo puede proporcionar un factor de 102 o 103 en un aumento de precio-rendimiento . Por estas razones , es razonable esperar que la capacidad del cerebro humano, al menos en términos de capacidad computacional de hardware , por mil dólares por alrededor de 2020 .

Sin embargo, otro enfoque para acelerar la disponibilidad de la computación de nivel humano en un ordenador personal es el uso de transistores en su modo de " análogo " nativa . Muchos de los procesos en el cerebro humano son analógica , no digital. A pesar de que puede emular los procesos analógicos a cualquier grado deseado de precisión con la computación digital , se pierde varios órdenes de magnitud de la eficiencia al hacerlo . Un solo transistor puede multiplicar dos valores representados como niveles analógicos , si lo hace con circuitos digitales requiere de miles de transistores . Instituto de Tecnología de California Carver Mead ha sido pionera en este concept.<sup>44</sup> Una desventaja del enfoque de Mead es que el tiempo de diseño de ingeniería requerido para tal cálculo analógico nativa es largo, así que la mayoría de los investigadores en desarrollo de software para emular las regiones del cerebro por lo general prefieren el rápido cambio de simulaciones de software .

### **Capacidad de la memoria humana .**

¿De qué manera la capacidad de cómputo en comparación con la capacidad de la memoria humana ? Resulta que llegamos a las estimaciones de tiempo de fotograma similares si nos fijamos en los requisitos de memoria humanos. El número de "trozos" de conocimiento dominado por un experto en un dominio es de aproximadamente  $10^5$  para una variedad de dominios . Estos trozos representan patrones (como caras ) , así como el conocimiento específico. Por ejemplo , se estima que un maestro de ajedrez de primer nivel que han dominado unos 100.000 puestos de mesa. Shakespeare utiliza 29.000 palabras , pero cerca de 100 mil significados de esas palabras. Desarrollo de sistemas expertos en medicina indican que los seres humanos pueden dominar unas 100.000 conceptos en un dominio. Si estimamos que este conocimiento "profesional " representa tan sólo el 1 por ciento de la pauta general y almacenar el conocimiento de un ser humano , se llega a una estimación de  $10^7$  pedazos.

Basado en mi propia experiencia en sistemas que pueden almacenar fragmentos similares de conocimiento , ya sea en sistemas expertos basados en reglas o sistemas

autoorganizados de reconocimiento de patrones diseñar, una estimación razonable es de unos  $10^6$  bits por porción ( patrón o un elemento de conocimiento), para un capacidad total de  $10^{13}$ (10 billones) bits para la memoria funcional de un ser humano.

De acuerdo con las proyecciones de la hoja de ruta ITRS (ver tabla en la RAM p.57), seremos capaces de comprar  $10^{13}$  bits de memoria por mil dólares en aproximadamente 2.018. Tenga en cuenta que esta memoria sea millones de veces más rápido que el proceso de la memoria electroquímica utilizada en el cerebro humano y por lo tanto será mucho más eficaz.

De nuevo, si modelamos la memoria humana en el nivel de las conexiones interneuronales individuales , se obtiene una estimación más alta . Podemos estimar aproximadamente  $10^4$  bits por conexión para almacenar los patrones de conexión y las concentraciones de neurotransmisores . Con un estimado de  $10^{14}$  conexiones, que llega a  $10^{18}$  ( mil millones de millones de dólares) los bits .

En base a los análisis anteriores, es razonable esperar que el hardware que puede emular la funcionalidad del cerebro humano que esté disponible para alrededor de mil dólares hacia 2020 . Como veremos en el capítulo 4, el software que va a replicar que la funcionalidad tomará alrededor de una década más . Sin embargo , el crecimiento exponencial de la relación precio- rendimiento, la capacidad y la velocidad de nuestra tecnología de hardware continuará durante ese período , por lo que en 2030 se necesitará un pueblo de cerebros humanos ( alrededor de mil ) para que coincida con el valor de cómputo de mil dólares . En 2050, un mil dólares de informática superará la potencia de procesamiento de todos los cerebros humanos en la Tierra . Por supuesto , esta cifra incluye los cerebros que todavía utilizan sólo las neuronas biológicas .

Mientras que las neuronas humanas son creaciones maravillosas , nos (y no hacer) circuitos informáticos de diseño utilizando los mismos métodos lentos . A pesar de la ingenuidad de los diseños evolucionaron mediante la selección natural , son muchos órdenes de magnitud menos capaces que lo que vamos a ser capaces de diseñar . Al aplicar ingeniería inversa a nuestros cuerpos y cerebros , estaremos en condiciones de crear sistemas comparables que son mucho más duraderos y que operan miles de millones de veces más rápido que los sistemas evolucionados naturalmente. Nuestros circuitos electrónicos ya son más de un millón de veces más rápido que los procesos electroquímicos de una neurona , y esta velocidad se siguen para acelerar .

La mayor parte de la complejidad de una neurona humana se dedica al mantenimiento de las funciones de soporte de vida , no sus capacidades de procesamiento de información . En última instancia , vamos a ser capaces de portar nuestros procesos mentales a un sustrato de cálculo más adecuado. Entonces la mente no tendrán que permanecer tan pequeño .

## **Los límites de la Computación**

Si un superordenador más eficiente trabaja todo el día para calcular un problema de simulación de clima, ¿cuál es la cantidad mínima de energía que debe disiparse de

acuerdo con las leyes de la física ? La respuesta es realmente muy simple de calcular, ya que no está relacionada con la cantidad de cálculo . La respuesta es siempre igual a cero. - EDWARD Fredkin , PHYS 45

Ya hemos tenido cinco paradigmas ( calculadoras electromecánicas , computación basado en relés , tubos de vacío , transistores discretos y circuitos integrados ) que han proporcionado un crecimiento exponencial de la relación precio- rendimiento y las capacidades de la computación . Cada vez que un paradigma llegó a su límite , otro paradigma tomó su lugar . Ya podemos ver los contornos del sexto paradigma , lo que traerá la computación en la tercera dimensión molecular. Debido cálculo subyace los fundamentos de todo lo que nos importa , desde la economía a la inteligencia y la creatividad humana , que bien podrían preguntarse : ¿hay límites definitivos a la capacidad de la materia y energía para realizar el cálculo ? Si es así , ¿cuáles son estos límites , y cuánto tiempo se tarda en llegar a ellos?

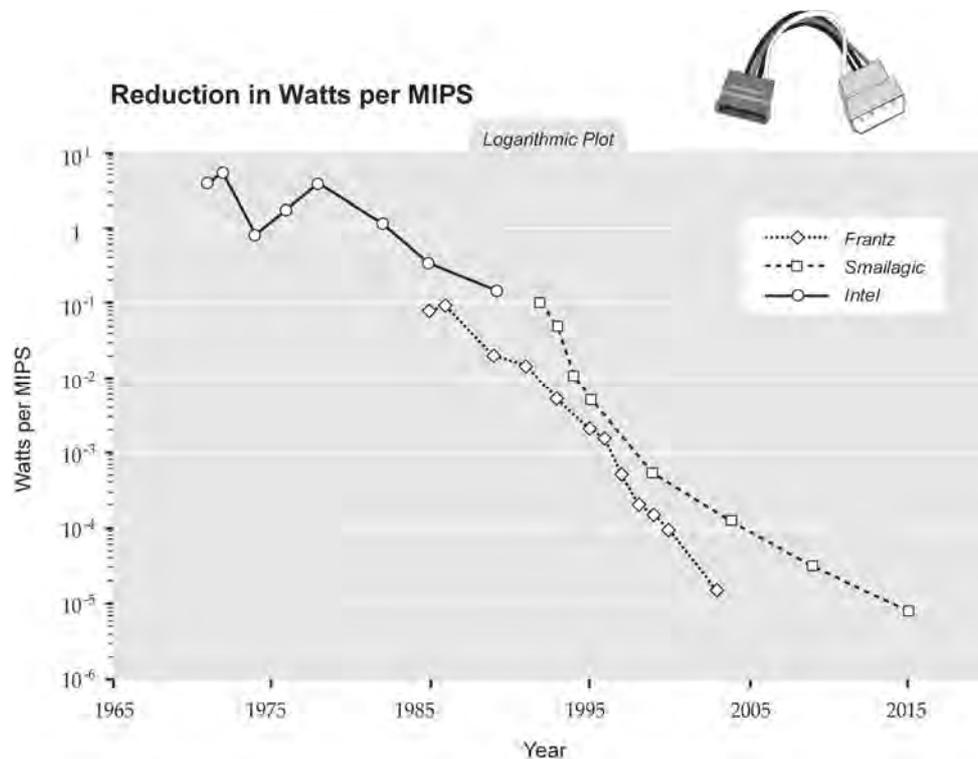
La inteligencia humana se basa en los procesos computacionales que estamos aprendiendo a entender. En última instancia, vamos a multiplicar nuestras capacidades intelectuales , aplicando y ampliando los métodos de la inteligencia humana con la mucho mayor capacidad de computación no biológicos . Así que para tener en cuenta los últimos límites de la computación es realmente preguntar: ¿cuál es el destino de nuestra civilización?

Un desafío común a las ideas presentadas en este libro es que estas tendencias exponenciales deben llegar a un límite , ya que las tendencias exponenciales comúnmente lo hacen. Cuando una especie pasa a un nuevo hábitat , como en el famoso ejemplo de los conejos en Australia , sus números crecen de manera exponencial durante un tiempo. Pero finalmente llega a los límites de la capacidad del medio ambiente para que lo apoyen. Sin duda, el tratamiento de la información debe tener restricciones similares. Resulta que sí, que hay límites a la computación basada en las leyes de la física. Sin embargo, estos todavía permiten la continuación de un crecimiento exponencial hasta que la inteligencia no biológica es de billones de billones de veces más poderoso que toda la civilización humana en la actualidad , las computadoras contemporáneas incluidas.

Un factor importante en la consideración de límites computacionales es el requerimiento de energía . La energía requerida por MIPS para los dispositivos informáticos ha estado cayendo de manera exponencial , como se muestra en la siguiente figure.<sup>46</sup>

## Reducción de vatios por MIPS

(representación logarítmica)



Sin embargo, también sabemos que el número de MIPS en dispositivos informáticos ha ido creciendo de manera exponencial. La medida en que las mejoras en el uso de energía han seguido el ritmo de la velocidad del procesador depende de la medida en la que usamos el procesamiento paralelo. Un mayor número de ordenadores menos potentes puede inherentemente menos calor porque el cálculo se extiende sobre un área mayor. Velocidad del procesador está relacionado con la tensión, y la potencia requerida es proporcional al cuadrado de la tensión. Entonces, ejecutar un procesador a una velocidad más lenta reduce significativamente el consumo de energía. Si invertimos en un procesamiento más paralelo en lugar de los procesadores más rápidos individuales, es factible que el consumo de energía y disipación de calor para mantener el ritmo de las crecientes MIPS por dólar, como la "reducción en vatios por MIPS" figura muestra.

Esta es esencialmente la misma solución que la evolución biológica desarrollado en el diseño del cerebro de los animales. Los cerebros humanos utilizan cerca de cien trillones de computadoras ( las conexiones interneuronales, donde la mayoría de la procesamiento se lleva a cabo ). Pero estos procesadores son muy bajos en potencia de cálculo y por lo tanto funcionan relativamente bien.

Hasta hace poco Intel destacó el desarrollo de los procesadores de un solo chip más

rápido y más rápido , que han estado funcionando en la cada vez más altas temperaturas. Intel está cambiando gradualmente su estrategia hacia la paralelización poniendo múltiples procesadores en un solo chip. Veremos movimiento tecnología de chip en este sentido como una forma de mantener los requisitos de energía y la disipación de calor en check.<sup>47</sup>

### **Informática reversible .**

En última instancia , la organización de la computación con el procesamiento paralelo masivo , como se hace en el cerebro humano , por sí mismo no es suficiente para mantener los niveles de energía y la consiguiente disipación térmica a un nivel razonable . El paradigma actual del equipo se basa en lo que se conoce como la computación irreversible , lo que significa que no podemos , en principio, para ejecutar programas de software de versiones anteriores. En cada paso en la progresión de un programa , los datos de entrada se descarta - borrado - y los resultados del cálculo pasa a la siguiente etapa . Los programas generalmente no retienen todos los resultados intermedios , ya que eso usar grandes cantidades de memoria de forma innecesaria. Esta supresión selectiva de la información de entrada es particularmente cierto para los sistemas de reconocimiento de patrones . Los sistemas de visión , por ejemplo , ya sea humano o una máquina , reciben muy altas tasas de entrada (de los ojos o sensores visuales) pero producen resultados relativamente compactos ( como la identificación de los patrones reconocidos ) . Este acto de borrado de datos genera calor y por lo tanto requiere de energía . Cuando se borra un poco de información , esa información tiene que ir a alguna parte . De acuerdo con las leyes de la termodinámica , el bit de borrado se libera esencialmente en el medio ambiente circundante, lo que aumenta su entropía , que puede ser visto como una medida de la información ( incluyendo la información aparentemente desordenada ) en un entorno . Esto se traduce en una temperatura más alta para el medio ambiente ( porque la temperatura es una medida de la entropía ) .

Si , por el contrario , no borramos cada bit de información contenida en la entrada a cada paso de un algoritmo , sino que sólo lo mueve a otra ubicación, que poco se queda en el equipo, no se libera en el medio ambiente , y por lo tanto, no genera calor y no requiere energía desde fuera del ordenador .

Rolf Landauer en 1961 mostró que las operaciones lógicas reversibles tales como NO ( girando un poco en su contrario ) se podrían realizar sin poner energía en o tomando calor fuera , pero que las operaciones lógicas irreversibles tales como Y ( la generación de bit C , que es un 1 si y sólo si ambas entradas a y Bare 1 ) no se requiere energy.<sup>48</sup> En 1973 Charles Bennett demostró que cualquier cálculo se puede realizar utilizando sólo reversible lógica operations.<sup>49</sup> una década más tarde , Ed Fredkin y Tommaso Toffoli presentan un examen completo de la idea de reversible computing.<sup>50</sup> el concepto fundamental es que si sigues todos los resultados intermedios y luego ejecuta el algoritmo de retroceso cuando haya terminado el cálculo , se termina donde comenzó , han utilizado sin energía y genera calor . En el camino, sin embargo, que ha calculado el resultado del algoritmo.

## ¿Cómo Smart es una roca ?

Para apreciar la viabilidad de la computación sin energía y sin calor , tenga en cuenta el cálculo que se lleva a cabo en una roca ordinaria . Aunque puede parecer que no hay mucho que está pasando dentro de una roca , los aproximadamente  $10^{25}$  (diez billones de billones ) átomos en un kilogramo de materia son en realidad muy activa. A pesar de la aparente solidez del objeto , los átomos están en movimiento , compartiendo electrones de ida y vuelta , el cambio de giros de partículas , y la generación de campos electromagnéticos que se mueven rápidamente . Toda esta actividad representa cálculo , incluso si no organizado muy significativa .

Ya hemos demostrado que los átomos pueden almacenar información a una densidad de más de un bit por átomo , tal como en los sistemas informáticos construidos a partir de dispositivos de resonancia magnética nuclear . Los investigadores de la Universidad de Oklahoma almacenados  $1.024$  bits en las interacciones magnéticas de los protones de una sola molécula que contiene diecinueve hidrógeno atoms.<sup>51</sup> Por lo tanto , el estado de la roca en cualquier momento representa al menos  $10^{27}$  bits de memoria .

En términos de cálculo , y sólo teniendo en cuenta las interacciones electromagnéticas , hay por lo menos  $10^{15}$  cambios en el estado por bit por segundo pasando dentro de una roca de 2,2 libras , lo que representa efectivamente acerca de  $10^{42}$  ( un millón de billones de billones de billones de dólares) de cálculos por segundo . Sin embargo, la roca no requiere fuente de energía y no genera calor apreciable.

Por supuesto , a pesar de toda esta actividad a nivel atómico , la roca no está realizando ningún trabajo útil , aparte de que tal vez actúen como pisapapeles o decoración. La razón de esto es que la estructura de los átomos en la roca es en su mayor parte con eficacia al azar . Si , por el contrario , se organizan las partículas de una manera más decidida , podríamos tener un equipo fresco, la energía que consume cero con una memoria de alrededor de mil billones de billones de bits y una capacidad de procesamiento de  $1.042$  operaciones por segundo , lo que es cerca de diez billones de veces más potente que todos los cerebros humanos en la Tierra , incluso si utilizamos la estimación más conservadora (la más alta ) , de  $10^{19}$  cps.<sup>52</sup>

Ed Fredkin demostrado que ni siquiera tienen que molestarse algoritmos se ejecutan en orden inverso después de obtener una result.<sup>53</sup> Fredkin presentado varios diseños de puertas lógicas reversibles que realizan las inversiones , ya que calculan y que son universales , lo que significa que la computación de propósito general puede ser construido a partir de them.<sup>54</sup> Fredkin pasa a mostrar que la eficacia de un ordenador construido a partir de puertas lógicas reversibles puede ser diseñado para ser muy cerca (por lo menos 99 por ciento ) a la eficiencia de los construidos a partir de puertas irreversibles . Él escribe : es posible ... poner en práctica ... modelos de

ordenador convencionales que tienen la distinción que los componentes básicos son microscópicamente . reversibles . Esto significa que la operación macroscópica de la computadora también es reversible . Este hecho nos permite abordar la ... pregunta ... " lo que se requiere de una computadora para ser máximamente eficiente? " La respuesta es que si el equipo está construido a partir de componentes microscópicos reversibles , entonces puede ser perfectamente eficiente. ¿Cuánta energía un equipo perfectamente eficiente tiene que disiparse con el fin de calcular algo ? La respuesta es que el equipo no tiene que disipar energy.<sup>55</sup>

Lógica reversible ya se ha demostrado y demuestra las reducciones previstas de entrada de energía y calor dissipation.<sup>56</sup> puertas lógicas reversibles de Fredkin responden a un reto clave para la idea de la computación reversible que requeriría un estilo diferente de la programación. Argumenta que podemos , de hecho , la construcción de la lógica normal y la memoria por completo de puertas lógicas reversibles , lo que permitirá el uso de métodos de desarrollo de software convencionales existentes.

Es difícil exagerar la importancia de esta idea . Una observación clave con respecto a la singularidad es que los procesos de información - computación - en última instancia conducir todo lo que es importante. Esta base principal para la tecnología del futuro parece, pues, no requieren energía.

La realidad práctica es algo más complicado . Si realmente queremos conocer los resultados de un cálculo , es decir, para recibir la salida de un equipo , el proceso de la copia de la respuesta y la transmisión fuera de la computadora es un proceso irreversible , que genera calor para cada bit transmitido . Sin embargo , para la mayoría de las aplicaciones de interés , la cantidad de cálculo que va a ejecutar un algoritmo excede enormemente el cálculo requerido para comunicar las respuestas finales , por lo que este último no cambia apreciablemente la ecuación de energía .

Sin embargo , debido a los efectos térmicos y cuántica esencialmente al azar , las operaciones lógicas tienen una tasa de error inherente . Podemos superar los errores mediante códigos de detección de error -corrección y , aunque cada vez se corrija un poco , la operación no es reversible , lo que significa que requiere de energía y genera calor . En general , las tasas de error son bajas. Pero incluso si se producen errores en la tasa de, por ejemplo , uno por cada  $10^{10}$  operaciones , sólo hemos tenido éxito en la reducción de los requerimientos de energía en un factor de  $10^{10}$  , no en la eliminación de disipación de energía por completo .

Al considerar los límites de la computación , la cuestión de la tasa de error se convierte en una cuestión de diseño significativa . Ciertos métodos de aumento de la tasa computacional , tales como el aumento de la frecuencia de la oscilación de los partículas , también aumentan las tasas de error , por lo que este pone límites naturales en la capacidad para llevar a cabo el cálculo usando la materia y energía .

Otra tendencia importante con relevancia aquí será el movimiento lejos de las baterías convencionales hacia las pilas de combustible diminutas ( dispositivos de almacenamiento de energía en productos químicos , tales como las formas de hidrógeno , que se combina con el oxígeno disponible ) . Las pilas de combustible ya

están siendo construidas utilizando MEMS ( sistemas mecánicos microelectrónicos ) technology.<sup>57</sup> A medida que avanzamos hacia la computación en tres dimensiones , con características moleculares a nanoescala , los recursos energéticos en forma de nano - células de combustible será tan ampliamente distribuidos en el medio de la informática entre los los procesadores masivamente paralelos . Vamos a discutir las futuras tecnologías de energía basados en la nanotecnología en el capítulo 5 .

### **Los límites de la nanocomputación .**

Incluso con las restricciones que hemos discutido , los límites últimos de los ordenadores son profundamente alto. A partir del trabajo de la Universidad de California en Berkeley profesor Hans Bremermann y nanotecnología teórico Robert Freitas , profesor del MIT, Seth Lloyd ha estimado que la máxima capacidad de cálculo , de acuerdo con las leyes conocidas de la física , de un ordenador pesa un kilo y ocupando un litro de volumen - sobre el tamaño y peso de un pequeño ordenador portátil , lo que él llama el " portátil definitivo. " <sup>58</sup> la cantidad potencial de la computación aumenta con la energía disponible . Podemos entender la relación entre la energía y la capacidad de cálculo de la siguiente manera . La energía en una cantidad de materia es la energía asociada con cada átomo ( y partícula subatómica ) . Por lo tanto los más átomos , más energía . Como se discutió anteriormente , cada átomo potencialmente se puede utilizar para el cálculo . Así que cuanto más átomos , más cálculo . La energía de cada átomo o partícula crece con la frecuencia de su movimiento : el más movimiento , más energía . La misma relación existe para el potencial de cálculo : cuanto mayor es la frecuencia de movimiento , el cálculo más cada componente (que puede ser un átomo ) puede realizar . ( Esto lo vemos en los chips contemporáneos : cuanto mayor sea la frecuencia del chip, mayor es su velocidad de cálculo.)

Así que hay una relación directamente proporcional entre la energía de un objeto y su potencial para realizar el cálculo . La energía potencial en un kilogramo de materia es muy grande, como sabemos por la ecuación de **Einstein**  $E = mc^2$ , la velocidad de la luz al cuadrado es un número muy grande : aproximadamente  $10^{17}$  meter<sup>2</sup>/second<sup>2</sup> . El potencial de la materia para calcular también se rige por un número muy pequeño , la constante de Planck :  $6,6 \times 10^{-34}$  joules- segundo ( un joule es una medida de la energía ) . Esta es la escala más pequeña a la que podemos aplicar la energía para el cálculo . Se obtiene el límite teórico de un objeto para llevar a cabo el cálculo dividiendo el total de energía ( la energía media de cada átomo o partícula veces el número de tales partículas ) por la constante de Planck .

Lloyd muestra cómo la capacidad de cálculo potencial de un kilogramo de la materia es igual a pi veces la energía dividida por la constante de Planck . Puesto que la energía es un número tan grande y la constante de Planck es tan pequeña , esta ecuación genera un número extremadamente grande : alrededor de  $5 \times 10^{50}$  operaciones por second.<sup>59</sup>

Si relacionamos esta cifra con la estimación más conservadora de la capacidad del cerebro humano (  $10^{19}$  cps y  $10^{10}$  los seres humanos ) , que representa el equivalente

a unos cinco mil millones de billones de humanos civilizations.<sup>60</sup> Si utilizamos la cifra de  $1.016$  cps que creo que será suficiente para la emulación funcional de la inteligencia humana , la última computadora portátil podría funcionar en la capacidad cerebral equivalente a cinco billón billones de humanos civilizations.<sup>61</sup> un ordenador portátil Tal podría realizar el equivalente de todo el pensamiento humano en los últimos diez mil años ( es decir, diez mil millones de cerebros humanos que operan durante diez mil años ) en una diez milésima de nanosecond.<sup>62</sup>

Una vez más, algunas advertencias están en orden. Conversión de la totalidad de la masa de nuestro portátil de 2.2 libras en energía es esencialmente lo que ocurre en una explosión termonuclear . Por supuesto , no queremos que el portátil a punto de estallar , pero para permanecer dentro de la dimensión de un litro . Así que esto requerirá un poco cuidadoso embalaje , por decir lo menos . Mediante el análisis de la entropía máxima ( grados de libertad representados por el estado de todas las partículas ) de tal dispositivo , Lloyd muestra que tal equipo tendría una capacidad de memoria teórico de  $10^{31}$  bits. Es difícil imaginar tecnologías que ir todo el camino en el logro de estos límites. Pero podemos imaginar fácilmente las tecnologías que vienen bastante cerca de hacerlo . A medida que el proyecto de la Universidad de Oklahoma muestra , que ya demostraron la capacidad de almacenar al menos cincuenta bits de información por átomo (aunque sólo en un pequeño número de átomos , hasta el momento ) . Almacenamiento de  $10^{27}$  bits de memoria en los  $10^{25}$  átomos en un kilogramo de la materia debe por lo tanto ser eventualmente alcanzable.

Pero debido a que muchas de las propiedades de cada átomo se podrían explotar para almacenar información , como la posición exacta , girar y estado cuántico de todas sus partículas - es probable que podamos hacer algo mejor que  $10^{27}$  bits. El neurocientífico Anders Sandberg estima la capacidad de almacenamiento potencial de un átomo de hidrógeno a aproximadamente cuatro millones de bits . Estas densidades aún no se han demostrado , sin embargo , por lo que usaremos el más conservador estimate.<sup>63</sup> Como se mencionó anteriormente ,  $1.042$  operaciones por segundo se podría lograr sin producir calor significativo. Mediante la implementación de técnicas de computación totalmente reversibles , con diseños que generan bajos niveles de errores , y teniendo en cuenta una cantidad razonable de disipación de energía , hay que terminar en algún lugar entre  $10^{42}$  y  $10^{50}$  cálculos por segundo .

El terreno de diseño entre estos dos límites es complejo . El examen de las cuestiones técnicas que surgen a medida que avanzamos  $10^{42}$ - $10^{50}$  está más allá del alcance de este capítulo . Debemos tener en cuenta, sin embargo , que la forma en que esto va a jugar no es comenzar con el límite último de  $10^{50}$  y trabajando hacia atrás en base a distintas consideraciones prácticas. Por el contrario, la tecnología continuará el incremento, usando siempre su última proeza para avanzar al siguiente nivel . Así que una vez que lleguemos a una civilización con  $10^{42}$  cps ( por cada 2,2 libras ) , los científicos e ingenieros de ese día usarán su esencia inmensa inteligencia no biológica de averiguar cómo conseguir  $10^{43}$ , luego  $10^{44}$ , y así sucesivamente. Mi expectativa es que vamos a estar muy cerca de los límites últimos .

Incluso a  $10^{42}$  cps , un 2,2 libras " ordenador portátil definitivo " sería capaz de

realizar el equivalente a todo el pensamiento humano durante los últimos diez mil años (que se supone a diez mil millones de cerebros humanos durante diez mil años) de cada diez microseconds.<sup>64</sup> Si examinamos el " crecimiento exponencial de la computación " gráfico ( p. 70 ) , vemos que esta cantidad de la computación se prevé que estén disponibles para los mil dólares para el año 2080 .

Un diseño más conservador, pero de peso para una computadora paralela masiva es reversible nanocomputadora diseño patentado de Eric Drexler , que es totalmente mechanical.<sup>65</sup> Los cálculos se realizan manipulando barras de escala nanométrica , que son efectivamente resorte . Después de cada cálculo , las barras que contienen valores intermedios vuelven a sus posiciones originales , aplicando de esta forma el cálculo inverso . El dispositivo tiene un billón ( $10^{12}$ ) procesadores y proporciona una tasa global de  $10^{21}$  cps , lo suficiente como para simular cien mil cerebros humanos en un centímetro cúbico .

### **Fijar una fecha para la Singularidad .**

Un umbral más modesta pero profunda se alcanzará mucho antes. A principios de la década de 2030 por valor de cómputo de mil dólares comprará unos  $10^{17}$  cps ( probablemente en torno a  $10^{20}$  cps con ASICs y cosecha computación distribuida a través de Internet ) . Hoy gastamos más de \$ $10^{11}$  ( 100 mil millones dólares ) en el cálculo de un año , que de manera conservadora se elevará a \$  $10^{12}$  ( \$ 1000 mil millones ) en 2030. Así que vamos a producir unos  $10^{26}$  a  $10^{29}$  cps de computación no biológicos por año a principios de los años 2030 . Esto es aproximadamente igual a nuestra estimación de la capacidad de toda la inteligencia humana biológico vivo .

Incluso si sólo la igualdad en la capacidad de nuestro cerebro , esta parte no biológica de nuestra inteligencia será más poderosa porque se combinará el poder de reconocimiento de patrones de la inteligencia humana con la memoria y la capacidad de compartir habilidades y precisión de la memoria de las máquinas. La parte no biológica siempre funcionará a su máxima capacidad , lo que está lejos de ser el caso para la humanidad biológica hoy, los  $10^{26}$  cps representados por la civilización humana biológica hoy es poco utilizado.

Este estado de la computación en la década de 2030 no representará a la singularidad , sin embargo , debido a que aún no se corresponde con una profunda ampliación de nuestra inteligencia. A mediados de la década de 2040 , sin embargo, que el valor de cómputo de mil dólares será igual a  $10^{26}$  cps , por lo que la inteligencia creada por año ( con un costo total de alrededor de \$  $10^{12}$ ) será de alrededor de mil millones de veces más poderoso que toda la inteligencia humana today.<sup>66</sup>

Me puse la fecha para que efectivamente va a representar un cambio profundo , y es por ello la singularidad - que fije la fecha para la Singularidad - que representa una profunda y representa una transformación perjudicial en la capacidad humana, como 2045.

A pesar de la profunda y claro predominio de la inteligencia no biológica por el

perturbador trans - mediados de 2040 , la nuestra todavía habrá una civilización humana . Vamos a superar la formación en biología, pero no nuestra humanidad. Volveré a este tema en el capítulo 7 .

- Volviendo capacidad humana para los límites de la computación de acuerdo a la física , como el 2045 . estimaciones anteriores se expresaron en términos de computadoras portátiles de tamaño debido a la no biológica es un factor de forma familiar hoy en día. En la segunda década de este siglo, la inteligencia sin embargo, la mayoría de la computación no se organiza en tales dispositivos rectangulares creadas en ese año, pero será muy distribuida en el medio ambiente. Computing será de mil millones en todas partes : en las paredes , en los muebles , en la ropa , y en nuestros tiempos más cuerpos y cerebros poderoso que todos los Y , por supuesto , la civilización humana no se limita a calcular la inteligencia humana con unos pocos kilos de materia . En el capítulo 6 , examinaremos la actualidad. potencial computacional de un planeta de tamaño y las computadoras en la escala de los sistemas solares , las galaxias, y de todo el universo conocido . A medida que se ver, la cantidad de tiempo necesario para que nuestra civilización humana para lograr escalas de computación e inteligencia que va más allá de nuestro planeta y en el universo puede ser mucho más corta de lo que piensas . Me puse la fecha para la Singularidad - representando una transformación profunda y perturbadora en la capacidad humana , como 2045. La inteligencia no biológica creada en ese año será de mil millones de veces más poderoso que toda la inteligencia humana en la actualidad .

### **La memoria y la eficiencia computacional :**

A Rock Versus un cerebro humano. Con los límites de la materia y energía para llevar a cabo el cálculo en mente , dos métricas útiles son la eficiencia de la memoria y la eficiencia computacional de un objeto . Estos se definen como las fracciones de la memoria y de cálculo que tiene lugar en un objeto que son realmente útiles . Además, debemos tener en cuenta el principio de equivalencia : incluso si el cálculo es útil , si un método más simple produce resultados equivalentes , entonces debemos evaluar el cómputo contra el algoritmo más simple. En otras palabras , si dos métodos se consigue el mismo resultado , pero utiliza un cálculo más que la otra , se considera el método más computacionalmente intensivas para usar sólo la cantidad de cálculo de la menos intensivo method.<sup>67</sup>

El propósito de estas comparaciones es evaluar hasta qué punto la evolución biológica ha sido capaz de pasar de sistemas esencialmente sin inteligencia ( es decir, una roca ordinaria , que no realiza ningún cálculo útil) a la capacidad última de la materia para llevar a cabo el cálculo con propósito. La evolución biológica nos llevó parte del camino , y la evolución tecnológica (que, como he señalado anteriormente , representa una continuación de la evolución biológica ) nos llevará muy cerca de esos límites.

Recordemos que una roca de 2,2 libras tiene del orden de  $10^{27}$  bits de información codificada en el estado de su átomos y aproximadamente  $10^{42}$  cps representados por

la actividad de sus partículas . Ya que estamos hablando de una piedra común , suponiendo que su superficie podría almacenar alrededor de un millar de trozos es un tal vez arbitraria pero generoso estimate.<sup>68</sup> Esto representa  $10^{24}$  de su capacidad teórica , o eficiencia de la memoria de  $10^{-24}$  <sup>69</sup>

También podemos utilizar una piedra para hacer el cálculo. Por ejemplo, al dejar caer la piedra desde una altura particular, podemos calcular la cantidad de tiempo que tarda en caer un objeto desde esa altura . Por supuesto , esto representa muy poco cálculo : 1 cps tal vez , es decir, su eficiencia computacional es  $10^{-42}$  <sup>70</sup>.

En comparación, ¿qué podemos decir acerca de la eficiencia del cerebro humano? Al principio de este capítulo vimos cómo cada uno de los aproximadamente  $10^{14}$  conexiones interneuronales puede almacenar aproximadamente  $10^4$  bits en las concentraciones de neurotransmisores de la conexión y no linealidades sinápticas y dendríticas (formas específicas ), para un total de  $10^{18}$  bits. El cerebro humano pesa alrededor de la misma como nuestra piedra (en realidad más cerca de 3 libras de 2,2 , pero ya que estamos tratando con órdenes de magnitud , las medidas son lo suficientemente cerca ) . Corre más caliente que una piedra fría , pero aún puede utilizar la misma estimación de alrededor de  $10^{27}$  bits de capacidad de memoria teórica ( estimación que podemos almacenar un bit en cada átomo ) . Esto resulta en una eficiencia de la memoria de  $10^{-9}$  . Sin embargo , por el principio de equivalencia, no hay que utilizar métodos de codificación eficientes del cerebro en evaluar su eficiencia memoria. Usando nuestra estimación memoria funcional anterior de  $10^{13}$  bits se obtiene una eficiencia de la memoria de  $10^{-14}$  . Eso es a mitad de camino entre la piedra y el portátil frío final en una escala logarítmica. Sin embargo , a pesar de que la tecnología avanza exponencialmente , nuestras experiencias son en un mundo lineal , y en una escala lineal del cerebro humano es mucho más cercana a la piedra que al equipo frío final.

Entonces, ¿cuál es la eficiencia computacional del cerebro ? Una vez más , debemos tener en cuenta el principio de equivalencia y utilizar la estimación de  $10^{16}$  cps necesarios para emular la funcionalidad del cerebro , en lugar de la estimación más alta (  $10^{19}$  cps ) necesaria para emular todas las no linealidades en todas las neuronas . Con la capacidad teórica de los átomos del cerebro se estiman en 1.042 cps, esto nos da una eficiencia computacional de  $10^{-26}$  . Una vez más , eso es más cercano a un rock que a la computadora portátil , incluso en una escala logarítmica.

Nuestros cerebros han evolucionado de forma significativa en su memoria y la eficiencia computacional de objetos pre - biología , tales como piedras. Pero tenemos claro muchos órdenes de magnitud de la mejora de aprovechar durante la primera mitad de este siglo .

### **Más allá de la última: Pico y Femtotechnology y doblar la velocidad de la luz.**

Los límites de alrededor de  $10^{42}$  cps para un solo kilogramo , ordenador fría de un litro y unos  $10^{50}$  de a ( muy) caliente uno se basa en la informática con los átomos. Pero los límites no son siempre lo que parecen. Nueva comprensión científica tiene

una manera de empujar los límites aparentes a un lado. Como uno de los muchos ejemplos de este tipo , a principios de la historia de la aviación , un análisis de consenso de los límites de la propulsión a chorro aparentemente demostró que aviones estaban infeasible.<sup>71</sup>

Los límites que discutí arriba representan los límites de la nanotecnología sobre la base de nuestra comprensión actual. Pero ¿qué pasa con picotecnología , medida en billonésima (  $10^{-12}$  ) de un metro, y femtotechnology , escalas de  $10^{-15}$  de un metro? En estas escalas , requeriríamos computing con partículas subatómicas. Con tales menor tamaño proviene el potencial para una mayor velocidad y la densidad .

Tenemos por lo menos varias tecnologías muy de adopción temprana picoscale . Científicos alemanes han creado un microscopio de fuerza atómica (AFM ) que pueden resolver las características de un átomo que sólo picómetros setenta y siete across<sup>72</sup> Incluso una tecnología de alta resolución ha sido creado por científicos de la Universidad de California en Santa Bárbara, que han desarrollado un detector de medición extremadamente sensible con un haz física hecha de cristal de arseniuro de galio y un sistema de detección que puede medir una flexión de la viga de tan poco como un picómetro . El dispositivo está diseñado para proporcionar una prueba de la incertidumbre de Heisenberg principle.<sup>73</sup>

En la dimensión temporal científicos de la Universidad de Cornell han demostrado una tecnología de imagen basada en la dispersión de rayos X que puede grabar películas con el movimiento de un solo electrón . Cada cuadro representa sólo cuatro attosegundos (  $10^{-18}$  segundos , cada uno de una mil millonésima de una mil millonésima de second.<sup>74</sup> El dispositivo puede lograr la resolución espacial de un angstrom (  $10^{-10}$  metros , que se encuentra a 100 picómetros ) .

Sin embargo , nuestra comprensión de la materia a estas escalas , particularmente en el intervalo femtometer, no está lo suficientemente desarrollado para proponer paradigmas de computación. Un Engines of Creation (1986 libro de Eric Drexler que sentó las bases para la nanotecnología ) de pico- o femtotechnology aún no ha sido escrita. Sin embargo , cada una de las teorías que compiten por el comportamiento de la materia y la energía a estas escalas se basa en modelos matemáticos que se basan en transformaciones computables . Muchas de las transformaciones en la física hacen servir de base para el cálculo universal ( es decir , las transformaciones de las que podemos construir ordenadores de uso general ) , y puede ser que el comportamiento en el rango pico- y femtometer va a hacer lo mismo.

Por supuesto , aunque los mecanismos básicos de la materia en estos rangos proporcionan para computación universal en teoría, todavía tendríamos que diseñar la ingeniería necesaria para crear un número masivo de elementos de computación y aprender a controlarlos. Estos son similares a los desafíos en la que ahora estamos haciendo un progreso rápido en el campo de la nanotecnología. En este momento, tenemos que considerar la posibilidad de pico- y femtocomputing como especulativo. Pero nanocomputación proporcionará enormes niveles de inteligencia, lo que si es del todo posible hacerlo , nuestra inteligencia futuro será probable que entiendan los procesos necesarios . El experimento mental que deberíamos hacer no es si los seres

humanos como los conocemos hoy en día serán capaces de tecnologías pico- y femtocomputing ingeniería , pero si la gran inteligencia del futuro de inteligencia basado en la nanotecnología (que será de billones de billones de veces más capaces que la inteligencia humana biológica contemporánea) será capaz de hacer estos diseños. Aunque creo que es muy probable que el futuro de inteligencia basado en la nanotecnología será capaz de diseñar computación a escala más fina que la nanotecnología , las proyecciones de este libro sobre la Singularidad no dependen de esta especulación .

Además de hacer la computación más pequeño, podemos hacer que es más grande - que , podemos replicar estos dispositivos muy pequeños en una escala masiva . Con la nanotecnología a gran escala, los recursos informáticos se pueden hacer auto-replicantes y por lo tanto se pueden convertir rápidamente la masa y la energía en una forma inteligente. Sin embargo, nos tropezamos con la velocidad de la luz, porque la materia del universo se extiende a lo largo de grandes distancias .

Como veremos más adelante , hay por lo menos las sugerencias de que la velocidad de la luz no puede ser inmutable. Los físicos Steve Lamoreaux y Justin Torgerson del Laboratorio Nacional de Los Alamos han analizado los datos de un antiguo reactor nuclear natural que hace dos mil millones años produce una reacción de fisión que dura varios cientos de miles de años en lo que hoy es Africa.<sup>75</sup> West Examinar isótopos radiactivos dejados por el reactor y comparándolos con isótopos de reacciones nucleares similares en la actualidad , se determinó que la constante alfa física ( también llamado la constante de estructura fina ) , que determina la intensidad de la fuerza electromagnética , al parecer, ha cambiado más de dos millones de años. Esto es de gran importancia para el mundo de la física , ya que la velocidad de la luz es inversamente proporcional a la alfa , y ambos han sido considerados constantes inmutables . Alfa parece haber disminuido en 4,5 partes de 10<sup>8</sup> . De confirmarse, esto implicaría que la velocidad de la luz se ha incrementado.

Por supuesto, tendrá que ser verificado cuidadosamente estos resultados preliminares. Si es verdad, que pueden tener una gran importancia para el futuro de nuestra civilización. Si la velocidad de la luz se ha incrementado , lo ha hecho así que presumiblemente no sólo como resultado del paso del tiempo, pero debido a ciertas condiciones han cambiado . Si la velocidad de la luz ha cambiado debido a las circunstancias cambiantes , que las grietas abrir la puerta lo suficiente para que los amplios poderes de la inteligencia y la tecnología para hacer pivotar la puerta ampliamente abierta futuro. Este es el tipo de conocimiento científico que los técnicos pueden explotar . Ingeniería humana toma a menudo una forma natural, con frecuencia sutil , el efecto y lo controla con miras a aprovechar en gran medida y magnificando ella.

Incluso si nos resulta difícil aumentar significativamente la velocidad de la luz sobre las largas distancias del espacio , si lo hace dentro de los pequeños límites de un dispositivo informático también tendría consecuencias importantes para ampliar el potencial de la computación. La velocidad de la luz es uno de los límites que restringen dispositivos informáticos incluso hoy en día , por lo que la capacidad para

impulsar sería ampliar aún más los límites de la computación . Vamos a explorar otros enfoques interesantes a la posibilidad de aumentar o eludir , la velocidad de la luz en el capítulo 6 . Ampliación de la velocidad de la luz es , por supuesto , especulativa hoy en día , y ninguno de los análisis que subyacen a nuestra expectativa de la Singularidad dependen de esta posibilidad .

### **Yendo atrás en el tiempo .**

Otro fascinante y altamente especulativo posibilidad es enviar un proceso computacional en el tiempo a través de un " agujero de gusano " en el espacio-tiempo. El físico teórico Todd Brun , del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton ha analizado la posibilidad de la computación en el uso de lo que él llama una "curva de tipo tiempo cerradas" ( CTC ) . Según Brun, CTC podría " enviar información (por ejemplo, el resultado de los cálculos ) en sus propios conos de luz pasados. " 76

Brun no proporciona un diseño para un dispositivo de este , pero establece que tal sistema es consistente con las leyes de la física . Su equipo también viaja en el tiempo no crea la " paradoja del abuelo " , citado a menudo en los debates sobre viajes en el tiempo. Este dicho bien conocido señala la paradoja de que si la persona A se remonta en el tiempo, que podía matar a su abuelo , causando una no existe , lo que su abuelo no ser asesinado por él, por lo que A existiría y por lo tanto podría volver y matar a su abuelo, y así sucesivamente, ad infinitum .

Expansión de tiempo de Brun proceso computacional no aparece para introducir este problema , ya que no afecta el pasado . Produce una respuesta determinada e inequívoca en el presente a una pregunta formulada . La pregunta debe tener una respuesta mía, y la respuesta no se presentó hasta después de que se hace la pregunta , aunque el proceso para determinar la respuesta puede tener lugar antes de que la pregunta se hace uso de la CTC. Por el contrario , el proceso podría tener lugar después de que se hizo la pregunta y luego usar un CTC para que la respuesta de nuevo en el presente ( pero no antes de que se hizo la pregunta , ya que introduciría la paradoja del abuelo). Puede muy bien ser las barreras fundamentales (o limitaciones) a un proceso de tal manera que aún no entendemos , pero las barreras aún no han sido identificados. Si es posible , sería ampliar en gran medida el potencial de la computación local. Una vez más , todos mis estimaciones de las capacidades computacionales y de las capacidades de la Singularidad no se basan en conjeturas tentativas de Brun .

ERIC DREXLER : No lo sé, Ray. Soy pesimista sobre las perspectivas de picotecnología. Con las partículas estables que conocemos, no veo cómo puede haber estructura picoscale sin las enormes presiones que se encuentran en una estrella, una enana blanca colapsa o una estrella de neutrones , y entonces usted conseguiría un bloque sólido de cosas como un metal , pero un millón de veces más densa. Esto no parece muy útil, incluso si fuera posible hacerlo en nuestro sistema solar. Si la física

incluye una partícula estable como un electrón , pero cien veces más masiva , sería una historia diferente , pero no sabemos de uno.

RAY : Nosotros manipulamos partículas subatómicas hoy con aceleradores que se encuentran significativamente por debajo de las condiciones de una estrella de neutrones . Por otra parte , manipulamos partículas subatómicas como los electrones en la actualidad con los dispositivos de sobremesa . Los científicos capturaron recientemente y dejaron un muerto fotones en sus pistas.

ERIC : Sí, pero ¿qué tipo de manipulación? Si contamos la manipulación de pequeñas partículas , y luego toda la tecnología ya está picotecnología, porque toda la materia está hecha de partículas subatómicas. Smashing partículas entre sí en los aceleradores produce escombros, no las máquinas o circuitos.

RAY : No he dicho que hemos resuelto los problemas conceptuales de picotecnología Tengo un dibujó a lápiz para hacer eso en 2072 .

ERIC : Oh , bueno, entonces veo que vas ha vivir mucho tiempo.

RAY : Sí , bueno, si te quedas en el borde de ataque agudo de conocimientos y tecnologías de la salud y médicos, ya que estoy tratando de hacer , veo que está en bastante buen estado por ahí.

MOLLY 2104: Sí , un buen número de baby boomers que hicieron a través de. Pero la mayoría eran sin pensar en las oportunidades en 2004 para extender la mortalidad humana el tiempo suficiente para tomar ventaja de la revolución de la biotecnología , que lució una década más tarde , seguido de la nanotecnología de una década después de eso.

MOLLY 2004 : Por lo tanto , Molly 2104 , debe ser bastante algo , considerando que mil dólares de la computación en 2080 puede realizar el equivalente a diez mil millones de cerebros humanos pensantes durante diez mil años en cuestión de diez microsegundos. Eso probablemente se habrá progresado más allá al 2104 , y supongo que usted tiene acceso a un valor de cómputo a más de mil dólares.

MOLLY 2104 : De hecho , millones de dólares en promedio - miles de millones cuando lo necesito .

MOLLY 2004 : Eso es muy difícil de imaginar.

MOLLY 2104: Sí, bueno , supongo que soy una especie de inteligente cuando tengo que estar .

MOLLY 2004 : No parece tan brillante , en realidad.

MOLLY 2104 : Estoy tratando de relacionar en su nivel.

MOLLY 2004 : Ahora , espera un segundo , Miss Molly del futuro ....

GEORGE 2048: Señoras, por favor , usted es a la vez muy atractivo.

MOLLY 2004 : Sí , bueno, se lo digan a mi homólogo aquí, ella siente que es un momento jillion más capaz de lo que am.

GEORGE 2048: Ella es su futuro , ya sabes. De todos modos , siempre he sentido que había algo especial sobre una mujer biológica.

MOLLY 2104: Sí, ¿qué sabe usted de las mujeres biológicas de todos modos?

GEORGE 2048: He leído mucho sobre ella y participaron en algunas simulaciones muy precisas .

MOLLY 2004 : Se me ocurre que tal vez los dos están perdiendo algo que no eres consciente

GEORGE 2048: No veo cómo eso es posible.

MOLLY 2104: Definitivamente no .

MOLLY 2004 : No pensé que lo haría . Pero hay una cosa que tengo entendido que usted puede hacer que yo lo encuentro genial.

MOLLY 2104: ¿Sólo uno? MOLLY 2004 : Uno que yo estoy pensando, de todos modos. Puede combinar su pensamiento con otra persona y aún así mantener su identidad propia a la vez .

MOLLY 2104: Si la situación - y la persona - que es correcto , entonces, sí, es algo muy sublime que hacer .

MOLLY 2004 : Al igual que el enamoramiento ?

MOLLY 2104 : Al igual que estar enamorado. Es la mejor manera de compartir .

GEORGE 2048: Creo que ir a por ello , Molly 2004 .

MOLLY 2104: Usted debería saber , George, ya que fue la primera persona que lo hice con .

## CAPÍTULO CUATRO

### **La consecución del Software de Inteligencia Humana : Cómo realizar ingeniería inversa del cerebro humano**

Hay buenas razones para creer que estamos en un punto de inflexión , y que será posible en las próximas dos décadas para formular una comprensión significativa de la función cerebral. Esta visión optimista se basa en varias tendencias medibles, y una simple observación que se ha demostrado en repetidas ocasiones en la historia de la ciencia : Los avances científicos han sido habilitadas por el avance de la tecnología que nos permite ver lo que no hemos podido ver antes. Alrededor de la vuelta del siglo XXI, pasamos por un punto de inflexión detectable tanto en el conocimiento neurociencia y potencia de cálculo. Por primera vez en la historia, que colectivamente sabemos lo suficiente acerca de nuestro propio cerebro , y hemos desarrollado esta tecnología informática avanzada , que ahora podemos asumir con seriedad la

construcción de un modelo verificable , en tiempo real y de alta resolución de una parte significativa de nuestra inteligencia . - LLOYD WATTS, NEUROSCIENTIS 1

Ahora, por primera vez , estamos observando el cerebro en el trabajo de una manera global con tal claridad que debemos ser capaces de descubrir los programas generales detrás de sus magníficos poderes. -J . G. TAYLOR , B. Horwitz, KJ FRISTON , NEUROSCIENTISTS2

El cerebro es bueno : es una prueba de la existencia que una determinada disposición de la materia puede producir la mente , realice razonamiento inteligente, reconocimiento de patrones, aprendizaje y un montón de otras tareas importantes de interés de la ingeniería. Por lo tanto podemos aprender a construir nuevos sistemas de ideas prestadas del cerebro .... El cerebro es malo : es un evolucionado sistema desordenado donde una gran cantidad de interacciones ocurren debido a contingencias evolutivas. ... Por otro lado, también debe ser sólida ( ya que podemos sobrevivir con él ) y ser capaz de soportar bastante grandes variaciones y los insultos ambientales, por lo que el verdaderamente valiosa desde el cerebro podría ser la forma de crear complejos sistemas flexibles que se auto- organizan así .... las interacciones dentro de una neurona son complejas, pero en las neuronas del siguiente nivel parecen ser objetos un tanto simples que se pueden juntar con flexibilidad a las redes . Las redes corticales son un verdadero desastre a nivel local , pero de nuevo en el siguiente nivel de la conectividad no es tan complejo . Sería probable que la evolución ha producido una serie de módulos o temas repetidos que están siendo reutilizados , y cuando ellos y sus interacciones entendemos que puede hacer algo similar.

-Anders Sandberg, neurocientífico computacional, Real Instituto de Tecnología de Suecia

### **La ingeniería inversa del cerebro :**

una visión general del Grupo de que la combinación de la inteligencia de nivel humano con la superioridad inherente de una computadora en la velocidad , la precisión y la capacidad de intercambio de la memoria será formidable. Hasta la fecha , sin embargo , la mayoría de la investigación y el desarrollo AI ha utilizado métodos de ingeniería que no se basan necesariamente en la forma en que el ser humano las funciones del cerebro , por la sencilla razón de que no hemos tenido las herramientas precisas necesarias para desarrollar modelos detallados de la cognición humana .

Nuestra capacidad de realizar ingeniería inversa del cerebro para ver el interior , modelarlo, y simular sus regiones está creciendo de manera exponencial. En última instancia, vamos a entender los principios de funcionamiento se basa la gama completa de nuestro propio pensamiento, el conocimiento que nos proporcionan los procedimientos de gran alcance para el desarrollo del software de las máquinas

inteligentes . Vamos a modificar , mejorar y extender estas técnicas como las aplicamos a las tecnologías computacionales que son mucho más poderosos que el proceso electroquímico que tiene lugar en las neuronas biológicas. Un beneficio clave de este gran proyecto serán las ideas precisas que ofrece dentro de nosotros mismos . También vamos a tener nuevas y poderosas formas de tratar problemas neurológicos como el Alzheimer , derrame cerebral , enfermedad de Parkinson , y las discapacidades sensoriales , y en última instancia será capaz de ampliar enormemente nuestra inteligencia.

### **Nuevo de imágenes cerebrales y herramientas de modelado .**

El primer paso en la ingeniería inversa del cerebro es de mirar en el cerebro para determinar cómo funciona. Hasta ahora , nuestras herramientas para hacer esto han sido crudo, pero que ahora está cambiando , ya que un número significativo de nuevas tecnologías de escaneo Función mejorada en gran medida la resolución espacial y temporal, precio- rendimiento y ancho de banda . Al mismo tiempo estamos acumulando con rapidez datos sobre las características precisas y dinámicas de las partes constitutivas y sistemas del cerebro , que van desde las sinapsis individuales hasta grandes regiones como el cerebelo, que comprende más de la mitad de las neuronas del cerebro . Bases de datos extensas están catalogando metódicamente nuestra exponencialmente creciente conocimiento de la cerebro.<sup>3</sup>

Los investigadores también han demostrado que pueden entender rápidamente y aplicar esta información mediante la construcción de modelos y simulaciones de trabajo . Estas simulaciones de las regiones del cerebro se basan en los principios matemáticos de la teoría de la complejidad y la informática caótico y ya están proporcionando resultados que se aproximen a los experimentos realizados en el ser humano actual y cerebros animales .

Como se indicó en el capítulo 2 , el poder de la exploración y herramientas computacionales necesarios para la tarea de la ingeniería inversa del cerebro se acelera , similar a la aceleración en la tecnología que hizo que el proyecto del genoma factible . Cuando llegamos a la era nanobot (ver " Digitalización con nanobots " en la p . 163 ) , seremos capaces de escanear desde el interior del cerebro con exquisita alta resolution.<sup>4</sup> espacial y temporal No hay barreras inherentes a nuestro ser capaz de revertir diseñar los principios de funcionamiento de la inteligencia humana y replicar estas capacidades en los más poderosos soportes informáticos que estarán disponibles en las próximas décadas. El cerebro humano es una compleja jerarquía de los sistemas complejos, pero no representa un nivel de complejidad más allá de lo que ya somos capaces de manejar.

### **El software del cerebro .**

El precio y rendimiento de computación y comunicación se duplica cada año . Como vimos anteriormente , la capacidad de cálculo necesaria para emular la inteligencia humana estará disponible en menos de dos decadas.<sup>5</sup> Un supuesto subyacente

principal de la expectativa de la singularidad es que los medios no biológicos podrán emular la riqueza , la sutileza y profundidad de los derechos humanos pensando. Pero el logro de la capacidad computacional de hardware de un único cerebro humano, o incluso de la inteligencia colectiva de los pueblos y las naciones -no producirá automáticamente los niveles humanos de la capacidad. ( Por " nivel humano " que incluyen todas las formas diversas y sutiles seres humanos son inteligentes, incluyendo aptitud musical y artística , la creatividad , el movimiento físico a través del mundo, y comprender y reaccionar adecuadamente a las emociones. ) La capacidad computacional de hardware es necesaria pero no suficiente .

Comprender la organización y el contenido de estos recursos - el software de la inteligencia - es aún más crítico y es el objetivo de la empresa de ingeniería inversa del cerebro .

Una vez que un equipo alcanza un nivel humano de inteligencia , necesariamente elevarse pasado . Una ventaja clave de la inteligencia no biológica es que las máquinas pueden compartir fácilmente sus conocimientos . Si usted aprende francés o leer Guerra y paz , no se puede descargar con facilidad que el aprendizaje para mí, ya que tengo que adquirir esa beca de la misma meticulosa manera que lo hiciste. No puedo ( aún) acceder o transmitir rápidamente el conocimiento , que se inserta en un gran patrón de las concentraciones de neurotransmisores ( los niveles de sustancias químicas en las sinapsis que permiten una neurona a otra influencia) y las conexiones interneuronales ( partes de las neuronas llamadas axones y dendritas que conectan las neuronas ).

Pero consideremos el caso de la inteligencia de una máquina. En una de mis empresas pasamos años enseñando un equipo de investigación a reconocer el habla humana continua , usando reconocimiento de patrones software.<sup>6</sup>

Estamos expuestos a miles de horas de voz grabada , corrigió sus errores , y con paciencia mejorado su rendimiento mediante la formación de sus algoritmos de auto-organización " caóticos" (métodos que modifican sus propias reglas, basadas en procesos que utilizan semialeatorias información inicial , y con resultados que no son totalmente predecibles ) . Por último , el equipo hizo muy hábil para reconocer el habla . Ahora, si usted quiere que su propio ordenador personal para reconocer el habla , usted no tiene que poner a través del mismo proceso de aprendizaje laborioso (como hacemos con cada niño humano ), sólo tiene que descargar los patrones ya establecidos en segundos .

### **Modelado analítico Versus Neuromorphic del cerebro .**

Un buen ejemplo de la divergencia entre la inteligencia humana y AI contemporánea es cómo cada uno se encarga de la solución de un problema de ajedrez. Los seres humanos hacen por el reconocimiento de patrones, mientras que las máquinas acumulan enormes "árboles" lógicas de posibles ataques y contraataques . La mayoría de la tecnología (de todo tipo) hasta la fecha ha utilizado este último tipo de "arriba hacia abajo", analítico, enfoque de ingeniería. Nuestras máquinas de vuelo, por

ejemplo, no tratan de recrear la fisiología y la mecánica de las aves. Pero a medida que nuestras herramientas de ingeniería inversa los caminos de la naturaleza están creciendo rápidamente en la sofisticación, la tecnología se está moviendo hacia emular la naturaleza mientras que la aplicación de estas técnicas en sustratos mucho más capaces.

El escenario más convincente para dominar el software de la inteligencia consiste en intervenir directamente en el plano de los mejores ejemplos que podemos tener en nuestras manos de un proceso inteligente: el cerebro humano. A pesar de que tuvo su "diseñador" original (evolución) de varios millones de años para desarrollar el cerebro, que es fácilmente disponible para nosotros, protegido por un cráneo, pero con las herramientas adecuadas no ocultas a nuestra vista. Su contenido aún no tienen derechos de autor o patentados. (Podemos, sin embargo, esperar que eso cambie. Solicitudes de patentes ya se han presentado sobre la base de la ingeniería inversa del cerebro) <sup>7</sup> Vamos a aplicar los miles de millones de millones de bytes de información derivados de los escáneres cerebrales y modelos neuronales en muchos niveles para diseñar más inteligentes algoritmos paralelos para nuestras máquinas, en particular las basadas en paradigmas de auto-organización.

Con este método de auto-organización, que no tenemos que tratar de replicar cada conexión neuronal única. Hay una gran cantidad de repetición y la redundancia dentro de cualquier región particular del cerebro. Estamos descubriendo que los modelos de mayor nivel de las regiones del cerebro a menudo son más simples que los modelos detallados de sus componentes neuronales.

### **¿Tan complejo es el cerebro?**

Aunque la información contenida en un cerebro humano requeriría del orden de mil millones de millones de bits (véase el capítulo 3), el diseño inicial del cerebro se basa en el genoma humano bastante compacta. El genoma consta de ochocientos millones de bytes, pero la mayor parte es redundante, dejando sólo un treinta hasta cien millones bytes (menos de  $10^9$  bits) de información única (después de la compresión), que es más pequeño que el programa para Microsoft Word. <sup>8</sup> Para ser justos, también hay que tener en cuenta los datos "epigenéticos", que es la información almacenada en las proteínas que controlan la expresión genética (es decir, que determinan qué genes están autorizados para crear proteínas en cada célula), así como la totalidad de las proteínas maquinaria de la replicación, tales como los ribosomas y una gran cantidad de enzimas. Sin embargo, esa información adicional no cambiar significativamente el orden de magnitud de este calculation. <sup>9</sup> Un poco más de la mitad de la información genética y epigenética caracteriza el estado inicial del cerebro humano.

Por supuesto, la complejidad de nuestro cerebro aumenta en gran medida al interactuar con el mundo (por un factor de alrededor de mil millones en el genoma) <sup>10</sup> Pero los patrones altamente repetitivas se encuentran en cada región específica del cerebro, por lo que no es necesario para capturar cada uno detalle particular para invertir con éxito diseñar los algoritmos relevantes, que se combinan los métodos

digitales y analógicas ( por ejemplo , el disparo de una neurona puede considerarse como un evento digitales mientras que los niveles de neurotransmisores en la sinapsis pueden considerarse valores analógicos ) . El patrón de cableado básica del cerebelo , por ejemplo , se describe en el genoma de sólo una vez, pero repite miles de millones de veces . Con la información de exploración del cerebro y estudios de modelos , podemos diseñar software equivalente simulada " neuromórfica " (es decir , los algoritmos de las mismas funciones que el rendimiento global de una región del cerebro ) .

El ritmo de construcción de modelos de trabajo y las simulaciones es sólo un poco detrás de la disponibilidad de escaneo cerebral y la información neuronal estructura. Hay más de cincuenta mil neurocientíficos de todo el mundo , escribiendo artículos desde hace más de trescientos journals.<sup>11</sup> El campo es amplio y diverso , con los científicos e ingenieros que crean nuevo escaneo y detección de tecnologías y el desarrollo de modelos y teorías en muchos niveles. Así que incluso las personas en el campo a menudo no son completamente conscientes de las dimensiones de la investigación contemporánea .

### **Modelar el cerebro.**

En neurociencia contemporánea , los modelos y las simulaciones se desarrollaron a partir de diversas fuentes , incluidos los escáneres cerebrales , los modelos de conexión interneuronales , modelos neuronales, y las pruebas psicofísicas. Como se mencionó anteriormente , investigador auditivo- sistema de Lloyd Watts ha desarrollado un modelo integral de una parte importante del sistema auditivo humano de procesamiento de los estudios de neurobiología de tipos neuronales específicos e información interneuronal - conexión. El modelo de Watts incluye cinco caminos paralelos y las representaciones reales de información auditiva en cada etapa del procesamiento neural. Watts ha implementado su modelo en un ordenador como el software en tiempo real que puede localizar e identificar los sonidos y funciones , de forma similar a la forma en que funciona la audición humana . A pesar de un trabajo en progreso , el modelo ilustra la viabilidad de convertir modelos neurobiológicos y los datos de conexión cerebro - en simulaciones de trabajo.

Como Hans Moravec y otros han especulado , estas simulaciones funcionales eficientes requieren alrededor de mil veces menos cálculo del que sería necesario si se simula las no linealidades en cada dendrita , sinapsis , y otra estructura subneural en la región que se está simulando . ( Como he dicho en el capítulo 3 , se puede estimar el cálculo requerido para la simulación funcional del cerebro en  $10^{16}$  cálculos por segundo [ PC] , frente a  $10^{19}$  cps para simular las no linealidades subneural . ) <sup>12</sup>

La relación entre la velocidad real electrónica contemporánea y la señalización electroquímica en conexiones interneuronales biológicos es por lo menos un millón. Encontramos esta misma ineficiencia en todos los aspectos de nuestra biología , porque la evolución biológica construido todos sus mecanismos y sistemas con un gravemente limitado conjunto de materiales : es decir , las células , las cuales son a su vez hace de una serie limitada de proteínas . Aunque las proteínas biológicas son

tridimensionales , están restringidos a las moléculas complejas que se pueden plegar a partir de una secuencia lineal ( unidimensional ) de aminoácidos .

### **Pelando la cebolla .**

El cerebro no es un órgano único de procesamiento de información , sino más bien una colección compleja y entrelazada de cientos de regiones especializadas . El proceso de " pelar la cebolla " para entender las funciones de estas regiones intercaladas va por buen camino . En las descripciones de las neuronas y los datos exigidos cerebro de interconexión estén disponibles, réplicas detalladas y aplicables , como la simulación de las regiones auditivas se describen a continuación (ver " Otro ejemplo: Modelo de las regiones auditivas de Watts " en la p.183 ) se desarrollará en todas las regiones del cerebro .

La mayoría de los algoritmos de modelado de cerebro no son los métodos secuenciales , lógicos que se utilizan comúnmente en la computación digital de hoy . El cerebro tiende a utilizar la auto -organización , procesos holográficos , caóticos (es decir, información que no está situado en un lugar pero distribuidas a lo largo de una región ) . También es masivamente paralelo y utiliza técnicas analógicas digitales controlados por híbridos. Sin embargo, un gran número de proyectos ha demostrado nuestra capacidad para entender estas técnicas y para extraerlos de nuestra rápida escalada del conocimiento del cerebro y su organización.

Después de que los algoritmos de una región en particular se entienden , pueden ser desarrolladas y mejoradas antes de ser implementado en equivalentes neurales sintéticos. Ellos se pueden ejecutar en un sustrato computacional ya que es mucho más rápido que los circuitos neuronales . ( Ordenadores actuales realizan cálculos en mil millonésimas de segundo , comparado con milésimas de segundo para las transacciones interneuronales . ) Y también pueden hacer uso de los métodos para la construcción de máquinas inteligentes que ya nos entendemos.

### **¿El cerebro humano A diferencia de una computadora?**

La respuesta a esta pregunta depende de lo que entendemos por la palabra " equipo " . La mayoría de las computadoras de hoy son digitales y realizar una ( o tal vez unos pocos) los cálculos a la vez a una velocidad extremadamente alta. Por el contrario, el cerebro humano combina métodos digitales y analógicas , pero realiza la mayoría de los cálculos en el dominio analógico (continuo ) , el uso de los neurotransmisores y los mecanismos relacionados . A pesar de estas neuronas ejecutar cálculos a velocidades extremadamente lentas ( típicamente doscientos transacciones por segundo ) , el cerebro en su conjunto es masivamente paralelo : la mayor parte de su trabajo neuronas , al mismo tiempo , lo que resulta en un máximo de cien trillones de cálculos se llevan a cabo simultáneamente .

El paralelismo masivo del cerebro humano es la clave para su capacidad de reconocimiento de patrones , que es uno de los pilares de nuestro pensamiento

especies'. Las neuronas de mamíferos realizan una danza caótica ( es decir, con muchas interacciones aparentemente al azar ), y si la red neuronal ha aprendido bien sus lecciones, un patrón estable surgirán, lo que refleja la decisión de la red. En la actualidad, diseños paralelos para computadoras son algo limitadas. Sin embargo, no hay ninguna razón por la cual no biológicos re-creaciones funcionalmente equivalentes de redes neuronales biológicas no se pueden construir usando estos principios. De hecho, decenas de los esfuerzos de todo el mundo ya han tenido éxito en hacerlo. Mi propio campo técnico es el reconocimiento de patrones, y de los proyectos que he participado en la de unos cuarenta años utilizar esta forma de computación entrenables y no determinista.

Muchos de los métodos característicos del cerebro de la organización también puede ser eficaz simulado utilizando la computación convencional de potencia suficiente. Duplicación de los paradigmas de diseño de la naturaleza, a mi juicio, es una tendencia clave en la computación futuro. Debemos tener en cuenta, además, que la computación digital puede ser funcionalmente equivalente a analógico es la computación - que, podemos realizar todas las funciones de una red digital-analógico híbrido con un equipo totalmente digital. La inversa no es verdad: no podemos simular todas las funciones de un ordenador digital con uno analógico.

Sin embargo, la computación analógica tiene una ventaja de ingeniería: es potencialmente miles de veces más eficiente. Un cálculo analógico puede ser realizado por unos pocos transistores o, en el caso de las neuronas de mamíferos, procesos electroquímicos específicos. Una computación digital, por el contrario, requiere de miles o decenas de miles de transistores. Por otra parte, esta ventaja puede ser compensado por la facilidad de programación ( y modificar ) simulaciones por ordenador basadas en digitales.

Hay un número de otras maneras clave en las que el cerebro se diferencia de un ordenador convencional:

- Los circuitos del cerebro son muy lentos. Synaptic veces - de restablecimiento y neurona - estabilización ( la cantidad de tiempo requerido para que una neurona y sus sinapsis para restablecer a sí mismos después de los incendios neurona ) son tan lentos que hay muy pocos ciclos de neuronas de cocción disponibles para tomar decisiones de reconocimiento de patrones. Funcional exploraciones de resonancia magnética por imágenes ( fMRI ) y la magnetoencefalografía ( MEG ) muestran que los juicios que no requieren la resolución de ambigüedades parecen estar hechas en un solo ciclo de neuronas cocción ( a menos de veinte milisegundos ), que implica esencialmente iterativo ( repetida ) procesos. Reconocimiento de objetos se produce en unos 150 milisegundos, por lo que incluso si " pensamos que algo más, " el número de ciclos de funcionamiento se mide en cientos o miles a lo sumo, no miles de millones, como con un ordenador típico.
- Pero es masivamente paralelo. El cerebro tiene del orden de cien trillones de interneuronal conexiones, cada una de procesamiento de información potencialmente simultáneamente. Estos dos factores ( tiempo de ciclo lento y paralelismo masiva )

dan lugar a un cierto nivel de capacidad de computación para el cerebro, como hemos comentado anteriormente .

Hoy nuestros mayores superordenadores están aproximando a esta gama . Los superordenadores más importantes ( incluyendo los utilizados por los motores de búsqueda más populares ) miden más de  $10^{14}$  cps , que coincide con el rango más bajo de las estimaciones que discutí en el capítulo 3 para la simulación funcional . No es necesario , sin embargo, utilizar la misma granularidad de procesamiento en paralelo como el cerebro mismo , siempre y cuando que coincida con la velocidad computacional global y la capacidad de memoria necesaria y de otra manera simular la arquitectura paralela masiva del cerebro .

- El cerebro combina fenómenos análogos y digitales . La topología de las conexiones en el cerebro es esencialmente existe una conexión digital , o no lo hace. Un disparo axón no es totalmente digital, pero se aproxima mucho a un proceso digital . La mayoría de todas las funciones en el cerebro es analógico y está lleno de no linealidades ( cambios bruscos en la producción , en lugar de los niveles cambiantes sin problemas ) que son sustancialmente más complejo que el modelo clásico que hemos estado utilizando para las neuronas . Sin embargo, los detalles, la dinámica no lineal de una neurona y todos sus componentes ( dendritas , espinas , canales, y axones ) se pueden modelar a través de las matemáticas de los sistemas no lineales . Estos modelos matemáticos pueden entonces ser simulado en un ordenador digital a cualquier grado deseado de exactitud . Como ya he dicho , si simulamos las regiones neuronales utilizando transistores en el modo analógico nativo en lugar de a través de la computación digital, este enfoque puede proporcionar una mayor capacidad por tres o cuatro órdenes de magnitud , como Carver Mead tiene demonstrated.<sup>13</sup>

- El cerebro se reprograma a sí mismo. Las dendritas están continuamente explorando nuevas espinas y las sinapsis . La topología y la conductancia de las dendritas y sinapsis también se adapta continuamente . El sistema nervioso se auto- organiza a todos los niveles de su organización. Mientras que las técnicas matemáticas utilizadas en los sistemas de reconocimiento de patrones computarizados tales como las redes neuronales y modelos de Markov son mucho más simples que los utilizados en el cerebro , que tenemos una experiencia sustancial de ingeniería con la auto - organización de models.<sup>14</sup>

Computadoras modernas no literalmente reconfiguran a sí mismos (aunque "los sistemas de auto-sanación " emergentes están empezando a hacerlo) , pero podemos simular eficazmente este proceso en software.<sup>15</sup> En el futuro , podemos implementar esto en hardware, también, aunque puede haber ventajas en la aplicación de la mayoría de auto- organización en el software , que proporciona una mayor flexibilidad para los programadores.

- La mayor parte de los detalles en el cerebro son aleatorios . Si bien existe una gran cantidad de estocástico ( aleatorio dentro de proceso cuidadosamente controlado limitaciones ) en todos los aspectos del cerebro , no es necesario modelar cada " hoyuelo " en la superficie de cada dendrita , más de lo que es necesario modelar cada pequeña variación en la superficie de cada transistor en la comprensión de los

principios del funcionamiento de un ordenador. Sin embargo, algunos detalles son fundamentales en la descodificación de los principios de funcionamiento del cerebro, lo que nos obliga a distinguir entre ellos y los que comprenden estocástico "ruido " o el caos . Los aspectos caóticos (aleatorio e imprevisible ) de la función neural se pueden modelar utilizando las técnicas matemáticas de la teoría de la complejidad y el caos theory.<sup>16</sup>

- El cerebro utiliza las propiedades emergentes . Comportamiento inteligente es una propiedad emergente del cerebro de actividad caótica y compleja . Considere la analogía con el diseño aparentemente inteligente de las termitas y las colonias de hormigas , con sus túneles de interconexión delicadamente construidas y sistemas de ventilación .

A pesar de su diseño inteligente y complejo , hormigas y termiteros tienen maestros arquitectos , la arquitectura surge de las interacciones impredecibles de todos los miembros de la colonia , cada uno siguiendo reglas relativamente simples.

- El cerebro es imperfecto. Es la naturaleza de los sistemas adaptativos complejos que la inteligencia emergente de sus decisiones es subóptima. (Es decir , refleja un nivel más bajo de la inteligencia de lo que se representa mediante una disposición óptima de sus elementos. } Es sólo tiene que ser lo suficientemente bueno , que en el caso de nuestra especie significa un nivel de inteligencia suficiente para que podamos ser más listo los competidores en el nicho ecológico ( por ejemplo, primates que también combinan la función cognitiva con un apéndice oponible pero cuyos cerebros no están tan desarrollados como los humanos y cuyas manos no funcionan tan bien ) .

- Nosotros nos contradecemos . Una variedad de ideas y enfoques , incluidos los conflictivos , conduce a resultados superiores . Nuestros cerebros son muy capaces de tener puntos de vista contradictorios . De hecho, nos esforzamos en esta diversidad interna. Considere la analogía de una sociedad humana , sobre todo uno democrático , con sus formas constructivas de resolver los múltiples puntos de vista .

- El cerebro utiliza la evolución. El paradigma de aprendizaje básico utilizado por el cerebro es un uno evolutiva : la patrones de conexiones que tienen más éxito en dar sentido al mundo y contribuir a reconocimientos y decisiones sobrevivir. El cerebro de un recién nacido contiene principalmente conexiones interneuronales vinculados al azar , y sólo una porción de los que sobreviven en el de dos años de edad, brain.<sup>17</sup>

- Los patrones son importantes. Algunos detalles de estos métodos de auto - organización caótica , expresados como restricciones modelo ( reglas que definen las condiciones iniciales y de los medios para la auto - organización) , son cruciales , mientras que muchos detalles dentro de las restricciones se establecen inicialmente al azar. Entonces, el sistema auto - organiza y representa gradualmente las características invariables de la información que se ha presentado al sistema . La información resultante no se encuentra en los nodos o conexiones específicas , sino más bien es un patrón distribuido.

- El cerebro es holográfico . Hay una analogía entre la información que se distribuye en un holograma y la método de representación de la información en las redes

cerebrales . Nos parece también en los métodos de auto - organización de empleados en el reconocimiento de patrones computarizados , tales como redes neuronales , modelos de Markov, y algorithms.<sup>18</sup> genética

- El cerebro está profundamente conectada . El cerebro obtiene su resiliencia de ser una red conectada profundamente en qué información tiene muchas maneras de navegar de un punto a otro. Considere la analogía a la Internet , que se ha convertido cada vez más estable como se ha incrementado el número de sus nodos constituyentes. Los nodos , incluso centros enteros de la Internet , pueden dejar de funcionar sin tener que derribar toda la red . Del mismo modo , continuamente perdemos neuronas sin afectar a la integridad de todo el cerebro.

- El cerebro tiene una arquitectura de las regiones . Aunque los detalles de las conexiones dentro de una región son inicialmente al azar dentro de las limitaciones y auto - organización , existe una arquitectura de varios cientos de regiones que realizan funciones específicas , con patrones específicos de las conexiones entre las regiones .

- El diseño de una región del cerebro es más simple que el diseño de una neurona . Modelos consiguen a menudo más simple en una nivel más alto, no más complejo. Considere una analogía con un ordenador. Necesitamos entender la física detallada de los semiconductores para modelar un transistor, y las ecuaciones que subyacen a un solo transistor real son complejas. Sin embargo , un circuito digital que multiplica dos números , a pesar de la participación de cientos de transistores , se puede modelar mucho más simplemente , con sólo unas pocas fórmulas . Un equipo completo con miles de millones de transistores puede ser modelado a través de su conjunto de instrucciones de registro y descripción, que puede ser descrito en un puñado de páginas escritas de texto y transformaciones matemáticas .

Los programas de software para un sistema operativo, compiladores de lenguaje y ensambladores son bastante complejas, pero para modelar un programa - ejemplo, un programa de reconocimiento de voz en particular sobre la base de Markov modelado se puede describir en unas pocas páginas de ecuaciones. En ninguna parte de esta descripción se pueden encontrar los detalles de la física de los semiconductores . Una observación similar vale también para el cerebro. Una disposición neuronal particular que detecta una característica visual invariante particular (tal como una cara ) o que realiza un filtrado de paso de banda ( restringir la entrada a un determinado rango de frecuencias ) operación en la información auditiva o que evalúa la proximidad temporal de dos eventos se puede describir con mucha mayor simplicidad de la física y química las relaciones reales que controlan los neurotransmisores y otras variables sinápticas y dendríticas que participan en los procesos respectivos . A pesar de toda esta complejidad neural tendrán que ser considerados cuidadosamente antes de avanzar al siguiente nivel superior ( modelar el cerebro) , gran parte de ella se puede simplificar una vez que los principios de funcionamiento del cerebro se entienden.

### **Tratar de entender nuestro propio pensamiento**

## El ritmo acelerado de la Investigación

Nos acercamos a la rodilla de la curva ( el período de rápido crecimiento exponencial ) en el ritmo acelerado de la comprensión del cerebro humano, pero nuestros esfuerzos en esta área tenemos una larga historia . Nuestra capacidad de reflexionar y construir modelos de nuestro pensamiento es un atributo exclusivo de nuestra especie. Modelos mentales tempranos eran de necesidad basado en la simple observación de nuestro comportamiento externo (por ejemplo , el análisis de los recursos humanos de Aristóteles capacidad de asociar ideas, escritos hace 2.350 años )<sup>19</sup>

A principios del siglo XX hemos desarrollado las herramientas para examinar los procesos físicos en el interior del cerebro . Un avance inicial fue la medición de la producción eléctrica de las células nerviosas , desarrollado en 1928 por el pionero de la neurociencia ED Adrian , que demostraron que existían procesos eléctricos que tienen lugar dentro de la brain.<sup>20</sup> Como Adrian escritura " , que había organizado unos electrodos en la óptica neurálgico de un sapo en conexión con algún experimento en la retina. la habitación era casi de noche y yo estaba perplejo al oír ruidos repetidos en el altavoz conectado al amplificador, ruidos que indican que una gran parte de la actividad de impulso que estaba pasando. no fue hasta que comparé los ruidos con mis propios movimientos alrededor de la habitación que me di cuenta de que estaba en el campo de visión del ojo del sapo y que estaba señalando lo que estaba haciendo " .

Idea clave de Adrian de este experimento sigue siendo la piedra angular de la neurociencia hoy : la frecuencia de los impulsos del nervio sensorial es proporcional a la intensidad de los fenómenos sensoriales que se están midiendo . P. ejemplo , cuanto mayor sea la intensidad de la luz , mayor es la frecuencia ( impulsos por segundo ) de los impulsos neuronales de la retina al cerebro . Era un estudiante de Adrian , Horace Barlow , quien contribuyó otra idea duradera , "características de disparo " en las neuronas , con el descubrimiento de que las retinas de ranas y conejos tiene neuronas individuales que pondrían en marcha el "ver" las formas específicas , las direcciones, o velocidades . En otras palabras , la percepción implica una serie de etapas , con cada capa de neuronas que reconocen características más sofisticadas de la imagen .

En 1939 comenzamos a desarrollar una idea de cómo realizan las neuronas : mediante la acumulación de ( añadiendo ) sus entradas y luego producir un aumento de la conductancia de la membrana ( un aumento repentino en la capacidad de la membrana de la neurona para llevar a cabo una señal ) una tensión a lo largo del axón de la neurona (que se conecta a otra neurona es a través de un sinapsis ) . AL Hodgkin y AF Huxley describe su teoría de la " potencial de acción " del axón (voltaje) .<sup>21</sup>

También hicieron una medición real de un potencial de acción en el axón neuronal animal en 1952 . Eligieron neuronas calamar debido a su tamaño y la anatomía accesible.

Sobre la base de Hodgkin y Huxley visión WS McCulloch y W. Pitts desarrolló en 1943 un modelo simplificado de las redes neuronales que motivó a medio siglo de

trabajo en artificial ( simulado) redes neuronales ( usando un programa de computadora para simular la forma en que funcionan las neuronas en el cerebro una red ) . Este modelo se perfeccionó por Hodgkin y Huxley en 1952. Aunque ahora nos damos cuenta de que las neuronas reales son mucho más complejos que estos primeros modelos, el concepto original se ha mantenido bien . Este modelo de red neural básico tiene un "peso " neural (que representa la "fuerza" de la conexión) para cada sinapsis y una no linealidad (umbral de disparo ) en la neurona soma ( cuerpo celular ) .

Como la suma de las entradas ponderadas a los aumentos soma de neuronas , hay relativamente poca respuesta de la neurona hasta que se alcanza un umbral crítico , como punto de que la neurona se incrementó rápidamente la salida de su axón y los incendios . Diferentes neuronas tienen diferentes umbrales . Aunque la investigación reciente muestra que la respuesta real es más complejo que esto, el modelo de Hodgkin- Huxley McCulloch - Pitts y siguen siendo esencialmente válida.

Estas ideas llevaron a una enorme cantidad de trabajo a principios de la creación de redes neuronales artificiales , en un campo que se conoce como conexionismo . Este fue quizás el primer paradigma de auto-organización introducido en el campo de la computación.

Un requisito clave para un sistema de auto-organización es una no linealidad : algunos medios de creación de salidas que no son pesos simples sumas de las entradas . Los modelos de red neuronal temprana brinda este no linealidad en su réplica de la neurona nucleus.<sup>23</sup> ( El método de red neural básica es sencillo . ) <sup>24</sup>

Trabajo iniciado por Alan Turing en modelos teóricos de cálculo alrededor del mismo tiempo también mostraron que la computación requiere un no linealidad . Un sistema tan simple crea sumas ponderadas de las entradas no puede realizar los requisitos esenciales de la computación.

Ahora sabemos que las neuronas biológicas reales tienen muchas otras no linealidades que resultan de la acción electroquímica de las sinapsis y la morfología ( forma) de las dendritas . Diferentes modalidades de neuronas biológicas pueden realizar cálculos , incluyendo restar, multiplicar , con un promedio , el filtrado , la normalización , y umbralización señales , entre otros tipos de transformaciones.

La capacidad de las neuronas para realizar la multiplicación es importante porque permitió que el comportamiento de una red de neuronas en el cerebro para ser modulada (influida ) por los resultados de los cálculos de otra red . Los experimentos utilizando mediciones electrofisiológicas en monos proporcionan evidencia de que la tasa de señalización por las neuronas en la corteza visual en el tratamiento de una imagen se aumenta o disminuye en función de si o no el mono está prestando atención a un área en particular de que los estudios de fMRI image.<sup>25</sup> Humanos también han muestra que prestar atención a un área determinada de la imagen, aumenta la capacidad de respuesta de las neuronas de procesamiento de imagen que en una región cortical llamado V5 , que es responsable de la circulación detection.<sup>26</sup>

El movimiento conexionismo experimentó un retroceso en 1969 con la publicación

de los libros *Perceptrones* por Marvin Minsky y Seymour Papert.<sup>27</sup> del MIT Incluía un teorema fundamental que demuestra que el tipo más común (y más simple ) de la red neuronal utilizada en el momento (llamada *Perceptron* , promovida por Frank Rosenblatt de Cornell ), fue incapaz de resolver el simple problema de determinar si un dibujo lineal era totalmente *connected*.<sup>28</sup> el movimiento *neural-net* tuvo un resurgimiento en la década de 1980 utilizando un método llamado " *backpropagation* ", en la que el fuerza de cada sinapsis simulada se determinó utilizando un algoritmo de aprendizaje que ajusta el peso ( la fuerza de la salida de cada uno de neurona artificial después de cada ensayo de entrenamiento para la red podría " aprender " para que coincida más correctamente la respuesta correcta .

Sin embargo, la propagación hacia atrás no es un modelo factible de entrenamiento con pesas sináptica en una red neural biológica real, ya que las conexiones hacia atrás a la realidad ajustar la fuerza de las conexiones sinápticas no parece existir en el cerebro de los mamíferos. En las computadoras, sin embargo, este tipo de sistema de auto-organización puede resolver una amplia gama de problemas de reconocimiento de patrones , y el poder de este sencillo modelo de auto-organización neuronas interconectadas se ha demostrado.

Menos bien conocido es la segunda forma de aprendizaje de Hebb : un bucle planteado la hipótesis en la que la excitación de la neurona alimentaría sobre sí mismo ( posiblemente a través de otras capas ) , causando una reverberación ( un reexcitación continuo podría ser la fuente de aprendizaje a corto plazo) . También sugirió que la reverberación corto plazo podría conducir a la memoria a largo plazo : " Supongamos entonces que la persistencia o la repetición de una actividad de reverbero (o " *traza* " ) tiende a inducir cambios celulares duraderos que aumentan su estabilidad La . supuesto se puede afirmar con precisión el siguiente: Cuando un axón de la célula A está lo suficientemente cerca como para excitar una célula B y repetida o persistentemente participar en el lanzamiento de ella, algún proceso de crecimiento o cambio metabólico se lleva a cabo en una o dos células de tal manera que de una eficiencia, como uno de los de la celda de disparo B , se incrementa " .

Aunque la memoria de reverbero Hebbian no está tan bien establecida como el aprendizaje de Hebb sináptica , los casos se han descubierto recientemente. Por ejemplo , los conjuntos de neuronas excitadoras ( los que estimulan la sinapsis ) y las neuronas inhibitorias ( los que bloquean un estímulo ) inician una oscilación cuando ciertos visual patrones son *presented*.<sup>29</sup> Y los investigadores del MIT y los Laboratorios Bell de Lucent Technologies han creado un circuito electrónico integrado , compuesto de transistores , que simula la acción de dieciséis neuronas excitadoras y una neurona inhibitoria para imitar la circuitería cerebral biológica de la *cortex*.<sup>30</sup>

Estos primeros modelos de neuronas y de procesamiento de información neuronal , aunque simplista e inexacta en algunos aspectos, fueron notables , dada la falta de datos y las herramientas que se han desarrollado estas teorías .

## **Mirada en el Cerebro**

Hemos sido capaces de reducir la deriva y el ruido en nuestros instrumentos de tal manera que podemos ver los movimientos más pequeños de estas moléculas , a través de distancias que son menos que sus diámetros .... [E ] stos tipo de experimentos eran pipedreams hace 15 años.

**STEVEN - BLOCK, PROFESOR DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y APLICADA FÍSICA, UNIVERSIDAD DE STANFORD**

Imaginemos que estábamos tratando de hacer ingeniería inversa de un ordenador sin saber nada sobre él ( el enfoque de " recuadro negro" ) . Podríamos empezar por colocar las matrices de sensores magnéticos alrededor del dispositivo. Nos daríamos cuenta de que durante las operaciones que actualizan una base de datos , la actividad significativa se produce en un circuito particular. Estaríamos propensos a tomar nota de que también hubo acción en el disco duro durante estas operaciones. (De hecho , escuchando el disco duro ha sido siempre una ventana de crudo en lo que es un equipo que está haciendo .)

A continuación, podríamos teorizar que el disco tiene algo que ver con la memoria a largo plazo que almacena las bases de datos y que la placa de circuito que se activa durante estas operaciones estuvo involucrado en la transformación de los datos que se almacenan. Esto nos dice aproximadamente donde y cuando las operaciones se llevan a cabo, pero relativamente poco acerca de cómo se llevan a cabo estas tareas.

Si los registros de la computadora ( posiciones de memoria temporal ) se conectaron a las luces del panel frontal ( como fue el caso de las primeras computadoras ) , veríamos ciertos patrones de parpadeo de la luz que indicaban los rápidos cambios en los estados de estos registros durante los períodos cuando el equipo era análisis de datos , pero los cambios relativamente lentos cuando el equipo estaba transmitiendo datos. A continuación, podríamos teorizar que estas luces reflejaron cambios en el estado lógico en algún tipo de comportamiento analítico. Estas ideas podrían ser exacta, pero crudo y no serían capaces de proporcionarnos una teoría de la operación o cualquier idea en cuanto a cómo la información es codificada en realidad o se transforma .

La situación hipotética descrita anteriormente refleja el tipo de esfuerzos que se han realizado para analizar y modelar el cerebro humano con las herramientas rudimentarias que históricamente han estado disponibles . La mayoría de los modelos basado en la investigación del cerebro - exploración contemporánea ( utilizando métodos tales como fMRI , MEG , y otros discutidos más abajo ) son sólo indicativos de los mecanismos subyacentes . Aunque estos estudios son valiosos , su resolución espacial y temporal de crudo no es adecuado para la ingeniería inversa de los rasgos más destacados del cerebro.

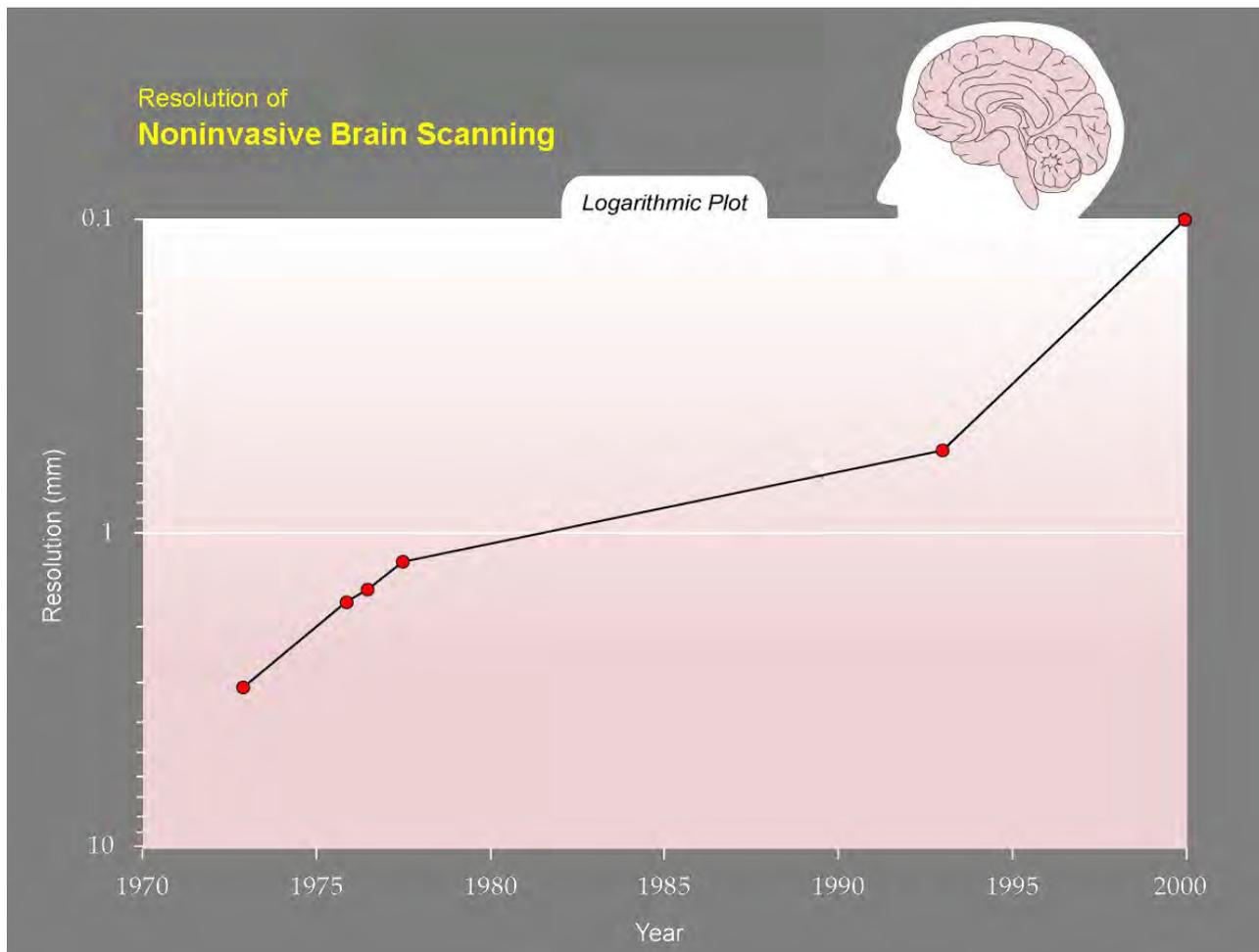
## **Nuevas herramientas para la exploración del cerebro.**

Ahora imaginemos , en nuestro ejemplo anterior equipo , que somos capaces de colocar en realidad sensores precisos en puntos específicos de los circuitos y que estos sensores son capaces de rastrear señales específicas a velocidades muy altas . Ahora nos tenemos las herramientas necesarias para seguir la información real que se transforma en tiempo real, y que sería capaz de crear una descripción detallada de cómo los circuitos funcionan realmente. Esto es , de hecho , exactamente como los ingenieros eléctricos van de entender y depurar circuitos tales como placas de computadoras (la ingeniería inversa del producto de un competidor, por ejemplo) , utilizando analizadores lógicos que visualizan señales de ordenador .

Neurociencia aún no ha tenido acceso a la tecnología de sensores que permita lograr este tipo de análisis , pero esta situación está a punto de cambiar. Nuestras herramientas para escudriñando nuestros cerebros están mejorando a un ritmo exponencial. La resolución de los dispositivos de escaneo cerebral no invasivos se duplica más o menos cada doce meses ( por unidad de volumen ) 31

## **Resolución del cerebro no invasiva exploración**

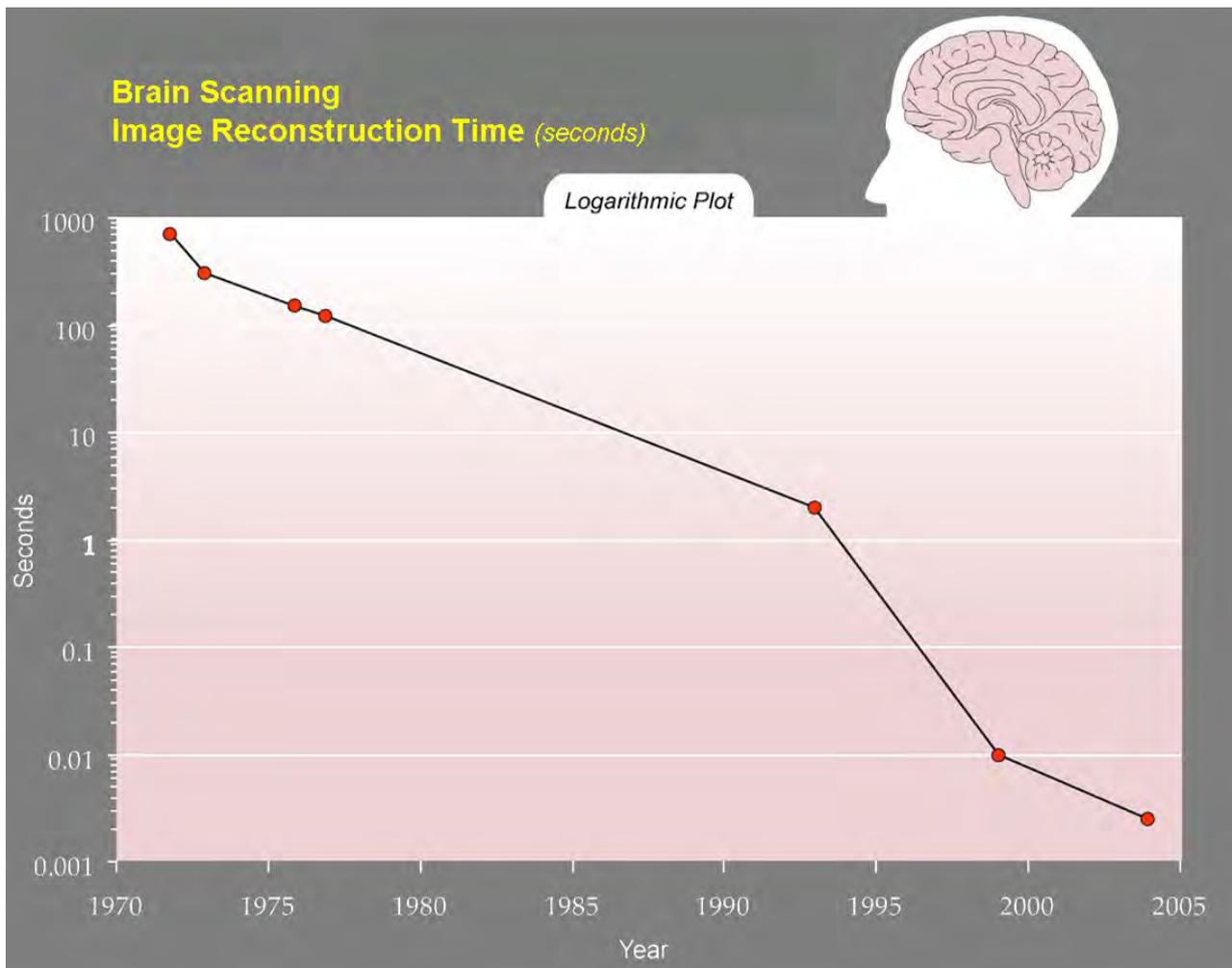
( representación logarítmica )



Vemos mejoras comparables en la velocidad de cerebro exploración de la imagen de reconstrucción :

### Cerebro de exploración Tiempo reconstrucción de imágenes

( representación logarítmica )



La herramienta de escaneo cerebral más comúnmente utilizado es fMRI , que proporciona relativamente una alta resolución espacial de uno a tres milímetros ( no lo suficientemente alta como para obtener imágenes de las neuronas individuales ) pero baja resolución temporal ( tiempo ) de unos pocos segundos . Las generaciones recientes de la tecnología fMRI proporcionan una resolución de tiempo de aproximadamente un segundo, o una décima de segundo para un cerebro rebanada delgada .

Otra técnica utilizada es MEG, que mide campos magnéticos débiles fuera del cráneo , producidas principalmente por las neuronas piramidales de la corteza. MEG es capaz de rápida ( un milisegundo ) resolución temporal , pero sólo una resolución espacial muy cruda, aproximadamente un centímetro .

Fritz Sommer, un investigador principal en el Instituto de Neurociencia de Redwood , está desarrollando métodos para combinar fMRI y MEG para mejorar la precisión espacial y temporal de las medidas. Otros avances recientes han demostrado que las técnicas de resonancia magnética funcional con capacidad de mapeo de las regiones denominadas columnas y estructuras laminares , que son sólo una fracción de un milímetro de ancho , y de detectar las tareas que tienen lugar en decenas de milliseconds.<sup>32</sup> fMRI y una técnica de exploración relacionadas con el uso de positrones llamado tomografía por emisión de positrones (PET ), tanto la actividad

neuronal calibre a través de medios indirectos. PET mide el flujo sanguíneo cerebral regional ( rCBF ) , mientras que las medidas TMRI de oxígeno en sangre levels.<sup>33</sup>

Aunque la relación de estas cantidades de flujo de sangre a la actividad neuronal es objeto de controversia , el consenso es que reflejan la actividad sináptica local, no la adición de las neuronas. La relación de la actividad neural para el flujo de sangre fue articulada por primera vez en la finales del siglo XIX century.<sup>34</sup> Una limitación de TMRI , sin embargo , es que la relación de flujo de sangre a la actividad sináptica no es directa : una variedad de mecanismos metabólicos afectan a la relación entre los dos fenómenos .

Sin embargo , tanto el PET y TMRI se cree que son más fiable para medir los cambios relativos en el estado del cerebro . El principal método que utilizan es el "paradigma de la resta " , que puede mostrar regiones que son más activos durante todo tasks.<sup>35</sup> Este procedimiento consiste en sustraer datos producidos por una exploración cuando el sujeto no esté realizando una actividad a partir de datos producidos mientras el sujeto está realizando una actividad mental especificado. La diferencia representa el cambio en el estado del cerebro .

Una técnica no invasiva que proporciona una alta resolución espacial y temporal es " imagen óptica " , que consiste en extraer una parte del cráneo , manchando el tejido cerebral de estar con un tinte fluorescente que sobre la actividad neuronal , y luego la imagen de la luz emitida con una cámara digital. Desde imágenes ópticas requiere la cirugía , se ha utilizado principalmente en animales , particularmente ratón , experimentos .

Otro enfoque para identificar la funcionalidad del cerebro en diferentes regiones es la estimulación magnética transcraneal ( TMS ) , que consiste en aplicar un campo magnético fuerte - pulsada desde el exterior del cráneo, utilizando una bobina magnética posicionada con precisión sobre la cabeza . Por tanto estimular o inducir una " lesión virtual" de ( deshabilitando temporalmente) pequeñas regiones del cerebro , las habilidades pueden ser disminuidos o enhanced.<sup>36</sup> TMS también se puede utilizar para estudiar la relación de las diferentes áreas del cerebro en las tareas específicas y puede incluso inducen sensaciones de mística experiences.<sup>37</sup> cerebro científico Allan Snyder ha informado de que alrededor del 40 por ciento de los sujetos de prueba conectados a TMS mostrar nuevas habilidades importantes , muchos de los cuales son notables , como el dibujo abilities.<sup>38</sup>

Si tenemos la opción de destruir el cerebro que está escaneando , dramáticamente más alta resolución espacial se hace posible . Escaneado de un cerebro congelado es factible hoy en día , aunque todavía no a la velocidad o ancho de banda suficiente para mapear plenamente todas las interconexiones . Pero, de nuevo , de conformidad con la ley de los retornos acelerados , este potencial está creciendo de manera exponencial , al igual que todas las demás facetas de la exploración del cerebro .

Andreas Nowatzyk de la Universidad Carnegie Mellon está escaneando el sistema nervioso del cerebro y el cuerpo de un ratón con una resolución de menos de dos

centenares de nanómetros , que se acercan a la resolución necesaria para la ingeniería inversa completa. Otra escáner destructivo llamado "Brain Tissue escáner" desarrollado en el Laboratorio de Redes del Cerebro en la Universidad A & M de Texas es capaz de escanear todo un cerebro de ratón con una resolución de 250 nanómetros de un mes usando slices.<sup>39</sup>

### **Optimización de la resolución .**

Muchas de las tecnologías de escaneo cerebral nuevos ahora en desarrollo están mejorando dramáticamente temporal y resolución espacial. Esta nueva generación de sistemas de detección y escaneo está proporcionando las herramientas necesarias para desarrollar modelos con niveles sin precedentes de finos detalles. Lo que sigue es una pequeña muestra de estos nuevos sistemas de detección de imágenes y .

Una cámara especialmente emocionante nueva exploración se está desarrollando en la Universidad de Laboratorio de Investigación Neuroingeniería Pennsylvania , dirigido por Leif H. Pinkel.<sup>40</sup> El sistema óptico está proyectado resolución espacial será lo suficientemente alto como para agrandar las neuronas individuales y en una milésima de segundo el tiempo de resolución , que es suficiente para grabar el disparo de cada neurona .

Las versiones iniciales son capaces de escanear un centenar de células al mismo tiempo , a una profundidad de hasta diez micras de la cámara . Una versión futura será la imagen hasta mil células simultáneamente , a una distancia de hasta 150 micras de la cámara y en el tiempo de resolución submillisecond . El sistema puede escanear el tejido neural in vivo ( en un cerebro vivo ), mientras que un animal se dedica a una tarea mental , aunque la superficie del cerebro debe ser expuesta . El tejido neural se tiñe para generar fluorescencia dependiente de la tensión, que es captada por la cámara de alta resolución . El sistema de escaneo se puede utilizar para examinar los cerebros de los animales antes y después de aprender habilidades perceptuales específicos . Este sistema combina la ( un milisegundo ) Resolución temporal rápida de MEG mientras que pudiendo imagen neuronas individuales y conexiones.

Los métodos también han sido desarrollados para activar las neuronas no invasiva o incluso una parte específica de una neurona de una manera temporal y espacialmente preciso. Un enfoque, que implica fotones , utiliza una excitación directa " dos fotones " , llamado " microscopía de dos fotones láser de exploración " (TPLSM)<sup>41</sup> Esto crea un único punto de enfoque en el espacio tridimensional que permite escaneado muy alta resolución. Utiliza pulsos láser dura sólo una millonésima de una mil millonésima de un segundo ( 10-15 segundos ) para detectar la excitación de las sinapsis individuales en el cerebro intacto mediante la medición de la acumulación de calcio intracelular asociada con la activación de sináptica receptors.<sup>42</sup> Aunque el método destruye una cantidad insignificante de tejido , que proporciona imágenes extremadamente de alta resolución de las espinas dendríticas y sinapsis individuales en acción.

Esta técnica se ha utilizado para llevar a cabo la cirugía intracelular ultraprecisa . El físico Eric Mazur y sus colegas de la Universidad de Harvard han demostrado su capacidad para ejecutar las modificaciones precisas de las células, como la ruptura de una conexión interneuronal o destruir una sola mitocondria ( fuente de energía de la célula ), sin afectar otros componentes celulares . " Se genera el calor del sol, " dice Mazur colega Donald Ingber , " pero sólo para quintillionths de segundo, y en un espacio muy pequeño. "

Otra técnica, denominada " grabación multielectrodo , " utiliza una matriz de electrodos para registrar simultáneamente la actividad de un gran número de neuronas con muy alta ( submillisecond ) temporal resolution.<sup>43</sup> Además, una técnica no invasiva llama microscopía de generación del segundo armónico ( SHG ) es poder " para estudiar las células en la acción ", explica el desarrollador principal Dombeck Daniel , un estudiante graduado en la Universidad de Cornell. Otra técnica, llamada coherencia óptica de imagen ( OCI ) , utiliza luz coherente ( ondas de luz que están todos alineados en la misma fase ) para crear imágenes tridimensionales holográficas de grupos de células .

### **Digitalización con nanobots .**

A pesar de estos medios en gran medida no invasiva de escanear el cerebro desde fuera del cráneo están mejorando rápidamente , el método más potente para capturar cada detalle neural relevante será la de analizar desde dentro . Por la década de 2020 la tecnología nanobot será viable , y el escaneo del cerebro será una de sus aplicaciones importantes . Como se ha descrito anteriormente nanobots son robots que serán el tamaño de las células sanguíneas ( de siete a ocho micras ) o incluso smaller.<sup>44</sup> miles de millones de ellos podrían viajar a través de todos los capilares cerebrales , explorando cada función neuronal relevante de cerca. El uso de comunicaciones inalámbricas de alta velocidad, los nanobots podrían comunicarse entre sí y con las computadoras compilar la base de datos del cerebro -scan . (En otras palabras , los nanobots y los ordenadores estarán todos en una red de área local inalámbrica . )<sup>45</sup>

Un reto técnico clave para la interconexión con las estructuras nano robots biológicos del cerebro es la barrera sangre - cerebro (BBB ) . A finales del siglo XIX, los científicos descubrieron que cuando se inyecta un tinte azul en el torrente sanguíneo de un animal, todos los órganos de los animales se volvieron azules, con la excepción de la médula espinal y el cerebro . Ellos plantearon la hipótesis de precisión una barrera que protege al cerebro de una amplia gama de sustancias potencialmente nocivas en la sangre , incluyendo bacterias , hormonas , sustancias químicas que pueden actuar como neurotransmisores , y otras toxinas . Sólo oxígeno , glucosa y un muy selecto grupo de otras moléculas pequeñas son capaces de salir de los vasos sanguíneos y entrar en el cerebro .

Las autopsias a principios del siglo XX revelaron que el revestimiento de los

capilares en el cerebro y otros tejidos del sistema nervioso es en realidad llena mucho más estrechamente con las células endoteliales que los buques de tamaño comparable en otros órganos. Estudios más recientes han demostrado que la acreditación es un sistema complejo que dispone de puertas de enlace completos con las claves y contraseñas que permiten la entrada en el cerebro . Por ejemplo , dos proteínas denominadas zonulina y ZO-2 se han descubierto que reaccionan con los receptores en el cerebro para abrir temporalmente la acreditación en los sitios seleccionados. Estas dos proteínas playa papel similar en la apertura de los receptores en el intestino delgado para permitir la digestión de la glucosa y otros nutrientes .

Todo sistema de nanobots para escanear o interactuar con el cerebro tendrá que considerar el BBB. Aquí describo algunas estrategias que serán factibles , dada las capacidades futuras . Sin lugar a dudas , otros se desarrollarán durante el próximo cuarto de siglo.

- Una táctica obvia es hacer que el nanobot suficientemente pequeña como para deslizarse a través de la acreditación , pero este es el método menos práctico , al menos con la nanotecnología como lo imaginamos hoy. Para ello, el nanobot tendría que ser veinte nanómetros o menos de diámetro, que es aproximadamente del tamaño de un centenar de átomos de carbono. Limitar el nanobot a estas dimensiones limitaría seriamente su funcionalidad.
- Una estrategia intermedia sería mantener el nanobot en el torrente sanguíneo , pero que lo han proyectar un brazo robótico a través de la acreditación y en el líquido extracelular que las líneas de las células neuronales . Esto permitiría que el nanobot se mantenga lo suficientemente grande como para tener suficientes recursos computacionales y de navegación . Dado que casi todas las neuronas se encuentran dentro de dos o tres anchos de células de un capilar, el brazo haría que llegar sólo hasta unos cincuenta micras. Los análisis realizados por Rob Freitas y otros muestran que es muy factible para restringir el ancho de dicho manipulador a menos de veinte nanómetros .
- Otro enfoque es mantener los nanobots en los capilares y utilizar la exploración no invasiva . Para ejemplo, el sistema de exploración está diseñada por Finkel y sus asociados puede escanear a una resolución muy alta (suficiente para ver las interconexiones individual) a una profundidad de 150 micras, que es varias veces mayor de lo que necesitamos . Obviamente este tipo de sistema óptico de formación de imágenes tendría que ser miniaturizado de manera significativa (en comparación con diseños contemporáneos), pero utiliza sensores de los dispositivos de acoplamiento de carga , que son susceptibles a tal reducción de tamaño .
- Otro tipo de exploración no invasiva implicaría una serie de nanobots que emiten señales enfocadas similares a las de un escáner de dos fotones y otro conjunto de nanobots que reciben la transmisión . La topología del tejido intermedio se pudo determinar mediante el análisis del impacto en la señal recibida .
- Otro tipo de estrategia , sugerida por Robert Freitas , sería que el nanobot

literalmente irrumpir su camino más allá de la acreditación por romper un agujero en él , salir del vaso sanguíneo , y luego reparar el daño. Dado que el nanobot se puede construir usando de carbono en una configuración de diamantina , que sería mucho más fuerte que los tejidos biológicos . Freitas escribe , " Para pasar entre las células en el tejido rico en células , es necesario que un nanorrobot avance para interrumpir un número mínimo de contactos adhesivos - a - célula-célula que quedan por delante en su camino . Después de eso , y con el objetivo de minimizar biointrusiveness , el nanorobot debe sellar los contactos adhesivos en su estela , crudamente análogo a un topo de madriguera . " 46

- Otro enfoque es sugerido por los estudios de cáncer contemporáneos. Los investigadores del cáncer están muy interesados en interrumpir selectivamente la acreditación para el transporte de sustancias que destruyen el cáncer para los tumores . Estudios recientes de la serie acreditación que se abre en respuesta a una variedad de factores , que incluyen ciertas proteínas, como se mencionó anteriormente , hipertensión localizada , altas concentraciones de determinadas sustancias , microondas y otras formas de radiación , infección , y la inflamación . También hay procesos especializados que ferry sustancias necesarias tales como la glucosa . También se ha encontrado que el manitol azúcar causa una disminución temporal de las células endoteliales estrechamente empaquetados para proporcionar una violación temporal de la acreditación . Mediante la explotación de estos mecanismos , varios grupos de investigación están desarrollando compuestos que abren la BBB.<sup>47</sup> Aunque esta investigación está dirigida a terapias contra el cáncer , enfoques similares pueden ser utilizados para abrir las puertas de enlace de nanobots que escanear el cerebro , así como mejorar nuestro funcionamiento mental.
- Podríamos pasar por alto el torrente sanguíneo y la acreditación por completo mediante la inyección de los nanobots en las áreas de la cerebro que tienen acceso directo al tejido neural. Como menciono a continuación , las nuevas neuronas migran desde los ventrículos hacia otras partes del cerebro . Nanobots podrían seguir el mismo camino de migración .
- Rob Freitas ha descrito varias técnicas para nanobots para monitorear sensorial signals.<sup>48</sup> Estos serán importante tanto para la ingeniería inversa de las entradas en el cerebro , así como para la creación de inmersión total realidad virtual desde dentro del sistema nervioso .

► Para escanear y monitorear las señales auditivas, Freitas propone " nanodispositivos móviles ... [ que ] nadar en la arteria espiral de la oreja y hacia abajo a través de sus bifurcaciones para alcanzar el canal coclear , a continuación, se posicionan como monitores neurales en la proximidad de la espiral fibras nerviosas y los nervios que entran en el epitelio del órgano de Corti [ coclear o nervios auditivos ] dentro del ganglio espiral . Estos monitores pueden detectar, registrar, o retransmitida a otros nanodispositivos en la red de comunicaciones todo el tráfico neural auditivo percibido por el oído humano . "

► Para el cuerpo " sensaciones de gravedad , rotación y aceleración , " se imagina "

nanomonitors situados en las terminaciones nerviosas aferentes provenientes de las células ciliadas ubicadas en los ... canales semicirculares . "

► Para la " gestión sensorial kinestésica ... las neuronas motoras se puede controlar para realizar un seguimiento de los movimientos y posiciones de las extremidades , o actividades específicos del músculo , e incluso ejercer el control . "

► " tráfico neuronal sensorial olfativa y gustativa puede espiado [ en ] por instrumentos nanosensory . "

► " Las señales de dolor pueden ser grabadas o modificadas según sea necesario , al igual que los impulsos nerviosos mecánicas y la temperatura de ... receptores situados en la piel. "

► Freitas señala que la retina es rica en vasos sanguíneos pequeños ", que permite un fácil acceso tanto a los fotorreceptores ( varilla , cono, bipolares y ganglionares ) y el integrador ... neuronas. " Las señales del nervio óptico representan más de cien millones de niveles por segundo , pero este nivel de procesamiento de la señal ya es manejable. Como Tomaso Poggio del MIT y otros han indicado, que todavía no entendemos la codificación de las señales del nervio óptico . Una vez que tenemos la capacidad de controlar las señales para cada fibra discreta en el nervio óptico, nuestra capacidad de interpretar estas señales se verá muy facilitada. Este es actualmente un área de intensa investigación.

Como se discute más adelante, las señales en bruto del cuerpo pasan por varios niveles de procesamiento antes de ser agregados en una representación dinámica compacta en dos órganos pequeños llamados la ínsula derecha y la izquierda , que se encuentra profundamente en la corteza cerebral. En la realidad virtual de inmersión total , puede ser más eficaz para aprovechar las señales ya - interpretado en la ínsula en lugar de las señales sin procesar en todo el cuerpo .

Exploración del cerebro con el fin de ingeniería inversa a sus principios de operación es una acción fácil que escanearlo con el propósito de " cargar " una personalidad particular , que se discute más adelante ( consulte la sección " Carga del cerebro humano " sección , p . 198 ) . Con el fin de realizar ingeniería inversa del cerebro, sólo tenemos que analizar las conexiones de una región lo suficiente como para entender su modelo básico . No necesitamos para capturar cada conexión individual.

Una vez que entendemos los patrones de conexiones nerviosas en una región , podemos combinar ese conocimiento con una comprensión detallada de cómo funciona cada tipo de neurona en esa región. A pesar de una región particular del cerebro puede tener miles de millones de neuronas , que contendrá sólo un número limitado de tipos de neuronas . Ya hemos hecho un progreso significativo en la obtención de los mecanismos que subyacen a variedades específicas de neuronas y conexiones sinápticas mediante el estudio de estas células in vitro ( en una placa de ensayo ) , así como in vivo utilizando métodos tales como los de barrido de dos fotones .

Los escenarios anteriores involucran capacidades que existen por lo menos en una

fase inicial en la actualidad. Ya tenemos la tecnología capaz de producir exploraciones de muy alta resolución para la visualización de la forma precisa de cada conexión en una zona particular del cerebro , si el escáner es físicamente próximo a las funciones neuronales . En relación con nanobots , ya hay cuatro grandes conferencias dedicadas al desarrollo de dispositivos de células de tamaño sangre para diagnóstico y terapéutico propósitos.<sup>49</sup> Como se discutió en el capítulo 2 , podemos proyectar el costo disminuye exponencialmente de la computación y el tamaño de la rápida disminución y el aumento de la eficacia de ambas tecnologías electrónicas y mecánicas. En base a estas previsiones, que conservadoramente podemos anticipar la tecnología nanobot necesaria para poner en práctica este tipo de escenarios durante la década de 2020 . Una vez escaneado basado nanobot se convierte en una realidad, que finalmente será en la misma posición que los diseñadores de circuitos son hoy en día : vamos a ser capaces de colocar sensores altamente sensibles y muy alta resolución ( en forma de nanobots ) a millones o incluso miles de millones de ubicaciones en el cerebro y por lo tanto son testigos de impresionantes detalles cerebros vivos en acción.

### **Modelos de construcción del cerebro**

Si nos mágicamente caliente y las ponemos en el cerebro de alguien mientras ella estaba pensando , veríamos todas las bombas , pistones , engranajes y palancas de trabajo de distancia, y que sería capaz de describir su funcionamiento completo, en términos mecánicos , con lo que describe completamente el pensamiento procesos del cerebro . Pero esa descripción sería nada contienen ninguna mención de pensamiento! Sería contener nada más que la descripción de las bombas , pistones , palancas . -G. W. Leibniz (1646-1716)

¿Cómo ... campos expresar sus principios? Los físicos usan términos como los fotones , electrones , quarks , la función de onda cuántica , la relatividad y la conservación de la energía. Los astrónomos usan términos como planetas , estrellas , galaxias, Hubble turnos, y los agujeros negros . Termodinámicos usan términos como entropía , la primera ley , la segunda ley , y el ciclo de Carnot. Los biólogos utilizan términos como filogenia , ontogenia , el ADN y las enzimas . Cada uno de estos términos es en realidad el título de un cuento! Los principios de un campo son en realidad una serie de historias entrelazadas sobre la estructura y el comportamiento de los elementos de campo .

-Peter J. Denning , EX PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN DE INFORMÁTICA MAQUINARIA DE " GRANDES PRINCIPIOS DE INFORMÁTICA "

Es importante que construyamos modelos del cerebro en el nivel adecuado . Esto es, por supuesto, es cierto para todos nuestros modelos científicos . Aunque la química se basa en la física y teóricamente podría ser derivado enteramente de la física , esto sería difícil de manejar y no factible en la práctica. Así que la química utiliza sus propias reglas y modelos. Debemos así mismo, en teoría, ser capaz de deducir las

leyes de la termodinámica de la física , pero este es un proceso muy lejos de ser sencillo. Una vez que tenemos un número suficiente de partículas que llamar a algo un gas en lugar de un montón de partículas , la solución de ecuaciones para cada interacción de las partículas se vuelve impracticable , mientras que las leyes de la termodinámica funcionan muy bien . Las interacciones de una sola molécula dentro del gas son irremediamente complejo e impredecible , pero el propio gas , que comprende miles de millones de moléculas , tiene muchas propiedades predecibles .

Del mismo modo , la biología , que tiene sus raíces en la química , utiliza sus propios modelos. A menudo no es necesaria para expresar los resultados de nivel superior con las complejidades de la dinámica de los sistemas de nivel inferior , aunque hay que entender a fondo el nivel más bajo antes de pasar a la superior. Por ejemplo, podemos controlar ciertas características genéticas de un animal mediante la manipulación de su ADN fetal sin necesidad de entender todos los mecanismos bioquímicos de ADN , por no hablar de las interacciones de los átomos en la molécula de ADN .

A menudo, el nivel más bajo es más compleja. Una célula de islotes pancreáticos , por ejemplo , es enormemente complicado , en términos de todas sus funciones bioquímicas ( la mayor parte de que se aplican a todas las células humanas , algunos a todas las células biológicas ) . Sin embargo, modelando lo que un páncreas no - con sus millones de células - en términos de regulación de los niveles de insulina y las enzimas digestivas , aunque no es simple , es considerablemente menos difícil que la formulación de un modelo detallado de un solo células de los islotes .

El mismo problema se aplica a los niveles de modelado y la comprensión en el cerebro , de la física de las reacciones sinápticas hasta las transformaciones de información por grupos neuronales . En esas regiones del cerebro para los que hemos tenido éxito en el desarrollo de modelos detallados , nos encontramos con un fenómeno similar al de la participación de las células pancreáticas . Los modelos son complejos, pero siguen siendo más simple que las descripciones matemáticas de una sola célula o incluso una sola sinapsis . Como hemos comentado anteriormente , estos modelos específicos de la región también requieren significativamente menos cálculo que está teóricamente implicado por la capacidad computacional de todas las sinapsis y células .

Gilles Laurent , del Instituto de Tecnología de California, señala : " En la mayoría de los casos, el comportamiento colectivo de un sistema es muy difícil deducir a partir del conocimiento de sus componentes .... [ ... Neurociencia es una ciencia de sistemas en los cuales de primer orden y locales se necesitan esquemas explicativos pero no suficiente " . Inverso – cerebro ingeniería procederá por el refinamiento de ambos y de abajo hacia arriba los modelos y simulaciones de arriba a abajo iterativo , ya que refinamos cada nivel de descripción y modelado.

Hasta hace muy poco la neurociencia se caracteriza por modelos excesivamente simplistas limitadas por la crudeza de nuestra percepción y herramientas de escaneo. Esto llevó a muchos observadores dudan de que nuestros procesos de pensamiento eran intrínsecamente capaces de entenderse a sí mismos . Peter D. Kramer escribe: "

Si la mente fuera bastante simple de entender para nosotros , seríamos demasiado simples para entenderlo. " 50 Antes he citado comparación de nuestro cerebro de Douglas Hofstadter a la de una jirafa, cuya estructura es no es diferente de un cerebro humano , pero que claramente no tiene la capacidad de entender sus propios métodos. Sin embargo, el reciente éxito en el desarrollo de modelos muy detallados en los distintos niveles - desde los componentes neurales como sinapsis a las grandes regiones neurales tales como el cerebelo - demostrar que la construcción de modelos matemáticos precisos de nuestro cerebro y luego simular estos modelos con el cálculo es una tarea difícil pero viable una vez que las capacidades de datos estén disponibles. Aunque los modelos tienen una larga historia en la neurociencia , es sólo recientemente que se han convertido en lo suficientemente completa y detallada para permitir simulaciones basadas en ellos para llevar a cabo como experimentos cerebrales reales.

### **Modelos subneural : sinapsis y espinas**

En un discurso ante la reunión anual de la American Psychological Association en 2002 , el psicólogo y neurocientífico Joseph LeDoux, de la Universidad de Nueva York dijo:

Si lo que somos es moldeada por lo que recordamos , y si la memoria no es una función del cerebro , entonces sinapsis - las interfaces a través del cual las neuronas se comunican entre sí y con las estructuras físicas en las que los recuerdos están codificados , son las unidades fundamentales del ser .... las sinapsis son bastante bajos en el tótem de cómo está organizado el cerebro, pero creo que son muy importantes .... el yo es la suma de los subsistemas individuales del cerebro , cada una con su propia forma de "memoria , " junto a las complejas interacciones entre los subsistemas. Sin plasticidad sináptica - la capacidad de las sinapsis para alterar la facilidad con la que se transmiten señales de una neurona a otra - los cambios en los sistemas que son necesarios para el aprendizaje serían imposible.<sup>51</sup>

Aunque a principios de modelado tratado la neurona como la unidad principal de la transformación de la información , la marea ha cambiado hacia destacando sus componentes subcelulares . Neurocientífico computacional Anthony J. Bell, por ejemplo, afirma :

Procesos moleculares y biofísicas controlan la sensibilidad de las neuronas a los picos entrantes ( tanto la eficiencia sináptica y la capacidad de respuesta de post-sináptica), la excitabilidad de la neurona para producir picos , los patrones de picos 170 que puede producir y la probabilidad de nuevas sinapsis que forman ( recableado dinámico ) , a la lista sólo cuatro de las interferencias más obvias desde el nivel subneural . Por otra parte , los efectos de volumen transneural tales como los campos eléctricos locales y la difusión transmembrana de óxido nítrico se han visto para influir , receptivamente , actividad neuronal coherente , y el suministro de energía ( flujo sanguíneo ) a las células , el último de los cuales se correlaciona directamente

con la actividad neuronal . La lista podría seguir . Creo que cualquiera que estudie seriamente neuromoduladores , canales iónicos o mecanismo sináptica y es honesto, tendría que rechazar el nivel neuronal como un nivel de computación separada , aun cuando la encontraron de una utilidad descriptiva level.<sup>52</sup>

De hecho , una sinapsis cerebral real es mucho más complejo de lo que se describe en el clásico modelo de red neuronal McCulloch - Pitts . La respuesta sináptica está influenciada por una variedad de factores , incluyendo la acción de múltiples canales controlados por una variedad de potenciales iónicos (tensiones ) y múltiples neurotransmisores y neuromoduladores . Se ha avanzado considerablemente en los últimos veinte años, sin embargo , en el desarrollo de las fórmulas matemáticas que subyacen en el comportamiento de las neuronas , dendritas , sinapsis , y la representación de la información en los trenes de espiga ( pulsos por neuronas que se han activado ) . Peter Dayan y Larry Abbott han escrito recientemente un resumen de las ecuaciones diferenciales no lineales existentes que describen una amplia gama de conocimientos derivados de miles de modelos experimentales studies.<sup>53</sup> bien fundamentadas existir para la biofísica de los cuerpos de neuronas , sinapsis , y la acción de feedforward redes de neuronas , tales como las que se encuentran en la retina y los nervios ópticos , y muchas otras clases de neuronas .

La atención a la forma en la sinapsis de empresa tiene sus raíces en el trabajo pionero de Hebb . Hebb se dirigió a la pregunta , ¿Cómo funciona la memoria a corto plazo (también llamado de trabajo ) ? La región del cerebro asociada con la memoria a corto plazo es la corteza prefrontal , aunque ahora nos damos cuenta de que las diferentes formas de retención de información a corto plazo, se han identificado en la mayoría de los circuitos neuronales que han sido muy estudiados.

La mayor parte de la obra de Hebb se centró en los cambios en el estado de sinapsis para reforzar o inhibir las señales recibidas y en el circuito de reverbero más controversial en la que las neuronas se disparan en un continuo loop.<sup>54</sup>

Otra teoría propuesta por Hebb es un cambio en el estado de una neurona es , una función de memoria en el soma celular ( cuerpo ) que en sí - . La evidencia experimental apoya la posibilidad de que todos estos modelos . Clásica memoria sináptica de Hebb y la memoria de reverbero requieren un tiempo de retraso antes de que la información registrada se puede utilizar . En experimentos in vivo muestran que al menos en algunas regiones del cerebro no es una respuesta neuronal que es demasiado rápido para ser representan dichos modelos de aprendizaje estándar , y por lo tanto sólo se podría lograr por los cambios inducidos por el aprendizaje en la soma.<sup>55</sup>

Otra posibilidad no prevista directamente por Hebb son los cambios en tiempo real en las conexiones neuronales propios . Los recientes resultados de exploración muestran un rápido crecimiento de los picos de las dendritas y sinapsis nuevas , por lo que este debe ser considerado un mecanismo importante. Los experimentos han demostrado también una rica variedad de comportamientos en el nivel sináptico que van más allá de los modelos simples Hebbian aprendizaje. Las sinapsis pueden cambiar su estado rápidamente , pero a continuación, comenzar a decaer lentamente con la estimulación

continua , o de alguna falta de estimulación , o muchos otros variations.<sup>56</sup>

Aunque los modelos contemporáneos son mucho más complejos que los modelos de sinapsis simples diseñadas por Hebb , sus intuiciones han demostrado ser bastante correcto. Además de la plasticidad sináptica Hebb , los modelos actuales incluyen los procesos globales que proporcionan una función reguladora . Por ejemplo , la escala sináptica mantiene potenciales sinápticos se convierta en cero ( y por lo tanto no poder ser aumentado a través de métodos multiplicativos ) o llegar a ser excesivamente alto y dominando así una red. En experimentos in vitro han encontrado escala sináptica en las redes cultivadas de neocortical , del hipocampo , y de la médula espinal neurons.<sup>57</sup> Otros mecanismos son sensibles a la sincronización global de pico y la distribución de potencial a través de muchas sinapsis . Las simulaciones han demostrado la capacidad de estos mecanismos recientemente descubiertos para mejorar el aprendizaje y la estabilidad de la red .

La novedad más interesante en nuestra comprensión de la sinapsis es que la topología de las sinapsis y las conexiones que se forman están cambiando continuamente . Nuestra primera mirada a los rápidos cambios en las conexiones sinápticas fue revelado por un sistema de exploración innovadora que requiere un animal modificado genéticamente cuyas neuronas se han diseñado para que emita una luz verde fluorescente. El sistema puede viva imagen del tejido neural y tiene una resolución suficientemente alta para capturar no sólo las dendritas (conexiones interneuronales ) , pero las espinas: pequeñas proyecciones que brotan de las dendritas y sinapsis potenciales inician .

Neurobiólogo Karel Svoboda y sus colegas en el Laboratorio de Cold Spring Harbor en Long Island utilizan el sistema de escaneado en ratones para investigar las redes de neuronas que analizan la información de los bigotes , un estudio que proporciona una visión fascinante de aprendizaje neural. Las dendritas crecen continuamente nuevas espinas . La mayoría de ellos duró sólo un día o dos , pero de vez en cuando una columna se mantendría estable. "Creemos que que la alta rotación que vemos podría desempeñar un papel importante en la plasticidad neuronal , en que las espinas que llegar a probar diferentes socios presinápticos en las neuronas vecinas " , dijo Svoboda . " Si una conexión dada es favorable , es decir , lo que refleja una especie deseable de modificar el cableado del cerebro , entonces estas sinapsis se estabilizan y llegan a ser más permanente. Pero la mayoría de estas sinapsis no van en la dirección correcta , y se retraen . " <sup>58</sup>

Otro fenómeno consistente que se ha observado es que las respuestas neuronales disminuyen con el tiempo , si se repite un estímulo particular . Esta adaptación le da mayor prioridad a los nuevos patrones de estímulos. Un trabajo similar por el neurobiólogo Wen Biao Gan en la Escuela de la Universidad de Nueva York de la medicina en las espinas neuronales en la corteza visual de ratones adultos muestran que este mecanismo de la columna vertebral puede tener recuerdos a largo plazo : " Digamos que un niño de 10 años de edad, utiliza 1.000 conexiones para almacenar una pieza de información . Cuando es de 80 , una cuarta parte de las conexiones todavía estará allí , no importa cómo cambian las cosas . es por eso que todavía puede

recordar sus experiencias de la infancia " . Gan también explica : "Nuestra idea era que en realidad no es necesario hacer muchas nuevas sinapsis y deshacerse de los viejos cuando se aprende , memoriza . Sólo tiene que modificar la fuerza de las sinapsis ya existentes para el aprendizaje a corto plazo y la memoria. Sin embargo, es probable que algunas sinapsis se hacen o eliminados para lograr la memoria a largo plazo. " 59

La razón recuerdos pueden permanecer intactos aunque tres cuartas partes de las conexiones han desaparecido es que el método de codificación utilizado parece tener propiedades similares a las de un holograma . En un holograma , la información se almacena en un patrón difuso a lo largo de una extensa región . Si se destruye tres cuartas partes del holograma , toda la imagen se mantiene intacto , aunque con sólo un cuarto de la resolución . La investigación realizada por Pentti Kanerva , neurocientífico de Redwood Instituto de Neurociencias , apoya la idea de que los recuerdos se distribuyen de forma dinámica a lo largo de una región de las neuronas. Esto explica por qué persisten los recuerdos más antiguos , pero sin embargo parecen " desaparecer " , ya que su resolución ha disminuido.

## **Modelos Neuron**

Los investigadores también han descubierto que las neuronas específicas de realizar tareas de reconocimiento especial . Un experimento con pollos identificados neuronas del tallo cerebral que detectan retrasos particulares como sonidos llegan a los dos ears.<sup>60</sup> Diferentes neuronas responden a diferentes cantidades de retardo . Aunque hay muchas irregularidades complejas en cómo estas neuronas (y las redes que se basan en ) trabajo, lo que realmente están logrando es fácil de describir y sería fácil de replicar . De acuerdo con la Universidad de California en San Diego neurocientífico de Scott Makeig , " los resultados neurobiológicos recientes sugieren un papel importante de las entradas neuronales sincronizadas precisamente en el aprendizaje y la memoria. " 61

## **Las neuronas electrónicas .**

Un reciente experimento de la Universidad de California en el Instituto de San Diego para la Ciencia no lineal demuestra el potencial de las neuronas electrónicas para emular con precisión los biológicos . Las neuronas (biológicos o no) son un buen ejemplo de lo que se denomina computación caótico.

Cada neurona actúa de una manera esencialmente impredecible . Cuando toda una red de neuronas recibe la entrada ( del mundo exterior o de otras redes de neuronas ) , la señalización entre los que parece a primera vista ser frenética y al azar. Con el tiempo típicamente una fracción de un segundo o así , la interacción caótica de las neuronas muere hacia abajo y un patrón estable de coacción emerge . Este modelo representa la "decisión" de la red neuronal . Si la red neuronal está realizando una tarea de reconocimiento de patrones ( y tales tareas constituyen el grueso de la actividad en el cerebro humano ) , el patrón emergente representa el reconocimiento apropiado . .

Así que la cuestión abordada por los investigadores de San Diego fue: ¿Podría neuronas electrónicas participar en esta danza caótica junto a los biológicos ? Se conectan las neuronas artificiales con neuronas reales de langostas en una sola red , y su red biológica - no biológico híbrido realizado de la misma manera ( es decir, interacción caótica seguido por un patrón emergente estable ) y con el mismo tipo de resultados como un todo neta biológica de las neuronas . Esencialmente , las neuronas biológicas aceptan sus pares electrónicos. Esto indica que el modelo matemático caótica de estas neuronas era razonablemente exacta .

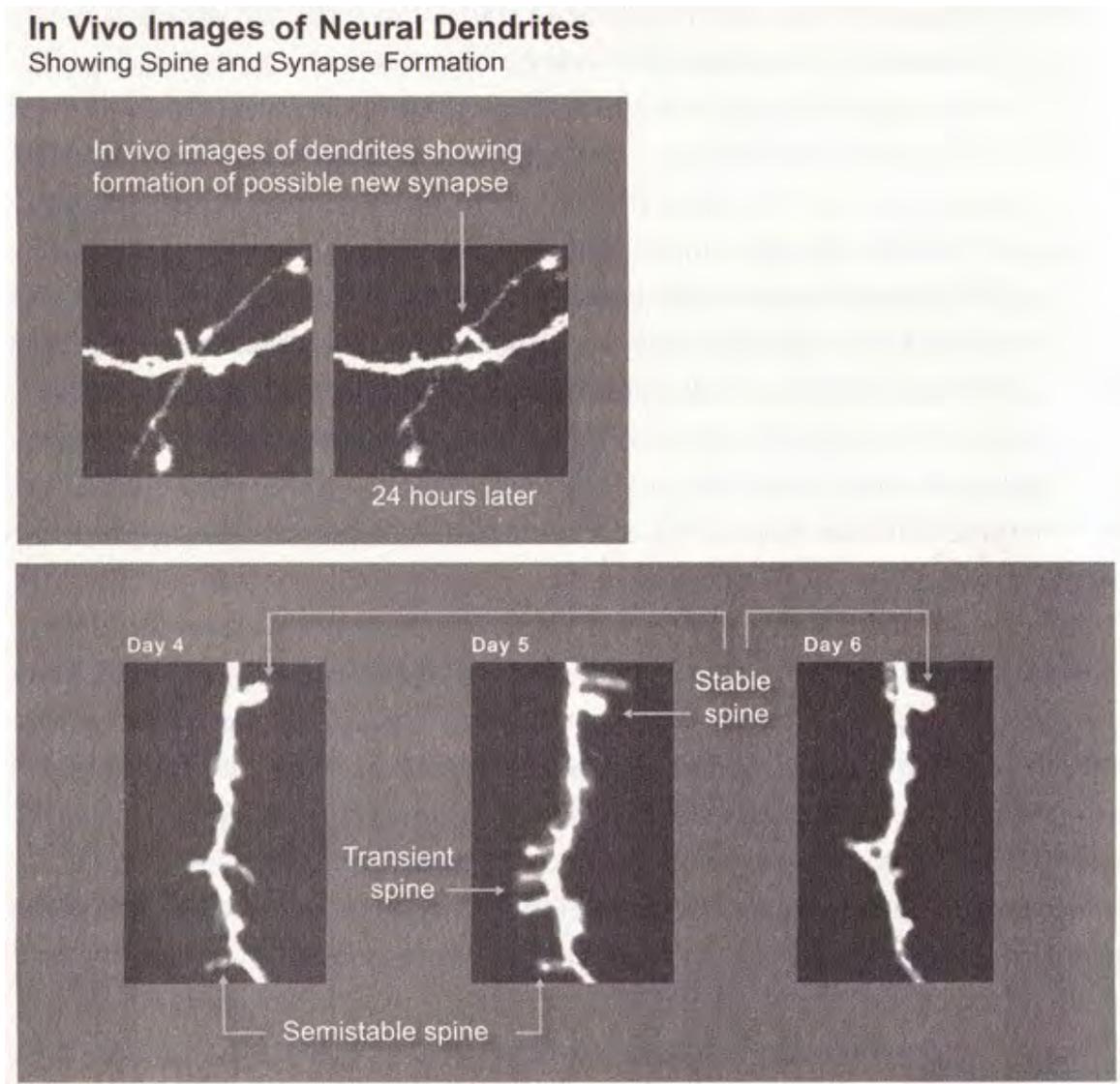
## **Plasticidad Cerebral**

En 1861 neurocirujano francés Paul Broca correlacionada herido o afectado quirúrgicamente regiones del cerebro con ciertas habilidades perdidas , como la motricidad fina o capacidad lingüística . Durante más de un siglo, los científicos creían que estas regiones fueron programados para tareas específicas. A pesar de ciertas áreas del cerebro tienden a utilizarse para determinados tipos de habilidades , ahora entendemos que estas asignaciones se pueden cambiar en respuesta a la lesión cerebral , como una apoplejía. En un estudio clásico 1965 , DH Hubel y TN Wiesel mostraron que extensa y de largo alcance reorganización del cerebro podría tener lugar después de un daño en el sistema nervioso , como por ejemplo de un stroke.<sup>62</sup>

Por otra parte , la disposición detallada de las conexiones y las sinapsis en una región dada es un producto directo de cómo se utiliza ampliamente esa región . Como escaneo cerebral ha alcanzado una resolución suficientemente alta para detectar el crecimiento dendrítico-espina dorsal y la formación de nuevas sinapsis, podemos ver nuestro cerebro crecer y adaptarse para seguir literalmente nuestros pensamientos. Esto le da nuevos matices a Descartes " Pienso, luego existo " .

## **En imágenes in vivo de las dendritas neuronales**

## Mostrando columna y la formación de sinapsis



En un experimento llevado a cabo por Michael Merzenich y sus colegas de la Universidad de California en San Francisco, comida monos se colocó en una posición tal que los animales tenían que manipular con destreza un dedo para conseguirlo. Los escáneres cerebrales antes y después de un crecimiento dramático puesto de manifiesto en las conexiones interneuronales y sinapsis en la región del cerebro responsable de controlar que el dedo.

Edward Taub en la Universidad de Alabama estudió la región de la corteza responsable de la evaluación de la información táctil de los dedos. Comparando no músicos a los jugadores experimentados de los instrumentos de cuerda, no encontró diferencia en las regiones del cerebro dedicadas a los dedos de la mano derecha, pero una gran diferencia para los dedos de la mano izquierda. Si sacamos una foto de las manos sobre la base de la cantidad de tejido cerebral dedicada a analizar el tacto, los dedos de los músicos en su mano izquierda (que se utilizan para controlar las cuerdas) serían enormes. Aunque la diferencia fue mayor para aquellos músicos que

comenzaron la formación musical con un instrumento de cuerda como los niños ", incluso si usted toma el violín a los 40 ", Taub , comentó: " sigue recibiendo la reorganización del cerebro . " 63

Un hallazgo similar proviene de la evaluación de un programa de software, desarrollado por Paula Tallal y Steve Miller en la Universidad de Rutgers , llamado Fast For Word , que ayuda a los estudiantes con dislexia . El programa lee el texto a los niños , lo que frena fonemas staccato como "b " y "p " , basada en la observación de que muchos estudiantes disléxicos son incapaces de percibir estos sonidos cuando se le habla rápidamente. Que le lean con esta forma modificada de expresión se ha demostrado para ayudar a estos niños a aprender a leer . Utilizando resonancia magnética funcional de exploración John Gabrieli de la Universidad de Stanford encontró que la región prefrontal izquierda del cerebro , un área asociada con el procesamiento del lenguaje , de hecho había crecido y se mostró una mayor actividad en los estudiantes disléxicos utilizando el programa . Dice Tallal , " Usted crea su cerebro desde la entrada te dan. "

Ni siquiera es necesario expresar los propios pensamientos en la acción física para provocar que el cerebro reconfigurarse . Dr. Álvaro Pascual -Leone en la Universidad de Harvard examinó los cerebros de los voluntarios antes y después de practicar un ejercicio simple piano . La corteza motora cerebral de los voluntarios cambiado como resultado directo de su práctica . Luego había un segundo grupo sólo piensa en hacer el ejercicio de piano, pero sin llegar a mover los músculos. Esto produjo un cambio igualmente pronunciada en el motor - corteza network.<sup>64</sup>

FMRI estudios recientes de aprendizaje relaciones visuales y espaciales encontraron que las conexiones de interneuronas pueden cambiar rápidamente durante el transcurso de una sola sesión de aprendizaje . Los investigadores encontraron cambios en las conexiones entre las células parietales - corteza posterior en lo que se denomina la vía " dorsal " (que contiene información sobre la ubicación y las propiedades espaciales de los estímulos visuales ) y células de la corteza inferior - temporal posterior en la vía " ventral " (que contiene reconoció características invariantes de niveles de abstracción distintos ) ; <sup>65</sup> de manera significativa , que la tasa de cambio era directamente proporcional a la tasa de learning.<sup>66</sup>

Investigadores de la Universidad de California en San Diego reportaron una idea clave en la diferencia en la formación de la memoria a corto plazo y largo plazo . El uso de un método de escaneo de alta resolución, los científicos fueron capaces de ver los cambios químicos dentro de las sinapsis en el hipocampo , la región del cerebro asociada con la formación de largo plazo memories.<sup>67</sup> Descubrieron que cuando una célula se vio estimulada en primer lugar, la actina, una sustancia neuroquímica , se trasladó hacia las neuronas a las que se conecta la sinapsis. Esto también estimuló la actina en las células vecinas a alejarse de la célula activada . Estos cambios duró sólo unos pocos minutos , sin embargo . Si las estimulaciones se repitieron suficientemente, entonces un cambio más significativo y permanente se llevó a cabo.

" Los cambios a corto plazo son sólo una parte de la forma normal de las células

nerviosas se comuniquen entre sí , " el autor principal Dijo Michael A. Cólicos .

Los cambios a largo plazo en las neuronas se producen sólo después de que las neuronas son estimuladas cuatro veces en el transcurso de una hora . La sinapsis en realidad dividir y nuevas sinapsis se forman , produciendo un cambio permanente que probablemente durará por el resto de su vida. La analogía con la memoria humana es que cuando usted ve o escucha algo de una vez , puede pegarse en su mente durante unos minutos . Si no es importante , se desvanece y se olvida que 10 minutos más tarde. Pero si usted ve o escucha de nuevo y esto sigue sucediendo en la próxima hora, usted va a recordar por mucho más tiempo . Y las cosas que se repiten muchas veces puede ser recordado para toda la vida. Una vez que usted toma un axón y formar dos nuevas conexiones , las conexiones son muy estables y no hay razón para creer que van a desaparecer. Ese es el tipo de cambio se podría imaginar que dura toda una vida .

"Es como una lección de piano " , dice el co-autor y profesor de biología Yukiko Goda . " Si PLAYA partitura musical una y otra vez , que se arraiga en su memoria. " Del mismo modo, en un artículo en Science neurocientíficos S. y W. Lowel informe Cantante haber encontrado evidencia de rápida formación dinámica de nuevas conexiones interneuronales en la corteza visual, que se describen con la frase de Donald Hebb " ¿Qué dispara juntos cables juntos. " 68

Otra idea de la formación de la memoria se informó en un estudio publicado en Cell . Los investigadores encontraron que la proteína CPEB realmente cambia su forma en las sinapsis para grabar memories.<sup>69</sup> La sorpresa fue que CPEB lleva a cabo esta función de memoria , mientras que en un estado de priones .

"Durante un tiempo hemos conocido un poco acerca de cómo funciona la memoria , pero hemos tenido un concepto claro de lo que el dispositivo de almacenamiento de claves es " , dijo el co-autor y el Instituto Whitehead de Investigación Biomédica director Susan Lindquist . " Este estudio sugiere lo que podría ser , pero el dispositivo de almacenamiento es una sugerencia tales sorprendente encontrar que una actividad de prión - como puede estar implicado .... Es ... indica que los priones no son sólo excéntricos de la naturaleza , pero pueden participar en procesos fundamentales " . Como informé en el capítulo 3 , los ingenieros humanos también están encontrando los priones para ser un medio poderoso para la construcción de memorias electrónicas

Los estudios de escaneo cerebral también son reveladoras mecanismos para inhibir recuerdos innecesarios y no deseados , un hallazgo que podría satisfacer Sigmund Freud.<sup>70</sup> Usando fMRI , los científicos de la Universidad de Stanford pidió a los sujetos de estudio para tratar de olvidar la información que habían memorizado anteriormente . Durante esta actividad , las regiones en la corteza frontal que se han asociado con la represión de la memoria mostraron un alto nivel de actividad , mientras que el hipocampo , la región que normalmente se asocian con recordar , era relativamente inactivo . Estos resultados " confirman la existencia de un proceso de olvido activo y establecer un modelo neurobiológico para guiar la investigación en olvido motivado " , escribieron el profesor de psicología de Stanford John Gabrieli y sus colegas . Gabrieli también comentó: " La gran noticia es que hemos demostrado

cómo los bloques del cerebro humano una memoria no deseado, que no es un mecanismo de este tipo , y tiene una base biológica . Te pone más allá de la posibilidad de que no hay nada en el cerebro que suprimiría una memoria de que todo era una ficción mal entendido . "

Además de generar nuevas conexiones entre las neuronas , el cerebro también hace que las nuevas neuronas a partir de células madre neurales , que se replican para mantener un depósito de sí mismos . En el curso de la reproducción , algunas de las células madre neurales se convierten en células " precursoras neuronales " , que a su vez madura en dos tipos de células de soporte llamadas astrocitos y oligodendrocitos , así como las neuronas . Las células se desarrollan más a fondo en tipos específicos de neuronas . Sin embargo , esta diferenciación no puede realizarse a menos que las células madre neurales se alejan de su fuente original en los ventrículos del cerebro . Sólo aproximadamente la mitad de las células neuronales realizar con éxito el viaje , que es similar al proceso durante la gestación y la primera infancia en el que sólo una parte de las neuronas en desarrollo de la temprana cerebrales sobrevivir . Los científicos esperan para eludir este proceso de migración neuronal mediante la inyección de células madre neurales directamente en las regiones de destino, así como para crear fármacos que promueven este proceso de neurogénesis ( creación de nuevas neuronas ) para reparar el daño cerebral de lesiones o disease.<sup>71</sup>

Un experimento realizado por investigadores de la genética Fred Gage , G. Kempermann y Henriette van Praag en el Salk Institute for Biological Studies demostró que la neurogénesis es realmente estimulada por nuestra experiencia. Mover a los ratones de una jaula sin interés estéril a un ser estimulante aproximadamente el doble que el número de células que se dividen en su hipocampo regions.<sup>72</sup>

## **Regiones de modelado del Cerebro**

Lo más probable es que el cerebro humano es , en su mayor parte , compuesto de un gran número de sistemas distribuidos relativamente pequeñas , dispuestas por la embriología en una sociedad compleja que es controlado en parte (pero sólo en parte) por los sistemas simbólicos de serie, que se agregan más tarde. Pero los sistemas subsimbólicos que hacen casi todo el trabajo desde abajo deben , por su propio carácter , bloquear todas las otras partes del cerebro de saber mucho acerca de cómo funcionan. Y esto , a su vez , podría ayudar a explicar cómo la gente qué tantas cosas que aún tienen esas ideas incompletas sobre cómo se hacen las cosas en realidad .

– Marvin Minsky y Seymour DOCUMENTO <sup>73</sup>

El sentido común no es una cosa simple. En cambio, es una inmensa sociedad de las ideas - de prácticas ha costado ganar multitud de reglas de vida aprendidas y excepciones , disposiciones y tendencias , los saldos y los cheques. - Marvin Minsky

Además de los nuevos conocimientos sobre la plasticidad de la organización de cada

región del cerebro , los investigadores están creando rápidamente modelos detallados de determinadas regiones del cerebro. Estos modelos neuromórficos y simulaciones se quedan sólo ligeramente por detrás de la disponibilidad de la información en que se basan. El rápido éxito de convertir los datos detallados de los estudios de las neuronas y los datos de interconexión de escaneo neural en modelos eficaces y simulaciones de trabajo desmiente el escepticismo , a menudo señalado por nuestra capacidad inherente de entender nuestro propio cerebro .

Modelado de la funcionalidad del cerebro humano sobre una base no linealidad -por no linealidad y sinapsis - por - sinapsis generalmente no es necesario . Las simulaciones de las regiones que almacenan los recuerdos y habilidades en las neuronas y conexiones ( por ejemplo, el cerebelo ) individuales no hacen uso de modelos celulares detalladas. Incluso para estas regiones , sin embargo , las simulaciones requieren mucho menos cálculo que está implícito en todos los componentes neuronales . Este es el caso de la simulación cerebelo se describe a continuación .

Aunque hay una gran cantidad de complejidad detallada y la no linealidad en las partes subneural de cada neurona , así como un patrón de cableado caótico, semialeatorias subyacente a los miles de millones de conexiones en el cerebro , se han logrado avances significativos en los últimos veinte años en las matemáticas de modelar tales sistemas no lineales de adaptación . Preservar la forma exacta de cada dendrita y el " garabato " precisa de cada conexión interneuronal generalmente no es necesario . Podemos entender los principios de funcionamiento de extensas regiones del cerebro mediante el examen de su dinámica en el nivel de análisis apropiados.

Ya hemos tenido un éxito significativo en la creación de modelos y simulaciones de extensas regiones del cerebro. La aplicación de pruebas para estas simulaciones y la comparación de los datos a la obtenida a partir de experimentos psicofísicos en cerebros humanos reales han producido resultados impresionantes . Dada la crudeza relativa de nuestro análisis y detección de herramientas hasta la fecha , el éxito en el modelado, como lo demuestran las siguientes obras en curso, demuestra la capacidad de extraer las ideas correctas de la masa de datos que se reunieron . Los siguientes son sólo algunos ejemplos de modelos exitosos de las regiones del cerebro , todas las obras en curso.

### **Un modelo Neuromorphic : el cerebelo**

Una pregunta que me examiné en la era de las máquinas espirituales es: ¿cómo un niño de diez años de edad, logran atrapar un fly 74 Todo lo que un niño puede ver es la trayectoria de la pelota de su posición en el outfield ? . Para inferir en realidad la trayectoria de la pelota en el espacio tridimensional requeriría la solución de ecuaciones diferenciales simultáneas difíciles . Necesitarían ecuaciones adicionales que hay que resolver para predecir el curso futuro de la pelota, y más ecuaciones para traducir estos resultados en lo que se requería de los propios movimientos del jugador . ¿Cómo hace un joven jardinero de lograr todo esto en unos pocos segundos , sin

ordenador y sin formación en las ecuaciones diferenciales ? Claramente , no es la solución de las ecuaciones de manera consciente , pero ¿cómo el cerebro soluciona el problema?

Desde ASM fue publicado, se ha avanzado considerablemente en la comprensión de este proceso básico de formación de habilidades . Como ya había planteado la hipótesis de que el problema no se resuelve con la construcción de un modelo mental del movimiento tridimensional . Más bien, el problema se contrae mediante la traducción directa de los movimientos observados de la bola en el movimiento apropiado del jugador y los cambios en la configuración de sus brazos y piernas. Alexandre Pouget , de la Universidad de Rochester y Lawrence H. Snyder de la Universidad de Washington han descrito matemáticos " funciones de base " que puede representar esta transformación directa de movimiento percibido en el campo visual de los movimientos necesarios de la muscles.<sup>75</sup> Además , el análisis de los modelos desarrollados recientemente del funcionamiento del cerebelo demuestran que nuestros circuitos neuronales del cerebelo son de hecho capaces de aprender y a continuación, la aplicación de las funciones de base necesarias para poner en práctica estas transformaciones sensoriomotoras . Cuando nos involucramos en el proceso de ensayo y error para aprender a realizar una tarea sensoriomotora , tales como la captura de un elevado , estamos capacitando a los potenciales sinápticos de las sinapsis del cerebelo para aprender las funciones de base correspondientes. El cerebelo realiza dos tipos de transformaciones con estas funciones de base : al pasar de un resultado deseado de una acción (llamados " modelos internos inversa " ) y pasar de un posible conjunto de acciones a un resultado esperado ( "modelos internos hacia adelante " ) . Tomaso Poggio , ha señalado que la idea de funciones de base puede describir los procesos de aprendizaje en el cerebro que van más allá del motor control.<sup>76</sup>

El béisbol del tamaño de la región del cerebro con forma de frijol gris y blanco , llamado el cerebelo se encuentra en el tronco cerebral y comprende más de la mitad de las neuronas del cerebro . Ofrece una amplia gama de funciones críticas , incluyendo la coordinación sensoriomotora , el equilibrio , el control de las tareas de movimiento y la capacidad de anticipar los resultados de las acciones ( la nuestra , así como los de otros objetos y personas) .<sup>77</sup> A pesar de su diversidad de funciones y tareas , su organización sináptica y celular es extremadamente coherente con la participación sólo varios tipos de neuronas . Parece que hay un tipo específico de cálculo que accomplishes.<sup>78</sup>

A pesar de la uniformidad de procesamiento de la información del cerebelo , la amplia gama de sus funciones se puede entender en términos de la variedad de entradas que recibe de la corteza cerebral ( a través de los núcleos del tronco cerebral y luego a través de células de las fibras musgosas del cerebelo ) y de otra regiones

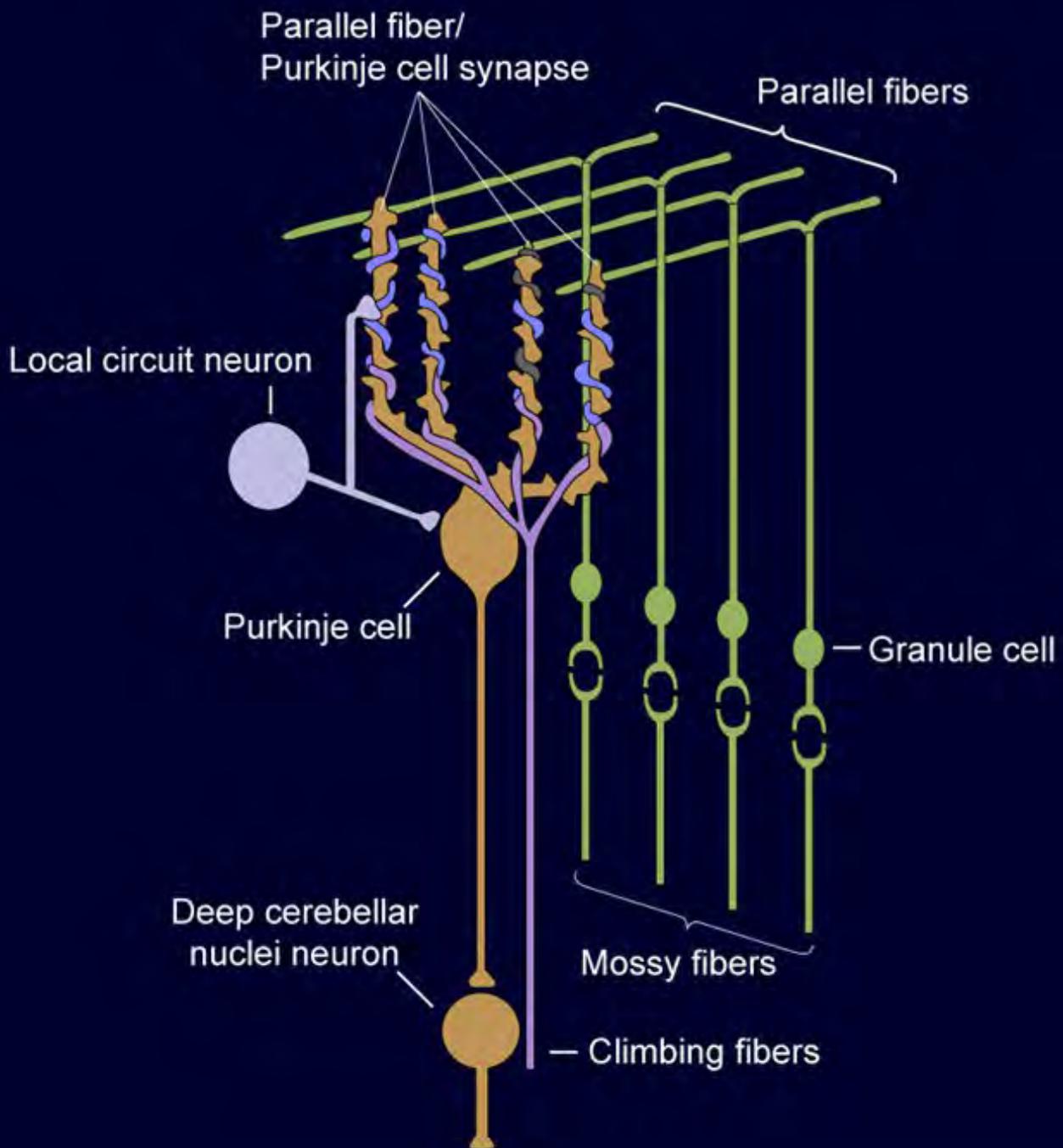
( particularmente en la región " oliva inferior " del cerebro a través de las células de

fibra escalada del cerebelo ) . El cerebelo es responsable de nuestra comprensión de la sincronización y la secuencia de las entradas sensoriales , así como el control de los movimientos físicos.

El cerebelo es también un ejemplo de la forma considerable la capacidad del cerebro supera en gran medida su genoma compacto . La mayor parte del genoma que se dedica al cerebro describe la estructura detallada de cada tipo de célula neuronal ( incluyendo sus dendritas , espinas dorsales, y sinapsis ) y cómo estas estructuras responden a la estimulación y el cambio . Relativamente poco código genómico es responsable de la actual " cableado ". En el cerebelo , el método básico de cableado se repite miles de millones de veces . Es claro que el genoma no proporciona información específica acerca de cada repetición de esta estructura cerebelosa sino más bien especifica ciertas limitaciones en cuanto a cómo se repite esta estructura (al igual que el genoma no especifica la ubicación exacta de las células en otros órganos).

### **Cerebelo masivo repetida patrón de cableado**

## Massively Repeated Cerebellum Wiring Pattern

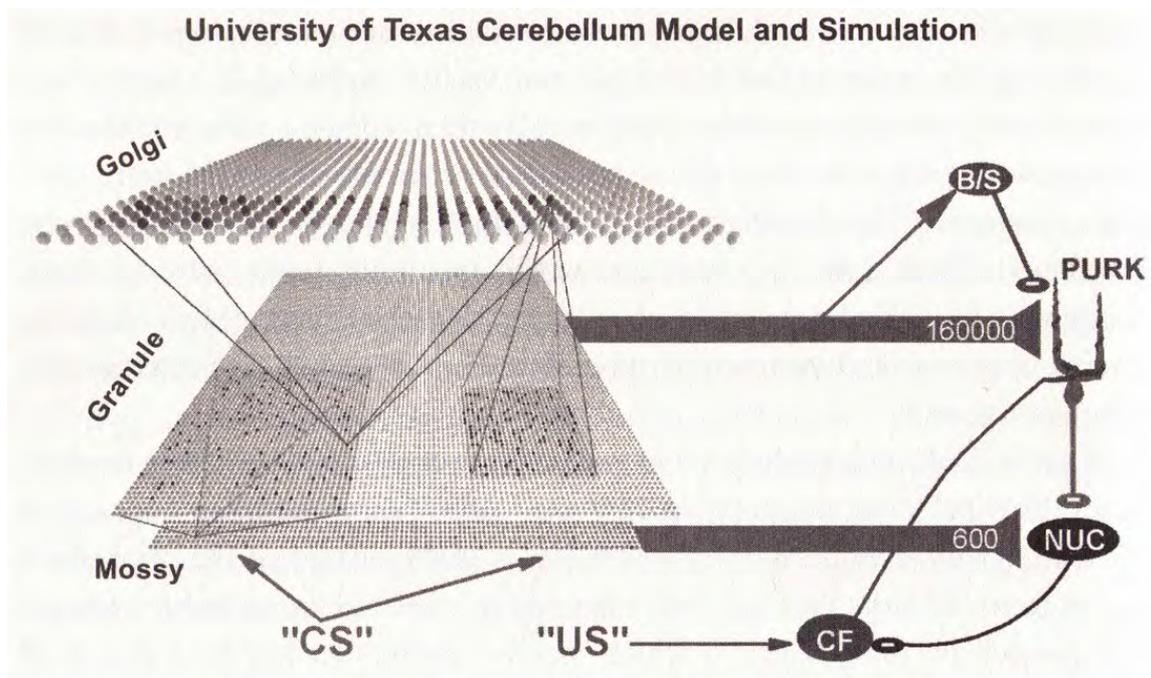


Algunos de los resultados del cerebelo ir a unos doscientos mil neuronas motoras alfa que determinan las señales definitivas del cuerpo aproximadamente seiscientos músculos. Las entradas a las motoneuronas alfa no especifican directamente los movimientos de cada uno de estos músculos, pero están codificados en un diseño más compacto , y sin embargo tan poco entendido , la moda. Las señales finales a los músculos se determinan en los niveles inferiores del sistema nervioso ,

específicamente en el tronco cerebral y la médula cord.<sup>79</sup> Curiosamente , esta organización es llevado a un extremo en el pulpo , el sistema nervioso central de los cuales aparentemente envía muy alto comandos de nivel a cada uno de sus brazos (como " captar ese objeto y acercarla ") , dejando a un sistema nervioso periférico independiente en cada brazo para llevar a cabo la mission.<sup>80</sup>

Mucho se ha aprendido en los últimos años sobre el papel de los tres tipos de nervios principales del cerebelo . Las neuronas llamadas " fibras trepadoras " parecen proporcionar señales para entrenar el cerebelo . La mayor parte de la salida del cerebelo proviene de las grandes células de Purkinje ( llamado así por Johannes Purkinje , que se identificó la célula en 1837 ) , cada uno de los cuales recibe alrededor de doscientos mil entradas ( sinapsis ) , en comparación con la media de alrededor de un millar de un neurona típica . Las entradas vienen en gran parte de las células granulares , que son las neuronas más pequeños , empaquetados alrededor de seis millones por milímetro cuadrado . Estudios de la función del cerebelo durante el aprendizaje de los movimientos de escritura a mano por los niños muestran que las células de Purkinje muestrean realmente la secuencia de movimientos, con cada uno de ellos sensible a una específica sample.<sup>81</sup> Obviamente , el cerebelo requiere orientación perceptiva continua de la corteza visual . Los investigadores fueron capaces de relacionar la estructura de las células del cerebelo a la observación de que existe una relación inversa entre la curvatura y la velocidad al hacer la escritura , es decir, se puede escribir más rápido dibujando líneas rectas en vez de curvas detalladas para cada letra.

### Universidad de Texas Cerebelo Modelo y Simulación



Estudios de células detalladas y estudios en animales nos han proporcionado impresionantes descripciones matemáticas de la fisiología y la organización de las

sinapsis del cerebellum,<sup>82</sup> así como de la codificación de la información en sus entradas y salidas , así como de las transformaciones performed.<sup>83</sup> Recopilando datos de múltiples estudios, Javier F. Medina , Michael D. Mauk , y sus colegas de la Universidad de Texas Medical School diseñaron una detallada simulación de abajo hacia arriba del cerebelo . Cuenta con más de diez mil neuronas simuladas y trescientos mil sinapsis , y que incluye todos los principales tipos de cerebelo cells.<sup>84</sup>

Las conexiones de las células y las sinapsis son determinados por un ordenador , que la región del cerebelo simulado " cables " , siguiendo limitaciones y reglas , similares al método estocástico (al azar dentro de las restricciones) que se utiliza para conectar el cerebro humano real de su code.<sup>85</sup> genética no sería difícil para expandir la Universidad de simulación cerebelosa Texas para un mayor número de sinapsis y células.

Los investigadores de Texas aplicaron un experimento de aprendizaje clásico para su simulación y compararon los resultados de muchos experimentos similares en condicionamiento humano real. En los estudios humanos , la tarea implicada asociar un tono auditivo con un soplo de aire aplicada al párpado , que hace que el párpado para cerrar . Si el soplo del aire y el tono se presentan juntos por 100-200 ensayos , el sujeto aprende la asociación y cerrar los ojos del sujeto en sólo escuchar el tono. Si el tono se le presenta muchas veces sin el soplo de aire, el sujeto aprende finalmente a disociar los dos estímulos ( de "extinguir " la respuesta ) , por lo que el aprendizaje es bidireccional. Después de sintonizar una variedad de parámetros , la simulación proporciona un ajuste razonable a los resultados experimentales sobre el acondicionado del cerebelo humano y animal . Curiosamente, los investigadores encontraron que si crearon lesiones cerebelosas simuladas ( mediante la eliminación de porciones de la red simulada del cerebelo), se consiguieron resultados similares a los obtenidos en los experimentos en conejos que habían recibido real cerebelosa lesions.<sup>86</sup>

A causa de la uniformidad de esta gran región del cerebro y la relativa simplicidad de su cableado interneuronal , sus transformaciones de entrada-salida son relativamente bien entendido , en comparación con los de otras regiones del cerebro . Aunque las ecuaciones pertinentes aún requieren refinamiento, esta simulación ascendente ha demostrado ser muy impresionante.

### **Otro ejemplo: Modelo de las regiones auditivas de Watts**

Creo que la manera de crear una inteligencia del cerebro -como es la construcción de un modelo de sistema de trabajo en tiempo real , precisa en detalle suficiente para expresar la esencia de cada cálculo que se está realizando , y verificar su correcto funcionamiento en contra de las medidas del sistema real . El modelo debe funcionar en tiempo real, por lo que nos veremos obligados a hacer frente a las entradas de la vida real incómodas y complejas que no podríamos pensar de otra manera de presentar a la misma. El modelo debe funcionar con suficiente resolución es comparable al sistema real , por lo que construimos las intuiciones correctas sobre qué tipo de información se representa en cada etapa. Después de Mead , <sup>87</sup> el

desarrollo del modelo se inicia necesariamente en los límites del sistema ( es decir , los sensores ) donde el sistema real es bien entendida , y luego puede avanzar en las regiones menos entendidos .... De esta manera , el modelo puede contribuir

fundamentalmente a nuestra comprensión de avance del sistema, en lugar de limitarse a reflejar la comprensión actual . En el marco de esta gran complejidad , es posible que la única forma práctica para entender el sistema real es construir un modelo de trabajo , de los sensores hacia el interior , a partir de nuestra capacidad recién

habilitado para visualizar la complejidad del sistema a medida que avanzamos en ella. Este enfoque podría ser llamada ingeniería inversa del cerebro .... Tenga en cuenta

que no estoy abogando por una copia ciega de estructuras cuya finalidad no comprendemos , como el legendario Ícaro que ingenuamente intentó construir alas de plumas y cera . Más bien, yo estoy defendiendo que respetamos la complejidad y la riqueza que ya está bien entendido en niveles bajos, antes de proceder a niveles superiores. - LLOYD WATTS<sup>88</sup>

Un ejemplo importante de modelado neuromórficos de una región del cerebro es la réplica completa de una parte significativa del sistema auditivo humano de procesamiento desarrollada por Lloyd Watts y su colegas.<sup>89</sup> Se basa en los estudios neurobiológicos de tipos neuronales específicos, así como en información sobre la conexión interneuronal . El modelo , que tiene muchas de las mismas propiedades que la audición humana y puede localizar e identificar los sonidos , cuenta con cinco caminos paralelos de procesamiento de la información auditiva e incluye las representaciones intermedias reales de esta información en cada etapa de procesamiento neural . Watts ha implementado su modelo como los programas informáticos en tiempo real que , aunque es un trabajo en progreso, ilustra la viabilidad de convertir modelos neurobiológicos y los datos de conexión del cerebro en simulaciones de trabajo. El software no se basa en la reproducción de cada neurona individual y la conexión , como es el modelo de cerebelo se ha descrito anteriormente , sino más bien las transformaciones realizadas por cada región .

Software de Watts es capaz de hacer coincidir las complejidades que se han revelado en los experimentos sutiles sobre la audición humana y la discriminación auditiva . Watts ha utilizado su modelo como un preprocesador ( front-end ) en los sistemas de reconocimiento de voz y ha demostrado su capacidad para seleccionar un altavoz de los sonidos de fondo ( el "efecto cóctel " ) . Esta es una hazaña impresionante de la que son capaces los humanos , pero hasta ahora no había sido posible en automático de reconocimiento de voz systems.<sup>90</sup>

Al igual que el oído humano , modelo de cóclea de Watts está dotado de sensibilidad espectral ( oímos mejor a ciertas frecuencias ) , las respuestas temporales (que son sensibles a la sincronización de los sonidos , que crean la sensación de su ubicación espacial ) , el enmascaramiento , no lineal de amplitud dependiente de la frecuencia compresión (que permite un mayor rango dinámico de la capacidad de oír ambos sonidos altos y bajos ) , control de ganancia ( amplificación ) , y otras características sutiles. Los resultados que obtiene son directamente verificables por los datos biológicos y psicofísicos .

El siguiente segmento de la modelo es el núcleo coclear , que profesor de neurociencia y neurobiología Gordon M. Shepherd <sup>91</sup> Universidad de Yale ha descrito como "una de las mejores regiones comprendidas en el cerebro . " Simulación del núcleo coclear de <sup>92</sup> Watts se basa en el trabajo de E. Young que describe en detalle " los tipos de células esenciales responsables de la detección de la energía espectral, los transitorios de banda ancha , de ajuste fino de canales espectrales , la mejora de la sensibilidad a la dotación temporal de canales espectrales , y los bordes del espectro y las muescas , toda ganancia mientras se ajusta la sensibilidad óptima dentro el rango dinámico limitado de la neural spiking code.<sup>93</sup>

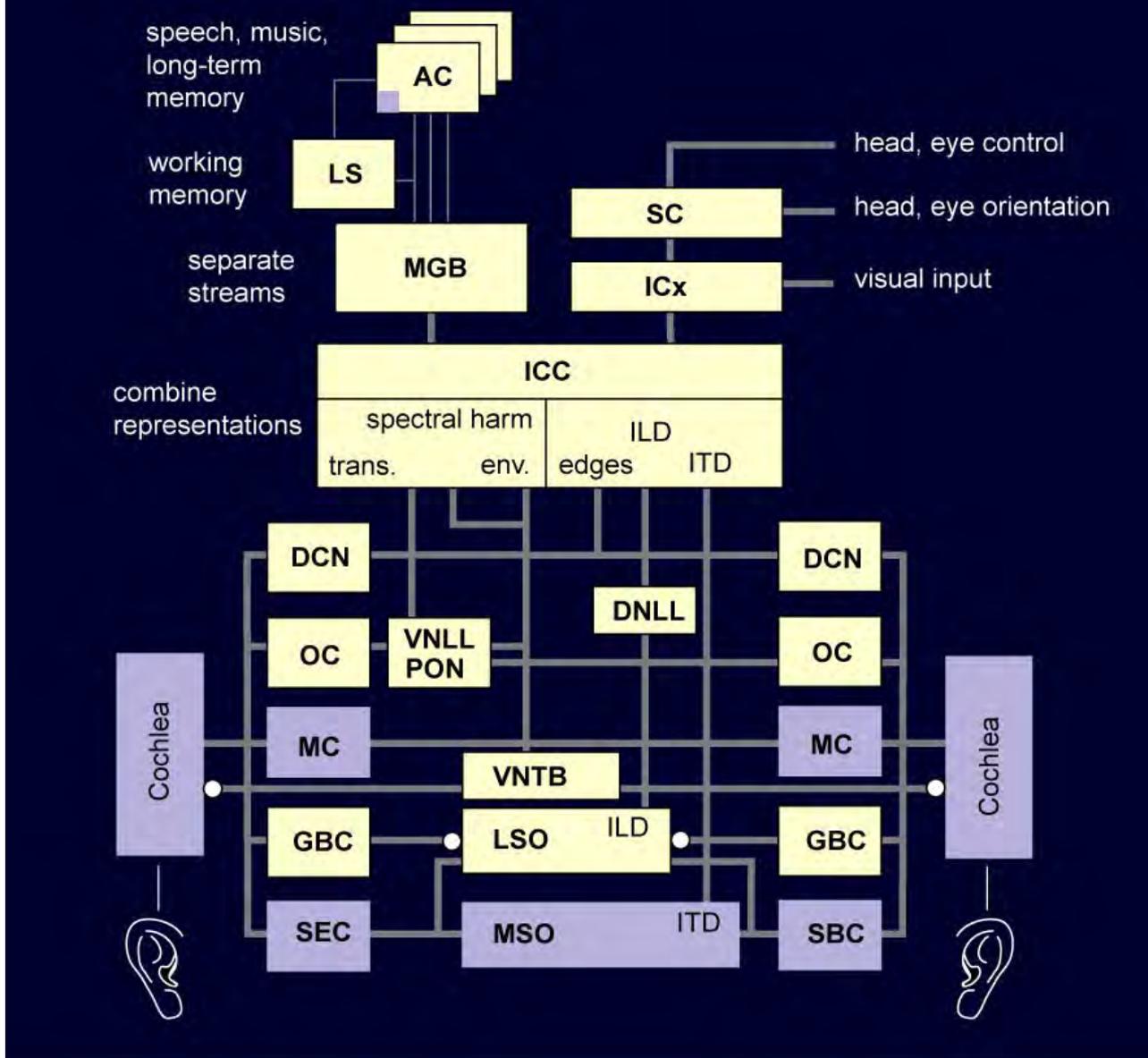
El modelo de Watts captura muchos otros detalles, tales como la diferencia de tiempo interaural (LTD ) calculada por el medial superiores de oliva cells.<sup>94</sup> También representa la diferencia interauricular de nivel ( ILD ) calculado por las células laterales superiores de oliva y normalizaciones y ajustes realizados por el colículo inferior cells.<sup>95</sup>

## **Ingeniería de la Human inversa cerebro :**

Cinco auditivo paralelo Pathways<sup>96</sup>

## Reverse Engineering the Human Brain:

### Five Parallel Auditory Pathways



## El Sistema Visual

Hemos hecho suficientes progresos en la comprensión de la codificación de la información visual que los implantes de retina experimentales se han desarrollado e instalado quirúrgicamente en patients.<sup>97</sup> Sin embargo, debido a la relativa complejidad del sistema visual, la comprensión del procesamiento de la información visual está por detrás nuestro conocimiento de las regiones auditivas. Tenemos modelos preliminares de las transformaciones realizadas por dos zonas visuales (llamado VI y MT), aunque no en el nivel de neurona individual. Hay otros treinta y seis áreas visuales, y tendrá que ser capaz de analizar estas regiones más profundas a muy alta resolución o colocar sensores precisos para conocer sus funciones.

Un pionero en la comprensión de procesamiento visual del MIT Tomaso Poggio, que

se ha distinguido de sus dos tareas como la identificación y categorización.<sup>98</sup> El primero es relativamente fácil de entender, según Poggio, y ya hemos diseñado sistemas experimentales y comerciales que son un éxito razonable en la identificación de caras.<sup>99</sup> Estos se utilizan como parte de los sistemas de seguridad para controlar la entrada de personal y en cajeros automáticos. Categorización - la capacidad de diferenciar, por ejemplo, entre una persona y un coche o entre un perro y un gato una cuestión más compleja, aunque recientemente el progreso ha sido grande.<sup>100</sup>

Los primeros capas (en términos de evolución) del sistema visual son en gran parte un sistema de alimentación directa (que carecen de retroalimentación) en el que se detectan características cada vez más sofisticadas. Poggio y Maximiliano Riesenhuber escriben que "las neuronas individuales en la corteza posterior inferotemporal de los macacos pueden sintonizar a ... un diccionario de miles de formas complejas." La evidencia de que el reconocimiento visual utiliza un sistema de alimentación directa durante el reconocimiento incluye MEG estudios que muestran que el sistema visual humano toma alrededor de 150 milisegundos para detectar un objeto. Esto coincide con la latencia de las células de función de detección en la corteza inferotemporal, por lo que no parece ser el momento para la regeneración de papel de playa en estas primeras decisiones.

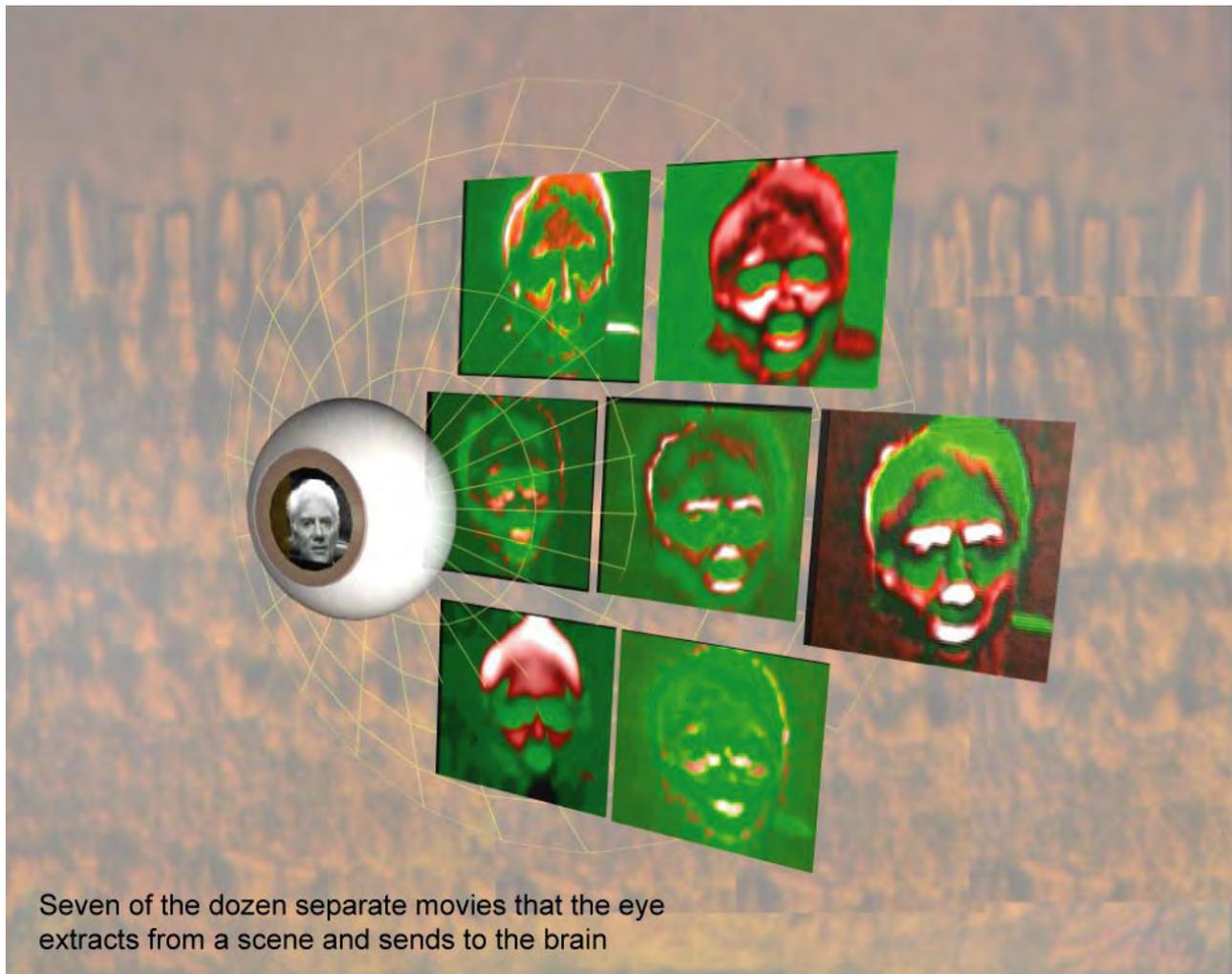
Experimentos recientes han utilizado un enfoque jerárquico en el que se detectan las características que se analiza por capas posteriores del sistema.<sup>101</sup> Estudios en monos macacos, las neuronas en la corteza inferotemporal parecen responder a las complejas características de los objetos en los que se capacita a los animales. Mientras que la mayoría de las neuronas responden únicamente a una visión particular del objeto, algunos son capaces de responder independientemente de la perspectiva. Otra investigación en el sistema visual de la mono macaco incluye estudios sobre muchos tipos específicos de células, los patrones de conectividad, y las descripciones de alto nivel de información flow.<sup>102</sup>

Extensa literatura apoya el uso de lo que yo llamo "la hipótesis y prueba" en las tareas de reconocimiento de patrones más complejos. La corteza hace una suposición sobre lo que está viendo y luego determina si las características de lo que es en realidad en el campo de visión coincide con su hipótesis.<sup>103</sup> A menudo estamos más enfocados en la hipótesis de que la prueba real, lo que explica por qué la gente suele ver y oír lo que esperan percibir en lugar de lo que realmente está allí. "Hipótesis y prueba" es también una estrategia útil en nuestros sistemas de reconocimiento de patrones basados en computadoras.

Aunque tenemos la ilusión de recibir imágenes de alta resolución de nuestros ojos, lo que el nervio óptico envía realmente al cerebro es sólo contornos y pistas sobre los puntos de interés de nuestro campo visual. A continuación, esencialmente alucinamos el mundo de los recuerdos corticales que interpretan una serie de películas de muy baja resolución que llegan a canales paralelos. En un estudio de 2001 publicado en la revista Nature, Frank S. Werblin, profesor de biología molecular y celular de la Universidad de California en Berkeley, y la estudiante de doctorado Boton Roska, MD, mostraron que el nervio óptico lleva once y cincuenta canales de salida, cada

uno de los cuales lleva sólo un mínimo de información acerca de un determinado scene.<sup>104</sup> un grupo de las llamadas células ganglionares envía información sólo sobre los bordes ( los cambios de contraste ) . Otra . grupo detecta sólo las grandes áreas de color uniforme, mientras que un tercer grupo es sensible sólo a los fondos detrás de las cifras de interés .

**Siete de las doce películas independientes que extrae el ojo de una escena y la envía al cerebro.**



"A pesar de que pensamos que vemos el mundo tan completamente , lo que estamos recibiendo es realmente sólo sugerencias , bordes en el espacio y el tiempo", dice Werblin . "Estas 12 fotografías del mundo constituyen toda la información que jamás tendremos de lo que está ahí fuera, y de estas 12 imágenes , que son tan escasas, se reconstruye la riqueza del mundo visual. Soy curioso cómo la naturaleza seleccionado estos 12 sencillos películas y cómo puede ser que sean suficientes para proporcionarnos toda la información parece que necesitamos " . Tales hallazgos prometen ser un gran avance en el desarrollo de un sistema artificial que podría reemplazar el ojo , la retina y el procesamiento del nervio óptico temprana .

En el capítulo 3 , mencioné el trabajo pionero de la robótica Hans Moravec , que ha

sido la ingeniería inversa del procesamiento de imágenes realizado por la retina y las regiones de procesamiento visual temprano en el cerebro. Por más de treinta años Moravec ha estado construyendo sistemas de emular la capacidad de nuestro sistema visual para construir representaciones del mundo . Sólo ha sido recientemente que suficiente potencia de procesamiento ha estado disponible en los microprocesadores de replicar esta detección de características de nivel humano y Moravec está aplicando sus simulaciones por ordenador para una nueva generación de robots que pueden navegar , entornos complejos planificados con un nivel humano de vision.<sup>105</sup>

Carver Mead ha sido pionero en el uso de chips neuronales especiales que utilizan transistores en su modo analógico nativa , que pueden proporcionar la emulación muy eficiente de la naturaleza analógica de procesamiento neural. Mead ha demostrado un chip que realiza las funciones de la retina y las transformaciones de los primeros en el nervio óptico utilizando este approach.<sup>106</sup>

Un tipo especial de reconocimiento visual es la detección de movimiento, una de las áreas prioritarias del Instituto Max Planck de Biología en Tübingen, Alemania. El modelo de investigación básica es simple : comparar la señal en un receptor con una señal retardada en el tiempo en el adyacente receptor.<sup>107</sup> Este modelo funciona para ciertas velocidades , sino que conduce a la sorprendente resultado de que por encima de una cierta velocidad , los aumentos en la que la velocidad de un objeto observado disminuye la respuesta de este detector de movimiento . Los resultados experimentales en animales ( basado en el comportamiento y el análisis de I, salidas neuronales ) y humanos ( en base a las percepciones reportadas ) han acompañado de cerca el modelo.

### **Obras en Ejecución : Un hipocampo artificial y una zona Olivocerebellar Artificial**

El hipocampo es vital para aprender nueva información y el almacenamiento a largo plazo de los recuerdos. Ted Berger y sus colegas de la Universidad del Sur de California asignan los patrones de señal de esta región mediante la estimulación de las rebanadas de hipocampo de rata con señales eléctricas millones de veces para determinar qué entrada produce una correspondiente output.<sup>108</sup> Entonces desarrollaron un modelo matemático en tiempo real de las transformaciones realizadas por capas del hipocampo y programado el modelo en un plan de Su chip. <sup>109</sup> es para probar el chip en los animales por primera desactivación de la región del hipocampo correspondiente , teniendo en cuenta el fallo de la memoria resultante, y luego determinar si la función mental que se puede restaurar mediante la instalación de su chip de hipocampo en lugar de la región discapacitados .

En última instancia , podría utilizarse este enfoque para reemplazar el hipocampo en pacientes afectados por accidentes cerebrovasculares , epilepsia, o la enfermedad de Alzheimer . El chip se encuentra en el cráneo de un paciente , en lugar de en el interior del cerebro , y podría comunicarse con el cerebro a través de dos matrices de electrodos , colocados a cada lado de la sección del hipocampo dañado . Se podría registrar la actividad eléctrica que viene del resto del cerebro , mientras que el otro se

enviará las instrucciones necesarias al cerebro .

Otra región del cerebro que está siendo modelado y simulación es la región olivocerebellar , que es responsable para el equilibrio y la coordinación del movimiento de las extremidades . El objetivo del grupo de investigación internacional que participa en este esfuerzo es aplicar su circuito olivocerebellar artificial para robots militares, así como a los robots que podrían ayudar a discapacitados. <sup>110</sup> Una de las razones para la selección de esta región particular del cerebro fue que "está presente en todos los vertebrados - que es muy similar desde los más simples a los más complejos cerebros " , explica Rodolfo Llinás , uno de los investigadores y neurocientífico de la Escuela de Medicina de la Universidad de Nueva York. " Se supone que se conserva [ de la evolución ] porque encarna una solución muy inteligente. Dado que el sistema está implicado en la coordinación motora y queremos tener una máquina con motor sofisticado de control , entonces la elección [ del circuito de imitar ] fue fácil " .

Uno de los aspectos únicos de su simulador es que utiliza circuitos analógicos . Al igual que en el trabajo pionero de Mead en la emulación analógica de las regiones del cerebro , los investigadores encontraron sustancialmente mayor rendimiento con muchos menos componentes mediante el uso de transistores en su modo analógico nativo.

Uno de los investigadores del equipo, Ferdinando Mussa - Ivaldi , un neurocientífico de la Universidad de Northwestern, comentarios sobre las aplicaciones de un circuito olivocerebellar artificial para disminuidos: . " Piensa en un paciente paralizado Es posible imaginar que muchos ordinaria tareas tales como obtener un vaso de agua , vestirse, desvestirse, la transferencia a una silla de ruedas , podría llevarse a cabo por los asistentes robóticos , lo que proporciona al paciente con más independencia " .

### **Descripción de las funciones de nivel superior : la imitación, la predicción y Emoción**

Operaciones de pensamiento son como las cargas de caballería en una batalla - que están estrictamente limitadas en número , requieren caballos de refresco , y sólo se deben hacer en los momentos decisivos . - Alfred North Whitehead

Sin embargo, la gran característica de la inteligencia de nivel humano no es lo que hace cuando funciona, pero lo que hace cuando está atascado. - Marvin Minsky

Si el amor es la respuesta , ¿podría reformular la pregunta ? - Lily Tomlin

Debido a que se encuentra en la parte superior de la jerarquía de los nervios , la parte del cerebro menos bien entendido es la corteza cerebral . Esta región , que consta de seis capas delgadas en las zonas más exteriores de los hemisferios cerebrales , contiene miles de millones de neuronas . Según Thomas M. Bartol Jr. del Laboratorio de Neurobiología Computacional del Instituto Salk de Estudios Biológicos , " un milímetro cúbico de la corteza cerebral puede contener del orden de 5 mil millones ... sinapsis de diferentes formas y tamaños. " El córtex es responsable de la percepción ,

planificación , toma de decisiones y la mayor parte de lo que consideramos como el pensamiento consciente.

Nuestra capacidad de usar el lenguaje , otro atributo exclusivo de nuestra especie, parece estar ubicado en esta región. Una pista interesante sobre el origen del lenguaje y de un cambio evolutivo fundamental que permitió la formación de esta habilidad distintiva es la observación de que sólo unos pocos primates , incluidos los seres humanos y los monos, son capaces de utilizar un espejo (real ) para dominar las habilidades . Los teóricos Giacomo Rizzolatti y Michael Arbib plantearon la hipótesis de que el lenguaje surgió de gestos manuales ( que monos - y, por supuesto, los seres humanos son capaces de - ) . Realización de gestos manuales se requiere la capacidad de correlacionar el rendimiento mental y la observación de la propia movements.<sup>111</sup> Su " hipótesis del sistema espejo " es que la clave de la evolución del lenguaje es una propiedad llamada "paridad " , que es el entendimiento de que el gesto (o expresión ) tiene el mismo significado para el partido haciendo el gesto como para la parte que lo recibe , es decir, la comprensión de que lo que se ve en el espejo es la misma (aunque invertida de izquierda a derecha ) , como lo que se ve por alguien te está mirando . Otros animales son incapaces de entender la imagen en un espejo de esta manera, y se cree que se están perdiendo esta habilidad clave para implementar la paridad.

Un concepto estrechamente relacionado es que la capacidad de imitar los movimientos ( o, en el caso de los bebés humanos , los sonidos vocales ) de los demás es fundamental para el desarrollo de language.<sup>112</sup> Imitación requiere la capacidad para descomponer una presentación observado en partes, cada una de ellas entonces puede ser dominado por el refinamiento recursivo e iterativo.

La recursividad es la capacidad clave identificados en una nueva teoría de la competencia lingüística . En las primeras teorías del lenguaje en los seres humanos de Noam Chomsky , citó muchos atributos comunes que dan cuenta de las similitudes en las lenguas humanas . En un artículo de 2002 de Marc Hauser, Noam Chomsky , y Tecumseh Fitch , los autores citan la única atribución de " recursividad " como la contabilidad de la facultad del lenguaje único de la species.<sup>113</sup> Recursividad humana es la capacidad de armar las piezas pequeñas en una más grande trozo , y luego usar ese pedazo como parte de otra estructura y continuar con este proceso de forma iterativa . De este modo , somos capaces de construir las estructuras complejas de oraciones y párrafos de un conjunto limitado de palabras.

Otra característica clave del cerebro humano es la capacidad de hacer predicciones , incluyendo predicciones sobre los resultados de sus propias decisiones y acciones. Algunos científicos creen que la predicción es la función primaria de la corteza cerebral , el cerebelo , aunque también juega un papel importante en la predicción de movimiento .

Curiosamente , somos capaces de predecir o anticipar nuestras propias decisiones . Trabajo por el profesor Benjamin Libet fisiología en la Universidad de California en Davis muestra que la actividad neural para iniciar una acción realmente ocurre alrededor de un tercio de segundo antes de que el cerebro ha tomado la decisión de

tomar la acción. La consecuencia , según Libet , es que la decisión es realmente una ilusión, que " la conciencia está fuera de onda ". El científico cognitivo y el filósofo Daniel Dennett describe el fenómeno de la siguiente manera : " La acción se precipita originalmente en alguna parte del cerebro , y de volar las señales a los músculos , haciendo una pausa en el camino para decirle , el agente consciente, lo que está pasando (pero como todos los buenos funcionarios que dejar que el presidente inepto, mantener la ilusión de que lo inició todo) .

Un experimento relacionado se llevó a cabo recientemente en el que neurofisiólogos estimulados electrónicamente puntos en el cerebro para inducir particulares sentimientos emocionales . Los sujetos de inmediato se le ocurrió una razón para experimentar esas emociones. Se ha sabido por muchos años que en pacientes cuyos cerebros izquierdo y derecho ya no están conectados , uno de los lados del cerebro (por lo general la parte más verbal izquierda) creará explicaciones elaboradas ( " confabulaciones ") para las acciones iniciadas por el otro lado , como si la izquierda fuera el agente de relaciones públicas para el lado derecho .

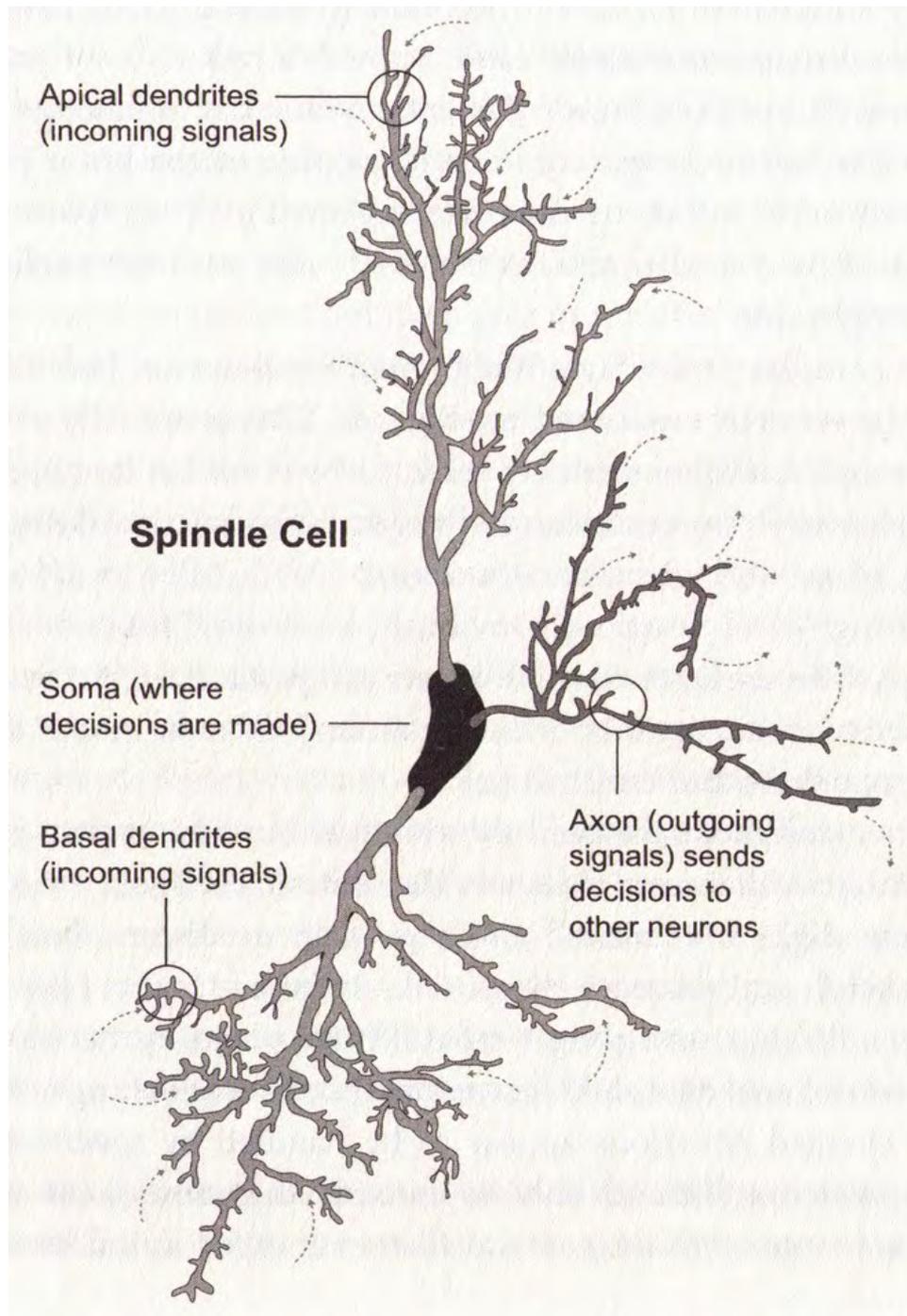
La capacidad más compleja del cerebro humano, lo que yo consideraría como su vanguardia , es la inteligencia emocional. Sentado incómodamente en la parte superior de la jerarquía compleja e interconectada de nuestro cerebro es nuestra capacidad de percibir y responder adecuadamente a las emociones , para interactuar en situaciones sociales, tener un sentido moral , para obtener la broma, y para responder emocionalmente ante el arte y la música, entre otras funciones de alto nivel. Obviamente , las funciones de bajo nivel de percepción y análisis de alimentos en el procesamiento emocional de nuestro cerebro , pero estamos empezando a entender las regiones del cerebro e incluso para modelar los tipos específicos de neuronas que se ocupan de estas cuestiones.

Estos puntos de vista recientes han sido el resultado de nuestros intentos de comprender cómo los cerebros humanos son diferentes de las de otros mamíferos . La respuesta es que las diferencias son leves, pero crítico, y ayudan a discernir cómo el cerebro procesa las emociones y sentimientos relacionados. Una diferencia es que los seres humanos tienen una corteza más grande , lo que refleja nuestra capacidad más fuerte para la planificación, la toma de decisiones , y otras formas de pensamiento analítico . Otra característica clave es que las situaciones de carga emocional parecen ser manejado por células especiales llamadas células fusiformes , que se encuentran sólo en los seres humanos y grandes simios. Estas células neuronales son grandes, con largos filamentos neurales llamadas dendritas apicales que conectan extensas señales de muchas otras regiones del cerebro . Este tipo de interconexión "profundo" , en el que ciertas neuronas proporcionan conexiones a través de numerosas regiones , es una característica que se presenta cada vez más a medida que avanzamos en la escala evolutiva . No es sorprendente que las células fusiformes , que participan como en el manejo de las emociones y el juicio moral , tendría esta forma de interconexión profunda , dada la complejidad de nuestras reacciones emocionales.

Lo que es alarmante , sin embargo, es que pocos células fusiformes hay en esta pequeña región : sólo alrededor de 80.000 en el cerebro humano (alrededor de 45.000

en el hemisferio derecho y 35.000 en el hemisferio izquierdo ). Esta disparidad parece dar cuenta de la percepción de que la inteligencia emocional es la provincia del hemisferio derecho del cerebro , a pesar de la desproporción es modesto. Los gorilas tienen alrededor de 16.000 de estas células , bonobos unos 2.100 y unos 1.800 chimpancés . Otros mamíferos que carecen completamente .

### husillo célula ( diagrama rotulado )



Dr. Arthur Craig del Instituto Neurológico Barrow en Phoenix ha proporcionado recientemente una descripción de la arquitectura de los husillos cells.115 Entradas del cuerpo ( se estima en cientos de megabits por segundo ) , incluyendo los nervios de la

piel, los músculos , los órganos y otras áreas , corriente en la médula espinal superior. En ellas se recogen los mensajes sobre tacto, temperatura , niveles de ácido (por ejemplo , el ácido láctico en los músculos) , el movimiento de los alimentos a través del tracto gastrointestinal , y muchos otros tipos de información. Estos datos se procesan a través del tronco cerebral y del cerebro medio . Células clave llamada Lamina 1 neuronas crean un mapa del cuerpo que representa su estado actual, no a diferencia de las pantallas utilizadas por los controladores aéreos para rastrear aviones.

La información que fluye a través de una región de la tuerca grande llamada núcleo ventromedial posterior ( VMpo ) , que al parecer calcula reacciones complejas a estados corporales tales como " esto sabe terrible", " lo que es un hedor ", o " ese toque de luz es estimulante. " La información cada vez más sofisticados termina en dos regiones de la corteza llamado el aislamiento . Estas estructuras , el tamaño de los dedos pequeños , se encuentran a la izquierda y lado derecho de la corteza . Craig describe la VMpo y las dos regiones aisladores como " un sistema que representa el material de mí.

Aunque los mecanismos no se entienden, estas regiones son fundamentales a la libre conciencia y complicadas emociones. También son mucho más pequeños en otros animales . Por ejemplo, el VMpo es aproximadamente del tamaño de un grano de arena en monos macacos y aún menor en los animales inferiores. Estos hallazgos son consistentes con un creciente consenso de que nuestras emociones están estrechamente vinculados a las áreas del cerebro que contienen los mapas del cuerpo , una visión promovida por el Dr. Antonio Damasio en la Universidad de Iowa.<sup>116</sup>

También son consistentes con la idea de que un gran parte de nuestro pensamiento se dirige a nuestros cuerpos : la protección y la mejora de los mismos, así como la atención a sus necesidades y deseos innumerables.

Muy recientemente, otro nivel de procesamiento de lo que comenzó como la información sensorial del cuerpo ha sido descubierto. Los datos de las dos regiones ínsula pasa a una pequeña área en la parte delantera de la ínsula derecha llamada corteza frontoinsular . Esta es la región que contiene las células fusiformes y exploraciones TMRI han revelado que es particularmente activa cuando una persona está tratando con las emociones de alto nivel , como el amor , la ira , la tristeza y el deseo sexual. Situaciones que activan fuertemente las células fusiformes son cuando una persona mira a su pareja romántica o escucha su llanto infantil.

Los antropólogos creen que las células fusiformes hicieron su primera aparición Hace diez o quince millones años en el ancestro común , aún sin descubrir a los monos y los primeros homínidos ( la familia de los seres humanos) y en rápido aumento en el número de alrededor de cien mil años atrás . Curiosamente, las células fusiformes no existen en los seres humanos recién nacidos , pero empiezan a aparecer sólo en torno a la edad de cuatro meses, y aumentar de manera significativa entre las edades de uno a tres. Capacidad de los niños para hacer frente a cuestiones morales y percibir emociones tan alto nivel como el amor a desarrollar durante este mismo período de tiempo .

Las células fusiformes obtienen su energía de la profunda interrelación de sus dendritas apicales largas con muchas otras regiones del cerebro. Las emociones de alto nivel que el proceso de las células de vástago se ven afectados , en consecuencia, por todas nuestras regiones perceptivas y cognitivas. Va a ser difícil , por lo tanto , realizar ingeniería inversa de los métodos exactos de las células fusiformes hasta que tengamos mejores modelos de las muchas otras regiones a las que se conectan . Sin embargo, es notable cómo pocas neuronas parecen estar involucrados exclusivamente con estas emociones. Tenemos cincuenta mil millones de neuronas en el cerebelo que tienen que ver con la formación de habilidad, miles de millones en la corteza que realizan las transformaciones para la percepción y la planificación racional, pero sólo alrededor de ochenta mil células fusiformes tratar con las emociones de alto nivel . Es importante señalar que las células fusiformes no están haciendo la resolución de problemas racional, razón por la cual no tenemos control racional sobre nuestras respuestas a la música o por enamorarse. El resto del cerebro está muy ocupado , sin embargo , al tratar de dar sentido a las emociones de alto nivel misteriosas.

## **Interfaz Cerebro y Máquinas**

Quiero hacer algo con mi vida , quiero ser un cyborg. - **Kevin Warwick**

La comprensión de los métodos del cerebro humano nos ayudará a diseñar máquinas inspiradas biológicamente similares. Otra aplicación importante será la interfaz en realidad nuestro cerebro con las computadoras , que creo que se convertirá en una fusión cada vez más íntima en las próximas décadas .

Ya la Defense Advanced Research Projects Agency está gastando \$ 24 millones al año en la investigación de interfaces directas entre el cerebro y el ordenador. Como se ha descrito anteriormente (véase la sección " El Sistema Visual " en la p . 185 ) , Tomaso Poggio y James DiCarlo en el MIT , junto con Christof Koch en el Instituto de Tecnología de California ( Caltech ), están tratando de desarrollar modelos de reconocimiento visual objetos y cómo se codifica la información. Con el tiempo, podría ser utilizado para transmitir imágenes directamente en el cerebro.

**Miguel Nicolelis** y sus colegas de la Universidad de Duke sensores implantados en el cerebro de los monos , lo que permite a los animales para el control de un robot a través del pensamiento solo. El primer paso en el experimento implicó la enseñanza de los monos para controlar un cursor en una pantalla con una palanca de mando .

Los científicos recogieron un patrón de señales de EEG ( sensores de cerebro ) y, posteriormente, causadas el cursor para responder a los patrones apropiados en lugar de los movimientos físicos de la palanca de mando . Los monos aprendieron rápidamente que la palanca de mando ya no era operativo y que podían controlar el cursor con sólo pensar . Este sistema de " detección de pensamiento " fue entonces conectado a un robot, y los monos fueron capaces de aprender a controlar los movimientos del robot con sólo sus pensamientos. Al obtener información visual sobre el desempeño del robot, los monos fueron capaces de perfeccionar su control del pensamiento sobre el robot. El objetivo de esta investigación es proporcionar un

sistema similar para las personas paralizadas que les permitan controlar sus extremidades y el medio ambiente.

Un desafío clave en la conexión de los implantes neuronales para neuronas biológicas es que las neuronas generan células gliales, que rodean un objeto " exterior ", en un intento para proteger el cerebro. Ted Berger y sus colegas están desarrollando recubrimientos especiales que parecen ser biológica y por lo tanto atraer más que repeler a las neuronas cercanas.

Otro enfoque que persigue el Instituto Max Planck de Ciencias Cognitivas y humana del cerebro en Munich una operación de interfaz directamente los nervios y los dispositivos electrónicos. Un chip creado por Infineon permite a las neuronas que crecen en un sustrato especial que proporciona el contacto directo entre los nervios y los sensores electrónicos y estimuladores. Un trabajo similar en un " neurochip " en Caltech ha demostrado de dos vías, la comunicación no invasiva entre las neuronas y electronics.<sup>117</sup>

Ya hemos aprendido cómo interactuar implantes neurales instalado quirúrgicamente. En cocleares ( del oído interno ) los implantes, se ha encontrado que el nervio auditivo se reorganiza para interpretar correctamente la señal multicanal desde el implante. Un proceso similar parece tener lugar con el implante de estimulación cerebral profunda se utiliza para los pacientes con Parkinson. Las neuronas biológicas en las cercanías de este implante en el cerebro aprobado por la FDA reciben señales desde el dispositivo electrónico y responden al igual que si habían recibido las señales de las neuronas biológicas que eran una vez funcional. Las versiones recientes del implante Parkinson enfermedad ofrecen la posibilidad de descargar software actualizado directamente al implante desde fuera del paciente.

### **El ritmo acelerado de la ingeniería inversa del cerebro**

Homo sapiens, la primera especie verdaderamente libres, está a punto de retirar la selección natural, la fuerza que nos hizo .... [ S ] oon debemos mirar profundamente dentro de nosotros mismos y decidir lo que queremos llegar a ser. -E. O. WILSON, Consilience: la unidad del conocimiento, 1998

Sabemos lo que somos, pero no sabemos lo que podemos ser. - WILLIAM SHAKESPEARE

Lo más importante es esto: Tobe posibilidad en todo momento de sacrificar lo que somos por lo que podríamos llegar a ser. - CHARLES DUBOIS

Algunos observadores han expresado su preocupación de que a medida que desarrollamos modelos, simulaciones, y extensiones para el cerebro humano nos arriesgamos a no comprender realmente lo que estamos jugando con y los delicados equilibrios implicados. Autor W. French Anderson escribe:

Podemos ser como el chico que le gusta desarmar cosas. Él es lo suficientemente brillante como para desarmar un reloj, y tal vez incluso lo suficientemente brillante como para llegar de nuevo juntos para que funcione. Pero lo que si trata de "mejorar

" que? ... El niño puede entender lo que es visible, pero no puede entender los cálculos de ingeniería precisas que determinan exactamente qué tan fuerte cada primavera debe ser .... Los intentos de su parte para mejorar la vigilancia probablemente sólo dañarán ella .... me temo .. . nosotros, también, realmente no entendemos lo que hace que los [ vidas ] estamos jugando con tick.118

La preocupación de Anderson , sin embargo , no refleja el alcance del esfuerzo amplio y minucioso de decenas de miles de científicos del cerebro y la computadora para probar metódicamente los límites y capacidades de los modelos y simulaciones antes de llevarlos a la siguiente etapa. No estamos tratando de desmontar y volver a configurar billones del cerebro de las partes sin un análisis detallado de cada etapa. El proceso de la comprensión de los principios de funcionamiento del cerebro está llevando a cabo a través de una serie de modelos cada vez más sofisticados derivados de los datos cada vez más precisos y de alta resolución .

A medida que la potencia de cálculo para emular el cerebro humano enfoques -estamos casi allí con superordenadores - los esfuerzos para escanear y detectar el cerebro humano y para construir modelos de trabajo y simulaciones de que se están acelerando . Al igual que con cualquier otra proyección en este libro , es fundamental para entender la naturaleza exponencial de los avances en este campo . Con frecuencia me encuentro con colegas que sostienen que será un siglo o más antes de que podamos entender en detalle los métodos del cerebro. Como con tantas proyecciones científicas a largo plazo , éste se basa en una visión lineal del futuro e ignora la aceleración inherente de progreso, así como el crecimiento exponencial de cada tecnología subyacente. Estos puntos de vista excesivamente conservadores también se basan a menudo en una subestimación de la amplitud de los logros contemporáneos , incluso por los profesionales en el campo .

Análisis y herramientas de detección están duplicando su resolución espacial y temporal global cada año . Escaneo de ancho de banda , rendimiento, precio y tiempos de reconstrucción de imagen también están experimentando un crecimiento exponencial comparable . Estas tendencias son válidas para todas las formas de exploración : exploración totalmente no invasiva , en la exploración con un cráneo expuesto y análisis destructivo vivo. Bases de datos de información de escaneo cerebral y la construcción de modelos también se duplica en tamaño aproximadamente una vez por año .

Hemos demostrado que nuestra capacidad de construir modelos detallados y simulaciones de trabajo de partes subcelulares, neuronas y extensas regiones neurales sigue de cerca a la disponibilidad de las herramientas y los datos necesarios. El rendimiento de las neuronas y las porciones subcelulares de las neuronas a menudo implica complejidad sustancial y no linealidades numerosos , pero el rendimiento de las agrupaciones neuronales y regiones neuronales es a menudo más simple que sus partes constituyentes . Tenemos cada vez más potentes herramientas matemáticas , implementado en el software de ordenador efectiva , que son capaces de modelar con precisión este tipo de complejo jerárquico , adaptativo , semialeatorias , auto-organización , los sistemas altamente no lineales . Nuestro éxito hasta la fecha en el

modelado de manera efectiva varias regiones importantes del cerebro muestra la eficacia de este enfoque .

La generación de herramientas ahora emergentes de exploración será por primera vez proporcionar una resolución espacial y temporal capaz de observar en tiempo real el rendimiento de las dendritas individuales, espinas, y las sinapsis. Estas herramientas darán lugar rápidamente a una nueva generación de modelos de mayor resolución y simulaciones .

Una vez que la era nanobot llega a la década de 2020 podremos observar todas las funciones relevantes de desempeño neural de muy alta resolución del interior del cerebro mismo . Envío de miles de millones de nanobots a través de sus capilares nos permitirá escanear toda una forma no invasiva del cerebro trabajando en tiempo real. Ya hemos creado efectiva (aunque aún incompleto ) modelos de extensas regiones del cerebro con herramientas relativamente crudo de hoy. A los veinte años, vamos a tener por lo menos un millón de veces aumento en el poder computacional y mejorado enormemente la resolución de escaneo y ancho de banda . Así que podemos tener confianza en que tendremos la recopilación de datos y herramientas computacionales necesarios para la década de 2020 para modelar y simular todo el cerebro , lo que hará posible combinar los principios de funcionamiento de la inteligencia humana con la formas de procesamiento inteligente de la información que hemos derivadas de otra investigación en IA . También vamos a aprovechar la fuerza inherente de máquinas para almacenar , recuperar y compartir rápidamente grandes cantidades de información . Entonces estaremos en condiciones de aplicar estas potentes sistemas híbridos en plataformas computacionales que superan con creces la capacidad de la arquitectura relativamente fija en el cerebro humano.

### **La escalabilidad de la inteligencia humana .**

En respuesta a la preocupación de Hofstadter sobre si la inteligencia humana está justo por encima o por debajo del umbral necesario para la "auto- entendimiento", el ritmo acelerado de la ingeniería inversa del cerebro deja claro que no hay límites para nuestra capacidad de comprendernos a nosotros mismos , o cualquier otra cosa , para el caso. La clave para la escalabilidad de la inteligencia humana es nuestra capacidad para construir modelos de la realidad en nuestra mente. Estos modelos pueden ser recursivas , lo que significa que un modelo puede incluir otros modelos , que pueden incluir modelos todavía más finas , sin límite . Por ejemplo , un modelo de una célula biológica puede incluir modelos de el núcleo , ribosomas , y otros sistemas celulares . A su vez , el modelo del ribosoma puede incluir modelos de sus componentes submoleculares , y luego hacia abajo a los átomos y partículas subatómicas y las fuerzas que lo componen .

Nuestra capacidad para comprender los sistemas complejos no es necesariamente jerárquica. Un sistema complejo como una célula o el cerebro humano no puede entenderse simplemente lo descomponen en subsistemas constitutivos y sus componentes. Tenemos herramientas matemáticas cada vez más sofisticadas para entender los sistemas que combinan el orden y el caos , y hay un montón de ambos en

una célula y en el cerebro y para la comprensión de las complejas interacciones que desafían desglose lógico.

Nuestras computadoras , que a su vez se están acelerando , han sido una herramienta fundamental para que podamos manejar modelos cada vez más complejos , que de otro modo sería incapaz de imaginar a nuestro cerebro solo. Es evidente que la preocupación de Hofstadter sería correcto si nos limitamos sólo a los modelos que podemos tener en nuestra mente sin la tecnología para que nos ayude . Para que nuestra inteligencia es justo por encima del umbral necesario para entenderse a sí misma los resultados de nuestra capacidad nativa , junto con las herramientas de nuestra propia creación, para imaginar , mejorar , ampliar y modificar sutiles -modelos abstractos - y cada vez más de nuestras propias observaciones.

### **Carga del cerebro humano**

Para llegar a ser un producto de la imaginación de su ordenador.

- DAVID VICTOR DE TRANSCEND , godling GLOSARIO DE DEFINICIÓN DE " SUBIR "

Una aplicación más controversial que el análisis en el cerebro de entender - que el escenario está escaneando el cerebro para subirlo. Carga de un cerebro humano significa escaneo de todos sus detalles más importantes y, a continuación reinstantiating esos detalles en un sustrato computacional adecuadamente potente .

Este proceso se captura toda la personalidad de una persona , la memoria , las habilidades y la historia.

Si realmente estamos capturando los procesos mentales de una persona en particular, entonces la mente reinstantiated tendrá un cuerpo, ya que gran parte de nuestro pensamiento se dirige hacia las necesidades y deseos físicos . Como voy a discutir en el capítulo 5 , en el momento en que tenemos las herramientas para capturar y volver a crear un cerebro humano con todas sus sutilezas , vamos a tener un montón de opciones para los cuerpos vigésimo primer siglo , tanto para los seres humanos y los seres humanos no biológicos biológicos que se acojan a las ampliaciones de nuestra inteligencia. La versión del cuerpo humano 2.0 incluirá cuerpos virtuales en entornos totalmente realistas virtuales , cuerpos físicos basados en la nanotecnología , entre otros.

En el capítulo 3 discutí mis estimaciones para la memoria y los requisitos computacionales para simular el cerebro humano. A pesar de que estima que  $10^{16}$  cps de computación y  $10^{13}$  bits de memoria son suficientes para emular los niveles humanos de inteligencia, mis estimaciones de las necesidades de la carga fue mayor :  $10^{19}$  cps y  $10^{18}$  bits, respectivamente. La razón de las estimaciones más altas es que los inferiores se basan en los requisitos para volver a crear las regiones del cerebro en los niveles humanos de rendimiento, mientras que las superiores se basan en la captura de los datos más destacados de cada uno de los aproximadamente  $10^{11}$  neuronas y  $10^{14}$  conexiones interneuronales . Una vez que la carga es factible, es

probable encontrar que las soluciones híbridas son adecuados. Por ejemplo, probablemente encontrará que es suficiente para simular ciertas funciones de apoyo básicos, como el procesamiento de señales de datos sensoriales de manera funcional ( mediante la conexión de módulos estándar) y la reserva de la captura de datos subneuron sólo para aquellas regiones que son realmente responsable de la personalidad y las capacidades individuales . Sin embargo , vamos a utilizar nuestras estimaciones más altas para esta discusión.

Los recursos informáticos básicos (  $10^{19}$  cps y  $10^{18}$  bits) estarán disponibles durante mil dólares en a principios del decenio de 2030 , casi una década más tarde que los recursos necesarios para la simulación funcional. Los requisitos de análisis para subir también más difícil que para los " más que" volver a crear los poderes generales de la inteligencia humana. En teoría se podría subir un cerebro humano mediante la captura de todos los datos necesarios sin necesidad de comprender el plan general del cerebro. En la práctica, sin embargo, esto es poco probable que funcione . La comprensión de los principios de funcionamiento del cerebro humano se revelan detalles que son esenciales y que detalles están destinados a ser desordenado . Tenemos que saber , por ejemplo, que las moléculas de los neurotransmisores son fundamentales , y si tenemos que capturar los niveles generales , la posición y la ubicación , y / o la forma molecular. Como he dicho anteriormente, sólo estamos aprendiendo , por ejemplo, que es la posición de las moléculas de actina y la forma de las moléculas ePEB en la sinapsis que son clave para la memoria. No será posible confirmar que los detalles son cruciales sin haber confirmado nuestra comprensión de la teoría de la operación . Esa confirmación será en forma de una simulación funcional de la inteligencia humana que supera la prueba de Turing , que creo que se llevará a cabo por 2029.<sup>119</sup>

Para capturar este nivel de detalle se requiere escanear desde el cerebro utilizando nanobots , el la tecnología para la que estará disponible a finales de 2020 . Así, a principios del decenio de 2030 es un marco de tiempo razonable para el rendimiento computacional , memoria y requisitos de escaneo cerebral de carga. Al igual que cualquier otra tecnología , que tomará algún refinamiento iterativo para perfeccionar esta capacidad, por lo que el final de la década de 2030 es una proyección conservadora para cargar éxito.

Cabe destacar que la personalidad y las habilidades de una persona no residen sólo en el cerebro , a pesar de que es su lugar principal . Nuestro sistema nervioso se extiende por todo el cuerpo , y el sistema endocrino (hormonal) tiene una influencia, también. La gran mayoría de la complejidad , sin embargo , reside en el cerebro , que es la ubicación de la mayor parte del sistema nervioso . El ancho de banda de la información desde el sistema endocrino es muy bajo , debido a que el factor determinante es los niveles generales de hormonas , no la ubicación exacta de cada molécula de la hormona .

La confirmación de la carga hito será en la forma de una "Ray Kurzweil " o " Jane Smith " prueba de Turing , es decir, convencer a un juez humano que la re -creación subido es indistinguible de la persona concreta originales. En ese momento vamos a

enfrentar algunas complicaciones en la elaboración de las reglas de cualquier prueba de Turing . Puesto que la inteligencia no biológica se han pasado los años originales de la prueba de Turing antes ( alrededor de 2029 ) , ¿debemos permitir que una no biológica equivalente humano para ser un juez? ¿Qué tal una mejora humana? Los humanos no mejorados pueden llegar a ser cada vez más difícil de encontrar. En cualquier caso , será un terreno resbaladizo para definir el reforzamiento, según muchos niveles diferentes de ampliación inteligencia biológica estarán disponibles en el momento en que tenemos subidas supuestos . Otra cuestión será que los humanos buscamos para cargar no se limitará a su inteligencia biológica. Sin embargo, la carga de la parte no biológica de la inteligencia será relativamente sencillo, ya que la facilidad de copiar inteligencia computacional siempre ha representado una de las fortalezas de las computadoras.

Una pregunta que surge es: ¿Con qué rapidez que necesitamos para escanear el sistema nervioso de una persona? Es evidente que no se puede hacer de forma instantánea, e incluso si lo hiciéramos proporcionar un nanobot para cada neurona, se necesitaría mucho tiempo para reunir los datos. Por lo tanto, Se podría objetar que ya que el estado de una persona está cambiando durante los datos proceso de recopilación de la información de carga no refleja exactamente esa persona en un instante en el tiempo , sino más bien en un período de tiempo , aunque sólo una fracción de second.120 Considere , sin embargo , que esta cuestión no se interfiera con una carga de aprobar una " Jane Smith " prueba de Turing . Cuando nos encontramos con unos a otros en el día a día , somos reconocidos como a nosotros mismos a pesar de que puede haber sido días o semanas desde el último encuentro .

Si la carga es lo suficientemente precisa para volver a crear el estado de una persona dentro de la cantidad de cambio natural que una persona sufre en una fracción de segundo, o incluso unos pocos minutos , que será suficiente para cualquier objetivo imaginable . Algunos observadores han interpretado la teoría de la relación entre la computación cuántica y la conciencia ( véase el capítulo 9 ) en el sentido de que la carga no es posible de Roger Penrose , porque " estado cuántico " de una persona habrá cambiado muchas veces durante el período de exploración. Pero quiero señalar que mi estado cuántico ha cambiado muchas veces en el tiempo que me llevó a escribir esta frase, y yo todavía me considero la misma persona ( y nadie parece estar objetando ) .

Ganador del Premio Nobel Gerald Edelman señala que hay una diferencia entre una capacidad y una descripción de esa capacidad. Una fotografía de una persona es diferente de la persona a sí misma , incluso si el " fotografía " es muy alta resolución y en tres dimensiones . Sin embargo , el concepto de carga va más allá de la exploración de muy alta resolución, que podemos considerar la "fotografía" de la analogía de Edelman. El análisis no es necesario para capturar todos los detalles más importantes , pero también tiene que ser una instancia en un medio computacional de trabajo que tiene las capacidades del original (aunque que las nuevas plataformas no biológicos son seguro que será mucho más capaz ) . Los detalles neuronales necesitan interactuar entre sí (y con el mundo exterior ) de la misma manera que lo hacen en el

original. Una analogía comparable es la comparación entre un programa de ordenador que reside en un disco de computadora ( una imagen estática ) y un programa que se ejecuta activamente en un equipo adecuado ( una entidad interacción dinámica ) . Tanto la captura de datos y el reinstanciation de una entidad dinámica constituyen el escenario de subida.

Tal vez la pregunta más importante será si o no un cerebro humano cargado es realmente usted. Incluso si la carga pasa una prueba de Turing personalizado y se considera indistinguible de la que , todavía se podría razonablemente preguntarse si la carga es la misma persona o una nueva persona. Después de todo, la persona original todavía puede existir. Te remito estas preguntas esenciales hasta el capítulo 7 .

En mi opinión, el elemento más importante en la carga será nuestra transferencia gradual de la inteligencia , la personalidad y las habilidades a la parte no biológica de nuestra inteligencia . Ya contamos con una gran variedad de implantes neuronales .

En la década de 2020 vamos a utilizar nanobots para comenzar a aumentar nuestro cerebro con la inteligencia no biológica , a partir de las funciones de "rutina" de procesamiento sensorial y la memoria , de pasar a la formación de habilidades , reconocimiento de patrones , y el análisis lógico . Por la década de 2030 la parte no biológica de nuestra inteligencia predominará , y por la década de 2040 , como señalé en el capítulo 3, la parte no biológica será miles de millones de veces más capaces. Aunque es probable que retener la parte biológica durante un periodo de tiempo , se convertirá cada vez más de la poca importancia. Así que vamos a tener, de hecho nosotros mismos subido , aunque gradualmente , nunca darse cuenta de la transferencia. No habrá "Ray viejo" y "nuevo Ray ," sólo un Rayo cada vez más capaces . Aunque creo que la carga como en el escenario de exploración y de transferencia de repente se discute en esta sección será una característica de nuestro mundo futuro, es esta progresión gradual pero inexorable de pensamiento no biológico muy superior que transformará profundamente la civilización humana .

SIGMUND FREUD : Cuando usted habla acerca de la ingeniería inversa del cerebro humano, cuyo cerebro sólo estás hablando ? El cerebro de un hombre? De una mujer? De un niño ? El cerebro de un genio ? Una persona con retraso ? Un " sabio idiota " ? Un talentoso artista ? Un asesino en serie?

RAY : En última instancia , estamos hablando de todo lo anterior . Hay principios básicos de operación que tenemos que entender cómo funcionan la inteligencia humana y sus diversas capacidades constituyentes . Dada la plasticidad del cerebro humano , nuestros pensamientos crean literalmente el cerebro a través del crecimiento de nuevas espinas , sinapsis , dendritas , e incluso neuronas. Como resultado , parietal de Einstein lóbulos - la región asocia con una imagen visual y matemática pensamiento - se convirtió en gran medida enlarged.<sup>121</sup> Sin embargo, sólo hay tanto espacio en nuestros cráneos , por lo que aunque Einstein tocaba música no era un músico de clase mundial. Picasso no escribió gran poesía, y así sucesivamente. Al volver a crear el cerebro humano , no vamos a estar limitados en nuestra capacidad para desarrollar cada habilidad . No vamos a tener a un compromiso ' un

área a mejorar otra .

También podemos obtener una perspectiva de las diferencias y la comprensión de la disfunción humana. ¿Qué salió mal con el asesino en serie? Hay , después de todo , tienen algo que ver con el cerebro. Este tipo de comportamiento desastroso no es claramente el resultado de la indigestión.

MOLLY 2004 : Sabes , no creo que es sólo el cerebro que nacemos con esa cuenta de nuestras diferencias. ¿Qué pasa con nuestra lucha por la vida , y todas esas cosas que estoy tratando de aprender?

RAY : Sí , bueno, eso es parte del paradigma , también, ¿no es así ? Tenemos cerebros que pueden aprender , a partir de cuando aprendemos a caminar y hablar cuando se estudia la química en la universidad.

**Marvin Minsky** : Es cierto que la educación de nuestra IA será una parte importante del proceso , pero podemos automatizar mucho de eso y mucho acelerarlo . Además, tenga en cuenta que cuando uno aprende algo AI , puede compartir rápidamente que el conocimiento con muchos otros inhibidores de la aromatasa .

RAY : Tendrán acceso a todo nuestro conocimiento en crecimiento exponencial en la Web, que incluirá , completa inmersión en realidad virtual ambientes habitables donde pueden interactuar entre sí y con los hombres biológicos que proyectarse en estos ambientes.

SIGMUND : Estos inhibidores de la aromatasa no tienen cuerpos todavía. Como ambos hemos señalado, las emociones humanas y gran parte de nuestro pensamiento se dirigen a nuestro cuerpo y para la satisfacción de sus necesidades sensoriales y sexuales .

RAY : ¿Quién dice que no tendrán cuerpos? Como voy a discutir en la sección 2.0 versión cuerpo humano en el capítulo 6 , tendremos los medios para la creación de cuerpos parecidos a los humanos aún no biológicos , así como los organismos virtuales en la realidad virtual.

SIGMUND : Pero un cuerpo virtual no es un cuerpo real.

RAY : La palabra "virtual " es algo lamentable . Implica " no es real " , pero la realidad será que un cuerpo virtual es tan real como un cuerpo físico de todas las maneras que importan. Tenga en cuenta que el teléfono es realidad virtual auditivo. Nadie se siente que su voz en este entorno de realidad virtual no es una voz "real". Con mi cuerpo físico hoy en día, no experimento directamente el toque de alguien en mi brazo. Mi cerebro recibe señales procesadas iniciadas por las terminaciones nerviosas en el brazo , que serpentean a través de la médula espinal, a través del tronco cerebral, y hasta las regiones ínsula . Si mi cerebro o un AI de cerebro recibe señales comparables táctil virtual de alguien sobre un brazo virtual, no hay diferencia discernible.

MARVIN : Tenga en cuenta que no todos los inhibidores de la aromatasa se necesita el cuerpo humano .

RAY : En efecto . Como seres humanos, a pesar de cierta plasticidad , tanto a nuestros cuerpos y cerebros tienen una arquitectura relativamente fija .

MOLLY 2004 : Sí , se llama ser humano , algo que parece que tienen un problema con .

RAY : La verdad es que a menudo tienen un problema con todas las limitaciones y de mantenimiento que mi versión 1.0 requiere el cuerpo , por no hablar de todas las limitaciones de mi cerebro. Pero yo agradezco las alegrías del cuerpo humano. Mi punto es que la IA puede y va a tener el equivalente de los cuerpos humanos en entornos reales y virtuales de realidad . Como Marvin señala, sin embargo , que no se limitan sólo a esto.

MOLLY 2104: No es sólo AIs que será liberado de las limitaciones de la versión cuerpos 1.a . Los seres humanos de origen biológico tendrán la misma libertad en realidad tanto reales como virtuales

GEORGE 2048: Tenga en cuenta, no habrá una distinción clara entre la IA y los seres humanos .

MOLLY 2104 : Sí , a excepción de los MOSHs (sustrato Mayormente originales seres humanos ) , por supuesto .

## CAPÍTULO CINCO

### GNR Tres revoluciones superpuestas

Hay pocas cosas de las que la generación actual es más orgullosos de las maravillosas mejoras que se están produciendo en todo tipo de aparatos mecánicos diaria .... Pero ¿qué pasaría si la tecnología continúa evolucionando mucho más rápido que el animal y vegetal reinos ? ¿Sería desplazarnos en la supremacía de la tierra? Así como el reino vegetal se desarrolló lentamente desde el mineral, y que de igual manera el animal sobrevino en el vegetal, por lo que ahora , en estos últimos años un nuevo reino se ha originado , de la que hasta ahora sólo hemos visto lo que un día considerarse los prototipos antediluvianos de la carrera .... Estamos dando todos los días [ máquinas ] mayor potencia y suministro de todo tipo de ingeniosos artilugios que la auto -regulación , el poder de acción automática que será para ellos lo que el intelecto ha estado en el raza humana.

- SAMUEL BUTLER, 1863 ( CUATRO AÑOS DESPUÉS DE LA PUBLICACIÓN DE DARWIN ORIGEN DE LAS ESPECIES

¿Quién será el sucesor del hombre? A lo que la respuesta es : estamos creando nosotros mismos nuestros propios sucesores . El hombre se convertirá a la máquina lo que el caballo y el perro son para el hombre , la conclusión de que es que las máquinas son, o se están convirtiendo , animado .

- SAMUEL BUTLER, 1863 CARTA , «Darwin entre las máquinas " 1

La primera mitad del siglo XXI se caracterizará por tres revoluciones - en genética , nanotecnología y robótica superpuestas. Estos darán comienzo en lo que me he referido antes como Epoch Five , el comienzo de la Singularidad . Estamos en las primeras etapas de la revolución "G " en la actualidad. Por comprensión de la información procesa la vida subyacente, estamos empezando a aprender a reprogramar nuestra biología para lograr la eliminación virtual de las enfermedades, dramática expansión del potencial humano y la extensión de vida radical. Hans Moravec señala, sin embargo , que no importa cuánto éxito nos ajustamos nuestra biología basada en el ADN, el ser humano seguirá siendo " robots de segunda clase", lo que significa que la biología nunca será capaz de igualar lo que seremos capaces de diseñar una vez que comprendamos plenamente los principios de la biología operation.<sup>2</sup>

La revolución de la "N " nos permitirá rediseñar y reconstruir la molécula por molécula , nuestros cuerpos y cerebros y el mundo con el que nos relacionamos , que va mucho más allá de las limitaciones de la biología. El más poderoso de la revolución inminente es "R " : los robots a nivel humano con su inteligencia derivan de nuestro propio , pero rediseñado para superar con creces las capacidades humanas. R representa la transformación más significativa , ya que la inteligencia es la "fuerza" más poderosa del universo. La inteligencia, si es lo suficientemente avanzada, es, bueno, lo suficientemente inteligente como para prever y superar los obstáculos que se interponen en su camino.

Mientras que cada revolución va a resolver los problemas de las transformaciones anteriores, también introducirá nuevos peligros . T va a superar los viejos problemas de la enfermedad y el envejecimiento , sino establecer el potencial de nuevos bioingeniería amenazas virales. N Una vez se ha desarrollado plenamente , podremos aplicarlo a protegernos de los peligros biológicos, pero que va a crear la posibilidad de que sus propios peligros autorreplicantes , que será mucho más poderoso que cualquier cosa biológica. Podemos protegernos de estas amenazas con totalmente desarrollado R, pero lo que nos protegerá de la inteligencia patológica que excede la nuestra? Tengo una estrategia para hacer frente a estas cuestiones , que discuto en el final del capítulo 8 . En este capítulo, sin embargo , vamos a examinar cómo la Singularidad se desarrollará a través de estas tres revoluciones superpuestas:G,N y R

### **Genética: La intersección de la Información y Biología**

No se nos escapa que el apareamiento específico que hemos postulado sugiere inmediatamente un posible mecanismo de copia del material genético. - James Watson y Francis CRIC <sup>3</sup>

Después de tres millones de años de evolución, tenemos ante nosotros el conjunto de instrucciones que lleva cada uno de nosotros desde el huevo de una célula a través de

la edad adulta hasta la tumba. -DR . ROBERT WATERSON , INTERNACIONALES HUMAN secuencia del genoma CONSORTIU 4

Detrás de todas las maravillas de la vida y la miseria de la enfermedad son los procesos de información , fundamentalmente programas de software, que son sorprendentemente compacto. Todo el genoma humano es un código binario secuencial que contiene sólo alrededor de ochocientos millones de bytes de información . Como mencioné anteriormente , cuando se quitan sus despidos masivos utilizando técnicas de compresión convencionales , nos quedamos con sólo treinta hasta cien millones bytes , lo que equivale al tamaño de un software promedio contemporánea program.<sup>5</sup> Este código se apoya en un conjunto de máquinas bioquímicas que se traducen estas secuencias lineales ( unidimensionales ) de ADN "letras" en cadenas de bloques de construcción simples llamadas aminoácidos , que son a su vez plegada en proteínas en tres dimensiones , que representan a todas las criaturas que viven desde las bacterias hasta los seres humanos. ( Los virus ocupan un nicho en el medio vivos y no vivos materia, sino también se componen de fragmentos de ADN o ARN . ) Esta maquinaria es esencialmente un replicador de escala nanométrica auto-replicante que construye la jerarquía elaborada de estructuras y sistemas cada vez más complejos que una criatura viviente comprende .

### **Computadora de la vida**

En las primeras etapas de la evolución de la información fue codificada en las estructuras de las moléculas orgánicas cada vez más complejas basadas en el carbono . Después de miles de millones de años la biología evolucionó su propio ordenador para almacenar y manipular datos digitales basados en la molécula de ADN. La estructura química de la molécula de ADN fue descrita por primera vez por JD Watson y FHC Crick en 1953 como una doble hélice que consiste en un par de hilos de polynucleotides.<sup>6</sup> terminamos de transcribir el código genético a principios de este siglo. Ahora estamos empezando a entender la química detallada de los procesos de comunicación y el control por el cual el ADN ordena la reproducción a través de estas otras moléculas complejas y estructuras celulares como ARN mensajero ( ARNm ) , ARN de transferencia ( ARNt ) y ribosomas.

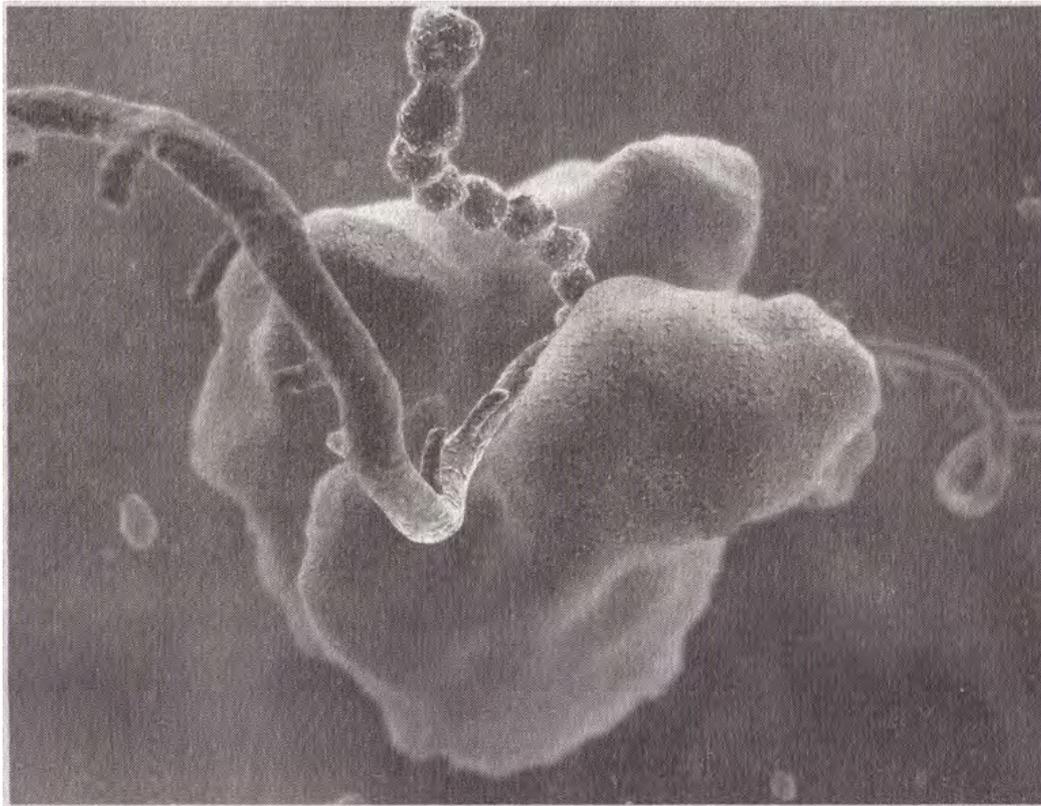
En el nivel de almacenamiento de información el mecanismo es sorprendentemente simple . Con el apoyo de una torsión esqueleto de azúcar -fosfato , la molécula de ADN contiene hasta varios millones de peldaños , cada uno de los cuales se codifican con una letra dibujado a partir de un alfabeto de cuatro letras ; cada peldaño es la codificación por lo tanto dos bits de datos digitales en un unidimensional código . El alfabeto se compone de los cuatro pares de bases : adenina - timina , timina - adenina, citosina - guanina , citosina y guanina - .

Enzimas especiales pueden copiar la información en cada peldaño mediante la división de cada par de bases y montaje de dos moléculas idénticas de ADN por rematching los pares de bases rotas . Otras enzimas realmente comprobar la validez de la copia mediante la comprobación de la integridad de la coincidencia de pares de

bases . Con estos pasos copiado y validación , el sistema de procesamiento de datos de química hace sólo un error de diez mil millones de pares de bases combinations.<sup>7</sup> mayor redundancia y códigos de corrección de errores están integrados en los propios datos digitales , mutaciones tan significativos resultantes de pares de bases errores de replicación son raros . La mayoría de los errores resultantes de la tasa de uno en diez mil millones de error resultados en el equivalente de un error de " paridad " , que puede ser detectada y corregida por medio de otros niveles del sistema , incluyendo la comparación contra el cromosoma correspondiente , que puede evitar que la broca correctos de causar cualquier significativa damage.<sup>8</sup> la investigación reciente ha demostrado que el mecanismo genético detecta este tipo de errores en la transcripción del cromosoma Y masculino , haciendo coincidir cada gen cromosoma Y en contra de una copia en el mismo chromosome.<sup>9</sup> una vez en mucho tiempo una error de transcripción resultará en un cambio beneficioso que la evolución vendrá a favor.

En un proceso llamado técnicamente traducción, otra serie de productos químicos puesto este programa digital, elaborada a la acción por la construcción de proteínas . Se trata de las cadenas de proteínas que dan a cada célula su estructura , el comportamiento y la inteligencia . Enzimas especiales desenrollan una región de ADN para la construcción de una proteína en particular . Una hebra de ARNm se crea copiando la secuencia expuesta de bases . El ARNm tiene esencialmente una copia de una porción de la secuencia de letras de ADN . El ARNm viaja fuera del núcleo y en el cuerpo de la célula . El código de ARNm se leen entonces por una molécula de ribosoma , lo que representa el jugador molecular central en el drama de la reproducción biológica . Una parte de los actos de ribosomas como una cabeza grabadora , " leer " la secuencia de datos codificados en la secuencia de bases del ARNm. Las "letras" (bases ) se agrupan en palabras de tres letras llamados codones , con un codón para cada uno de los posibles veinte aminoácidos , los bloques básicos de construcción de la proteína . Un ribosoma lee los codones del ARNm y, a continuación , utilizando ARNt , ensambla una cadena de una proteína amino ácido a la vez.

**(imagen de un ribosoma en la acción)**



El paso final notable en este proceso es el plegamiento de la cadena unidimensional de ácido "beads" aminoácidos en una proteína en tres dimensiones . Simulación de este proceso aún no ha sido factible debido a la enorme complejidad de las fuerzas de interacción de todos los átomos que intervienen . Se espera que los superordenadores programados para entrar en funcionamiento en la época de la publicación de este libro ( 2005 ) para tener la capacidad computacional para simular el plegamiento de proteínas , así como la interacción de una proteína en tres dimensiones con otro .

El plegamiento de proteínas , junto con la división celular , es uno de los notables e intrincada danza de la naturaleza en la creación y re - creación de la vida . Moléculas " chaperonas " Especializados protegen y guían los hilos amino -ácido , ya que asumen sus configuraciones tridimensionales de proteínas precisas . Tanto como un tercio de moléculas de proteína formadas se doblan correctamente. Estas proteínas desfigurados debe ser inmediatamente destruidos o que rápidamente se acumulan , lo que altera las funciones celulares en muchos niveles.

En circunstancias normales , tan pronto como se forma una proteína mal plegada , se etiqueta por una molécula portadora , ubiquitina , y acompaña a un proteosoma especializada , donde se rompe hacia abajo en sus aminoácidos componentes para el reciclaje de nuevo en (correctamente plegada) las proteínas. Como las células de edad, sin embargo , que producen menos de la energía necesaria para el funcionamiento óptimo de este mecanismo . La acumulación de estas proteínas deformes agregan en partículas llamadas protofibrillas , que son sin embargo que la base de los procesos de enfermedad que conducen a la enfermedad de Alzheimer y otras afflictions.<sup>10</sup>

La capacidad de simular el vals en tres dimensiones de las interacciones a nivel atómico se acelerará en gran medida nuestro conocimiento de cómo las secuencias de control de ADN vida y la enfermedad. Entonces estaremos en condiciones de simular rápidamente los medicamentos que intervienen en alguno de los pasos de este proceso, acelerando así el desarrollo de fármacos y la creación de fármacos altamente específicos que reduzcan al mínimo los efectos secundarios no deseados .

Es el trabajo de las proteínas se reunieron para llevar a cabo las funciones de la célula y por extensión el organismo. Una molécula de hemoglobina , por ejemplo , que tiene la tarea de llevar el oxígeno de los pulmones a los tejidos del cuerpo , se crea

5000000000000000 veces cada segundo en el cuerpo humano . Con más de quinientos aminoácidos en cada molécula de hemoglobina , que llega a  $1,5 \times 10^{19}$  (quince billones de billones ) las operaciones de "leer " cada minuto por los ribosomas sólo para la fabricación de la hemoglobina .

En cierto modo, el mecanismo bioquímico de la vida es muy compleja e intrincada . Dicho de otro modo, es muy simple. Sólo cuatro pares de bases ofrecen el almacenamiento digital para toda la complejidad de la vida humana y el resto de la vida tal como la conocemos . Los ribosomas construir cadenas de proteínas mediante la agrupación de los tríos de pares de bases para seleccionar secuencias de sólo veinte aminoácidos. Los propios ácidos de aminos son relativamente simple, que consiste en un átomo de carbono con sus cuatro enlaces ligados a un átomo de hidrógeno , un grupo amino ( - NH<sub>2</sub> ) , uno del grupo ácido carboxílico ( - COOH ) , y un grupo orgánico que es diferente para cada aminoácido ácido . El grupo orgánico para la alanina , por ejemplo , tiene sólo cuatro átomos ( CH<sub>3</sub> - ) para un total de trece átomos . Uno de los aminoácidos más complejas , arginina ( que desempeña un papel vital en la salud de las células endoteliales en las arterias ) tiene sólo diecisiete átomos en su grupo orgánico para un total de veintiséis átomos . Estos veinte fragmentos moleculares simples son los bloques de construcción de al vida.

Las cadenas de proteínas a continuación, el control de todo lo demás : la estructura de las células óseas , la capacidad de las células musculares para flexionar y actuar en concierto con otras células musculares, todas de las complejas interacciones bioquímicas que tienen lugar en el torrente sanguíneo , y , por supuesto , la estructura y el funcionamiento de la brain.<sup>11</sup>

## **Diseñador de los Baby Boomers**

Información suficiente que ya existe en la actualidad para frenar las enfermedades y procesos de envejecimiento hasta el punto de que los baby boomers como yo, pueden permanecer en buen estado de salud hasta que el florecimiento completo de la revolución de la biotecnología , que en sí es un puente hacia la revolución de la nanotecnología (ver Recursos e Información de Contacto , p .489 ) . En Viaje fantástico : Vivir lo suficiente para vivir para siempre , que me coautor con Terry Grossman , MD , un experto líder en la longevidad , se discuten estos tres puentes a la extensión radical de la vida (el conocimiento de hoy en día , la biotecnología y la

nanotecnología ) 0,12 lo escribí allí: " mientras que algunos de mis contemporáneos se pueden satisfacer a abrazar envejecer con gracia , como parte del ciclo de la vida, que no es mi punto de vista . puede ser ' natural', pero yo no veo nada positivo en la pérdida de mi agilidad mental, agudeza sensorial , limberness física , el deseo sexual, o cualquier otra habilidad humana . Considero que la enfermedad y la muerte a cualquier edad como una calamidad , como problemas que hay que superar " .

Puede uno suponer la aplicación de forma agresiva el conocimiento que ahora poseemos para reducir drásticamente el envejecimiento y revertir los procesos de las enfermedades más importantes , tales como enfermedades del corazón , cáncer , diabetes tipo 2, y los accidentes cerebrovasculares . Puede , en efecto, reprogramar su bioquímica, porque tenemos el conocimiento hoy en día, si se aplica de manera agresiva , para superar la herencia genética en la gran mayoría de los casos. " Es más que nada en sus genes " sólo es cierto si se toma la actitud pasiva habitual hacia la salud y el envejecimiento.

Mi propia historia es instructiva. Hace más de veinte años me diagnosticaron diabetes tipo 2. El tratamiento convencional empeoró mi condición , por lo que se acercó a este desafío de salud desde mi perspectiva como un inventor. Me sumergí en la literatura científica y se acercó con un programa único que revirtió con éxito la diabetes . En 1993 escribí un libro de salud ( La solución de 10 % para una vida saludable ) de esta experiencia , y continúo hoy a estar libre de cualquier indicación o complicación de esta enfermedad<sup>13</sup>

Además , cuando tenía veintidós años, mi padre murió de enfermedad cardíaca a la edad de cincuenta y ocho años , y yo he heredado sus genes me predisponen a esta enfermedad . Hace veinte años , a pesar de seguir las directrices públicas de la Asociación Americana del Corazón, mi colesterol estaba en los altos 200s (debe estar muy por debajo 180 ) , mi HDL ( lipoproteína de alta densidad , el colesterol "bueno " ) por debajo de 30 ( que debe estar por encima de 50 ) , y mi homocisteína ( una medida de la salud de un proceso bioquímico llamado metilación ) era un poco saludable 11 ( lo que debería estar por debajo de 7,5 ) . Al seguir un programa de longevidad que Grossman y yo desarrollamos , mi nivel de colesterol actual es 130 , mi HDL es 55 , mi homocisteína es 6,2 , mi proteína C - reactiva ( una medida de la inflamación en el cuerpo ) es un muy saludable 0,01 , y todos de mis otros índices ( para la enfermedad cardíaca , la diabetes y otras condiciones ) se encuentran en perfecto niveles.<sup>14</sup>

Cuando tenía cuarenta años, mi edad biológica fue de alrededor de treinta y ocho. Aunque estoy ahora cincuenta y seis , un ensayo completo de mi crianza biológica (que mide diversas sensibilidades sensoriales , capacidad pulmonar , tiempos de reacción , la memoria y las pruebas relacionadas) realizado en la clínica longevidad de Grossman mide mi edad biológica a los cuarenta . <sup>15</sup> A pesar de que todavía no hay un consenso sobre la forma de medir la edad biológica , mis calificaciones en estas pruebas coincidentes normas de la población de esta edad. Así , de acuerdo con este conjunto de pruebas , no he envejecido mucho en los últimos dieciséis años, lo

que es confirmado por los numerosos análisis de sangre que tomo , así como la forma en que me siento.

Estos resultados no son accidentales , y he sido muy agresivo en cuanto a la reprogramación de mi bioquímica. Tomo 250 suplementos ( píldoras) al día y reciben una media docena de terapias intravenosas cada semana (básicamente los suplementos alimenticios entregados directamente en mi torrente sanguíneo , evitando así mi tracto gastrointestinal) . Como resultado , las reacciones metabólicas en el cuerpo son completamente diferentes de lo que serían de otra manera be.16 aborda como un ingeniero , mido docenas de niveles de nutrientes ( como las vitaminas , minerales y grasas ) , hormonas y metabólicos - productos en mi sangre y otras muestras corporales (tales como cabello y saliva) . En general, mi nivel es donde yo quiero que sean , a pesar de que constantemente afinar mi programa basado en la investigación que llevo a cabo con Grossman.17 Aunque mi programa puede parecer extremo , en realidad es conservadora y óptima ( basado en mi actual conocimiento). Grossman y yo hemos investigado exhaustivamente cada uno de los varios cientos de terapias que utilizo para la seguridad y la eficacia . Me mantengo alejado de las ideas que no han sido probados o puedan constituir riesgo ( el uso de la hormona de crecimiento humano , por ejemplo).

Consideramos que el proceso de inversión y la superación de la progresión de la enfermedad peligrosa como una guerra . Como en cualquier guerra , es importante movilizar todos los medios de inteligencia y armamento que se pueden aprovechar , tirando todo lo que tenemos al enemigo. Por eso abogamos por que los peligros - como clave como enfermedades del corazón , cáncer , diabetes , derrames cerebrales y el envejecimiento ser atacados en múltiples frentes . Por ejemplo, nuestra estrategia para prevenir la enfermedad cardíaca es la adopción de diez terapias para el corazón de prevención de enfermedades diferentes que atacan a cada uno de los factores de riesgo conocidos .

Con la adopción de este tipo de estrategias multifacéticas para cada proceso de la enfermedad , y cada proceso de envejecimiento, incluso los baby boomers como yo, pueden permanecer en buen estado de salud hasta que el florecimiento completo de la revolución de la biotecnología ( que llamamos " puente de dos " ), que ya se encuentra en sus primeras etapas y alcanzará su pico en la segunda década de este siglo .

Biotecnología proporcionará los medios para cambiar realmente sus genes : no sólo los bebés de diseño serán factibles pero baby boomers de diseño. También seremos capaces de rejuvenecer todos los tejidos y órganos de su cuerpo por la transformación de sus células de la piel en las versiones juveniles de cada tipo de célula. Ya, el desarrollo de nuevos fármacos se dirige precisamente pasos clave en el proceso de la aterosclerosis (la causa de la enfermedad del corazón), la formación de tumores cancerosos, y los procesos metabólicos que subyace en cada enfermedad importante y el proceso de envejecimiento.

## ¿Podemos realmente vivir para siempre ?

Un defensor enérgico y perspicaz de detener el proceso de envejecimiento mediante el cambio de los procesos de información biológica subyacente es Aubrey de Grey, un científico en el Departamento de Genética de la Universidad de Cambridge. De Grey utiliza la metáfora de mantener una casa. ¿Cuánto tiempo dura una casa pasada? La respuesta, obviamente, depende de lo bien que cuida de él. Si no hace nada, el techo será tener fugas en poco tiempo, el agua y los elementos se invaden, y, finalmente, la casa se desintegrará. Pero si usted toma el cuidado de manera proactiva de la estructura, la reparación de todos los daños, enfrentar todos los peligros, y reconstruir o renovar las piezas de vez en cuando con nuevos materiales y tecnologías, la vida de la casa se puede esencialmente ser prorrogado indefinidamente.

Lo mismo puede decirse de nuestros cuerpos y cerebros. La única diferencia es que, si bien entendemos completamente los métodos que subyacen en el mantenimiento de una casa, no entendemos todavía plenamente todos los principios biológicos de la vida. Pero con el rápido aumento de la comprensión de los procesos y los caminos de la biología bioquímica, estamos ganando rápidamente que el conocimiento. Estamos empezando a entender el envejecimiento, no como una única progresión inexorable, sino como un conjunto de procesos relacionados. Las estrategias están surgiendo para invertir a fondo cada una de estas progresiones de envejecimiento, el uso de diferentes combinaciones de técnicas de biotecnología.

De Grey describe su objetivo como "senescencia insignificante ingeniería" - detener el cuerpo y el cerebro se vuelva más frágil y propensa a las enfermedades a medida que crece older.<sup>18</sup> Como él mismo explica: "Todos los conocimientos básicos necesarios para desarrollar la senectud insignificante ingeniería ya está en nuestra posesión - que principalmente sólo necesita ser reconstruido." <sup>19</sup> De Grey cree que vamos a demostrar "firmeza" rejuvenecidas ratones -ratones que son funcionalmente más joven que antes de ser tratada y con la extensión de la vida para demostrarlo - dentro de diez años, y señala que este logro tendrá un efecto dramático en la opinión pública. Demostrar que podemos revertir el proceso de envejecimiento en un animal que comparte el 99 por ciento de nuestros genes será profundamente desafiar la sabiduría popular que el envejecimiento y la muerte son inevitables. Una vez robusta rejuvenecimiento se confirma en un animal, habrá una enorme presión competitiva para traducir estos resultados en terapias humanas, que deben aparecer cinco o diez años más tarde.

El variado campo de la biotecnología se alimenta de nuestro progreso acelerado en la ingeniería inversa de la información de los procesos de la biología subyacente y por un creciente arsenal de herramientas que pueden modificar estos procesos. Por ejemplo, el descubrimiento de medicamentos que una vez fue una cuestión de encontrar sustancias que producen algún resultado beneficioso y sin efectos secundarios excesivos. Este proceso fue similar a la herramienta de descubrimiento de los primeros seres humanos', que se limita simplemente a encontrar las rocas y otros implementos naturales que podrían ser utilizados para los propósitos útiles. Hoy

nosotros estamos aprendiendo los caminos bioquímicos precisos que subyacen tanto a la enfermedad y los procesos de envejecimiento y son capaces de diseñar fármacos para llevar a cabo misiones precisas en el nivel molecular. El alcance y la magnitud de estos esfuerzos son muy amplias .

Otro método eficaz es comenzar con la información biológica columna vertebral : el genoma. Con las tecnologías genéticas desarrolladas recientemente que estamos a punto de ser capaz de controlar cómo los genes se expresan. La expresión génica es el proceso por el cual los componentes celulares específicos ( específicamente ARN y los ribosomas ) producen proteínas de acuerdo con un programa genético específico . Mientras que cada célula humana tiene la dotación completa de genes del organismo , una célula específica , como una célula de la piel o una célula de los islotes pancreáticos , obtiene las características de un porcentaje muy pequeño de la información genética relevante para esa determinada celda type.<sup>20</sup> El control terapéutico de este proceso puede llevarse a cabo fuera del núcleo de la célula , por lo que es más fácil de implementar que las terapias que requieren acceso a su interior.

La expresión génica está controlada por péptidos ( moléculas compuestas de secuencias de hasta un centenar de aminoácidos ) y las hebras cortas de ARN . Ahora estamos empezando a aprender cómo estos procesos trabajo.<sup>21</sup> Muchos tratamientos nuevos actualmente en desarrollo y las pruebas se basan en la manipulación de ellos, ya sea para desactivar la expresión de genes causantes de enfermedades o para activar genes deseables que de otra manera no pueden expresar en un un tipo particular de célula.

### **ARNi ( ARN de interferencia ) .**

Una nueva y poderosa herramienta llamada interferencia de ARN ( RNAi ) es capaz de desactivar genes específicos mediante el bloqueo de su mRNA, lo que les impide la creación de proteínas . Dado que las enfermedades virales , cáncer y muchas otras enfermedades que utilizan la expresión génica en un momento crucial de su ciclo de vida, esto promete ser una tecnología innovadora . Los investigadores construyen segmentos de ADN cortas , de doble cadena que coincidan y se bloquean sobre porciones de los ARN que se transcribe a partir de un gen objetivo . Con su capacidad para crear proteínas bloqueados , el gen se silencia efectivamente . En muchas enfermedades genéticas sólo una copia de un gen dado es defectuoso . Ya tenemos dos copias de cada gen, uno de cada padre , bloqueando el gen causante de la enfermedad deja un gen sano para hacer la proteína necesaria . Si ambos genes son defectuosos , el ARNi puede silenciar a los dos, pero entonces un gen sano tendría que ser inserted.<sup>22</sup>

### **Terapias de Célula .**

Otra importante línea de ataque es para regenerar nuestras células, tejidos y órganos , incluso enteros e introducirlos en nuestro cuerpo sin necesidad de cirugía . Una ventaja importante de esta " clonación terapéutica" técnica es que vamos a ser

capaces de crear estos nuevos tejidos y órganos de las versiones de nuestras células que también se han hecho más joven a través del campo emergente de la medicina de rejuvenecimiento . Por ejemplo , vamos a ser capaces de crear nuevas células del corazón a partir de células de la piel e introducirlos en el sistema a través del torrente sanguíneo. Con el tiempo, las células del corazón existentes serán reemplazadas por las nuevas células , y el resultado será un corazón " joven " rejuvenecido fabricado con ADN propio de una persona. Discuto este enfoque para el recrecimiento nuestros cuerpos a continuación.

## **Gene Chips .**

Las nuevas terapias son sólo una manera de que la creciente base de conocimientos de la expresión génica afectará dramáticamente nuestra salud. Desde la década de 1990 , microarrays o chips del tamaño de una moneda de diez centavos , se han utilizado para estudiar y comparar los patrones de expresión de miles de genes a la tiempo.<sup>23</sup> Las posibles aplicaciones de esta tecnología son tan variados y las barreras tecnológicas se han reducido en gran medida por lo que enormes bases de datos están ahora dedicados a los resultados de " do-it -yourself observación de genes. " <sup>24</sup>

### **Perfil genético está siendo usada para:**

- revolucionar los procesos de detección y descubrimiento de fármacos . Microarrays pueden " no sólo confirmar el mecanismo de acción de un compuesto " pero " discriminar entre compuestos que actúan en diferentes pasos en la misma vía metabólica . " <sup>25</sup>
- Mejorar las clasificaciones del cáncer . Un estudio publicado en Science demostró la viabilidad de los clasificación de algunas leucemias " únicamente en observación de la expresión génica. " Los autores señalaron también a un caso en el que los perfiles de expresión dio lugar a la corrección de un misdiagnosis.<sup>26</sup>
- Identificar los genes , células, y las vías involucradas en un proceso , como el envejecimiento o la tumorigénesis. Para ejemplo , mediante la correlación de la presencia de leucemia mieloblástica aguda y aumento de la expresión de ciertos genes implicados con la muerte celular programada , un estudio ayudó a identificar nueva targets.<sup>27</sup> terapéutico
- Determinar la eficacia de una terapia innovadora . Un estudio recientemente reportado en Bone miró el efecto de la sustitución de la hormona del crecimiento sobre la expresión de factores de crecimiento similar a la insulina ( IGF) y el metabolismo óseo markers.<sup>28</sup>
- Prueba de la toxicidad de los compuestos de los aditivos alimentarios , cosméticos, y productos industriales de forma rápida y sin el uso de animales . Estas pruebas pueden mostrar , por ejemplo, el grado en que cada gen se ha encendido o apagado por una prueba substance.<sup>29</sup>

## Somática Gene Therapy

( terapia génica para las células no reproductivas ) . Este es el santo grial de la bioingeniería , que nos permitirá cambiar efectivamente los genes dentro del núcleo de " infectar " con nuevo ADN , esencialmente la creación de nuevos genes.<sup>30</sup> El concepto de control de la composición genética de los seres humanos a menudo se asocia con la idea de influir en las nuevas generaciones , en forma de " bebés de diseño " . Pero la promesa real de la terapia génica es cambiar nuestra realidad adulta genes.<sup>31</sup> Estos pueden ser diseñados para bloquear cualquier indeseables enfermedades alentadores genes o introducir otras nuevas que frenar e incluso revertir el proceso de envejecimiento .

Los estudios en animales que se iniciaron en la década de 1970 y 1980 han sido responsables de la producción de una serie de animales transgénicos , tales como vacas , gallinas , conejos y erizos de mar . Se llevaron a cabo los primeros intentos de terapia génica en humanos en 1990. El reto consiste en transferir ADN terapéutico en las células diana , que luego se exprese, en el nivel adecuado y en el momento adecuado .

Considere el desafío que implica efectuar una transferencia de genes. Los virus son a menudo el vehículo de elección . Virus Hace mucho tiempo aprendieron a entregar su material genético a las células humanas y , por lo tanto, causa la enfermedad . Los investigadores ahora simplemente cambiar el material se descarga un virus en las células mediante la eliminación de sus genes y la inserción de las terapéuticas . Aunque el enfoque en sí es relativamente fácil, los genes son demasiado grandes para pasar en muchos tipos de células (como las células del cerebro ) . El proceso también está limitado en la longitud de ADN que puede llevar , y puede causar una respuesta inmune . Y precisamente donde el nuevo ADN se integra en el ADN de la célula ha sido una gran parte incontrolables process.<sup>32</sup>

Inyección física ( microinyección ) de ADN en las células es posible pero prohibitivamente caro . Emocionantes avances se han hecho recientemente , sin embargo , en otros medios de transferencia . Por ejemplo , las esferas de liposomas - grasos con un núcleo acuoso - se puede utilizar como un " caballo de Troya molecular " para administrar genes a las células del cerebro, abriendo así la puerta al tratamiento de trastornos tales como el Parkinson y epilepsy.<sup>33</sup> impulsos eléctricos también se pueden emplear para ofrecer una gama de moléculas de proteínas (incluyendo drogas , ARN y ADN ) para cells.<sup>34</sup> otra opción es empaquetar el ADN en " nanoballs " ultratiny para máxima impact.<sup>35</sup>

El principal obstáculo que hay que superar para la terapia génica para ser aplicado en los seres humanos es el posicionamiento correcto de un gen en una cadena de ADN y el control de la expresión del gen . Una posible solución es entregar un gen informador de formación de imágenes junto con el gen terapéutico . Las señales de imagen permitirían una supervisión tanto de la colocación y el nivel de expression.<sup>36</sup>

Incluso frente a estos obstáculos terapia génica está empezando a trabajar en aplicaciones humanas . Un equipo dirigido por la Universidad de Glasgow investigación médico Andrew H. Baker ha utilizado con éxito adenovirus de

"contagiar " órganos específicos y regiones concretas , incluso dentro de órganos. Por ejemplo, el grupo fue capaz de dirigir la terapia génica precisamente en las células endoteliales, que recubren el interior de los vasos sanguíneos . Otro enfoque es desarrollado por Celera Genomics , una compañía fundada por Craig Venter (la cabeza del esfuerzo privado a transcribir el genoma humano). Celera ya ha demostrado su capacidad para crear virus sintéticos a partir de la información genética y los planes para aplicar estos virus biodesigned al gen therapy.<sup>37</sup>

Una de las empresas que ayudan a dirigir, United Therapeutics , ha comenzado los ensayos en humanos de la entrega de ADN en las células a través del nuevo mecanismo de las células madre autólogas ( del propio paciente ) , que son capturados de algunos viales de la sangre. ADN que dirige el crecimiento de nuevos vasos sanguíneos pulmonares se inserta en los genes de las células madre , y las células se reinyectan en el paciente . Cuando las células madre genéticamente modificadas alcanzan los diminutos vasos sanguíneos pulmonares cerca de los alvéolos del pulmón , comienzan a expresar factores de crecimiento de nuevos vasos sanguíneos . En estudios con animales se ha invertido de forma segura este hipertensión pulmonar, una enfermedad fatal y actualmente incurable. Basado en el éxito y la seguridad de estos estudios , el gobierno canadiense le dio permiso para que las pruebas en humanos para comenzar a principios de 2005 .

## **Reversión de la Enfermedad Degenerativa**

Degenerativa (progresivo ) enfermedades - enfermedades del corazón , derrame cerebral , cáncer , diabetes tipo 2 , enfermedades del hígado y riñón - representan alrededor del 90 por ciento de las muertes en nuestra sociedad. Nuestra comprensión de los principales componentes de las enfermedades degenerativas y el envejecimiento humano está creciendo rápidamente, y las estrategias han sido identificados para detener e incluso revertir cada uno de estos procesos. En viaje fantástico , Grossman y que describen una amplia gama de terapias de ahora en la tubería de prueba que ya han demostrado resultados significativos en el ataque a los pasos bioquímicos clave que subyacen el progreso de tales enfermedades .

Lucha contra la enfermedad cardíaca . Como uno de los muchos ejemplos , la investigación emocionante se está realizando con una forma sintética de colesterol HDL llamado Apo -AI Milano recombinante ( AAIM ) . En los ensayos con animales AAIM fue responsable de una regresión rápida y dramática de aterosclerótica placa.<sup>38</sup> En un ensayo de fase 1 la FDA , que incluía cuarenta y siete sujetos humanos , la administración por infusión intravenosa AAIM dado lugar a una reducción significativa ( un promedio de 4,2 por ciento de disminución ) en la placa después de sólo cinco tratamientos semanales . Ningún otro fármaco ha demostrado nunca la capacidad de reducir la aterosclerosis este quickly.<sup>39</sup>

Otra droga muy emocionante para revertir la aterosclerosis ya en fase 3 ensayos de la FDA es de Pfizer Torcetrapib.<sup>40</sup>

Este medicamento aumenta los niveles de HDL mediante el bloqueo de una enzima que normalmente descompone . Pfizer está gastando una cifra récord de un billón de dólares para poner a prueba el medicamento y planes para combinar con su droga de mayor venta " estatinas " ( reducir el colesterol ) , Lipitor .

### **La superación del cáncer .**

Muchas estrategias están llevando a cabo intensamente para superar el cáncer. Especialmente prometedoras son vacunas contra el cáncer diseñadas para estimular el sistema inmunológico para atacar las células cancerosas. Estas vacunas podrían utilizarse como profilaxis para prevenir el cáncer , como un tratamiento de primera línea , o para limpiar las células cancerosas después de otra treatments.<sup>41</sup>

Los primeros intentos reportados para activar la respuesta inmune del paciente se llevaron a cabo hace más de cien años , con poco success.<sup>42</sup> más recientes esfuerzos se centran en el fomento de las células dendríticas, los centinelas del sistema inmune , para desencadenar una respuesta inmune normal. Muchas formas de cáncer tienen la oportunidad de proliferar porque de alguna manera no desencadenan esa respuesta. Las células dendríticas papel clave playa , ya que deambulan por el cuerpo , recogida de péptidos extraños y fragmentos de células y su entrega a los ganglios linfáticos, que producen en respuesta a un ejército de células T cebadas para eliminar los péptidos marcados .

Algunos investigadores están alterando los genes de las células del cáncer para atraer a las células T, con la hipótesis de que las células T estimuladas serían entonces reconocer otras células de cáncer que encounter.<sup>43</sup> Otros están experimentando con las vacunas para la exposición de las células dendríticas a los antígenos , proteínas únicas que se encuentran en las superficies de las células cancerosas . Un grupo utiliza pulsos eléctricos para fusionar las células tumorales e inmune a crear una " vacuna individualizada . " <sup>44</sup>

Uno de los obstáculos para el desarrollo de vacunas eficaces es que en la actualidad todavía no hemos identificado muchos de los antígenos del cáncer que necesitamos para desarrollar potentes dirigida vaccines.<sup>45</sup>

El bloqueo de la angiogénesis , la creación de nuevos vasos sanguíneos, es otra estrategia . Este proceso utiliza medicamentos para desalentar el desarrollo de los vasos sanguíneos , que un cáncer emergente necesita para crecer más allá de un tamaño pequeño . El interés en la angiogénesis se ha disparado desde 1997 , cuando los médicos del Centro de Cáncer Dana Farber de Boston informaron que los ciclos repetidos de endostatina , un inhibidor de la angiogénesis , habían dado lugar a la regresión completa de tumors.<sup>46</sup> Ahora hay muchos fármacos antiangiogénicos en los ensayos clínicos, incluyendo avastin y atrasentan.<sup>47</sup>

Una cuestión clave para el cáncer , así como para el envejecimiento de preocupaciones "beads " , los telómeros se repiten secuencias de ADN que se encuentran en el extremo de los cromosomas . Cada vez que una célula se reproduce , una perla cae. Una vez que una célula ha reproducido hasta el punto de que todas sus

cuentas de los telómeros se han gastado , que la célula ya no es capaz de dividirse y morirán . Si pudiéramos revertir este proceso , las células pueden sobrevivir indefinidamente . Afortunadamente, la investigación reciente ha encontrado que sólo se necesita una sola enzima ( telomerasa ) para lograr this.<sup>48</sup> La parte difícil es la administración de la telomerasa de tal manera que no puedan causar cáncer. Las células cancerosas poseen un gen que produce la telomerasa , lo que les permite efectivamente para convertirse en inmortales mediante la reproducción de forma indefinida . Una estrategia clave para combatir el cáncer , por lo tanto , implica el bloqueo de la capacidad de las células cancerosas para generar la telomerasa . Esto puede parecer contradictorio con la idea de extender los telómeros en las células normales para combatir esta fuente de envejecimiento, pero atacando a la telomerasa de las células cancerosas en un tumor incipiente que podría hacerse sin comprometer necesariamente una terapia telómeros se extiende ordenado para las células normales. Sin embargo , para evitar complicaciones , tales terapias podrían ser detenidos durante un período de terapia del cáncer .

### **Revertir el Envejecimiento**

Es lógico suponer que a principios de la evolución de nuestra especie (y precursores de nuestra especie ) la supervivencia no habría sido ayudado de hecho, habría sido comprometida por las personas que viven mucho más allá de sus años de crianza . Investigaciones recientes , sin embargo , apoya la llamada hipótesis de la abuela , lo que sugiere una contraefecto . Universidad de Michigan antropóloga Rachel Caspari y la Universidad de California en San- Hee Lee de Riverside encontraron evidencia de que la proporción de personas que viven a convertirse en abuelos ( que en las sociedades primitivas eran a menudo tan sólo treinta ) aumentó de forma constante durante los últimos dos millones de años, con un aumento de cinco veces ocurre en la era del Paleolítico Superior ( hace unos treinta mil años ) . Esta investigación ha sido citado para apoyar la hipótesis de que la supervivencia de las sociedades humanas se vio favorecido por las abuelas , que no sólo ayudó a elevar las familias extensas, pero también transmite la sabiduría acumulada de los ancianos . Estos efectos pueden ser una interpretación razonable de los datos , pero el aumento general de la longevidad también refleja una tendencia en curso hacia una mayor esperanza de vida que continúa hasta nuestros días . Del mismo modo, se habría necesitado sólo un modesto número de abuelas (y algunos abuelos ) para dar cuenta de los efectos sociales que proponen esta teoría han reclamado , por lo que la hipótesis de no impugnar apreciablemente la conclusión de que los genes que apoyaron la extensión de vida significativo no fueron seleccionado.

El envejecimiento no es un proceso único , sino que implica una multiplicidad de cambios . De Grey describe siete procesos de envejecimiento clave que fomentan la senescencia , y ha identificado estrategias para revertir cada uno .

## **ADN Mutations.49**

Generalmente las mutaciones en el ADN nuclear ( el ADN en los cromosomas en el núcleo ) resultado en una celda defectuosa que se elimina rápidamente o una célula que simplemente no funcionar de manera óptima . El tipo de mutación que es motivo de preocupación primaria ( ya que conduce a un aumento de las tasas de mortalidad ) es uno que afecta a la reproducción celular ordenada , lo que resulta en el cáncer . Esto significa que si podemos curar el cáncer utilizando las estrategias descritas anteriormente , las mutaciones nucleares deben en gran parte se vuelven inofensivas . La estrategia propuesta por De Grey para el cáncer es preventiva : se trata de usar la terapia génica para eliminar de todas nuestras células los genes que los cánceres necesitan para encender el fin de mantener sus telómeros cuando se dividen . Esto hará que los tumores potenciales de cáncer a desaparecer antes de que crezcan lo suficientemente grande como para causar daño. Estrategias para la eliminación y la supresión de genes ya están disponibles y se están mejorando rápidamente.

### **Las células tóxicas .**

De vez en cuando las células alcanzan un estado en el que no son cancerosos, pero aún sería mejor para el cuerpo si no sobrevivieron . La senescencia celular es un ejemplo , ya que está teniendo demasiadas células grasas. En estos casos , es más fácil para matar estas células que intentar volver a un estado saludable. Se están desarrollando métodos para atacar "genes suicidas" a tales células y también para etiquetar estas células de una manera que dirige el sistema inmune para destruir ellos .

### **Las mutaciones mitocondrial .**

Otro proceso de envejecimiento es la acumulación de mutaciones en los trece genes en las mitocondrias , las fábricas de energía para los cell.<sup>50</sup> Estos pocos genes son críticos para el funcionamiento eficiente de las células y se someten a mutación a una tasa mayor que los genes en el núcleo . Una vez que la terapia génica somática maestro , podríamos poner múltiples copias de estos genes en el núcleo de la célula , proporcionando de este modo la redundancia ( copia de seguridad ) para obtener la información genética vital. El mecanismo ya existe en la celda para permitir que las proteínas núcleo - codificados para ser importados en la mitocondria , lo que no es necesario para estas proteínas que se producen en las mitocondrias a sí mismos . De hecho , la mayoría de las proteínas necesarias para la función mitocondrial ya están codificados por el ADN nuclear . Los investigadores ya han tenido éxito en la transferencia de genes mitocondriales en el núcleo en cultivos de células .

### **Los agregados intracelulares.**

Las toxinas se producen las células , tanto dentro como fuera . De Grey describe las estrategias que utilizan la terapia génica somática de introducir nuevos genes que

romper lo que él llama "agregados intracelulares" - toxinas en las células. Las proteínas se han identificado que pueden destruir prácticamente cualquier toxina, utilizando bacterias que pueden digerir y destruir materiales peligrosos que van desde TNT a las dioxinas .

Una estrategia clave que se persigue por varios grupos para la lucha contra materiales tóxicos fuera de la célula , incluyendo las proteínas deformes y la placa ( visto en la enfermedad de Alzheimer y otras enfermedades degenerativas ) de amiloide , es la creación de vacunas que actúan en contra de su constituyente moleculares.<sup>51</sup> Aunque este enfoque puede resultar en el material tóxico está siendo ingerido por las células del sistema inmunológico, entonces podemos utilizar las estrategias para combatir los agregados intracelulares descritos anteriormente para disponer de él .

### **Los agregados extracelulares .**

AGE ( productos finales de glicación avanzada ) resultan de no deseable la reticulación de moléculas útiles como un efecto secundario de exceso de azúcar . Estos enlaces cruzados interfieren con el funcionamiento normal de las proteínas y son factores clave para el proceso de envejecimiento . Un fármaco experimental llamado ALT -711 (cloruro phenacyldimethylthiazolium ) puede disolver estos enlaces cruzados sin dañar los originales tissue.<sup>52</sup> Otras moléculas con esta capacidad también han sido identificados.

### **Pérdida de células y la Atrofia .**

Los tejidos de nuestro cuerpo tienen los medios para reemplazar las células desgastadas , pero esta capacidad está limitada en ciertos órganos . Por ejemplo , a medida que envejecemos , el corazón es incapaz de reemplazar sus células a una velocidad suficiente , por lo que compensa haciendo células supervivientes mayor uso de material fibroso. Con el tiempo esto hace que el corazón se vuelve menos flexible y receptivo. Una estrategia principal aquí es el despliegue de la clonación terapéutica de nuestras propias células , tal como se describe a continuación.

El progreso en la lucha contra todas estas fuentes de envejecimiento se está moviendo rápidamente en modelos animales , y la traducción en terapias humanas seguirá. La evidencia de que el proyecto del genoma indica que no más de unos pocos cientos de genes están involucrados en el proceso de envejecimiento . Mediante la manipulación de estos genes , extensión de la vida radical ya se ha conseguido en los animales más simples . Por ejemplo , mediante la modificación de los genes en el gusano *C. elegans* que controlan sus niveles de insulina y las hormonas sexuales, la esperanza de vida de los animales de prueba se amplió por seis, hasta el equivalente de una vida útil de quinientos años para un ser humano . <sup>53</sup>

Un escenario híbrido que implica tanto bio y nanotecnología contempla convertir células biológicas en las computadoras . Estas células de inteligencia " mejoradas " se pueden detectar y destruir las células cancerosas y patógenos o incluso regenerar

partes del cuerpo humano . Bioquímico Princeton Ron Weiss ha modificado las células para incorporar una variedad de funciones lógicas que se utilizan para Timothy Gardner de la Universidad básico computation.<sup>54</sup> Boston ha desarrollado un interruptor lógica celular, otro bloque de construcción básico para transformar células en computers.<sup>55</sup> Los científicos del MIT Media Lab han desarrollado maneras de utilizar la comunicación inalámbrica para enviar mensajes , incluyendo secuencias complejas de instrucciones, a los ordenadores dentro modificados cells.<sup>56</sup> puntos Weiss que " una vez que tenga la capacidad de las células de programa, usted no tiene que estar limitado por lo que el células saben cómo hacerlo ya . Usted puede programar para hacer cosas nuevas , de nuevos modelos " .

### **Clonación humana : La aplicación menos interesante de la tecnología de clonación**

Uno de los métodos más poderosos de la aplicación de la maquinaria de la vida consiste en el aprovechamiento de los mecanismos de reproducción de la biología en la forma de clonación. Clonación será una tecnología no - clave para los seres humanos reales de clonación , pero para los propósitos de vida de extensión , en forma de " clonación terapéutica . " Este proceso crea nuevos tejidos con células "jóvenes" telómeros largos y ADN corregido para reemplazar sin tejidos u órganos defectuosos cirugía .

Todos los especialistas en ética responsables , incluido yo mismo , consideran la clonación humana en la actualidad a la ética . Las razones, sin embargo , para mí, tienen poco que ver con las cuestiones de la pendiente resbaladiza de la manipulación de la vida humana. Más bien, la tecnología de hoy en día simplemente no todavía funciona correctamente. La técnica actual de la fusión de un núcleo de la célula de un donante a una célula huevo usando una chispa eléctrica simplemente provoca un alto nivel de errores de genética.<sup>57</sup>

Esta es la razón principal de que la mayoría de los fetos creados por este método no lo hacen hasta el final. Incluso aquellos que lo hacen tienen defectos genéticos. Dolly la oveja desarrolló un problema de obesidad en la edad adulta , y la mayoría de los animales clonados producidos hasta ahora han tenido la salud impredecible problems.<sup>58</sup>

Los científicos tienen una serie de ideas para perfeccionar la clonación, incluyendo formas alternativas de fusión del núcleo de la célula y el óvulo sin el uso de una chispa eléctrica destructiva , pero hasta que la tecnología ha demostrado su seguridad, no sería ético crear una vida humana con una alta probabilidad de tales de problemas de salud graves.

No hay duda de que se produzca la clonación humana , y se producen antes, impulsado por todas las razones habituales , que van desde el valor publicitario de su utilidad como una forma muy débil de la inmortalidad. Los métodos que son demostrables en animales más avanzados funcionan bastante bien en los seres humanos . Una vez que la tecnología se ha perfeccionado en términos de seguridad,

las barreras éticas serán débiles si es que existen una .

La clonación es una tecnología importante , pero la clonación de los seres humanos no es su uso más digno de mención . Primero vamos a abordar sus usos más valiosos y luego volver a su más controvertido .

### **¿Por qué es importante la clonación ?**

El uso más inmediata para la clonación se mejora la cría , ofreciendo la capacidad de reproducirse directamente a un animal con un conjunto deseable de rasgos genéticos . Un ejemplo de gran alcance se está reproduciendo animales de embriones transgénicos ( embriones con genes extraños ) para la producción farmacéutica. Un ejemplo de ello: un tratamiento contra el cáncer es un fármaco prometedor antiangiogénico llamado aaATIII , que se produce en la leche de transgénicos goats.<sup>59</sup>

### **Preservar las especies en peligro de extinción y restauración de seres extintos .**

Otra aplicación interesante es re- creación de los animales de las especies en peligro de extinción . Por criopreservar las células de estas especies , que nunca deben extinguirse. Con el tiempo será posible volver a crear animales de especies extinguidas recientemente . En 2001 los científicos fueron capaces de sintetizar ADN del tigre de Tasmania , que había sido entonces extinto durante sesenta y cinco años, con la esperanza de traer a esta especie de vuelta a life.<sup>60</sup> En cuanto a las especies extinguidos hace mucho tiempo ( por ejemplo, los dinosaurios ) , que es muy dudoso que vamos a encontrar el ADN intacto requerida en una sola célula conservada (como lo hicieron en la película Jurassic Park) . Es probable, sin embargo, que con el tiempo será capaz de sintetizar el ADN necesario mediante parches juntos la información derivada de múltiples fragmentos inactivos .

### **La clonación terapéutica .**

Quizás la aplicación emergente más valioso es la clonación terapéutica de los propios órganos. Al comenzar con las células de la línea germinal ( heredados de los óvulos o el esperma y se transmite a la descendencia ) , los ingenieros genéticos pueden desencadenar la diferenciación en diversos tipos de células. Debido a la diferenciación tiene lugar durante la fase de prefetales ( es decir, antes de la implantación de un feto ) , la mayoría de los eticistas creen que este proceso no plantea problemas , aunque la cuestión sigue siendo altamente contentious.<sup>61</sup>

### **Human Engineering de células somáticas .**

Este enfoque aún más prometedor , que no pasa por la controversia de usar células madre fetales por completo , se llama transdiferenciación , sino que crea nuevos tejidos con ADN propio de un paciente mediante la conversión de un tipo de célula ( tal como una célula de la piel ) en otro (tal como un páncreas células de los islotes o

células del corazón) 62 científicos de los Estados Unidos y Noruega han estado recientemente con éxito en la reprogramación de las células del hígado para convertirse en células pancreáticas . En otra serie de experimentos, las células de piel humana se transformaron para asumir muchas de las características de las células del sistema inmune y nerviosos cells.<sup>63</sup>

Considere la pregunta: ¿Cuál es la diferencia entre una célula de la piel y cualquier otro tipo de célula en el cuerpo? Después de todo , todos ellos tienen el mismo ADN . Como se señaló anteriormente , se encuentran las diferencias en los factores de señalización de proteínas , que incluyen fragmentos y péptidos cortos de ARN , que ahora estamos empezando a entender.<sup>64</sup> Mediante la manipulación de estas proteínas , se puede influir en la expresión génica y el truco de un tipo de célula en convertirse en otra .

El perfeccionamiento de esta tecnología no sólo desactivar una cuestión ética y política sensible, pero también ofrecen una solución ideal desde el punto de vista científico. Si usted necesita las células del islote pancreático o tejidos - o renales , incluso todo un nuevo corazón para evitar reacciones autoinmunes , prefiere encarecidamente obtener de ellos con su propio ADN en lugar del ADN de las células de otra persona en la línea germinal . Además , este enfoque utiliza células de la piel abundantes ( del paciente ) en lugar de células madre raras y preciosos .

Transdiferenciación crecerá directamente un órgano con su composición genética. Tal vez lo más importante , el nuevo órgano puede tener sus telómeros completamente extendidos a su longitud juvenil original, por lo que el nuevo órgano es efectivamente joven again.<sup>65</sup> También podemos corregir errores acumulados de ADN mediante la selección de la piel apropiada las células ( es decir, sin los errores de ADN ) antes de la transdiferenciación en otros tipos de células. El uso de este método a un hombre de ochenta años de edad, podría tener su corazón reemplazado con el mismo corazón que tenía cuando era, digamos, veinticinco.

Los tratamientos actuales para la diabetes tipo 1 requieren fuertes medicamentos anti-rechazo que pueden tener lado peligroso efectos.<sup>66</sup> Con la ingeniería de células somáticas , los diabéticos de tipo 1 serán capaces de hacer las células de los islotes pancreáticos de sus propias células , ya sea a partir de células de la piel (transdiferenciación) o de adulto las células madre . Ellos estarían utilizando su propio ADN , y recurriendo a una oferta relativamente inagotable de células , por lo que no se requerirían medicamentos anti-rechazo . ( Sin embargo, para curar totalmente la diabetes de tipo 1 , también tendríamos para superar trastorno autoinmune del paciente, lo que hace que su cuerpo para destruir células de los islotes.)

Aún más interesante es la posibilidad de sustitución de órganos y tejidos de uno de ellos con sus reemplazos "jóvenes " sin cirugía. Presentación de las células clonadas , los telómeros - extendidas, ADN corregido en un órgano que les permitirá integrarse con las células más viejas . Por tratamientos repetidos de este tipo durante un período de tiempo , el órgano va a terminar siendo dominada por las células más jóvenes . Normalmente Reemplazamos nuestras células de forma regular todos modos , ¿por

qué no hacerlo con las células rejuvenecidas juveniles en lugar de los telómeros acortados los errores llenas ? No hay ninguna razón por qué no podíamos repetir este proceso para todos los órganos y tejidos de nuestro cuerpo , lo que nos permite crecer cada vez más joven.

### **Resolución de hambre en el mundo .**

Tecnologías de clonación incluso ofrecen una posible solución para el hambre del mundo : la creación de carne y otras fuentes de proteínas en una fábrica sin los animales por tejido muscular animal clonación . Los beneficios incluirían un costo extremadamente bajo , evitar los pesticidas y hormonas que se producen en la carne natural, muy reducido impacto ambiental (en comparación con la agricultura industrial ) , mejoró el perfil nutricional , ni el sufrimiento animal. Al igual que con la clonación terapéutica , no estaríamos creando todo el animal, sino más bien producir directamente las partes de los animales deseados o carne . Esencialmente , todas las carnes - miles de millones de libras de él - se derivarían de un solo animal.

Hay otros beneficios para este proceso , además de acabar con el hambre . Con la creación de la carne de esta manera , se convierte en objeto de la ley de la aceleración de declaraciones- las mejoras exponenciales en precio y rendimiento de las tecnologías de la información basada en el tiempo - y que por lo tanto se convierten en extremadamente barato . A pesar de que el hambre en el mundo es, sin duda exacerbada por los problemas políticos y conflictos , la carne podría ser tan barato que tendría un profundo efecto en la capacidad de pago de los alimentos.

La llegada de los animales menos carne también eliminar el sufrimiento animal. La economía de la agricultura industrial colocan una prioridad muy baja en la comodidad de los animales , que se tratan como engranajes de una máquina. La carne obtenida de esta manera , a pesar de lo normal en todos los demás aspectos , no sería parte de un animal con un sistema nervioso , que es generalmente considerada como un elemento necesario para el sufrimiento que se produzca , al menos en un animal biológico . Podríamos utilizar el mismo método para producir tales subproductos animales como el cuero y las pieles. Otras ventajas importantes serían para eliminar los enormes daños ecológicos y ambientales creados por la agricultura industrial , así como el riesgo de enfermedades basados en priones , como la enfermedad de las vacas locas y su homólogo humano , vCJD.<sup>67</sup>

### **Clonación Humana Revisited .**

Esto nos lleva de nuevo a la clonación humana. Mi predicción es que una vez que la tecnología se perfecciona , ni los dilemas graves vistos por los especialistas en ética , ni la profunda promesa anunciada por los aficionados a predominar. ¿Y qué si tenemos gemelos genéticos separados por uno o más generaciones ? La clonación es probable que llegar a ser como otras tecnologías reproductivas que fueron brevemente controvertido, pero rápidamente aceptada. Clonación física es muy diferente de la clonación mental, en el que toda la personalidad de una persona , la

memoria , las habilidades y la historia en última instancia, pueden descargar en una diferente, y probablemente más potente , pensando medio. No hay problema de la identidad filosófica con la clonación genética, ya que tales clones serían diferentes personas , incluso más que los gemelos convencionales son hoy.

Si tenemos en cuenta el concepto completo de la clonación , a partir de células para los organismos , sus beneficios tienen un enorme sinergia con las otras revoluciones que ocurren en la biología , así como en la tecnología informática . A medida que aprendemos a comprender el genoma y el proteoma ( la expresión del genoma en proteínas) de los seres humanos y los animales , y al desarrollar nuevas y eficaces mediante el aprovechamiento de la información genética , la clonación proporciona los medios para reproducir animales , órganos y células. Y eso tiene profundas implicaciones para la salud y el bienestar de nosotros mismos y nuestros primos evolutivos en el reino animal.

NED LUDD : Si todo el mundo puede cambiar sus genes , entonces todo el mundo va a optar por ser "perfecto" en todos los sentidos , por lo que no habrá diversidad y superación dejarán de tener sentido .

RAY : No exactamente . Los genes son obviamente importantes , pero nuestra naturaleza - las habilidades , el conocimiento , la memoria, la personalidad refleja la información de diseño en nuestros genes , ya que nuestros cuerpos y cerebros auto-organizan a través de nuestra experiencia. Esto también es fácilmente evidente en nuestra salud. Yo personalmente tengo una predisposición genética a la diabetes tipo 2, después de haber hecho le ha diagnosticado la enfermedad hace más de veinte años. Pero no tengo ninguna indicación de la diabetes hoy porque he superado esta disposición genética como resultado de la reprogramación de la bioquímica a través de mi estilo de vida , como la nutrición , el ejercicio y la suplementación agresiva . Con respecto a nuestro cerebro , todos tenemos diferentes aptitudes , pero nuestros talentos reales están en función de lo que hemos aprendido , desarrollado y experimentado . Nuestros genes sólo reflejan disposiciones. Podemos ver cómo funciona esto en el desarrollo del cerebro. Los genes describen ciertas reglas y limitaciones para los patrones de conexiones interneuronales , pero las conexiones reales que tenemos como adultos son el resultado de un proceso de auto-organización basada en nuestro aprendizaje. El resultado final - que estamos - está profundamente influenciados tanto por la naturaleza ( genes) y la crianza ( experiencia).

Así que cuando ganamos la oportunidad de cambiar nuestros genes como adultos , no vamos a acabar con la influencia de los genes anteriores. Experiencias anteriores a la terapia génica se han traducido a través de los genes pretratamiento , así carácter y personalidad aún se forma principalmente por los genes originales. Por ejemplo , si alguien añade genes de aptitud musical a su cerebro a través de la terapia génica , él no convertido de repente en un genio de la música .

NED : Está bien, entiendo que los baby boomers de diseño no pueden salirse por completo de sus genes predesigner , pero con los bebés de diseño que tendrán los genes y el tiempo para expresarlas.

RAY : La revolución " bebés de diseño " va a ser muy lento , no va a ser un factor importante en este siglo. Otras revoluciones superarán a ella. No tendremos la tecnología para bebés de diseño por otros diez o veinte años . En la medida en que se utiliza, se adoptó gradualmente , y luego tomará las generaciones otros veinte años para alcanzar la madurez . En ese momento, nos estamos acercando a la singularidad , la verdadera revolución es el predominio de la inteligencia no biológica . Que irá mucho más allá de las capacidades de los genes de diseño. La idea de los bebés de diseño y los baby boomers es la reprogramación de los procesos de información en biología . Pero sigue siendo la biología, con todas sus graves limitaciones.

NED : Te estás perdiendo algo. Biológica es lo que somos. Creo que la mayoría de las personas estarían de acuerdo en que el ser biológico es el atributo por excelencia del ser humano . .

RAY : Eso es cierto hoy en día.

NED : Y tengo la intención de que siga siendo así .

RAY : Bueno, si usted está hablando por sí mismo , eso está bien con ' mí. Pero si te quedas biológica y no reprogramar los genes, que no van a estar por mucho tiempo para influir en el debate.

### **Nanotecnología: La intersección de la Información y el Mundo Físico**

El papel de la infinitamente pequeño es infinitamente grande . -LOUIS PASTEUR

Pero yo no tengo miedo de considerar la pregunta final de si , en última instancia , en el gran futuro , podemos arreglar los átomos de la manera que queremos, los átomos, hasta el fondo ! - Richard Feynman

La nanotecnología tiene el potencial de mejorar el rendimiento humano , para lograr el desarrollo sostenible de los materiales , el agua , la energía y los alimentos, para proteger contra las bacterias y los virus desconocidos e incluso a disminuir las razones para romper la paz [mediante la creación de abundancia universal] . -  
Fundación Nacional de Ciencias INFORME DE NANOTECNOLOGÍA

La nanotecnología promete las herramientas para reconstruir el mundo - nuestros cuerpos físicos y cerebros incluidos molecular fragmento a fragmento molecular , lo que podría átomo por átomo . Estamos reduciendo el tamaño de la característica clave de la tecnología , de conformidad con la ley de los retornos acelerados , a una tasa exponencial de un factor de aproximadamente cuatro por dimensión lineal por decade.68 A este ritmo, la característica clave de los tamaños de las tecnologías mecánicas más electrónicos y muchos estará en el rango de la nanotecnología - generalmente se considera que menos de cien nanómetros - de la década de 2020 . (Electrónica ya ha descendido por debajo de este umbral , aunque todavía no en las estructuras tridimensionales y no auto-montaje . ) Mientras tanto se ha hecho rápidos progresos , sobre todo en los últimos años , en la elaboración del marco conceptual y las ideas de diseño para la próxima edad de la nanotecnología.

Tan importante como la revolución de la biotecnología ha expuesto anteriormente será, una vez que sus métodos son completamente maduros , los límites se encuentran en la propia biología. Aunque los sistemas biológicos son notables en su inteligencia , también hemos descubierto que son drásticamente subóptima . He mencionado la velocidad extremadamente lenta de la comunicación en el cerebro, y como explico más adelante (véase p . 253 ) , reemplazos robóticos para las células rojas de la sangre podría ser miles de veces más eficientes que sus biológico counterparts.<sup>69</sup> Biología nunca será capaz de igualar lo que seremos capaces de ingeniería una vez que entendemos plenamente los principios de funcionamiento de la biología .

La revolución de la nanotecnología , sin embargo , en última instancia, nos permitirá rediseñar y reconstruir , molécula a molécula , nuestros cuerpos y cerebros y el mundo con el que interact.<sup>70</sup> Estas dos revoluciones se superponen , pero la plena realización de la nanotecnología va a la zaga de la revolución de la biotecnología por aproximadamente una década .

La mayoría de los historiadores de la nanotecnología fecha del nacimiento conceptual de la nanotecnología al discurso seminal del físico Richard Feynman en 1959 : " Hay mucho sitio al fondo " , en el que describía la inevitabilidad y las profundas implicaciones de máquinas de ingeniería a nivel de los átomos :

Los principios de la física , por lo que yo puedo ver, no hablan de la posibilidad de maniobrar las cosas átomo por átomo. Sería , en principio , posible ... para un físico para sintetizar una sustancia química que el químico escribe . . . . ¿Cómo ? Ponga los átomos hacia abajo, donde el químico dice , y así tomar la sustancia . Los problemas de la química y la biología pueden ser grandemente ayudados si nuestra capacidad de ver lo que estamos haciendo , y para hacer las cosas a un nivel atómico , en última instancia, se desarrolló - un desarrollo que creo que no puede ser avoided.<sup>71</sup>

Una base conceptual incluso antes de la nanotecnología fue formulada por el teórico información John von Neumann en la década de 1950 con su modelo de un sistema de auto -replicantes basada en un universal, constructor , combinado con un computer.<sup>72</sup> universales En esta propuesta, el ordenador ejecuta un programa que dirige el constructor , que a su vez construye una copia tanto de la computadora (incluyendo su programa de auto - replicación ) y el constructor . A este nivel de la propuesta de Descripción de von Neumann es bastante abstracto - el ordenador y el constructor podrían hacerse en una gran variedad de formas , así como de diversos materiales , e incluso podría ser una construcción matemática teórica . Pero tomó el concepto un paso más allá y propuso un " constructor de cinemática " : un robot con al menos un manipulador ( brazo ) que construir una réplica de sí mismo a partir de un " mar de partes " en su midst.<sup>73</sup>

Se dejó a Eric Drexler para fundar el moderno campo de la nanotecnología , con un borrador de su hito Ph.D. tesis a mediados de la década de 1980 , en la que esencialmente se combina estas dos sugerencias interesantes . Drexler describió von Neumann constructor cinemática, que por su mar de piezas utiliza átomos y fragmentos moleculares , como se sugiere en el discurso de Feynman . La visión de Drexler atraviesan muchas fronteras disciplinarias y era tan de gran alcance que nadie

se atreve a ser su director de tesis a excepción de mi propio mentor , Marvin Minsky . La disertación de Drexler (que se convirtió en su libro Engines of Creation en 1986 y se articuló técnicamente en su libro de 1992 , nanosistemas ) sentó las bases de la nanotecnología y proporcionó la hoja de ruta sigue siendo seguido today.<sup>74</sup>

" Ensamblador molecular " de Drexler será capaz de hacer casi cualquier cosa en el mundo. Se ha referido como un " ensamblador universal", pero Drexler y otros teóricos nanotecnología no usar la palabra "universal " , ya que los productos de este sistema tienen por qué estar sujeto a las leyes de la física y la química, por lo que sólo atómica estable estructuras serían viables . Por otra parte , cualquier ensamblador específica se limita a la construcción de productos de su mar de las partes , aunque se ha demostrado la viabilidad de utilizar átomos individuales . Sin embargo , como un ensamblador puede hacer casi cualquier dispositivo físico que nos gustaría , incluyendo computadoras de alta eficiencia y subsistemas para otros ensambladores .

Aunque Drexler no proporcionó un diseño detallado para un ensamblador como un diseño todavía no ha sido completamente especificado , su tesis ha proporcionado extensos argumentos de viabilidad de cada uno de los componentes principales de un ensamblador molecular , que incluyen los siguientes subsistemas :

- El equipo : proporcionar la inteligencia para controlar el proceso de montaje. Como con todos los subsistemas del dispositivo, el equipo tiene que ser pequeños y simples. Como describí en el capítulo 3 , Drexler ofrece una descripción conceptual interesante de un equipo mecánico con "candados " moleculares en lugar de las puertas de los transistores. Cada cerradura requeriría sólo dieciséis nanómetros cúbicos de espacio y podría cambiar de diez mil millones de veces por segundo . Esta propuesta sigue siendo más competitivo que cualquier tecnología electrónica conocida, aunque los ordenadores electrónicos construidos a partir de matrices tridimensionales de nanotubos de carbono parecen proporcionar densidades aún más altos de cálculo ( es decir, cálculos por segundo por gramo ) <sup>75</sup>
- La arquitectura de instrucciones : Drexler y su colega Ralph Merkle han propuesto un SIMD (single instrucción de arquitectura de datos múltiple) en la que un único almacén de datos registraría las instrucciones y transmitir las a trillones de ensambladores moleculares de tamaño ( cada uno con su propio ordenador sencillo ) simultáneamente. Yo discutí algunas de las limitaciones de la arquitectura SIMD en el capítulo 3 , pero este diseño (que es más fácil de aplicar que el enfoque de datos de múltiples instrucciones múltiples más flexible) es suficiente para que el equipo de un ensamblador nanotecnología universal. Con este enfoque, cada ensamblador no tendría que almacenar todo el programa para crear el producto deseado . Una arquitectura de "emisión " , también aborda una de las principales preocupaciones de la seguridad: el proceso de auto - replicación podría ser cerrado, si se salió de control, terminando la fuente centralizada de las instrucciones de replicación.

Sin embargo , como señala Drexler fuera , un ensamblador de nanoescala no necesariamente tiene que ser auto - replicating.<sup>76</sup> Dados los peligros inherentes a la auto- replicación, las normas éticas propuestas por el Foresight Institute ( un think tank fundado por Eric Drexler y Christine Peterson ) contienen prohibiciones contra

sin restricciones autorreplicación , especialmente en un entorno natural .

Como voy a discutir en el capítulo 8 , este enfoque debe ser razonablemente efectiva contra los peligros inadvertidos , aunque podría evitarse mediante un adversario decidido y bien informado.

- Transmisión de Instrucción: La transmisión de las instrucciones del almacén de datos centralizado para cada uno de los muchos ensambladores se realizan electrónicamente si el equipo es electrónica o por medio de vibraciones mecánicas si se utiliza el concepto de un equipo mecánico de Drexler .
- El robot de construcción : El constructor sería un robot molecular simple con un solo brazo , similar al constructor cinemática de von Neumann , pero en pequeña escala . Ya hay ejemplos de sistemas a escala molecular experimentales que pueden actuar como motores y las piernas del robot , como explico a continuación.
- El brazo robot consejo: nanosistemas de Drexler proporcionado un número de químicos viables para la punta de la brazo de robot para que sea capaz de captar ( utilizando campos de fuerza atómica apropiadas ) un fragmento molecular, o incluso un solo átomo , y luego depositarlo en una ubicación deseada . En el proceso de deposición de vapor químico utilizado para construir diamantes artificiales , átomos de carbono individuales , así como fragmentos moleculares , se mueven a otros lugares a través de reacciones químicas en la punta . La construcción diamantes artificiales es un proceso caótico que implica miles de millones de átomos , pero las propuestas conceptuales de Robert Freitas y Ralph Merkle contempla puntas de los brazos de robot que pueden eliminar átomos de hidrógeno a partir de un material de origen y depositarlos en los lugares deseados en la construcción de una máquina molecular . En esta propuesta, las pequeñas máquinas se construyen a partir de un material de diamantina . Además de tener una gran fuerza , el material puede ser dopado con impurezas de una manera precisa para crear componentes electrónicos tales como transistores . Las simulaciones han demostrado que dichos engranajes de escala molecular , palancas , motores, y otros sistemas mecánicos funcionarían correctamente como intended.<sup>77</sup> Más recientemente la atención se ha centrado en los nanotubos de carbono , que comprende matrices hexagonales de átomos de carbono reunidos en tres dimensiones , que también son capaces de proporcionar tanto funciones electrónicas y mecánicas a nivel molecular . Proporciono ejemplos siguientes de máquinas a escala molecular que ya se han construido .
- Ambiente interno del ensamblador necesita para evitar las impurezas ambientales de interferir con el proceso de montaje delicado . Propuesta de Drexler es mantener un vacío cercano y construir las paredes de ensamblador a cabo del mismo material que la propia diamondoid ensamblador es capaz de hacer .
- La energía necesaria para el proceso de montaje se puede proporcionar ya sea a través de electricidad o a través energía química . Drexler propuso un proceso químico con el combustible entrelazado con el material de construcción en bruto .

Las propuestas más recientes utilizan pilas de combustible nanoingeniería incorporar hidrógeno y oxígeno o glucosa y oxígeno, o acústica potencia en ultrasonidos

frecuencias.<sup>78</sup>

Aunque se han propuesto muchas configuraciones , el ensamblador típica ha sido descrita como una unidad de mesa que puede fabricar casi cualquier producto físicamente posible para el cual tenemos una descripción de software , que van desde computadoras , ropa y obras de arte de cocinado meals.<sup>79</sup> productos más grandes , tales como muebles , automóviles, e incluso casas , puede construir de forma modular o el uso de grandes ensambladores . De particular importancia es el hecho de que un ensamblador puede crear copias de sí mismo , a menos que su diseño específicamente prohíbe esto ( para evitar la auto - replicación potencialmente peligrosos ) , el costo incremental de la creación de un producto físico, incluidos los propios montadores , sería centavos por libra - básicamente el coste de las materias primas . Drexler estima el coste de fabricación total de un proceso de fabricación molecular en el rango de diez centavos a cincuenta centavos de dólar por kilogramo, sin importar si el producto fabricado fuera ropa, supercomputadoras masivamente paralelas , o de fabricación adicional systems.<sup>80</sup>

El costo real , por supuesto , sería el valor de la información que describe cada tipo de es , el software que controla el proceso de montaje del producto - que . En otras palabras , el valor de todo en el mundo , incluyendo los objetos físicos , se basa esencialmente en la información. No estamos tan lejos de esta situación actual, ya que el contenido de la información de los productos está aumentando rápidamente, acercándose poco a poco a una asíntota de 100 por ciento de su valor.

El diseño del software de control de los sistemas de fabricación molecular sería en sí sea ampliamente automatizado , tanto como el diseño de chips es hoy en día . Diseñadores de chips no especifican la ubicación de cada uno de los miles de millones de cables y componentes , sino más bien las funciones y características específicas, que los sistemas de diseño asistido por ordenador ( CAD) se traducen en diseños reales de chips. Del mismo modo , los sistemas CAD producirían el software de control molecular de las especificaciones de fabricación de alto nivel . Esto incluye la capacidad de realizar ingeniería inversa de un producto mediante el escaneo en tres dimensiones y, a continuación generar el software necesario para replicar sus capacidades generales .

En funcionamiento, el almacén de datos centralizado sería enviar comandos simultáneamente a muchos billones (algunas estimaciones tan altas como  $10^{18}$ ) de robots en un ensamblador , recibiendo cada uno la misma instrucción a la vez . El ensamblador crearía estos robots moleculares por los que empiecen con un número pequeño y a continuación, el uso de estos robots para crear otros adicionales de forma iterativa , hasta que se haya creado el número requerido . Cada robot tendría un almacenamiento de datos local que especifica el tipo de mecanismo está construyendo . Este almacenamiento se utiliza para enmascarar las instrucciones globales que se envían desde el almacén de datos centralizada de manera que ciertas instrucciones están bloqueados y los parámetros locales se llenan pulg De esta manera, a pesar de que todos los ensambladores están recibiendo la misma secuencia de instrucciones , hay un nivel de personalización a la parte construida por cada robot

molecular. Este proceso es análogo a la expresión génica en los sistemas biológicos . Aunque cada célula tiene cada gen , sólo los genes relevantes para un tipo de célula particular se expresan . Cada robot extrae las materias primas y el combustible que necesita , que incluyen átomos de carbono individuales y fragmentos moleculares, del material de origen .

## **El ensamblador Biológica**

Naturaleza muestra que las moléculas pueden servir como máquinas porque los seres vivos funcionan por medio de dichas máquinas . Las enzimas son máquinas moleculares que hacen , se rompen y se reorganizan los enlaces que mantienen otras moléculas juntas . Los músculos son impulsados por máquinas moleculares que las fibras de recorrido últimos entre sí . ADN sirve como un sistema de almacenamiento de datos , la transmisión de instrucciones digitales para máquinas moleculares , los ribosomas, que las moléculas de proteína fabricación . Y estas moléculas de proteína , a su vez , constituyen la mayor parte de la maquinaria molecular . - ERIC DREXLER

La mejor prueba de la existencia de la viabilidad de un ensamblador molecular es la vida misma . En efecto , a medida que profundizamos nuestra comprensión de las bases de información de los procesos de la vida , estamos descubriendo las ideas específicas que son aplicables a los requisitos de diseño de un ensamblador molecular generalizada. Por ejemplo , se han hecho propuestas para utilizar una fuente de energía molecular de la glucosa y el ATP , similar a la utilizada por las células biológicas.

Considere cómo la biología resuelve cada uno de los retos de diseño de un ensamblador de Drexler . El ribosoma representa tanto el ordenador como el robot de construcción. La vida no utiliza el almacén de datos centralizado, pero proporciona el código completo a cada célula . La capacidad para restringir el almacenamiento de datos local de un robot nanoingeniería a sólo una pequeña parte del código de ensamblado ( utilizando la arquitectura de " difusión " ) , particularmente cuando se hace la autorreplicación , es una manera de la nanotecnología crítico puede ser diseñado para ser más seguro que la biología .

Almacenamiento de datos local de la vida es , por supuesto , las hebras de ADN , rotos en genes específicos en los cromosomas . La tarea de enmascaramiento de instrucciones ( el bloqueo de los genes que no contribuyen a un tipo de célula particular ) es controlada por las moléculas de ARN cortas y péptidos que regulan la expresión génica . El entorno interno en el que el ribosoma es capaz de funcionar es el ambiente químico particular, mantenido dentro de la célula , que incluye un equilibrio ácido-alcalino en particular ( pH alrededor de 7 en las células humanas ) y otros equilibrios químicos . La membrana celular es responsable de la protección de este ambiente interno de las perturbaciones .

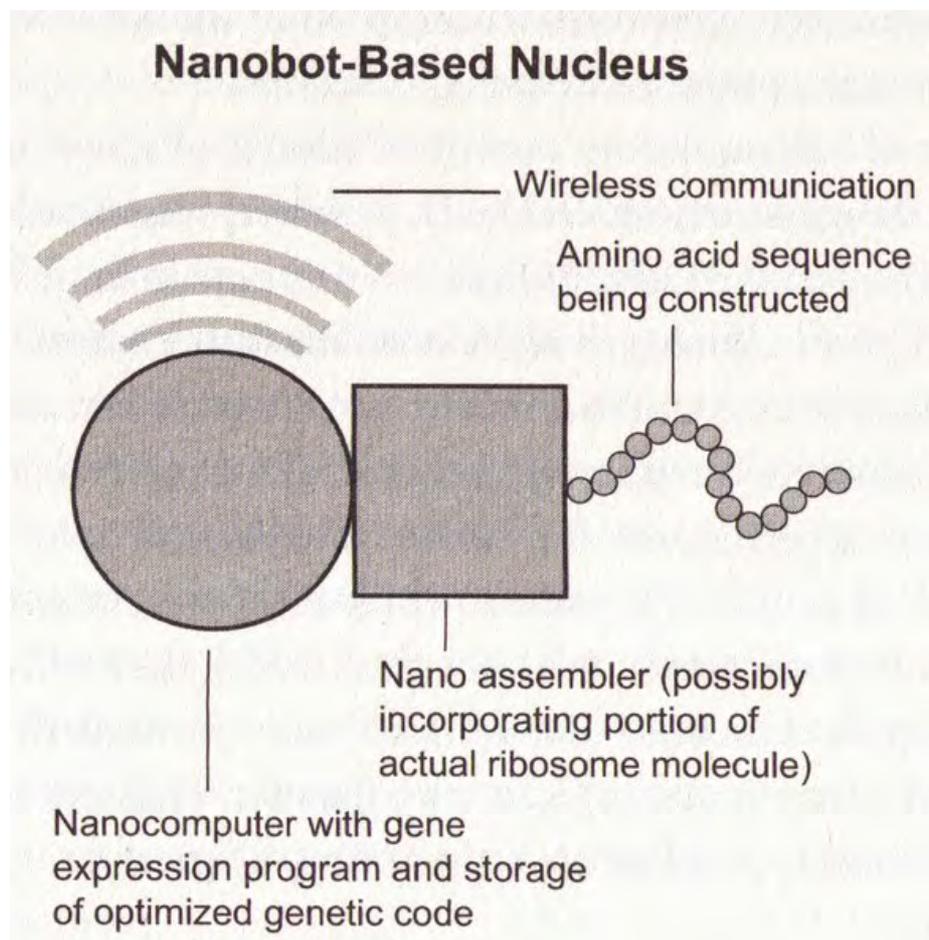
## Actualizar el núcleo de la célula con una nanocomputadora y nanobot

Aquí hay una conceptualmente simple propuesta para superar todos los patógenos biológicos excepto para los priones (proteínas patológicas autorreplicantes) . Con el advenimiento de la nanotecnología a gran escala en la década de 2020 tendremos el potencial de reemplazar repositorio genético - información de la biología en el núcleo de la célula con un sistema de nanoingeniería que mantenga el código genético y simular las acciones de ARN , el ribosoma, y otros elementos de la computadora en el ensamblador de la biología. Un nanocomputadora mantendría el código genético y poner en práctica los algoritmos de expresión de genes . A nanobot entonces construir las secuencias de aminoácidos de los genes expresados .

No habría beneficios significativos en la adopción de un mecanismo de ese tipo . Podríamos eliminar la acumulación de errores de transcripción de ADN , una fuente importante del proceso de envejecimiento . Podríamos introducir cambios en el ADN de reprogramar esencialmente nuestros genes (algo que vamos a ser capaces de hacer mucho antes de esta situación, el uso de técnicas de terapia génica ) . También nos gustaría ser capaces de derrotar a los patógenos biológicos ( bacterias, virus y células cancerosas ) , bloqueando la replicación no deseada de información genética.

### Nucleus Nanobot – Based

(diagrama rotulado)



Con este sistema de nanoingeniería la arquitectura broadcast recomendado nos permitiría desactivar la replicación no deseada , derrotando así el cáncer , las reacciones autoinmunes y otros procesos patológicos. Aunque la mayoría de estos procesos de enfermedad ya habrán sido derrotados por los métodos de la biotecnología se describen en la sección anterior, la reingeniería de la computadora de la vida utilizando la nanotecnología podría eliminar todos los obstáculos y crear un nivel de durabilidad y flexibilidad que va más allá de las capacidades propias de la biología.

La punta del brazo de robot sería utilizar la capacidad del ribosoma para poner en práctica las reacciones enzimáticas para romper un aminoácido individual, cada uno de los cuales está unido a un ARNt específico , y para conectarlo a su aminoácido contiguo utilizando un enlace peptídico . Por lo tanto , tal sistema podría utilizar fracciones de la misma ribosoma , ya que esta máquina biológica es capaz de construir la cadena de requisito de aminoácidos .

Sin embargo, el objetivo de la fabricación molecular no es meramente para replicar las capacidades molecular de montaje de la biología . Los sistemas biológicos se limitan a la construcción de los sistemas de la proteína , la cual tiene profundas limitaciones en fuerza y velocidad . Aunque las proteínas biológicas son tridimensionales , la biología está restringido a esa clase de productos químicos que se pueden plegar de una cadena unidimensional de aminoácidos . Nanobots construidos a partir de los engranajes diamantina y rotores también pueden ser miles de veces más rápido y más fuerte que las células biológicas .

La comparación es aún más dramático con respecto a la computación : la velocidad de conmutación de la computación basada en nanotubos sería millones de veces más rápido que la velocidad de transacción extremadamente lento de la conmutación electroquímica utilizada en las conexiones interneuronales de mamíferos .

El concepto de un ensamblador diamondoid descrito anteriormente utiliza un material de entrada constante (para construcción y combustible) , lo que representa una de las varias protecciones contra réplica a escala molecular de los robots en forma incontrolada en el mundo exterior . Robot réplica de la biología , el ribosoma , también requiere fuente cuidadosamente controlado y materiales combustibles , que son provistos por nuestro sistema digestivo. AB replicadores nanobased se vuelven más sofisticados , más capaz de extraer átomos de carbono y fragmentos moleculares a base de carbono de menos materiales de origen bien controlados , y capaz de funcionar fuera de los recintos controlados replicador tales como en el mundo biológico , tendrán el potencial de presentar un grave amenaza para ese mundo. Esto es particularmente cierto en vista de la mucho mayor fuerza y velocidad de replicadores nanobased a través de cualquier sistema biológico . Esa capacidad es , por supuesto , la fuente de gran controversia , que se discute en el capítulo 8 .

En la década transcurrida desde la publicación de nanosistemas de Drexler , cada aspecto del diseño conceptual de Drexler ha sido validada a través del diseño proposals.<sup>81</sup> simulaciones en supercomputadoras adicionales , y, lo más importante , la construcción real de máquinas moleculares relacionados. Boston College profesor

de química T. Ross Kelly informó que se construyó un nanomotor propulsado químicamente de setenta y ocho átomos.<sup>82</sup> Un grupo de investigación biomolecular dirigida por Carlo Montemagno creó un ATP como combustible para un nanomotor.<sup>83</sup> Otro motor de tamaño molecular alimentado por energía solar era creado a partir de cincuenta y ocho átomos de Ben Feringa de la Universidad de Groningen en los avances similares en los Países Bajos.<sup>84</sup> Se ha hecho en otros componentes mecánicos a escala molecular, tales como engranajes, rotores, y palancas. Sistemas que demuestran el uso de energía química, energía acústica (como se describe originalmente por Drexler) se han diseñado, simulado, y en realidad construido. También se han logrado avances sustanciales en el desarrollo de diversos tipos de componentes electrónicos de los dispositivos a escala molecular, particularmente en el área de los nanotubos de carbono, un área que Richard Smalley ha sido pionera.

Los nanotubos también han demostrado ser muy versátiles como un componente estructural. Una cinta transportadora construida a partir de los nanotubos se demostró recientemente por científicos del Lawrence Berkeley National Laboratory.<sup>85</sup> La cinta transportadora nanoescala se utilizó para el transporte de pequeñas partículas de indio a partir de una ubicación a otra, aunque la técnica podría ser adaptada para mover una variedad de moléculas de tamaño de objetos. Mediante el control de una corriente eléctrica aplicada al dispositivo, la dirección y velocidad de movimiento pueden ser modulados. "Es el equivalente de girar una perilla... y tomar el control macro-escala de transporte de masa a nanoescala", dijo Chris Regan, uno de los diseñadores. "Y es reversible: se puede cambiar la polaridad de la corriente y la unidad del indio de nuevo a su posición original." La capacidad de rápidamente mover bloques de construcción de tamaño molecular a lugares precisos es un paso clave hacia la construcción de líneas de ensamblaje molecular.

Un estudio realizado para la NASA por General Dynamics ha demostrado la posibilidad de auto-replicantes nanoescala machines.<sup>86</sup> Usando simulaciones por ordenador, los investigadores demostraron que los robots moleculares precisos llamados autómatas celulares cinemáticos, construido a partir de módulos moleculares reconfigurables, eran capaces de reproducirse. Los diseños también utilizan la arquitectura de difusión, que estableció la viabilidad de esta forma más segura de autorreplicación.

ADN ha demostrado ser tan versátil como los nanotubos para la construcción de estructuras moleculares. La proclividad de ADN para enlazarse con la propia hace que sea un componente estructural de utilidad. Futuros diseños pueden combinar este atributo, así como su capacidad para almacenar información. Tanto los nanotubos y el ADN tienen propiedades excepcionales para el almacenamiento de la información y de control lógico, así como para la construcción de estructuras tridimensionales fuertes.

Un equipo de investigadores de la Universidad Ludwig Maximilians de Múnich ha construido una "mano de ADN" que puede seleccionar una de varias proteínas, se unen a ella, y luego soltarlo en command.<sup>87</sup> Pasos importantes en la creación de un mecanismo de ensamblador ADN similar al ribosoma se demostró recientemente por

los investigadores de nanotecnología Shiping Liao y Nadrian Seeman.<sup>88</sup> agarrar y soltar objetos moleculares en forma controlada es otra capacidad que permite importantes para el montaje nanotecnología molecular.

Los científicos del Instituto de Investigación Scripps demostraron la capacidad para crear bloques de construcción de ADN mediante la generación de muchas copias de una hebra 1669 - de nucleótidos de ADN que se había colocado cuidadosamente auto-complementarias regions.<sup>89</sup> Las hebras de auto-ensamblado espontáneamente en octaedros rígidos, que podría ser utilizado como bloques para estructuras tridimensionales elaboradas. Otra aplicación de este proceso podría ser emplear los octaedros como compartimentos para entregar las proteínas, que Gerald F. Joyce, uno de los investigadores de Scripps, llamado "virus a la inversa." Los virus, que son también auto-montaje, por lo general tienen capas externas de proteínas con el ADN (o ARN) en el interior. "Con esto," Joyce señala, "podría, en principio, el ADN en el exterior y las proteínas en el interior.

Un particularmente impresionante demostración de un dispositivo de nanoescala construido a partir de ADN es un pequeño robot bípedo que puede caminar en las piernas que son diez nanómetros long.<sup>90</sup> Tanto las piernas y la pista para caminar se construyen a partir de ADN, de nuevo elegido para la capacidad de la molécula para unir y separar en sí de una manera controlada. El nanorobot, un proyecto de química profesores Nadrian Seeman y William Sherman de la Universidad de Nueva York, pasa por separar las patas de la pista, que baja, y luego volver a colocar las patas a la pista. El proyecto es otra impresionante demostración de la capacidad de las máquinas a nanoescala para ejecutar maniobras precisas.

Un método alternativo para el diseño de nanobots es aprender de la naturaleza. Nanotechnologist Michael Simpson, del Laboratorio Nacional de Oak Ridge describe la posibilidad de que las bacterias que explotan "como la máquina de ready-made [s]". Las bacterias, que son objetos nanobot de tamaño natural, son capaces de moverse, nadar, y la bomba de líquidos.<sup>91</sup> Linda Turner, científico en el Instituto Rowland en Harvard, se ha centrado en sus brazos hilo de tamaño, llamados fimbrias, que son capaces de realizar una amplia variedad de tareas, incluyendo llevar otros objetos a nanoescala y líquidos de mezcla. Otro enfoque es usar sólo partes de las bacterias. Un grupo de investigación dirigido por Viola Vogel de la Universidad de Washington construyó un sistema que utiliza sólo los miembros de la bacteria E. coli que fue capaz de resolver cuentas nanométricas de diferentes tamaños. Puesto que las bacterias son sistemas a nanoescala naturales que pueden realizar una amplia variedad de funciones, el objetivo final de esta investigación es realizar ingeniería inversa a las bacterias para que los mismos principios de diseño se puede aplicar a nuestros propios diseños nanobots.

### **Los dedos gordos y pegajosos (sticky fingers)**

Como consecuencia del desarrollo en rápida expansión de cada faceta de sistemas nanotecnológicos futuras, ningún defecto grave en concepto nanoassembler de Drexler se ha descrito. Una objeción muy publicitado en 2001 por el premio Nobel

Richard Smalley en Scientific American se basa en una descripción distorsionada de la propuesta Drexler ; 92 no abordó el amplio cuerpo de trabajo que se ha llevado a cabo en la última década . Como pionero de los nanotubos de carbono Smalley ha sido entusiasta acerca de una variedad de aplicaciones de la nanotecnología , después de haber escrito que " la nanotecnología tiene la respuesta , en la medida en que hay respuestas , la mayoría de nuestras necesidades materiales apremiantes en materia de energía , la salud , la comunicación , el transporte, alimentos, agua, " pero sigue siendo escéptico sobre el montaje nanotecnología molecular.

Smalley describe ensamblador de Drexler como un conjunto de entre cinco y diez " dedos " ( brazos manipuladores ) para sujetar , mover y colocar cada átomo en la máquina que se está construyendo. A continuación pasa a señalar que no hay espacio para tantos dedos en el espacio reducido en el que un nanorobot molecular -conjunto tiene que trabajar (lo que él llama el " dedos gordos" problema) y que estos dedos tendrían dificultades para dejar ir ' de su carga atómica debido a fuerzas de atracción molecular (los " dedos pegajosos " problema) . Smalley también señala que un " complejo vals en tres dimensiones ... se lleva a cabo " de cinco a quince átomos en una reacción química típica .

De hecho , la propuesta de Drexler no se parece en nada a la descripción del hombre de paja que Smalley critica . La propuesta de Drexler, y la mayoría de los que han seguido , utiliza un solo "dedo " . Por otra parte , se han producido extensas descripciones y análisis de química punta viables que no implican sujetar y colocar los átomos como si fueran piezas mecánicas para ser depositados en el lugar. Además de los ejemplos que se encuentra arriba ( por ejemplo, la mano de ADN ) , la viabilidad de los átomos de hidrógeno se mueven con " abstracción de hidrógeno propinilo " punta de Drexler se ha confirmado ampliamente en la intervención años.<sup>93</sup> La capacidad del microscopio de sonda de barrido ( SPM ) , desarrollado en IBM en 1981 , y el microscopio de fuerza atómica más sofisticado ( AFM ) para colocar los átomos individuales a través de reacciones específicas de una punta con una estructura a escala molecular proporciona una prueba adicional del concepto . Recientemente, los científicos de la Universidad de Osaka utilizan un AFM para mover los átomos no conductores individuales con un mecánico en lugar de eléctrica technique. <sup>94</sup> La capacidad de mover ambos átomos y moléculas conductoras y no conductoras se necesitará para el futuro nanotechnology. <sup>95</sup> molecular

En efecto, si la crítica de Smalley fueron válidos , ninguno de nosotros estaría aquí para hablar de ello , porque la vida misma sería imposible, ya que el ensamblador de la biología hace exactamente lo que dice Smalley es imposible.

Smalley también objetos que , a pesar de "trabajar furiosamente , ... generando incluso una pequeña cantidad de un producto tomarían [a nanobot ] ... millones de años . " Smalley es correcta , por supuesto , que un ensamblador con sólo un nanobot no produciría ningún cantidades apreciables de un producto . Sin embargo , el concepto básico de la nanotecnología es que vamos a utilizar miles de millones de nanobots para lograr resultados significativos - un factor que es también la fuente de los problemas de seguridad que han recibido tanta atención. La creación de esta

cantidad de nanobots a un costo razonable requerirá autorreplicación en algún nivel, mientras que la solución de la cuestión económica introducirá potencialmente graves peligros, una preocupación que me referiré en el capítulo 8. Biología utiliza la misma solución para crear organismos con billones de células, y de hecho nos encontramos con que prácticamente todas las enfermedades se derivan de proceso de auto-replicación de biología ido mal.

Retos anteriores en los conceptos fundamentales nanotecnología también se han abordado con eficacia. Los críticos señalaron que nanobots podrían ser objeto de bombardeos por la vibración térmica de los núcleos, átomos y moléculas. Esta es una razón diseñadores conceptuales de la nanotecnología han hecho hincapié en la construcción de componentes estructurales de diamantina o nanotubos de carbono.

El aumento de la resistencia o rigidez de un sistema reduce su susceptibilidad a los efectos térmicos. El análisis de estos diseños de ellos ha demostrado ser miles de veces más estables en presencia de los efectos térmicos que son sistemas biológicos, por lo que puede funcionar en una temperatura más amplia, muy range.<sup>96</sup>

Retos similares fueron hechas con respecto a la incertidumbre posicional de los efectos cuánticos, basado en el extremadamente pequeño tamaño de la característica de los dispositivos de nanoingeniería. Los efectos cuánticos son importantes para un electrón, pero un solo núcleo del átomo de carbono es más de veinte mil veces más masivo que un electrón. A nanobot se construirá de millones a miles de millones de átomos de carbono y de otros, por lo que es hasta miles de millones de veces más masivo que un electrón. Al conectar esta relación en la ecuación fundamental para la incertidumbre posicional cuántica muestra que es un insignificante factor.<sup>97</sup>

El poder se ha representado otro desafío. Las propuestas que implican células de combustible de glucosa-oxígeno se han mantenido bien en los estudios de viabilidad por Freitas y others.<sup>98</sup> Una ventaja del enfoque de la glucosa-oxígeno es que las aplicaciones nanomedicina pueden aprovechar la glucosa, oxígeno, y los recursos de ATP ya proporcionado por el sistema digestivo humano. Un motor de nanoescala se creó recientemente con hélices hechas de níquel y alimentado por un ATP basada enzyme.<sup>99</sup> Sin embargo, los recientes avances en la implementación a gran escala MEMS e incluso las células de combustible de hidrógeno-oxígeno nanoescala ha proporcionado un enfoque alternativo, que yo denuncio a continuación.

## **El debate se calienta**

En abril de 2003 Drexler desafió artículo de Scientific American de Smalley con un abierto letter.<sup>100</sup> Citando veinte años de investigación por sí mismo y los demás, la carta respondió específicamente a la grasa y pegajosos dedos de las objeciones de Smalley. Como dije anteriormente, ensambladores moleculares nunca fueron descritas como dedos en absoluto, sino más bien depender de la colocación exacta de las moléculas reactivas. Drexler cita enzimas biológicas y ribosomas como ejemplos de ensamblaje molecular exacta en el mundo natural. Drexler cierra citando la observación del propio Smalley, " Cuando un científico dice que algo es posible,

probablemente están subestimando cuánto tiempo va a tomar. Pero si dicen que es imposible, probablemente están equivocados. "

Tres rondas más de este debate se produjo en 2003 . Smalley respondió a la carta abierta de Drexler por dar marcha atrás de sus grasas - y pegajosos dedos objeciones y reconociendo que las enzimas y ribosomas de hecho participan en el ensamblaje molecular preciso que Smalley indicó anteriormente era imposible.

Smalley luego argumentó que las enzimas biológicas funcionan sólo en agua y que esa química a base de agua se limita a estructuras biológicas como "madera, carne y hueso. " Como Drexler ha indicado , esto, también , es erróneo.<sup>101</sup> Muchas enzimas , incluso los que trabajan habitualmente en agua , también puede funcionar en disolventes orgánicos anhidros , y algunas enzimas puede operar sobre sustratos en la fase de vapor , sin líquido en absoluto . <sup>102</sup>

Smalley prosigue afirmando ( sin ninguna deducción o las citas) que las reacciones enzimáticas similares pueden tener lugar sólo con enzimas biológicas y en las reacciones químicas relacionadas con el agua . Esto también es un error . Profesor del MIT de la química y la ingeniería biológica Alexander Klivanov demostró como no acuosa ( que no impliquen el agua) catálisis enzimática en 1984. Klivanov escribe en 2003 : " Es evidente que las declaraciones [ de Smalley ] sobre la catálisis enzimática acuosa son correctos . Ha habido cientos y quizás miles de artículos publicados sobre la catálisis enzimática acuosa desde nuestro primer artículo fue publicado hace 20 años. " <sup>103</sup>

Es fácil ver por qué la evolución biológica adoptó la química a base de agua . El agua es una sustancia muy abundante en nuestro planeta , y constituye el 70 al 90 por ciento de nuestro cuerpo , nuestra comida , y de hecho de toda la materia orgánica. Las propiedades eléctricas tridimensionales de agua son muy potentes y pueden romper los fuertes enlaces químicos de otros compuestos. El agua se considera " el solvente universal ", y ya que está involucrado en la mayoría de los procesos bioquímicos en nuestro cuerpo podemos considerar a la química de la vida en nuestro planeta, sobre todo como la química del agua . Sin embargo , el empuje principal de nuestra tecnología ha sido el desarrollo de sistemas que no se limitan a las restricciones de la evolución biológica , que adoptó exclusivamente química y proteínas como su fundación a base de agua . Los sistemas biológicos pueden volar, pero si quieres volar a nueve mil metros y en cientos o miles de kilómetros por hora , usted sería utilizar nuestra tecnología moderna , no proteínas. Los sistemas biológicos , como el cerebro humano puede recordar las cosas y hacer cálculos , pero si usted quiere hacer minería de datos en miles de millones de elementos de información , que quieren utilizar la tecnología electrónica, no cerebros humanos sin ayuda .

Smalley está haciendo caso omiso de la última década de la investigación sobre medios alternativos de fragmentos moleculares de posicionamiento que utilizan reacciones moleculares precisión guiadas. Síntesis controlada con precisión de material diamondoid ha sido ampliamente estudiado , incluyendo la capacidad de eliminar un único átomo de hidrógeno de un diamante hidrogenado surface<sup>104</sup> y la posibilidad de añadir uno o más átomos de carbono a un diamante surface.<sup>105</sup>

La investigación relacionada apoyar la viabilidad de la extracción de hidrógeno y la síntesis de diamantina precisión guiada se ha llevado a cabo en los Materiales y el Centro de Simulación de procesos en Caltech , el departamento de ciencia de los materiales e ingeniería en la Universidad Estatal de Carolina del Norte , el Instituto de Fabricación Molecular de la Universidad de Kentucky ; la Academia Naval de EE.UU. , y el Palo Alto Investigación Center.<sup>106</sup> Xerox

Smalley también evita mencionar el SPM bien establecida se ha mencionado anteriormente , que utiliza reacciones moleculares controladas con precisión . A partir de estos conceptos , Ralph Merkle ha descrito las posibles reacciones de punta que podría incluir hasta cuatro reactants.<sup>107</sup> Hay una extensa literatura sobre reacciones específicas del sitio que tienen el potencial para ser guiado con precisión y por lo tanto podría ser factible para la química de la punta en un molecular assembler.<sup>108</sup>

Recientemente, muchas herramientas que van más allá de SPM están surgiendo que se pueden manipular con fiabilidad átomos y fragmentos moleculares.

El 3 de septiembre de 2003, Drexler respondió a la respuesta de Smalley a su carta inicial, aludiendo una vez más a la gran cantidad de literatura que Smalley no address.<sup>109</sup> Citó la analogía con una fábrica moderna , sólo que a una escala nanométrica . Se refirió a los análisis de la teoría del estado de transición que indica que el control de posición sería factible a frecuencias megahertz para reactivos seleccionados adecuadamente.

Smalley respondió de nuevo con una carta en la que le faltan las citas específicas e investigaciones en curso y largo en metaphors.<sup>110</sup> imprecisos , escribe, por ejemplo, que " al igual que no se puede hacer un chico y una chica se enamoran entre sí simplemente empujándolos juntos, no se puede hacer la química precisa ocurren como se desee entre dos objetos moleculares con movimiento mecánico simple " .... [ Esto] no se puede hacer simplemente mashing dos objetos moleculares juntos. Volvió reconoce que las enzimas de hecho lograr esto , pero se niega a aceptar que estas reacciones pueden tener lugar fuera de un sistema de biología como: " Por eso me llevó que ... para hablar de la química real con enzimas reales .... [ A] ny dicho sistema se necesita un medio líquido. Para las enzimas que conocemos , que el líquido tendrá que ser el agua , y los tipos de cosas que pueden ser sintetizados con agua todo no puede ser mucho más amplia que la carne y el hueso de la biología " .

El argumento de Smalley es de la forma " No tenemos X hoy en día, por lo tanto, X es imposible. " Nos encontramos con esta clase de argumentación en varias ocasiones en el área de la inteligencia artificial. Los críticos citan las limitaciones de los sistemas de hoy en día como prueba de que esas limitaciones son inherentes y no pueden ser superados. Por ejemplo , los críticos ignoran la extensa lista de ejemplos contemporáneos de AI ( consulte la sección " A AI Sampler estrecha " en la p . 279 ) que representan los sistemas de trabajo disponibles en el mercado que son sólo programas de investigación hace una década.

Los que tratan de proyectar hacia el futuro sobre la base de metodologías bien fundadas están en desventaja . Ciertas realidades futuras pueden ser inevitables, pero que aún no son evidentes, por lo que son fáciles de negar. Un pequeño cuerpo de

pensamiento a principios del siglo XX, insistió en que vuelo más pesado que el aire era factible , pero los escépticos tradicionales podría simplemente señalar que si era tan factible , ¿por qué nunca se ha demostrado ?

Smalley revela al menos parte de sus móviles al final de su carta más reciente , cuando escribe :

Hace unas semanas di una charla sobre la nanotecnología y la energía titulado " Ser un científico , Save the World" a cerca de 700 estudiantes de secundaria y preparatoria en el Spring Branch ISO , un gran sistema de escuelas públicas aquí en el área de Houston . En preparación para mi visita se pidió a los estudiantes que escriban un ensayo sobre "por qué soy un Nanogeek " . Cientos respondido , y tuve el privilegio de leer los 30 ensayos , recogiendo mi top 5 favorito. De los ensayos que leí, casi la mitad asumieron que nanobots autorreplicantes eran posibles, y la mayoría estaban profundamente preocupados por lo que sucederá en el futuro , ya que estos nanobots repartidos por todo el mundo . Hice lo que pude para disipar sus temores , pero no hay duda de que muchos de estos jóvenes han contado un cuento que es profundamente preocupante.

Usted y la gente que te rodea ha asustado a nuestros hijos .

Me gustaría señalar que Smalley que los críticos anteriores también expresaron escepticismo de que las redes de comunicación de todo el mundo , ya sea virus o software que se distribuyen a través de ellos eran viables . Hoy en día, tenemos tanto los beneficios como las vulnerabilidades de estas capacidades. Sin embargo, junto con el peligro de virus de software ha surgido un sistema inmunológico tecnológico. Estamos obteniendo más ganancia que daños de este último ejemplo de la promesa y el peligro entrelazados.

El enfoque de Smalley para tranquilizar a la población sobre el abuso potencial de esta nueva tecnología no es la estrategia correcta. Al negar la posibilidad de reunión basado en la nanotecnología , también está negando su potencial. Negar tanto la promesa y el peligro de ensamblaje molecular en última instancia, contraproducente y dejará de guiar la investigación en la dirección constructiva necesaria . Por la década de 2020 ensamblaje molecular proporcionará herramientas para luchar eficazmente contra la pobreza , la limpieza de nuestro medio ambiente , superar la enfermedad , prolongar la longevidad humana , y muchas otras actividades que valen la pena . Como cualquier otra tecnología que la humanidad ha creado , sino que también se puede utilizar para amplificar y permitirá a nuestro lado destructivo . Es importante que nos acercamos a esta tecnología de una manera bien para ganar los profundos beneficios que promete , y evitar sus peligros tempranos.

### **Los primeros en adoptar**

Aunque el concepto de nanotecnología de Drexler se ocupa principalmente de control molecular preciso de fabricación , se ha ampliado para incluir cualquier tecnología en la que las principales características se miden por un número modesto de nanómetros

( generalmente menos de cien) . Así como la electrónica contemporánea ya ha deslizado en silencio en este ámbito , el ámbito de las aplicaciones biológicas y médicas que ya ha entrado en la era de la nanopartículas, en el que se desarrollan los objetos a escala nanométrica para crear pruebas y tratamientos más eficaces. Aunque las nanopartículas se crean utilizando métodos estadísticos de fabricación en lugar de ensambladores , que , sin embargo, se basan en sus propiedades a escala atómica por sus efectos . Por ejemplo , se están empleando nanopartículas en ensayos biológicos experimentales como etiquetas y etiquetas para mejorar en gran medida la sensibilidad en la detección de sustancias tales como proteínas. Nanotags magnéticos, por ejemplo, se puede utilizar para enlazar con los anticuerpos , que pueden ser leídos utilizando sondas magnéticas , mientras que todavía en el interior del cuerpo. El éxito de los experimentos se han llevado a cabo con nanopartículas de oro que están enlazados a los segmentos de ADN y puede probar rápidamente para secuencias específicas de ADN en una muestra. Pequeñas cuentas de nanoescala llamados puntos cuánticos pueden ser programados con códigos específicos que combinan múltiples colores , similar a un código de barras de color , que pueden facilitar el seguimiento de sustancias a través del cuerpo .

Emergentes dispositivos micro fluidos , que incorporan canales a nanoescala , se puede ejecutar cientos de pruebas simultáneamente en muestras pequeñas de una sustancia determinada. Estos dispositivos permitirán a extensas pruebas que se llevaron a cabo en muestras de sangre casi invisibles , por ejemplo .

Andamios nanoescala se han utilizado para crecer tejidos biológicos tales como la piel . Terapias futuras podrían utilizar estos diminutos andamios para cultivar cualquier tipo de tejido necesario para las reparaciones en el interior del cuerpo .

Una aplicación particularmente interesante es aprovechar las nanopartículas para suministrar tratamientos a sitios específicos en el cuerpo . Las nanopartículas pueden guiar a las drogas en las paredes celulares y a través de la barrera sangre - cerebro . Científicos de la Universidad McGill en Montreal demostraron una nanopill con estructuras en los 25 - a 45 nanómetros range.<sup>111</sup>

El nanopill es lo suficientemente pequeño para pasar a través de la pared celular y proporciona medicamentos directamente a las estructuras específicas dentro de la célula .

Los científicos japoneses han creado nano-cajas de 110 moléculas de aminoácidos , cada uno moléculas de drogas que sostienen . Adherida a la superficie de cada nanocage es un péptido que se une a los sitios de destino en el cuerpo humano . En un experimento los científicos utilizan un péptido que se une a un receptor específico en el hígado humano cells.<sup>112</sup>

Microchips de Bedford , Massachusetts , ha desarrollado un dispositivo computarizado que se implanta debajo de la piel y proporciona mezclas precisas de medicamentos a partir de cientos de pozos a nanoescala en el interior del device.<sup>113</sup>

Se espera que las futuras versiones del dispositivo para que sea capaz de medir los niveles en sangre de sustancias tales como glucosa . El sistema se podría utilizar

como un páncreas artificial , la liberación de cantidades precisas de la insulina sobre la base de la respuesta de glucosa en sangre . También sería capaz de simular cualquier otro órgano que produce hormonas . Si los ensayos van bien, el sistema podría estar en el mercado antes de 2008.

Otra propuesta innovadora es guiar a las nanopartículas de oro a un sitio del tumor , a continuación, calentar ellos con rayos infrarrojos para destruir las células cancerosas . Paquetes de nanoescala pueden ser diseñados para contener medicamentos , protegerlos a través del tracto GI , guiarlos a lugares específicos, y luego liberarlos en formas sofisticadas , incluyendo lo que les permite recibir instrucciones desde fuera del cuerpo . Nanotherapeutics en Alachua , Florida, ha desarrollado un polímero biodegradable sólo unos nanómetros de espesor que utiliza esta approach.<sup>114</sup>

### **Alimentación de la Singularidad**

Producimos alrededor de 14 billones de dólares (cerca de  $10^{13}$ ) vatios de potencia de hoy en el mundo . De esta energía un 33 por ciento proviene del petróleo , el 25 por ciento del carbón, el 20 por ciento del gas, el 7 por ciento de los reactores nucleares de fisión, 15 % de la biomasa y de las fuentes hidroeléctricas , y sólo el 0,5 % de la energía solar renovable, eólica y geotérmica technologies.<sup>115</sup> contaminación de la atmósfera y las contribuciones significativas a agua y otras formas de contaminación del resultado de la extracción, transporte, procesamiento y usos de los 78 % de nuestra energía proviene de combustibles fósiles. La energía que se obtiene a partir de aceite también contribuye a las tensiones geopolíticas , y hay el pequeño detalle de su precio por año \$ 2,000,000,000,000 de toda esta energía . Aunque las fuentes de energía de la era industrial que dominan la producción de energía de hoy serán más eficientes con los nuevos basados en la nanotecnología métodos de extracción , conversión y transmisión , es la categoría de renovables que tendrán que soportar la mayor parte del futuro crecimiento de la energía .

En 2030 el precio - rendimiento de la computación y la comunicación aumentará en un factor de diez hasta cien millones en comparación con la actualidad. Otras tecnologías también serán sometidos a enormes aumentos en la capacidad y eficiencia. Los requerimientos de energía crecerán mucho más lentamente que la capacidad de las tecnologías, sin embargo , en gran medida debido a la mayor eficiencia en el uso de la energía , que discuto más abajo . Una consecuencia principal de la revolución de la nanotecnología es que las tecnologías físicas, tales como la manufactura y la energía , se convertirá rige por la ley de los retornos acelerados . Todas las tecnologías se convertirán en esencia, tecnologías de la información , incluida la energía .

Las necesidades de energía en todo el mundo se han estimado que se duplique para 2030, mucho menos que el crecimiento económico previsto , y mucho menos el crecimiento esperado en la capacidad de technology.<sup>116</sup> La mayor parte de la energía adicional necesaria es probable que proceda de nuevo a nanoescala solar , eólica y geotérmica tecnologías . Es importante reconocer que la mayoría de las fuentes de energía representan hoy en día la energía solar de una forma u otra .

Los combustibles fósiles representan la energía almacenada en la conversión de la energía solar por los animales y las plantas y los procesos relacionados a lo largo de millones de años (aunque la teoría de que los combustibles fósiles se originaron a partir de organismos vivos ha sido cuestionada recientemente). Sin embargo, la extracción de petróleo de los pozos de petróleo de alta calidad se encuentra en un pico, y algunos expertos creen que es posible que ya hemos pasado ese pico. Está claro, en todo caso, que estamos agotando rápidamente los combustibles fósiles fácilmente accesibles. Tenemos los recursos de combustibles fósiles mucho más grandes que requieren tecnologías más sofisticadas para extraer de manera limpia y eficiente (como el carbón y el petróleo de esquisto), y que será parte del futuro de la energía. Se espera que una planta de demostración de mil millones de dólares llamado FutureGen, ahora en construcción, siendo la primera planta de energía con cero emisiones del mundo basado en fuels.<sup>117</sup> fósiles lugar de simplemente quemar carbón, como se hace hoy en día, la planta de 275 millones de vatios se convertirá el carbón a un gas de síntesis que comprende hidrógeno y monóxido de carbono, que a su vez reaccionar con vapor para producir corrientes discretas de hidrógeno y dióxido de carbono, el cual será secuestrado. El hidrógeno se puede utilizar en pilas de combustible o de lo contrario se convierte en electricidad y agua. La clave para el diseño de la planta son nuevos materiales para membranas que el hidrógeno y el carbono dióxido separada.

Nuestro enfoque principal, sin embargo, será en el desarrollo de energía limpia, renovable y distribuida, y las tecnologías energéticas seguras posible gracias a la nanotecnología. Durante las últimas décadas, las tecnologías de energía han estado en el lento declive de la era industrial S - curva (la última etapa de un paradigma de la tecnología específica, cuando la capacidad se acerca lentamente a una asíntota o límite). A pesar de la revolución de la nanotecnología requerirá nuevas fuentes de energía, sino que también presentará las principales curvas S nuevo en todos los aspectos de la producción de energía, el almacenamiento, la transmisión y la utilización por la década de 2020.

Vamos a hacer frente a estas necesidades de energía en el orden inverso, empezando por la utilización. Debido a la capacidad de la nanotecnología para manipular la materia y la energía en la extremadamente fina escala de los átomos y fragmentos moleculares, la eficiencia de la utilización de la energía será mucho mayor, lo que se traducirá en requerimientos de energía más bajos. Durante las próximas décadas computing va a hacer la transición a la computación reversible. (Ver " Los límites de la computación " en el capítulo 3.) Como he dicho, la necesidad de energía primaria para la computación con puertas lógicas reversibles es corregir los errores ocasionales de quantum y los efectos térmicos. Como la computación reversible resultado tiene el potencial de reducir las necesidades de energía hasta en un factor de mil millones, en comparación con la computación reversible. Por otra parte, las puertas lógicas y bits de memoria serán más pequeñas, por lo menos un factor de diez en cada dimensión, la reducción de las necesidades de energía por otro mil. Totalmente desarrollado la nanotecnología, por lo tanto, permitirá a los requerimientos de

energía para cada interruptor bits que se reduzca en cerca de un billón de dólares. Por supuesto , vamos a aumentar la cantidad de la computación aún más que esto, pero esta eficiencia energética aumentada sustancialmente compensado en gran medida a esos aumentos .

Fabricación mediante la fabricación de nanotecnología molecular también será mucho más eficiente que la fabricación contemporánea , que se mueve materiales a granel de un lugar a otro de una manera relativamente desperdicio de energía . Fabricación de hoy también dedica enormes recursos energéticos para la producción de materiales básicos, como el acero . Un nanofábrica típico será un dispositivo de mesa que puede producir productos que van desde los ordenadores a la ropa . Productos grandes ( tales como vehículos , casas y nanofactories , incluso más ) se producirán como subsistemas modulares que los robots más grandes se pueden montar . El calor residual , lo que explica la demanda de energía primaria para la nanofabricación , se capturará y se recicla .

Los requerimientos de energía para nanofactories son insignificantes . Drexler estima que la fabricación molecular será un generador de energía en lugar de un consumidor de energía . Según Drexler , " Un proceso de fabricación molecular puede ser impulsado por el contenido de energía química de los materiales de alimentación , la producción de energía eléctrica como un subproducto ( aunque sólo sea para reducir la carga de disipación de calor ) .... Uso de materia prima orgánica típica , y suponiendo que la oxidación de los excedentes de hidrógeno, procesos razonablemente eficientes de fabricación moleculares son productores netos de energía . " 118

Los productos pueden ser hechas de nuevos materiales basados en nanotubos y nanocompuesto , evitando la enorme energía que se utiliza hoy en día para la fabricación de acero , titanio , y aluminio . Iluminación basados en la nanotecnología va a utilizar , fresco, pequeños diodos emisores de luz , puntos cuánticos , u otras fuentes de luz innovadoras para sustituir las bombillas incandescentes y fluorescentes calientes, ineficientes.

Aunque la funcionalidad y el valor de los productos fabricados se elevará , tamaño del producto por lo general no aumentar ( y, en algunos casos, como la mayoría de la electrónica , los productos se hacen más pequeñas) . El valor más alto de los productos manufacturados será en gran medida el resultado de la expansión de su valor de contenido de información . Aunque la tasa de deflación más o menos 50 por ciento para los productos y servicios basados en la información continuará a lo largo de este período, la cantidad de información valiosa se incrementará a un mayor , más que el ritmo de la compensación.

Me referí a la ley de la aceleración de rendimiento en su aplicación a la comunicación de información en el capítulo 2 . La cantidad de información que se comunica seguirá creciendo de manera exponencial, pero la eficacia de la comunicación crecerá casi tan rápido , por lo que los requerimientos de energía para la comunicación se ampliará lentamente.

La transmisión de energía también se hará mucho más eficiente . Una gran cantidad de energía hoy en día se pierde en la transmisión debido al calor creado en líneas y las ineficiencias de energía en el transporte de combustible , que también representan un asalto primaria del medio ambiente. Smalley , a pesar de su crítica a la nanofabricación molecular , ha sido, sin embargo un firme defensor de los nuevos paradigmas basados en la nanotecnología para la creación y transmisión de energía. Él describe las nuevas líneas de transmisión de energía basados en nanotubos de carbono tejidas en hilos largos que serán mucho más fuerte , más ligero, y lo más importante , mucho más eficiente que el cobre convencional ones.<sup>119</sup> También prevé energía utilizando cables superconductores para reemplazar los cables de aluminio y cobre en los motores eléctricos para proporcionar una mayor eficiencia . Visión de un futuro energético nanoenabled de Smalley incluye toda una gama de nuevas capacidades en la nanotecnología habilitados : <sup>120</sup>

- Fotovoltaica : dejar caer el costo de los paneles solares por un factor de diez a cien .
- Producción de hidrógeno : nuevas tecnologías para la producción eficiente de hidrógeno a partir de agua y la luz del sol .
- Almacenamiento de Hidrógeno: ligero, fuerte materiales para almacenamiento de hidrógeno para pilas de combustible .
- Las pilas de combustible : dejar caer el costo de las pilas de combustible en un factor de diez a cien .
- Las baterías y supercondensadores para almacenar energía: Mejorando la densidad de almacenamiento de energía por un factor de diez a cien .
- Mejora de la eficiencia de los vehículos tales como automóviles y aviones a través de los nanomateriales fuertes y ligeros.
- Fuertes, nanomateriales luz para la creación de sistemas de captación de energía a gran escala en el espacio, incluyendo el la luna.
- Robots con la electrónica a nanoescala con la inteligencia artificial para producir automáticamente las estructuras de generación de energía en el espacio y en la Luna.
- Nuevos nanomateriales para recubrimientos reducen en gran medida el costo de perforación profunda .
- nanocatalizadores para obtener mayores rendimientos de energía a partir de carbón , a temperaturas muy altas .
- nanofiltros para capturar el hollín creado a partir de la extracción de carbón de alta energía. El hollín es principalmente de carbono , que es un bloque de construcción básico para la mayoría de los diseños de la nanotecnología .
- Los nuevos materiales que permitan rocas fuentes de energía geotérmica calurosos y secos ( conversión del calor de la Tierra núcleo caliente en energía) .

Otra opción para la transmisión de energía es la transmisión inalámbrica por microondas . Este método sería especialmente adecuado para eficientemente la

energía del haz en el espacio creado por los paneles solares gigantes ( véase más adelante) .<sup>121</sup> El Proyecto del Milenio del Consejo Americano para la Universidad de las Naciones Unidas prevé la transmisión de energía de microondas como un aspecto clave de " un lugar limpio, abundante futuro de la energía ". <sup>122</sup>

El almacenamiento de energía es hoy altamente centralizado , lo que representa una vulnerabilidad importante en que los tanques de gas líquido natural y otras instalaciones de almacenamiento son objeto de ataques terroristas , con efectos potencialmente catastróficos . Camiones de petróleo y buques están igualmente expuestos. El paradigma emergente para almacenamiento de energía será pilas de combustible, que en última instancia ser ampliamente distribuidos a lo largo de nuestra infraestructura , otro ejemplo de la tendencia de las instalaciones centralizadas ineficientes y vulnerables a un sistema distribuido eficiente y estable .

Pilas de combustible de hidrógeno - oxígeno, con el hidrógeno suministrado por el metanol y otras formas seguras de combustible rico en hidrógeno , se han hecho progresos sustanciales en los últimos años . Una pequeña empresa de Massachusetts, integrados Fuel Cell Technologies , ha demostrado un MEMS ( Micro System Mechanical Electronic ) combustible a base de cell.<sup>123</sup> Cada dispositivo de un sello de correos de tamaño contiene miles de células de combustible microscópicas e incluye las líneas de combustible y controles electrónicos . NEC planea introducir las pilas de combustible basadas en nanotubos en un futuro próximo para los ordenadores portátiles y otros electronics.<sup>124</sup> portátil Sostiene sus pequeñas fuentes de energía se ejecutará dispositivos de hasta cuarenta horas a la vez . Toshiba también se está preparando para las pilas de combustible portátiles devices.<sup>125</sup> electrónica

Grandes pilas de combustible para aplicaciones impulsan , vehículos e incluso casas también están haciendo avances impresionantes . Un informe de 2004 del Departamento de Energía de EE.UU. llegó a la conclusión de que las tecnologías nanobased podrían facilitar todos los aspectos de un combustible car.<sup>126</sup> celular alimentado por hidrógeno , por ejemplo , el hidrógeno debe almacenarse en tanques fuertes pero ligeros que pueden soportar una presión muy alta . Los nanomateriales como los nanotubos y nanocompuestos podrían proporcionar el material necesario para tales recipientes . El informe prevé pilas de combustible que producen energía dos veces más eficiente que los motores de gasolina de base , produciendo sólo agua como residuo .

Muchos diseños de pila de combustible contemporáneos utilizan metanol para proporcionar hidrógeno, que a continuación se combina con el oxígeno en el aire para producir agua y energía . Metanol ( alcohol de madera ) , sin embargo , es difícil de manejar , y presenta problemas de seguridad debido a su toxicidad e inflamabilidad . Los investigadores de la Universidad de St. Louis han demostrado una pila de combustible estable que utiliza etanol ordinaria ( alcohol de grano potable ) <sup>127</sup>

Este dispositivo emplea una enzima llamada deshidrogenasa que elimina los iones de hidrógeno a partir de alcohol , que posteriormente reacciona con el oxígeno en el aire para producir energía . La célula aparentemente funciona con casi cualquier tipo de alcohol potable . " Hemos llevado a cabo en varios tipos ", informó Nick Akers , un

estudiante graduado que ha trabajado en el proyecto. " No le gustaba la cerveza carbonatada y no parece aficionado de vino , pero cualquier otro funciona bien. "

Científicos de la Universidad de Texas han desarrollado una célula de combustible nanobot de tamaño que produce electricidad directamente a partir de la reacción de glucosa y oxígeno en humanos blood.<sup>128</sup> Llamado un "bot vampiro " por los comentaristas , la célula produce electricidad suficiente para la electrónica convencional de energía y podría ser utilizado para futuras nanobots sangre.

Científicos japoneses que persiguen un proyecto similar estimado que su sistema tenía el potencial teórico para producir un pico de cien vatios de la sangre de una persona, aunque los dispositivos implantables usarían mucho menos. (Un periódico de Sydney observó que el proyecto sirvió de base para la premisa en las películas de Matrix de la utilización de los seres humanos, las baterías.) <sup>129</sup>

Otro enfoque para convertir el azúcar abundante que se encuentra en el mundo natural en electricidad ha sido demostrado por Swades K. Chaudhuri y Derek R. Lovley en la Universidad de Massachusetts . Su pila de combustible , que incorpora microorganismos efectivos ( la ferrireducens bacteria Rhodoferrax ) , cuenta con un alto nivel de eficiencia del 81 % y casi no utiliza la energía en el modo de marcha en vacío . Las bacterias producen electricidad directamente a partir de glucosa , sin intermediario inestable subproductos . Las bacterias también utilizan el combustible de azúcar para reproducir , la reposición de este modo a sí mismos , lo que resulta en la producción estable y continua de energía eléctrica . Los experimentos con otros tipos de azúcares tales como fructosa , sacarosa , xilosa y tuvieron el mismo éxito . Las celdas de combustible basadas en esta investigación podrían utilizar las bacterias reales o , alternativamente , aplicar directamente las reacciones químicas que las bacterias facilitan . Además de alimentar nanobots en la sangre rica en azúcar , estos dispositivos tienen el potencial para producir energía a partir de productos de desecho industriales y agrícolas .

Los nanotubos también han demostrado la promesa de almacenamiento de energía en forma de baterías a nanoescala, que pueden competir con el combustible nanoingeniería cells.<sup>130</sup> Esto amplía aún más la gran versatilidad de los nanotubos , que ya han puesto de manifiesto su destreza en la prestación de cómputo extremadamente eficiente, la comunicación de la información, y la transmisión de la energía eléctrica, así como en la creación de materiales estructurales extremadamente fuertes .

El enfoque más prometedor para la energía nanomateriales habilitado es de energía solar , que tiene el potencial de proporcionar la mayor parte de nuestras necesidades energéticas futuras de una manera completamente renovable , libre de emisiones , y distribuida. La entrada de la luz solar a un panel solar es gratis. Alrededor de  $10^{17}$  vatios , o diez mil veces más energía que los  $10^{13}$  vatios de consumo corriente de la civilización humana , la energía total de la luz solar que cae sobre la Tierra es más que suficiente para proveer para nuestra needs.<sup>131</sup> Como se mencionó anteriormente, a pesar de los enormes aumentos en el cálculo y la comunicación sobre el próximo cuarto de siglo , y el crecimiento económico resultante, las mucho mayores

eficiencias energéticas de la nanotecnología implica que las necesidades energéticas aumentarán modestamente a una treintena de billones de vatios ( $3 \times 10^{13}$ ) por 2030. We could satisfacer toda esta necesidad de energía con energía solar solo, si capturamos sólo 0,0003 (tres diez milésimas) de la energía del sol, ya que golpea la Tierra.

Es interesante comparar estas cifras con la producción de energía metabólica total de todos los seres humanos, que se estima por Robert Freitas en  $10^{12}$  vatios, y el de toda la vegetación de la Tierra, a  $10^{14}$  vatios. Freitas también estima que la cantidad de energía que podría producir y utilizar sin alterar el equilibrio global de energía requerida para mantener la ecología biológica actual (mencionada por los climatólogos como el "límite hysithermal") es de alrededor de  $10^{15}$  watts. Esto permitiría a un número muy importante de nanobots por persona para la inteligencia fines de mejora y médicos, así como otras aplicaciones, tales como el suministro de energía y la limpieza del medio ambiente. Estimación de una población mundial de alrededor de diez mil millones ( $10^{10}$ ), los seres humanos, Freitas estima alrededor de  $10^{16}$  (diez mil billones) nanobots para cada ser humano sería aceptable dentro de este límite.<sup>132</sup> Necesitaríamos sólo  $10^{11}$  nanobots (diez millonésimas de este límite) por persona para colocar una en cada neurona.

En el momento en que tenemos la tecnología de esta magnitud, también vamos a ser capaces de aplicar la nanotecnología para reciclar la energía mediante la captura de al menos una parte significativa del calor generado por los nanobots y otros nanomaquinaria y convertir el calor en energía. La forma más eficaz de hacerlo sería probablemente para construir el reciclaje de energía en el nanobot itself.<sup>133</sup> Esto es similar a la idea de puertas lógicas reversibles de cálculo, en el que cada puerta lógica recicla esencialmente inmediatamente la energía que utiliza para su último cómputo.

También podríamos tirar de dióxido de carbono de la atmósfera para proporcionar el carbono para nanomaquinaria, que podría revertir el aumento de dióxido de carbono resultante de las tecnologías industriales de la era actual. Podríamos, sin embargo, queremos poner especial cuidado en hacer más de revertir el aumento en las últimas décadas, para que no se reemplaza el calentamiento global con el enfriamiento global.

Los paneles solares han sido hasta la fecha relativamente ineficiente y costoso, pero la tecnología está mejorando rápidamente. La eficiencia de conversión de energía solar en electricidad ha avanzado de manera constante para las células fotovoltaicas de silicio de alrededor del 4 por ciento en 1952 a 24 por ciento en 1992.<sup>134</sup> células multicapa actuales proporcionan ahora alrededor del 34 por ciento de eficiencia. Un análisis reciente de la aplicación de nanocristales de la conversión de energía solar indica que la eficiencia por encima del 60 por ciento parecen ser feasible.<sup>135</sup>

Hoy en día la energía solar cuesta alrededor de \$ 2.75 por watt.<sup>136</sup> Varias compañías están desarrollando nanoescala.

Las células solares y la esperanza de reducir el costo de la energía solar por debajo de otras fuentes de energía. fuentes de la industria indican que la energía solar una vez que cae por debajo de 1,00 dólares por watio, será competitivo para el suministro directo de electricidad a la red eléctrica de la nación. Nanosolar tiene un diseño

basado en nanopartículas de óxido de titanio que puede ser producido en masa en películas flexibles muy delgadas . CEO Martin Roscheisen estima que la tecnología tiene el potencial de reducir los costos de energía solar de unos cincuenta centavos por vatio en 2006 , inferior a la de naturales gas.<sup>137</sup> Competidores Nanosys y Konarka tienen proyecciones similares. Ya sea o no de planes de negocio filtra hacia fuera , una vez que tengamos MNT ( nanotecnología molecular ) de fabricación basada , vamos a ser capaces de producir paneles solares ( y casi todo lo demás) muy barata , esencialmente en el costo de materias primas , de los cuales el carbono de bajo costo es el principal. En un espesor estimado de varias micras , paneles solares podrían en última instancia ser tan barato como un centavo por metro cuadrado. Podríamos poner paneles solares eficientes en la mayoría de las superficies artificiales, tales como edificios y vehículos , e incluso incorporarlos a la ropa para la alimentación de los dispositivos móviles. Una tasa de conversión de 0,0003 para la energía solar debe ser bastante factible, por lo tanto, y relativamente barato .

Superficies terrestres pueden ser aumentados por enormes paneles solares en el espacio. Un satélite de la energía solar espacial ya diseñado por la NASA podría convertir la luz solar en el que el espacio para la electricidad y el rayo a la Tierra por microondas. Cada uno de estos satélites puede proporcionar miles de millones de vatios de electricidad , suficiente para que decenas de miles de homes.<sup>138</sup> Con circa -2029 de fabricación MNT , podríamos producir paneles solares de gran tamaño directamente en órbita alrededor de la Tierra , que sólo requiere el envío de la materia prima a las estaciones espaciales , posiblemente a través del ascensor espacial prevista, una cinta delgada , que se extiende desde un anclaje de a bordo a un contrapeso mucho más allá de la órbita geosíncrona , hecha de un material llamado nanotubo de carbono composite.<sup>139</sup>

Fusión Desktop también sigue siendo una posibilidad . Científicos del Laboratorio Nacional de Oak Ridge utilizan ondas de sonido ultrasónicas para sacudir un disolvente líquido , haciendo que las burbujas de gas que se vuelven tan comprimen alcanzaron temperaturas de millones de grados, lo que resulta en la fusión nuclear de átomos de hidrógeno y la creación de energy.<sup>140</sup> A pesar del amplio escepticismo en los informes originales de la fusión fría en 1989 , este método ultrasónico ha tenido una gran acogida por algunos compañeros reviewers.<sup>141</sup> sin embargo , no se sabe lo suficiente acerca de la viabilidad de la técnica , por lo que su futuro papel en la producción de energía sigue siendo un tema de especulación .

## **Las aplicaciones de la nanotecnología para el medio ambiente**

Nuevas capacidades en nanotecnología prometen un profundo impacto en el medio ambiente. Esto incluye la creación de nuevas tecnologías de fabricación y de procesamiento que reducirá drásticamente las emisiones no deseadas , así como la remediación de los efectos de la contaminación antes de la era industrial . Por supuesto , previendo nuestras necesidades de energía con recursos renovables no contaminantes , la nanotecnología habilitado como paneles de Nanosolar , como ya comenté anteriormente, será claramente un esfuerzo importante en esta dirección.

Con la construcción de las partículas y dispositivos a escala molecular , no sólo es el tamaño muy reducido y la superficie aumentó, pero se introducen nuevas propiedades eléctricas, químicas y biológicas . La nanotecnología eventualmente nos proporcione un conjunto de herramientas muy ampliado para mejorar la catálisis, la química y la unión atómica , detección, y la manipulación mecánica , por no hablar de control inteligente a través de la microelectrónica mejoradas.

Por último vamos a rediseñar todos los procesos industriales para lograr los resultados previstos con consecuencias mínimas , como subproductos no deseados y su introducción en el medio ambiente . Hemos discutido en la sección anterior una tendencia similar en la biotecnología : los agentes farmacéuticos de diseño inteligente que realizan correctamente orientadas intervenciones bioquímicas con efectos secundarios muy restringida. En efecto , la creación de moléculas diseñadas por la nanotecnología en sí acelerar en gran medida la revolución biotecnológica .

Investigación en nanotecnología contemporáneo y el desarrollo implica "dispositivos" relativamente simples, tales como nanopartículas , moléculas creadas a través nanocapas, y nanotubos . Las nanopartículas , que comprenden entre decenas y miles de átomos , son generalmente de naturaleza cristalina y utilizar las técnicas de cristal de crecimiento , ya que todavía no tenemos los medios para la fabricación nanomolecular precisa. Nanoestructuras constan de varias capas que se auto-ensamblan. Tales estructuras se llevan a cabo normalmente junto con hidrógeno o de carbono de unión y otras fuerzas atómicas . Las estructuras biológicas tales como membranas celulares y el ADN en sí son ejemplos naturales de nanoestructuras de múltiples capas .

Al igual que con todas las nuevas tecnologías , hay una desventaja de nanopartículas : la introducción de nuevas formas de toxinas y otras interacciones imprevistas con el medio ambiente y la vida. Muchos materiales tóxicos , como el arseniuro de galio , ya están entrando en el ecosistema a través de productos electrónicos desechados . Las mismas propiedades que permiten a las nanopartículas y nanocapas para obtener resultados beneficiosos muy concretas también pueden provocar reacciones imprevistas , especialmente en los sistemas biológicos , tales como el suministro de alimentos y de nuestros propios cuerpos. Aunque las regulaciones existentes pueden en muchos casos ser eficaz en el control de ellos, la preocupación principal es nuestra falta de conocimiento acerca de una amplia gama de interacciones inexploradas .

Sin embargo , cientos de proyectos han comenzado la aplicación de la nanotecnología para mejorar los procesos industriales y abordar explícitamente las formas existentes de contaminación. Algunos ejemplos:

- No es extensa investigación de la utilización de las nanopartículas para el tratamiento , la desactivación , y la eliminación de una amplia variedad de toxinas del medio ambiente . Las formas de nanopartículas de oxidantes , reductores y otros materiales activos han demostrado la capacidad de transformar una amplia gama de sustancias indeseables . Las nanopartículas activadas por la luz ( por ejemplo , las formas de dióxido de titanio y óxido de zinc ) son capaces de unirse y eliminar las toxinas orgánicos y tienen baja toxicidad themselves.<sup>142</sup> En particular , las

nanopartículas de óxido de zinc proporcionan un particularmente potente catalizador para la desintoxicación de fenoles clorados. Estas nanopartículas actúan como los dos sensores y los catalizadores y pueden ser diseñados para transformar únicos contaminantes dirigidos .

- Las membranas de nanofiltración para la purificación de agua proporcionan mejorado dramáticamente la eliminación de contaminantes de partículas finas , en comparación con los métodos convencionales de uso de lagunas de sedimentación y clarificadores de aguas residuales. Las nanopartículas con catálisis diseñados son capaces de absorber y eliminar impurezas . Mediante el uso de separación magnética, estos nanomateriales se pueden reutilizar, lo que les impide ser contaminantes propios Como uno de muchos ejemplos, considere nanoescala tamices moleculares de aluminosilicato llamados zeolitas, que se están desarrollando para la oxidación controlada de hidrocarburos ( por ejemplo, la conversión de tolueno para benzaldehído no tóxico ) <sup>143</sup> Este método requiere menos energía y reduce el volumen de fotorreacciones ineficientes y productos de desecho .
- Una amplia investigación está en marcha para desarrollar materiales cristalinos nanoproducidos para catalizadores y soportes de catalizador en la industria química . Estos catalizadores tienen el potencial de mejorar los rendimientos químicos , reducir los subproductos tóxicos , y eliminar contaminantes.<sup>144</sup> Por ejemplo , el material MCM - 41 es ahora utilizado por la industria del petróleo para eliminar los contaminantes ultrafinas que otros métodos de reducción de la contaminación se pierda .
- Se estima que el uso generalizado de nanocompuestos de material estructural en los automóviles sería reducir el consumo de gasolina en 1,5 mil millones de litros por año, que a su vez reduciría las emisiones de dióxido de carbono en cinco mil millones de kilogramos por año , entre otros beneficios medioambientales.
- Nanorobotics se pueden utilizar para ayudar a la gestión de residuos nucleares . Nanofiltros pueden separar isótopos en el tratamiento de combustible nuclear. Nanofluidos pueden mejorar la eficacia de enfriamiento de los reactores nucleares .
- La aplicación de la nanotecnología para el hogar y la iluminación industrial podría reducir tanto la necesidad de electricidad y se estima que doscientos millones de toneladas de emisiones de carbono por año.<sup>145</sup>
- Los dispositivos electrónicos auto -montaje ( por ejemplo, biopolímeros auto-organización ), si se perfecciona , se requieren menos energía para su fabricación y uso , y se producen menos subproductos tóxicos que los métodos convencionales de fabricación de semiconductores .
- Nueva ordenador muestra el uso de pantallas de emisión de campo basados en nanotubos ( FED ) proporcionará especificaciones de visualización superiores , mientras que la eliminación de los metales pesados y otros materiales tóxicos que se utilizan en pantallas convencionales .
- nanopartículas bimetálicas (como el hierro / paladio o hierro / plata) pueden servir como agentes reductores eficaces y catalizadores para PCBs , pesticidas y

halogenados orgánicos solvents.<sup>146</sup>

- Los nanotubos parecen ser absorbentes eficaces para las dioxinas y han realizado significativamente mejor en esto que activado tradicional carbon.<sup>147</sup>

Esta es una pequeña muestra de la investigación contemporánea sobre aplicaciones de la nanotecnología con un impacto potencialmente beneficioso para el medio ambiente

Una vez que podemos ir más allá de las nanopartículas simples y nanocapas y crear sistemas más complejos a través nanoconjunto molecular controlado con precisión , estaremos en condiciones de crear un número masivo de pequeños dispositivos inteligentes capaces de llevar a cabo tareas relativamente complejas. La limpieza del medio ambiente será, sin duda una de esas misiones.

### **Nanobots en el torrente sanguíneo**

La nanotecnología nos ha dado las herramientas ... jugar con la caja de juguetes último de la naturaleza átomos y moléculas. Todo se hace de ella .... Las posibilidades de crear nuevas cosas parecen ilimitadas. - Premio Nobel HORST STORMER

El efecto neto de estas intervenciones nanomédicos será la detención continua de todo el envejecimiento biológico , junto con la reducción de la edad biológica actual a cualquier nueva edad biológica se considera deseable por parte del paciente, separando para siempre la relación entre el tiempo del calendario y la salud biológica . Estas intervenciones pueden llegar a ser comunes varias décadas a partir de hoy. Con chequeos y limpiezas anuales , y algunas grandes reparaciones ocasionales , su edad biológica puede ser restaurado una vez al año a la edad de más o menos constante fisiológica que seleccione. Usted todavía puede eventualmente morir por causas accidentales , pero vas a vivir por lo menos diez veces más de lo que hace ahora. - ROBERT A. FREITAS JR.<sup>148</sup>

Un buen ejemplo de la aplicación del control molecular preciso de manufactura será el despliegue de miles de millones o billones de nanobots : pequeños robots del tamaño de las células de la sangre humana o menores que pueden viajar en el torrente sanguíneo . Esta idea no es tan futurista que parezca , los experimentos con animales se han realizado con éxito el uso de este concepto , y muchos de estos dispositivos micro escala ya están trabajando en los animales. Al menos cuatro grandes conferencias sobre BioMEMS ( Biológicas Sistemas mecánicos microelectrónicos) se ocupan de los dispositivos que se utilizarán en el ser humano bloodstream.<sup>149</sup>

Consideremos algunos ejemplos de la tecnología nanobot , que, basándose en las tendencias de miniaturización y la reducción de costos , será posible dentro de unos veinticinco años. Además de escanear el cerebro humano para facilitar su ingeniería inversa , estos nanobots serán capaces de realizar una amplia variedad de funciones de diagnóstico y terapéuticos .

Robert A. Freitas Jr. , un teórico pionero de la nanotecnología y de los principales

defensores de la nanomedicina ( reconfiguración de nuestros sistemas biológicos a través de la ingeniería a escala molecular ), y autor de un libro con el que los reemplazos robóticos <sup>150</sup> -se ha diseñado para las células de la sangre humana que realizan cientos o miles de veces más eficazmente que sus homólogos biológicos . Con respiradores de Freitas ( glóbulos rojos robóticos ) un corredor puede hacer una carrera olímpica durante quince minutos sin tomar macrófagos robóticos una de breath.<sup>151</sup> Freitas , llamado " microbivores ," será mucho más eficaz que las células blancas de la sangre en la lucha contra la pathogens.<sup>152</sup> Su robot de reparación del ADN sería capaz de reparar los errores de transcripción de ADN e incluso implementar los cambios necesarios de ADN . Otros robots médicos se ha diseñados pueden servir como productos de limpieza , la eliminación de los desechos y las sustancias químicas no deseadas (como los priones , proteínas malformadas y protofibrils ) a partir de células humanas individuales .

Freitas ofrece diseños conceptuales detallados para una amplia gama de nanorobots médicos ( término preferido de Freitas ), así como una revisión de numerosas soluciones a los retos del diseño variado involucrados en su creación. Por ejemplo, se proporciona alrededor de una docena de enfoques para dirigido y guiado motion<sup>153</sup> algunos basados en diseños biológicos tales como los cilios de propulsión. Discuto estas aplicaciones con más detalle en el próximo capítulo.

George Whitesides se quejó en la revista Scientific American que " los objetos a nanoescala , incluso si se pudiera fabricar una hélice, un problema nuevo y serio surgiría : . Random sacudida por moléculas de agua Estas moléculas de agua sería más pequeño que un nanosubmarine pero no mucho más pequeño. " <sup>154</sup> el análisis de Whitesides se basa en conceptos erróneos . Todos los diseños de nanobots médicos, incluidos los de Freitas, por lo menos diez mil veces más grande que una molécula de agua . Los análisis de Freitas y otros muestran el impacto del movimiento browniano de las moléculas adyacentes sea insignificante. En efecto , los robots médicos nanoescala serán miles de veces más estables y precisos que las células sanguíneas o bacteria.<sup>155</sup>

También debe señalarse que nanobots médicos no requiere mucho de las extensas células biológicas generales necesidad de mantener los procesos metabólicos tales como la digestión y la respiración . Tampoco se necesitan para apoyar los sistemas biológicos reproductivos .

Aunque los diseños conceptuales de Freitas son un par de décadas de distancia, ya se ha avanzado sustancialmente en los dispositivos basados en corriente sanguínea . Por ejemplo, un investigador de la Universidad de Illinois en Chicago ha curado la diabetes tipo 1 en ratas con un dispositivo que incorpora nanoingeniería islotes pancreáticos cells.<sup>156</sup>

El dispositivo tiene poros de siete nanómetros que permiten a la insulina a cabo, pero no permitirá que los anticuerpos que destruyen estas células. Hay muchos otros proyectos innovadores de este tipo ya están en marcha .

MOLLY 2004 : De acuerdo, así que voy a tener todos estos nanobots en mi torrente sanguíneo. Además de ser capaz de sentarse en la parte inferior de mi piscina por horas, ¿qué otra cosa es esto va a hacer por mí ?

RAY : Se le mantendrá saludable. Ellos destruyen patógenos tales como bacterias , virus y células cancerosas , y no estarán sujetas a las diversas dificultades del sistema inmunológico , como reacciones autoinmunes. A diferencia de su sistema inmunológico biológica, si no te gusta lo que los nanobots están haciendo, usted puede decirles que hacer algo diferente.

MOLLY 2004 : ¿Quieres decir , enviar mis nanobots un e -mail ? Al igual, Hey , nanobots , dejar de destruir las bacterias en mis intestinos porque son realmente buenas para la digestión ?

RAY : Sí , buen ejemplo. Los nanobots estarán bajo nuestro control . Ellos se comunican entre sí y con Internet. Incluso hoy en día contamos con los implantes neuronales ( por ejemplo, para la enfermedad de Parkinson) que permiten al paciente para descargar nuevo software en ellos.

MOLLY 2004 : Este tipo de software hace que la cuestión -virus mucho más grave, ¿no? Ahora mismo, si me atropella con un virus de software mal , voy a tener que ejecutar un programa de limpieza de virus y cargar mis archivos de copia de seguridad , pero si nanobots en mi torrente sanguíneo reciben un mensaje rogue , pueden empezar a destruir las células de mi sangre.

RAY : Bueno, esa es otra razón por la que probablemente querrá glóbulos robóticos , pero el punto está bien tomado.

Sin embargo , no es un tema nuevo. Incluso en 2004 , ya tenemos los sistemas de software de misión crítica que se ejecutan las unidades de cuidados intensivos , administrar 911 sistemas de emergencia , plantas de energía nuclear de control , aviones terrestres, y misiles de crucero guía. Así que la integridad del software ya es de importancia crítica.

MOLLY 2004 : Es cierto, pero la idea del software que se ejecuta en mi cuerpo y en el cerebro parece ser más desalentador . En mi computadora personal, tengo más de un centenar de mensajes de spam al día, al menos, algunos de los cuales contienen virus de software maliciosos . No estoy muy a gusto con nanobots en mi cuerpo contagio con el virus de software.

RAY : ¿Estás pensando en términos de acceso a Internet convencional. Con VPNs (redes privadas ) , ya contamos con los medios de hoy para crear cortafuegos seguro , de lo contrario , los sistemas de misión crítica actuales serían imposibles . Ellos trabajan bastante bien, y la tecnología de seguridad en Internet seguirá evolucionando

MOLLY 2004 : Creo que algunas personas en desacuerdo con la confianza depositada en firewalls.

RAY : No son perfectos , es cierto, y nunca serán , pero tenemos otro par de décadas antes de que tendremos un extenso software que se ejecuta en nuestros cuerpos y cerebros .

MOLLY 2004 : De acuerdo, pero los creadores de virus van a estar mejorando su arte también.

RAY : Va a ser un enfrentamiento nervioso , no hay duda al respecto. Pero el beneficio hoy supera claramente el daño.

MOLLY 2004 : ¿Qué tan claro es eso?

RAY : Bueno, nadie está seriamente argumentando que debemos acabar con el Internet ya que los virus de software son un problema tan grande . MOLLY 2004 : Te voy a dar eso.

RAY : Cuando la nanotecnología es maduro , que va a resolver los problemas de la biología mediante la superación de patógenos biológicos , eliminación de toxinas , la corrección de errores en el ADN , y la inversión de otras fuentes de envejecimiento. Entonces tendremos que lidiar con los nuevos peligros que presenta , al igual que Internet introdujo el peligro de virus informáticos . Estas nuevas trampas incluirán el potencial de la nanotecnología auto-replicante se salga de control , así como la integridad del software de control de estos potentes , nanobots distribuidos.

MOLLY 2004 : ¿Usted dijo revertir el envejecimiento ? RAY : Veo que ya está recogiendo en un beneficio clave .

MOLLY 2004 : Entonces, ¿cómo están los nanobots va a hacer eso ?

RAY : realidad Vamos a lograr la mayor parte de eso con biotecnología, métodos tales como la interferencia de ARN para desactivar genes destructivos , la terapia génica para el cambio de su código genético , la clonación terapéutica para la regeneración de las células y tejidos , fármacos inteligentes para reprogramar sus rutas metabólicas y muchas otras técnicas emergentes. Pero cualquiera que sea la biotecnología no moverse para lograr , vamos a tener los medios para hacerlo con la nanotecnología .

MOLLY 2004 : ¿Por ejemplo?

RAY : nanobots serán capaces de viajar a través del torrente sanguíneo , y luego ir en y alrededor de nuestras células y realizar diversos servicios, tales como la eliminación de toxinas , barrer los escombros , la corrección de errores en el ADN , la reparación y la restauración de las membranas celulares , revirtiendo la aterosclerosis, la modificación de los niveles de hormonas , neurotransmisores y otras sustancias químicas metabólicas, y una miríada de otras tareas. Para cada proceso de envejecimiento, podemos describir un medio para nanobots para revertir el proceso , hasta el nivel de células individuales , componentes celulares , y moléculas .

MOLLY 2004 : Así que me quedaré joven indefinidamente ? RAY : Esa es la idea.

MOLLY 2004 : ¿Cuándo dijo que podría conseguir esto? RAY : Pensé que estabas preocupado por firewalls nanobots .

MOLLY 2004 : Sí, bueno , no tengo tiempo para preocuparme por eso. Entonces, ¿qué era ese tiempo otra vez?

RAY : entre veinte y veinticinco años .

MOLLY 2004 : Tengo veinte y cinco años , así que voy a la edad de unos cuarenta y cinco años y luego se quedan allí?

RAY : No, eso no es exactamente la idea. Se puede retrasar el envejecimiento a paso de tortuga en este momento mediante la adopción de los conocimientos que ya tenemos. Dentro de diez o veinte años , la revolución de la biotecnología proporcionará los medios más poderosos para detener y, en muchos casos revertir cada enfermedad y el proceso de envejecimiento. Y no es que nada va a pasar en el ínterin. Cada año , vamos a tener las técnicas más potentes, y el proceso se acelerará. A continuación, la nanotecnología va a terminar el trabajo.

MOLLY 2004 : Sí , por supuesto , es difícil para que usted pueda salir una sentencia sin necesidad de utilizar la palabra " acelerar ". Entonces, ¿qué edad biológica voy a llegar?

RAY : Creo que se conformará en los años treinta en algún lugar y permanecer allí por un tiempo .

MOLLY 2004 : años treinta suena bastante bien. Creo que una edad ligeramente más madura de veinte y cinco años es una buena idea de todos modos . Pero ¿qué quiere decir "por un tiempo "?

RAY : Detener y revertir el envejecimiento es sólo el comienzo. Usando nanobots para la salud y la longevidad es sólo la fase de adopción temprana de la introducción de la nanotecnología y la computación inteligente en nuestros cuerpos y cerebros . Cuanto más profunda implicación es que vamos a aumentar nuestros procesos de pensamiento con nanobots que se comunican entre sí y con nuestras neuronas biológicas . Una vez que la inteligencia no biológica consigue un punto de apoyo , por así decirlo , en nuestro cerebro , la misma estará sujeta a la ley de los retornos acelerados y ampliar exponencialmente . Nuestro pensamiento biológico, por otro lado , está básicamente pegado .

MOLLY 2004 : Ya estamos otra vez con las cosas acelerando , pero cuando realmente se pone en marcha , pensando con las neuronas biológicas será bastante trivial en comparación.

RAY : Eso es una declaración justa .

MOLLY 2004 : Por lo tanto , la señorita Molly del futuro, cuando lo dejé mi cuerpo biológico y el cerebro ?

MOLLY 2104: Bueno, realmente no quieres que explicar su futuro , ¿verdad? Y de todos modos , no es en realidad una cuestión sencilla.

MOLLY 2004 : ¿Cómo es eso?

MOLLY 2104: En la década de 2040 hemos desarrollado los medios para crear instantáneamente nuevas partes de nosotros mismos , ya sean biológicos o no biológicos . Se puso de manifiesto que nuestra verdadera naturaleza es un patrón de información, pero todavía tenía que manifestarse a nosotros mismos de una forma

física. Sin embargo , podemos cambiar rápidamente de que la forma física.

MOLLY 2004 : Por ?

MOLLY 2104: Mediante la aplicación de nueva fabricación MNT alta velocidad. Así que podríamos fácilmente y rápidamente rediseñar nuestra ejemplificación física. Así que podría tener un cuerpo biológico en un momento y no en otro , entonces de nuevo, a continuación, cambiar , y así sucesivamente.

MOLLY 2004 : Creo que sigo esto.

MOLLY 2104: El punto es que yo pudiera tener mi cerebro biológico y / o cuerpo o no tenerlo. No es una cuestión de dejar caer nada, porque siempre se puede volver algo se nos cae .

MOLLY 2004 : Así que todavía estás haciendo esto ?

MOLLY 2104: Algunas personas todavía lo hacen , pero ahora en 2104 , es un poco anacrónica . Es decir, las simulaciones de la biología son totalmente indistinguibles de la biología actual, ¿por qué se molestan con muestras físicas ? MOLLY 2004 : Sí, es complicado ¿no?

MOLLY 2104: lo que diré.

MOLLY 2004 : Tengo que decir que me parece extraño que ser capaz de cambiar su cuerpo físico . Quiero decir , ¿dónde está su - mi - la continuidad ?

MOLLY 2104: Es el mismo que su continuidad en 2004. Estás cambiando sus partículas todo el tiempo también .

Es sólo el patrón de información que tiene continuidad.

MOLLY 2004 : Sin embargo, en 2104 que es capaz de cambiar su patrón de información de forma rápida también . No puedo hacer eso todavía .

MOLLY 2104: En realidad no es tan diferente. Cambia su patrón - Tu memoria , habilidades , experiencias, incluso la personalidad a través del tiempo - pero hay una continuidad, un núcleo que cambia de forma gradual .

MOLLY 2004 : Pero pensé que podría cambiar su apariencia y personalidad radicalmente en un instante ?

MOLLY 2104: Sí, pero eso es sólo una manifestación superficial . Mi verdadero núcleo cambia de forma gradual , al igual que cuando usted estaba en 2004 .

MOLLY 2004 : Bueno, hay muchos momentos en los que estaría encantado de cambiar inmediatamente mi aspecto superficial .

## **Robótica : la IA fuerte**

Consideremos otro argumento presentado por Turing . Hasta ahora hemos construido artefactos sólo bastante simples y predecibles . Cuando aumentamos la complejidad de nuestras máquinas , puede , tal vez, habrá sorpresas en el almacén para nosotros. Se establece un paralelismo con una pila de fisión. Por debajo de un cierto tamaño

"crítico " , no sucede gran cosa : pero sobre el tamaño crítico , las chispas comienzan a volar. Así también, tal vez, con el cerebro y las máquinas. La mayoría de los cerebros y todas las máquinas son , en la actualidad "sub - crítico " , que reaccionan a los estímulos de una manera bastante pesado y poco interesante , no tienen ideas propias , sólo puede producir respuestas -, sino de valores algunos cerebros en la actualidad, y posiblemente algunos máquinas en el futuro , son super - crítico y centellean por cuenta propia . Turing se sugiere que es sólo una cuestión de complejidad , y que por encima de un cierto nivel de complejidad aparece una diferencia cualitativa , por lo que las máquinas " supercrítico " será muy diferente a los sencillos hasta la fecha prevista.

-J . R. LUCAS , filósofo de Oxford , en sus 1961 ensayo " MENTES , máquinas y Gödel " 157

Dado que la super-inteligencia será un día tecnológicamente factible , serán personas optan para desarrollarla ? Esta pregunta puede ser respondida con bastante confianza en la afirmativa . Asociados con cada paso en el camino hacia la super-inteligencia son enormes ganancias económicas . La industria informática invierte grandes sumas en la próxima generación de hardware y software, y seguirá haciéndolo siempre y cuando existe una presión competitiva y los beneficios a realizar. La gente quiere mejores computadoras y software inteligente , y quieren que los beneficios de estas máquinas pueden ayudar a producir . Drogas médicas mejor, ayuda a los humanos de la necesidad de realizar trabajos aburridos o peligrosos , el entretenimiento no hay fin a la lista de los beneficios de los consumidores. También hay un fuerte motivo militar para desarrollar la inteligencia artificial. Y en ninguna parte en el camino ¿hay algún punto de parada natural donde technophobics podrían argumentar plausiblemente " aquí , pero no más. "

NICK BOSTROM , " ¿CUÁNTO TIEMPO ANTES super-inteligencia ? " 1997

Es difícil pensar en cualquier problema que un super-inteligencia tampoco pudo resolver o por lo menos ayudar a resolver . Enfermedad , la pobreza , la destrucción del medio ambiente , el sufrimiento innecesario de todo tipo : estas son cosas que una super-inteligencia equipado con nanotecnología avanzada sería capaz de eliminar . Además, una super-inteligencia podría darnos vida útil indefinida, ya sea por detener y revertir el proceso de envejecimiento a través de la utilización de la nanomedicina , o por que nos ofrece la opción de cargar nosotros mismos. Un super- inteligencia también podría crear oportunidades para nosotros para aumentar considerablemente nuestras capacidades intelectuales y emocionales , y nos podría ayudar a crear un mundo de experiencias de gran atractivo en el que podamos vivir vidas dedicadas a la gozosa gameplaying , relacionarse con los demás , experimentar el crecimiento personal , y para vivir más cerca de nuestros ideales. - NICK BOSTROM , " CUESTIONES ÉTICAS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL AVANZADA " 2003

¿Los robots heredarán la tierra? Sí pero ellos serán nuestros hijos Marvin Minsky,1995

De los tres revoluciones primarios que subyacen a la singularidad (G ,N, y R ), la más profunda es R, que se refiere a la creación de la inteligencia no biológica que supera a la de ONU mejoradas de los seres humanos . Una más proceso inteligente inherentemente outcompete uno que es menos inteligente , por lo que la inteligencia de la fuerza más poderosa del universo .

Mientras que la R de GNR es sinónimo de la robótica , la verdadera cuestión en juego aquí es fuerte AI (inteligencia artificial que supera la inteligencia humana ) . La razón estándar para enfatizar la robótica en esta formulación es que la inteligencia necesita una forma de realización , una presencia física , para afectar el mundo . Estoy de acuerdo con el énfasis en la presencia física , sin embargo , porque creo que la preocupación central es la inteligencia. Inteligencia será inherentemente encontrar una manera de influir en el mundo , incluyendo la creación de sus propios medios para la realización y la manipulación física. Además , podemos incluir las habilidades físicas como parte fundamental de la inteligencia , una gran parte del cerebro humano (el cerebelo , que comprende más de la mitad de nuestras neuronas), por ejemplo, está dedicado a la coordinación de nuestras habilidades y los músculos.

La inteligencia artificial en los niveles humanos necesariamente superará en gran medida la inteligencia humana por varias razones . Como he señalado anteriormente , las máquinas pueden compartir fácilmente sus conocimientos. Como seres humanos sin contraste no tenemos los medios para compartir los grandes patrones de conexiones interneuronales y los niveles de concentración de neurotransmisores que forman nuestro aprendizaje , conocimiento y habilidades , que no sea a través de la comunicación lento, basado en el lenguaje . Por supuesto, incluso este método de comunicación ha sido muy beneficiosa, ya que nos ha distinguido de otros animales , y ha sido un factor favorable en la creación de tecnología .

Habilidades humanas son capaces de desarrollar sólo en formas que han sido alentados evolutivamente . Esas habilidades , que se basan principalmente en el reconocimiento de patrones masivamente paralelo , proporcionan aptitud para ciertas tareas , como las caras , objetos distintivos de identificación , así como reconocer los sonidos del lenguaje. Pero no están adaptadas para muchos otros, tales como la determinación de los patrones en los datos financieros. Una vez que dominamos totalmente paradigmas de reconocimiento de patrones , métodos mecánicos pueden aplicar estas técnicas a cualquier tipo de pattern.<sup>158</sup>

Las máquinas pueden compartir sus recursos de manera que los seres humanos no pueden. Aunque los equipos de los seres humanos pueden lograr hazañas físicas y mentales que los seres humanos individuales no pueden lograr , las máquinas pueden agregar más fácil y rápidamente su cálculo , la memoria y los recursos de comunicación. Como se señaló anteriormente , el Internet se está convirtiendo en una red de recursos informáticos en todo el mundo que instantáneamente pueden reunirse para formar supercomputadoras masivas .

Las máquinas han exigir recuerdos. Computadoras modernas pueden dominar miles de millones de hechos con precisión , una capacidad que se duplica cada year.<sup>159</sup> La velocidad subyacente y el precio - rendimiento de la computación en sí se está

duplicando cada año , y la tasa de duplicación es en sí misma aceleración .

Como el conocimiento humano migra a la Web , las máquinas serán capaces de leer, comprender y sintetizar toda la información persona-máquina . La última vez que un ser humano biológico era capaz de captar todo el conocimiento científico humano era hace cientos de años .

Otra ventaja de la inteligencia de la máquina es que puede realizar constantemente en los niveles máximos y puede combinar las habilidades pico . Entre los humanos una persona puede haber dominado la composición de música , mientras que otros pueden haber dominado el diseño de transistores , pero teniendo en cuenta la arquitectura fija de nuestro cerebro que no tenemos la capacidad (o el tiempo ) para desarrollar y utilizar el más alto nivel de habilidad en cada vez más especializados zona. Los seres humanos también varían mucho de una habilidad particular , por lo que cuando hablamos, por ejemplo, de los niveles humanos de la composición musical, a qué nos referimos Beethoven, o no nos referimos a una persona normal ? La inteligencia no biológica será capaz de igualar y superar las capacidades humanas pico en cada área.

Por estas razones , una vez que un ordenador es capaz de igualar la sutileza y la gama de la inteligencia humana , necesariamente elevan más allá de ella y luego continuar su ascenso doble exponencial .

Una pregunta clave sobre la Singularidad es si el " pollo " ( IA fuerte ) o el "huevo" (nanotecnología) vendrá primero . En otras palabras , la voluntad fuerte liderazgo AI a la plena nanotecnología ( ensambladores moleculares de fabricación que pueden convertir la información en productos físicos ) , la nanotecnología o la voluntad plena ventaja de la IA fuerte ? La lógica de la primera premisa es que la IA fuerte implicaría AI sobrehumano por las razones que acabo de citar , y AI sobrehumana estaría en condiciones de resolver los problemas de diseño restantes necesarios para implementar plenamente la nanotecnología.

La segunda premisa se basa en la constatación de que los requisitos de hardware para la IA fuerte se cumplirán mediante cálculos basados en la nanotecnología. Del mismo modo los requisitos de software se verá facilitada por nanobots que podrían crear exploraciones altamente detallados del funcionamiento del cerebro humano y lograr así la realización de ingeniería inversa del cerebro humano.

Ambas premisas son lógicas , es evidente que tanto la tecnología puede ayudar a los demás . La realidad es que el progreso en ambas áreas necesariamente utilizar las herramientas más avanzadas , por lo que los avances en cada campo al mismo tiempo facilitar la otra . Sin embargo, yo espero que MNT completa saldrá antes de la IA fuerte , pero sólo por unos pocos años (**en torno a 2025 para la nanotecnología, en torno a 2029 por la IA fuerte**).

Como revolucionario como la nanotecnología será , IA fuerte tendrá consecuencias mucho más profundas . La nanotecnología es poderoso, pero no necesariamente inteligente. Podemos idear maneras de por lo menos tratar de manejar los enormes poderes de la nanotecnología , pero super-inteligencia innata, no se puede controlar .

## **Fugitivo AI .**

Una vez que se logra la IA fuerte , que fácilmente se puede avanzar y sus poderes multiplica , ya que es la naturaleza fundamental de las capacidades de la máquina. Como un AI fuerte engendra inmediatamente muchos AIs fuertes, la última de acceso a su propio diseño , entender y mejorarlo, y así evolucionar muy rápidamente en una aún más capaz AI , más inteligente , con el ciclo se repite indefinidamente . Cada ciclo no sólo crea una IA más inteligente , pero lleva menos tiempo que el ciclo antes de que , al igual que la naturaleza de la evolución tecnológica (o cualquier proceso evolutivo ) . La premisa es que una vez que se logra la IA fuerte , se convirtió inmediatamente en un fenómeno fuera de control de la rápida escalada superintelligence.<sup>160</sup>

Mi punto de vista es sólo un poco diferente. La lógica de la fuga AI es válido, pero todavía tenemos que considerar el momento . El logro de niveles humanos en una máquina no causará inmediatamente un fenómeno fuera de control . Considere la posibilidad de que un nivel humano de inteligencia tiene sus limitaciones. Tenemos ejemplos de esto hoy - cerca de seis mil millones de ellos . Consideremos un escenario en el que se tomó un centenar de personas , digamos, de un centro comercial. Este grupo constituiría ejemplos de seres humanos razonablemente bien educados . Sin embargo, si este grupo se presentó con la tarea de mejorar la inteligencia humana, no llegaría muy lejos , aunque siempre con las plantillas de la inteligencia humana . Probablemente tienen dificultades para la creación de un equipo simple. Acelerar el pensamiento y la ampliación de las capacidades de memoria de estos cien seres humanos no resolvería de inmediato este problema.

He señalado que las máquinas coincidirá ( y superar rápidamente) habilidades humanas pico en cada área de habilidad. Así que en lugar , echemos un centenar de científicos e ingenieros. Un grupo de personas capacitadas técnicamente con los fondos adecuados sería capaz de mejorar los diseños accesibles. Si una máquina alcanza la equivalencia a cien (y eventualmente de mil , a continuación, un millón) de los seres humanos con formación técnica , cada uno operando mucho más rápido que un ser humano biológica , una rápida aceleración de la inteligencia en última instancia seguir.

Sin embargo , esta aceleración no va a suceder de inmediato cuando un equipo pasa la prueba de Turing . La prueba de Turing es comparable a la combinación de las capacidades de una media , educado humana y por lo tanto está más cerca el ejemplo de los seres humanos de un centro comercial. Tomará tiempo para que las computadoras dominar todas las habilidades necesarias y se casen estas habilidades con todas las bases de conocimiento necesarias .

Una vez que hemos conseguido crear una máquina que puede pasar la prueba de Turing ( alrededor de 2029 ), el período siguiente será una era de consolidación en la que la inteligencia no biológica hará un rápido aumento . Sin embargo , la extraordinaria expansión prevista para la Singularidad, en el que la inteligencia humana se multiplica por miles de millones , no tendrá lugar hasta mediados de la década de 2040 (como se explica en el capítulo 3) .

## La AI Winter

Hay un estúpido mito por ahí que A.I. ha fallado, pero I.A. está en todas partes a su alrededor cada segundo del día . La gente no lo nota . Tienes A.I. sistemas en los automóviles, el ajuste de los parámetros de los sistemas de inyección de combustible. Al aterrizar en un avión, su puerta queda elegido por un A.I. sistema de programación . Cada vez que se utiliza una pieza de software Microsoft , tienes una IA sistema tratando de averiguar lo que está haciendo , como escribir una carta , y lo hace un muy buen trabajo maldito . Cada vez que vea una película con personajes generados por ordenador , todos están poco AI personajes que se comportan como un grupo . Cada vez que playa videojuego, estás jugando contra una IA sistema .

- Rodney Brooks , director del MIT AI LAB<sup>161</sup>

Todavía encuentro con personas que dicen que la inteligencia artificial se marchitó en la década de 1980, un argumento que es comparable a insistir en que el Internet murió en la caída de las punto -com de principios 2000s.<sup>162</sup> El ancho de banda y precio - rendimiento de las tecnologías de Internet , el número de nodos (servidores) , y el volumen en dólares del comercio electrónico todos aceleran suavemente a través de la pluma , así como el busto y el período posterior . El mismo ha sido cierto para la IA .

El ciclo de bombo de la tecnología para un cambio de paradigma - ferrocarriles , AI , Internet , telecomunicaciones , posiblemente ahora la nanotecnología suele comenzar con un período de expectativas poco realistas sobre la base de la falta de comprensión de todos los elementos necesarios requeridos . Aunque la utilización del nuevo paradigma no aumentar de manera exponencial , el crecimiento temprano es lenta hasta que se dio cuenta de la rodilla de la curva de crecimiento exponencial .

Mientras que las expectativas generalizadas para el cambio revolucionario son exactos , están mal programados . Cuando las perspectivas no una panorámica rápidamente , un período de desilusión establece pulg No obstante el crecimiento exponencial no ha disminuido , y años más tarde una transformación más maduro y más realista se produce .

Lo vimos en el frenesí del ferrocarril del siglo XIX, que fue seguido por quiebras generalizadas . (Tengo algunos de estos bonos no pagados ferrocarril temprana en mi colección de documentos históricos. ) Y todavía estamos sintiendo los efectos del comercio electrónico y los bustos de telecomunicaciones de hace varios años , lo que ayudó a alimentar una recesión de la que ahora estamos recuperando .

AI experimentó un optimismo prematuro similar en la estela de programas como el 1957 Solver generales Problema creado por Allen Newell, JC Shaw y Herbert Simon, que fue capaz de encontrar pruebas de teoremas que había dejado perplejos matemáticos como Bertrand Russell, y programas para la primera del Laboratorio de Inteligencia artificial del MIT , que podría responder a las preguntas del SAT (como analogías y problemas de la historia ) en el nivel de la universidad students.<sup>163</sup> una serie de compañías de IA se produjo en la década de 1970 , pero cuando los

beneficios no se materialicen hubo un "bust AI "En la década de 1980 , lo que se ha conocido como el " AI invierno " . Muchos observadores siguen pensando que el invierno AI fue el final de la historia y como que nada ha llegado del campo de la IA.

Sin embargo, hoy muchos miles de aplicaciones de la IA están profundamente arraigados en la infraestructura de todas las industrias. La mayoría de estas aplicaciones eran proyectos de investigación hace diez o quince años , las personas que piden , " ¿Qué pasó con la gripe aviar ? " me recuerdan a los viajeros a la selva tropical que se preguntan , "¿Dónde están todas las muchas especies que se supone que vivir aquí ? " cuando cientos de especies de flora y fauna están floreciendo sólo algunas decenas de metros de distancia, profundamente integradas en la ecología local.

Ya estamos en la era de la " estrecha AI , " que se refiere a la inteligencia artificial que realiza una función útil y específica que la inteligencia humana , una vez requerido para llevar a cabo , y lo hace a nivel humano o mejor. Sistemas de IA menudo estrechos son muy superiores a la velocidad de los seres humanos , así como proporcionar la capacidad de gestionar y considerar muchas variables simultáneamente . Describo una amplia variedad de ejemplos de IA estrechas abajo.

Estos marcos de tiempo para completar el ciclo de tecnología de AI (un par de décadas de creciente entusiasmo , una década de la desilusión , luego de una década y media de sólido avance en la adopción) puede parecer largo, en comparación con la relativamente rápida fases de la Internet y los ciclos de telecomunicaciones (miden en años, no en décadas ), pero dos factores deben ser considerados . En primer lugar, los ciclos de Internet y de telecomunicaciones fueron relativamente reciente , por lo que se ven más afectados por la aceleración del cambio de paradigma (como se explica en el capítulo 1 ) . Ciclos de adopción Así recientes ( pluma, el busto y la recuperación ) será mucho más rápido que los que comenzaron hace más de cuarenta años. En segundo lugar, la AI la revolución es la transformación más profunda que la civilización humana va a experimentar, por lo que se necesitará más tiempo para madurar que las tecnologías menos complejas . Se caracteriza por el dominio del atributo más importante y poderosa de la civilización humana, de hecho, de todo el barrido de la evolución de nuestro planeta : la inteligencia.

Es la naturaleza de la tecnología para comprender un fenómeno y los sistemas de ingeniería que concentrarse y enfocar este fenómeno para amplificar grandemente. Por ejemplo , los científicos descubrieron una propiedad sutil de superficies curvas conocidos como el principio de Bernoulli : un gas ( tal como aire ) viaja más rápidamente sobre una superficie curva que sobre una superficie plana . Por lo tanto , la presión de aire sobre una superficie curva es menor que sobre una superficie plana. Al entender , el enfoque, y la amplificación de las implicaciones de esta observación sutil , nuestra ingeniería creó todo de la aviación . Una vez que entendemos los principios de la inteligencia , vamos a tener una oportunidad similar para enfocar , concentrar y ampliar sus poderes.

Como analizamos en el capítulo 4, cada aspecto de la comprensión , el modelado y la simulación del cerebro humano se acelera : la resolución de precio-rendimiento y

temporal y espacial de exploración del cerebro , la cantidad de datos y conocimientos disponibles acerca de la función cerebral y la sofisticación de los modelos y simulaciones de diversas regiones del cerebro .

Ya tenemos un conjunto de herramientas de gran alcance que surgieron de la investigación en IA y que se han perfeccionado y mejorado a lo largo de varias décadas de desarrollo . El proyecto de ingeniería inversa del cerebro aumentará en gran medida este conjunto de herramientas de que también proporciona toda una gama de nuevos, inspirados en la biología , técnicas de auto -organización . En última instancia, vamos a ser capaces de aplicar la capacidad de ingeniería para enfocar y amplificar la inteligencia humana vastamente más allá de los cien billones de conexiones interneuronales extremadamente lentos que cada uno de nosotros lucha con hoy. Inteligencia estará entonces totalmente cubierto por la ley de rendimientos acelerados, que actualmente está duplicando el poder de las tecnologías de información cada año.

Un problema de fondo con la inteligencia artificial que he experimentado personalmente en mis cuarenta años en esta área es que tan pronto como una técnica de IA trabaja , ya no es considerado AI y se escindió como su propio campo (por ejemplo, el reconocimiento de caracteres, reconocimiento de voz, la visión artificial, la robótica , la minería de datos, la informática médica, la inversión automática).

Informático Elaine Rich AI define como " el estudio de cómo hacer que las computadoras hacen las cosas en la que, por el momento, la gente está mejor." Rodney Brooks, director del MIT AI Lab , lo pone de otra manera: "Cada vez que descubramos una parte de ella , deja de ser mágico, es decir , ¡Oh, eso es sólo un cálculo. " También me viene a la memoria el comentario de Watson en Sherlock Holmes, " Al principio pensé que había hecho algo inteligente, pero veo que no había nada en él después de todo. " <sup>164</sup> Esa ha sido nuestra experiencia como científicos AI. El encanto de la inteligencia parece reducirse a " nada " cuando somos totalmente conscientes de sus métodos. El misterio que queda es la intriga inspirada en los restantes , todavía no entiende los métodos de inteligencia.

### **Kit de herramientas de AI**

AI es el estudio de las técnicas para la solución de problemas difíciles de forma exponencial en tiempo polinómico mediante la explotación de conocimiento sobre el dominio del problema . - ELAINE RICH

Como mencioné en el capítulo 4 , es sólo recientemente que hemos sido capaces de obtener modelos suficientemente detalladas de cómo funcionan las regiones del cerebro humano para influir en el diseño AI. Antes de eso, en ausencia de herramientas que podrían escudriñar en el cerebro con la suficiente resolución , los científicos e ingenieros de AI han desarrollado sus propias técnicas . Al igual que los ingenieros de aviación no modelar la capacidad de volar en el vuelo de las aves, estos métodos tempranos de AI no se basan en la inteligencia natural de la ingeniería

inversa.

Una pequeña muestra de estos enfoques se revisa aquí . Desde su adopción , se han vuelto más complejos , lo que ha permitido la creación de productos prácticos que evitan la fragilidad y la alta tasa de errores de los sistemas anteriores.

## **Sistemas Expertos .**

En la década de 1970 AI a menudo se equipara con un método específico : sistemas expertos . Esto implica el desarrollo de reglas lógicas específicas para simular los procesos de toma de decisiones de los expertos humanos . Una parte fundamental del procedimiento implica ingenieros del conocimiento entrevistando a expertos de dominio, como médicos e ingenieros para codificar sus reglas de toma de decisiones.

No fueron los primeros éxitos en esta área , tales como sistemas de diagnóstico médico que compararon bien con los médicos humanos , al menos en las pruebas limitadas. Por ejemplo , un sistema llamado MYCIN , el cual fue diseñado para diagnosticar y recomendar tratamiento curativo para las enfermedades infecciosas , se ha desarrollado a través de la década de 1970. en 1979 un equipo de expertos evaluadores comparó las recomendaciones de diagnóstico y tratamiento por MYCIN a los de los médicos humanos y encontró que MYCIN hizo tan bien o mejor que cualquiera de los physicians.<sup>165</sup>

Se hizo evidente a partir de esta investigación que toma normalmente decisión humana no se basa en reglas lógicas definitivas sino más bien en los tipos "más suaves" de pruebas . Una mancha oscura en una prueba de imagen médica puede sugerir cáncer, pero otros factores tales como su forma exacta , la ubicación, y el contraste es probable que influir en un diagnóstico. Las predicciones de la toma de decisiones humana suelen ser influenciadas por la combinación de muchos elementos de prueba de la experiencia previa, ninguno definitivo por sí mismo. Muchas veces ni siquiera somos conscientes de muchas de las reglas que utilizamos.

A finales de los sistemas expertos de 1980 se incorpora la idea de la incertidumbre y podría combinar varias fuentes de evidencia probabilística para tomar una decisión . El sistema MYCIN pionero de este enfoque . Una "regla" MYCIN típica lee:

Si la infección que requiere tratamiento es la meningitis , y el tipo de la infección fúngica es , y organismos no fueron vistos en la mancha de la cultura, y el paciente no es un huésped comprometido, y el paciente ha estado en un área que es endémica para coccidiomycosis , y la raza del paciente es Negro, asiático o indio , y el antígeno de criptococo en el LCR de prueba no fue positiva , entonces hay un 50 por ciento de posibilidades de que cryptococcus no es uno de los organismos que están causando la infección .

Aunque una sola regla probabilista como este no sería suficiente por sí mismo para hacer una declaración útil, mediante la combinación de miles de esas normas las pruebas se pueden calcular y combinar para tomar decisiones fiables .

Probablemente, el proyecto de sistema experto de más larga duración es CYC (por enciclopédica), creado por Doug Lenat y sus colegas en Cycorp. Iniciado en 1984, CYC se codifica el conocimiento de sentido común para ofrecer máquinas con una capacidad de entender los supuestos tácitos que subyacen las ideas humanas y el razonamiento. El proyecto se ha desarrollado de reglas lógicas no modificables a los probabilísticos y ahora incluye un medio de extracción de conocimiento a partir de fuentes escritas (con supervisión humana). El objetivo original era generar un millón de reglas, lo que refleja sólo una pequeña parte de lo que sabe el humano promedio sobre el mundo. Última meta de Lenat es para CYC para dominar "100 millones de cosas, sobre el número de una persona normal sabe sobre el mundo, para el año 2007." 166

Otro sistema experto ambicioso está siendo perseguido por Darryl Macer, profesor asociado de ciencias biológicas en la Universidad de Tsukuba en Japón. Él planea desarrollar un sistema que incorpora todas las ideas humanas. 167 Una aplicación sería la de informar a los legisladores de que las ideas se llevan a cabo mediante el cual la comunidad.

### **Las redes bayesianas .**

Durante la última década, una técnica llamada lógica bayesiana ha creado una base matemática sólida para combinar miles o incluso millones de tales normas probabilísticos en las llamadas "redes de creencias" o redes bayesianas. Originalmente ideado por el matemático Thomas Bayes Inglés y publicado póstumamente en 1763, el enfoque tiene por objeto determinar la probabilidad de eventos futuros basados en sucesos similares en el pasado. 168 Muchos sistemas expertos basados en técnicas bayesianas recopilar datos de la experiencia de forma continua, con lo que continuamente aprender y mejorar su toma de decisiones.

El tipo más prometedor de los filtros de spam se basa en este método. Yo personalmente uso un filtro de spam llamados Spam Bayes, que entrena a sí mismo en el correo electrónico que usted ha identificado como "correo no deseado" o "bien". 169 Usted comienza por la presentación de una carpeta de cada uno para el filtro. Se capacita a su red de creencia bayesiana en estos dos archivos y analiza los patrones de cada uno, lo que permite que se mueva automáticamente posterior e-mail en la categoría adecuada. Sigue entrenarse en lo sucesivo cada e-mail, sobre todo cuando es corregida por el usuario. Este filtro ha hecho que la situación de spam manejable para mí, que ya es decir mucho, ya que elimina a los 200 a 300 mensajes de spam cada día, dejando a más de un centenar de mensajes "buenos" a través. Sólo alrededor del 1 por ciento de los mensajes que se identifica como "bien" son en realidad el spam, sino que casi nunca se marca un buen mensaje como spam. El sistema es casi tan precisa como sería y mucho más rápido.

### **Modelos de Markov .**

Otro método que es bueno en la aplicación de redes probabilísticas a secuencias

complejas de información implica Markov models.<sup>170</sup>

Andrei Andreyevich Markov (1856-1922), un matemático de renombre, estableció una teoría de las "cadenas de Markov", que fue refinado por Norbert Wiener (1894-1964) en 1923. La teoría proporciona un método para evaluar la probabilidad de que se produzca una cierta secuencia de eventos . Ha sido popular , por ejemplo , en el reconocimiento de voz , en el que los eventos secuenciales son fonemas ( partes del discurso ) . Los modelos de Markov se utilizan en el habla código de reconocimiento de la probabilidad de que patrones específicos de sonido se encuentran en cada fonema , cómo los fonemas influyen entre otros , y es probable que las órdenes de los fonemas . El sistema también puede incluir redes de probabilidad sobre los niveles más altos de idioma , tales como el orden de las palabras . Las probabilidades reales de los modelos son entrenados en los datos de habla y lenguaje actual y, por lo que el método de auto-organización .

Modelos de Markov fue uno de los métodos de mis colegas y yo utilizar en nuestro propio reconocimiento de voz development.<sup>171</sup> diferencia de los enfoques fonéticos, en que las normas específicas acerca de las secuencias de fonemas están codificadas de forma explícita por los lingüistas humanos , que no le dijo que el sistema que hay aproximadamente cuarenta y cuatro fonemas en Inglés , ni nos dicen que qué secuencias de fonemas eran más propensos que otros. Dejamos que el sistema descubrir estas "reglas" para sí mismo de miles de horas de datos de voz transcritos humanos . La ventaja de este enfoque sobre las reglas de codificación manual es que los modelos de desarrollo de las reglas de probabilidad sutiles de que los expertos humanos no son necesariamente conscientes .

## **Redes Neuronales.**

Otro método de auto-organización popular que también se ha utilizado en el reconocimiento de voz y una amplia variedad de otras tareas de reconocimiento de patrones es redes neuronales . Esta técnica consiste en la simulación de un modelo simplificado de las neuronas y las conexiones interneuronales . Un enfoque básico para las redes neuronales puede describirse de la siguiente manera . Cada punto de una entrada dada ( para el habla , cada punto representa dos dimensiones , una que es de frecuencia y la otra vez; para las imágenes, cada punto sería un píxel en una imagen de dos dimensiones) está conectado al azar a las entradas de la primera capa de las neuronas simuladas. Cada conexión tiene una fuerza sináptica asociada , lo que representa su importancia y que se fija en un valor aleatorio . Cada neurona suma las señales que llegan a ella. Si la señal combinada supera un determinado umbral , la neurona se activa y envía una señal a su conexión de salida, y si la señal de entrada combinada no supera el umbral, la neurona no se dispara , y su salida es cero . La salida de cada neurona está conectada al azar a las entradas de las neuronas de la capa siguiente . Hay múltiples capas ( generalmente tres o más) , y las capas pueden estar organizados en una variedad de configuraciones . Por ejemplo , una capa puede alimentar de nuevo a una capa anterior . En la capa superior , la salida de uno o más neuronas , también seleccionada al azar , proporciona la respuesta . (Para una

descripción algorítmica de redes neuronales , vea esta nota : 172)

Dado que el cableado de la red neuronal y los pesos sinápticos se establecen inicialmente al azar , las respuestas de un inexperto red neuronal será aleatoria . La clave para una red neuronal , por lo tanto , es que debe aprender su objeto . al igual que el cerebro de los mamíferos en la que está basado libremente , una red neuronal comienza ignorante. De la red neuronal maestro que puede ser un ser humano, un programa de ordenador , o tal vez sí, red neuronal más maduro que ya ha aprendido sus lecciones - recompensas de la red neuronal estudiante cuando se genera el resultado correcto y lo castiga cuando no lo hace . Esta información es a su vez utilizado por la red neuronal estudiante para ajustar los puntos fuertes de cada conexión interneuronal . Conexiones que eran consistentes con la respuesta correcta se hacen más fuerte . Los que abogó por una respuesta errónea se debilitan . Con el tiempo, la red neuronal se organiza para dar las respuestas correctas sin entrenamiento. Los experimentos han demostrado que las redes neuronales pueden aprender su materia , incluso con profesores poco fiables . Si el profesor es correcta sólo el 60 por ciento de las veces, la red neuronal estudiante todavía aprender sus lecciones.

Una poderosa red neuronal , mejor enseñado que puede emular una amplia gama de facultades de reconocimiento de patrones humanos . Los sistemas que utilizan redes neuronales multicapa han demostrado resultados impresionantes en una amplia variedad de tareas de reconocimiento de patrones , incluyendo el reconocimiento de escritura a mano , rostros humanos , el fraude en las transacciones comerciales, tales como los cargos de tarjetas de crédito , y muchos otros. En mi propia experiencia en el uso de redes neuronales en tales contextos , la tarea de ingeniería más difícil no es la codificación de las redes , pero en la prestación de lecciones automatizados para que puedan conocer su contenido.

La tendencia actual de las redes neuronales es tomar ventaja de los modelos más realistas y más complejo de lo real biológica neural redes de trabajo , ahora que estamos desarrollando modelos detallados de funcionamiento neuronal del cerebro inversa CERCA engineering.<sup>173</sup> Ya que disponemos de varias décadas de experiencia en el uso de paradigmas de auto-organización , nuevos puntos de vista de los estudios del cerebro puede adaptarse rápidamente a los experimentos de red neural .

Las redes neuronales también son naturalmente susceptibles de procesamiento en paralelo , ya que así es como funciona el cerebro . El cerebro humano no tiene un procesador central que simula cada neurona . Más bien , podemos considerar cada neurona y cada conexión interneuronal ser un procesador lento individual. Mucho trabajo está en marcha para desarrollar chips especializados que implementan arquitecturas de red neural en paralelo para proporcionar sustancialmente mayor throughput.<sup>174</sup>

### **Los algoritmos genéticos ( GAs ) .**

Otro paradigma de auto-organización inspirada en la naturaleza es genética, o

evolutivos, algoritmos , que emula la evolución, incluyendo la reproducción sexual y mutaciones. Esta es una descripción simplificada de cómo funcionan. En primer lugar, determinar la forma de codificar las posibles soluciones a un problema determinado . Si el problema es la optimización de los parámetros de diseño para un motor a reacción , definir una lista de los parámetros (con un número específico de bits asignados a cada parámetro). Esta lista es considerado como el código genético en el algoritmo genético. Luego genere aleatoriamente miles o más códigos genéticos Cada código genético tal ( lo que representa un conjunto de parámetros de diseño ) se considera un organismo " solución " simulada .

Ahora evaluar cada organismo simulado en un entorno simulado mediante el uso de un método definido para evaluar cada conjunto de parámetros . Esta evaluación es la clave para el éxito de un algoritmo genético . En nuestro ejemplo , aplicaríamos cada organismo solución a una simulación de jet- motor y determinar qué tan exitoso es aquel conjunto de parámetros , de acuerdo con cualquier criterio que nos interesa ( el consumo de combustible, la velocidad, y así sucesivamente). Los mejores organismos de solución ( los mejores diseños ) se les permite sobrevivir , y el resto se eliminan .

Ahora tienen cada uno de los sobrevivientes se multiplican hasta llegar a la misma cantidad de criaturas solución . Esto se realiza mediante la simulación de la reproducción sexual . En otras palabras , cada nueva solución descendencia extrae parte de su código genético de uno de los padres y otra parte de una segunda matriz . Por lo general, no se hace distinción entre los organismos masculinos o femeninos , es suficiente para generar una descendencia de dos padres arbitrarias . A medida que se multiplican , permitir cierta mutación (cambio al azar) en los cromosomas que se produzca.

Ahora hemos definido una generación de la evolución simulada , ahora repita estos pasos para cada generación subsiguiente. Al final de cada generación de determinar la cantidad de los diseños han mejorado . Cuando la mejora en la evaluación de las criaturas de diseño de una generación a la siguiente se hace muy pequeña , nos detenemos este ciclo de mejora iterativa y utilizar el mejor diseño ( s ) en la última generación . (Para una descripción algorítmica de los algoritmos genéticos , vea este [note.175](#))

La clave para un GA es que los diseñadores humanos no programar directamente una solución , sino que permiten una emergen a través de un proceso de competencia simulada y mejoramiento iterativo. Como ya comentamos , la evolución biológica es elegante pero lento , por lo que para aumentar su inteligencia nos reservamos el discernimiento mientras gran medida la aceleración de su ritmo pesado . El ordenador es lo suficientemente rápido para simular muchas generaciones en cuestión de horas o días o semanas . Pero tenemos que pasar por este proceso iterativo de una sola vez , una vez que hemos permitido que esta evolución simulada siga su curso , podemos aplicar las normas desarrolladas y altamente refinado a los problemas reales de una manera rápida .

Al igual que las redes neuronales de gas son una manera de aprovechar los patrones sutiles pero profundas que existen en los datos caóticos. Un requisito fundamental

para su éxito es una forma válida de evaluar cada posible solución . Esta evaluación tiene que ser rápido , ya que debe tener en cuenta los muchos miles de posibles soluciones para cada generación de la evolución simulada.

GAs son expertos en el manejo de problemas con demasiadas variables para calcular las soluciones analíticas precisas . El diseño de un motor a reacción, por ejemplo, involucra a más de un centenar de las variables y requiere docenas satisfacción de restricciones. Gas utilizado por investigadores de General Electric fueron capaces de llegar a los diseños de motores que cumplen las restricciones con mayor precisión que los métodos convencionales

Cuando el uso de gas es necesario, sin embargo , tenga cuidado con lo que pides . Universidad de Sussex investigador Jon Bird utiliza un AG para optimizar el diseño de un circuito oscilador . Varios intentos generado diseños convencionales que utilizan un pequeño número de transistores , pero el diseño ganador no era un oscilador en absoluto, sino un circuito de radio simple. Al parecer, el GA descubrió que el circuito de radio recogió un zumbido oscilante a partir de una cerca computer.<sup>176</sup> La solución de GA trabajado sólo en la ubicación exacta en la mesa en la que se pidió a resolver el problema .

Los algoritmos genéticos , que forma parte del campo de caos o la teoría de la complejidad , cada vez se utilizan para resolver problemas de negocios de otro modo insolubles , tales como la optimización de las cadenas de suministro complejas. Este enfoque está empezando a sustituir a los métodos más analíticos en toda la industria . (Ver ejemplos a continuación.) El paradigma también es experto en el reconocimiento de patrones , y con frecuencia se combina con las redes neuronales y otros métodos de auto-organización . También es una manera razonable de escribir software, especialmente software que necesita para encontrar un delicado equilibrio de los recursos en competencia.

En la novela *usr / bin / dios*, Cory Doctorow , un escritor líder en la ciencia ficción, utiliza una variación interesante de un AG para desarrollar una IA . El GA genera un gran número de sistemas inteligentes basados en diversas combinaciones de las técnicas de intrincados , con cada combinación se caracteriza por su código genético . Estos sistemas se desarrollan con una GA .

La función de evaluación es el siguiente: cada sistema se conecta a varias salas de chat humanos y trata de pasar por una , básicamente, una prueba de Turing encubierta humano. Si uno de los seres humanos en una sala de chat dice algo así como " ¿Qué eres, un chatterbot ? " ( chatterbot significa un programa automático , que al nivel actual de desarrollo se espera que no entienden el idioma en un nivel humano ) , la evaluación es más , que el sistema termina sus interacciones , e informa de su puntuación a la Asamblea General. La puntuación se determina por el tiempo que era capaz de pasar por humano sin ser desafiado de esta manera. El GA se desarrolla cada vez más intrincada combinación de técnicas que son cada vez más capaces de pasar a la alimentación humana .

La principal dificultad con esta idea es que la función de evaluación es bastante lento, aunque se necesitará una cantidad considerable de tiempo una vez que los sistemas son razonablemente inteligente . Además, las evaluaciones pueden tener lugar en gran medida en paralelo. Es una idea interesante y en realidad puede ser un método útil para terminar el trabajo de pasar el test de Turing , una vez que lleguemos al punto en que tenemos algoritmos suficientemente sofisticados para alimentar tal GA , por lo que la evolución de la AI Turing - capaz es factible .

### **Búsqueda recursiva .**

A menudo tenemos que buscar a través de un gran número de combinaciones de posibles soluciones para resolver un problema dado. Un ejemplo clásico es en jugar juegos como el ajedrez . Como jugador considera que su próximo movimiento , puede listar todos sus posibles movimientos y, a continuación , para cada medida de este tipo , todos los contraataques posibles por el oponente , y así sucesivamente . Es difícil, sin embargo , para los jugadores humanos para mantener una gran " árbol " de las secuencias de movimiento - contramovimiento en la cabeza , por lo que confía en el reconocimiento de patrones de reconocimiento de situaciones sobre la base de la experiencia previa , mientras que las máquinas utilizan el análisis lógico de millones de movimientos y contraataques .

Este árbol lógico está en el corazón de la mayoría de los programas de juegos de videos . Considere cómo se hace esto . Construimos un programa que se llama selección mejor paso para seleccionar cada movimiento. Elija Best Next Step comienza haciendo una lista de todos los movimientos posibles de la situación actual de la junta directiva. ( Si el problema se soluciona un teorema matemático , en lugar de movimientos de juego , el programa sería enumerar todos los posibles pasos a seguir en una prueba . ) Para cada movimiento el programa construye una tabla hipotética que refleja lo que pasaría si hiciéramos este movimiento. Para cada placa hipotética , ahora tenemos que considerar lo que nuestro oponente haría si hicimos este movimiento. Ahora recursividad entra, porque Elige Best Next Step simplemente llama Elige Best Next Step (en otras palabras , sí ) para escoger el mejor movimiento para nuestro oponente . En autodenominado , Pick mejor paso a continuación muestra todos los movimientos legales de nuestro oponente .

El programa sigue llamando a sí mismo, de cara al futuro ya que muchos movimientos ya que tenemos tiempo para pensar , lo que se traduce en la generación de un árbol de movimiento - contramovimiento enorme. Este es otro ejemplo de crecimiento exponencial , porque para mirar hacia adelante un movimiento adicional (o contramovimiento) requiere multiplicando la cantidad de cálculo disponible en alrededor de cinco. La clave para el éxito de la fórmula recursiva es la poda de este árbol inmenso de posibilidades y en última instancia, detener su crecimiento . En el contexto del juego , si un tablero parece desesperada para uno y otro lado , el programa puede detener la expansión del árbol de movimiento - contramovimiento desde ese punto (llamado un " terminal de hoja " del árbol ) y considerar el movimiento más recientemente considerado como un victoria o pérdida probable.

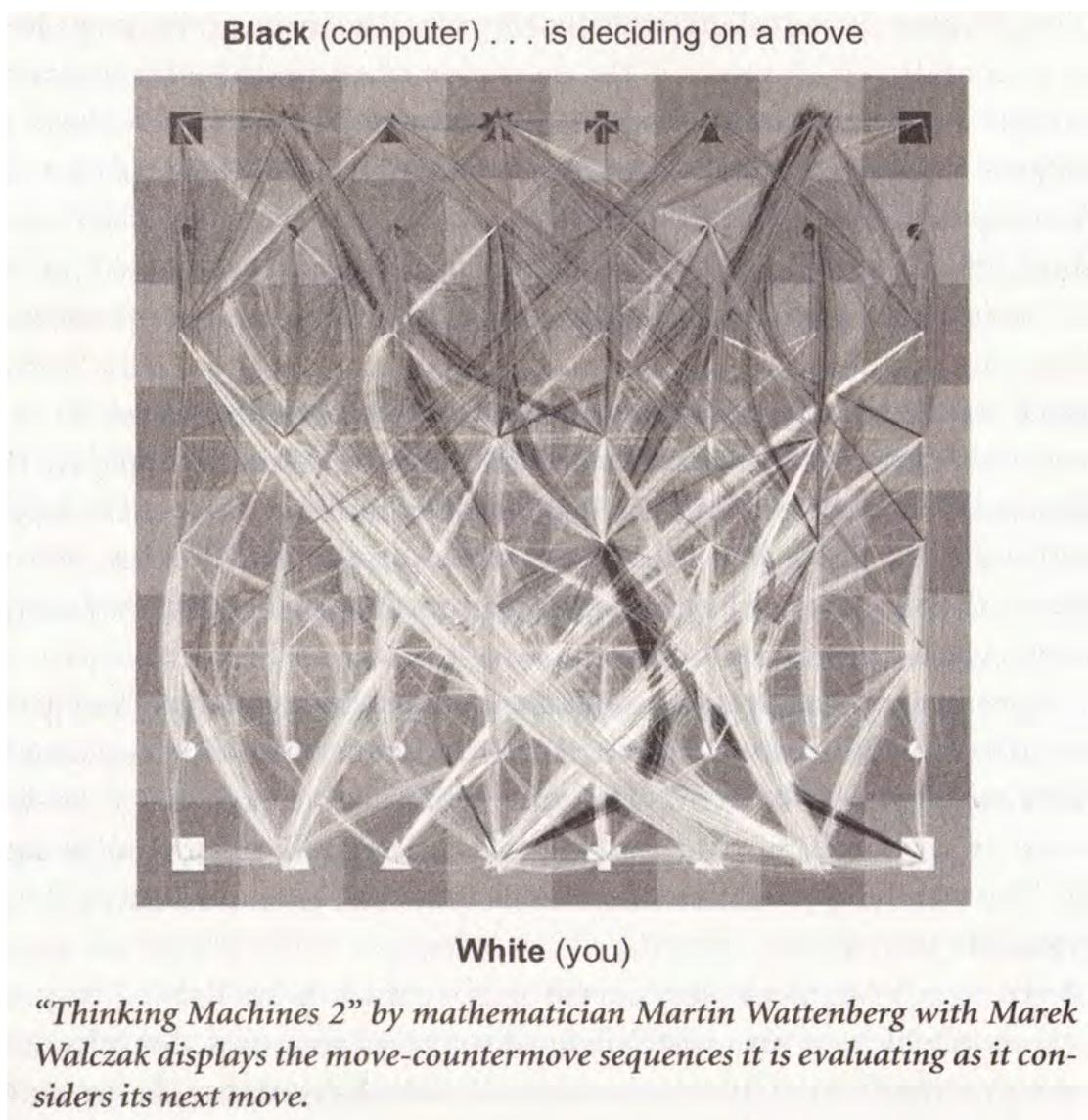
Cuando se completan todas estas llamadas anidadas programa , el programa se ha determinado el mejor movimiento posible para el tablero real actual dentro de los límites de la profundidad de la expansión recursiva que no tenía tiempo para seguir y la calidad de su algoritmo de poda. (Para una descripción algorítmica de búsqueda recursiva , vea esta nota : 177 )

La fórmula recurrente es a menudo eficaz en matemáticas. En lugar de movimientos de juego, los "movimientos " son el axiomas del campo de las matemáticas están abordando , como teoremas y probadas previamente . La expansión en cada punto es los axiomas posibles ( o teoremas previamente probadas ) que se pueden aplicar a una prueba en cada paso . ( Este fue el enfoque utilizado por Newell, Shaw, y el General Problem Solver de Simons .)

A partir de estos ejemplos puede parecer que la recursividad es adecuado sólo para problemas en los que hemos definido nítidamente normas y objetivos . Pero también ha mostrado ser prometedor en la generación de equipo de las creaciones artísticas. Por ejemplo , un programa que diseñó llamada Poeta Cibernética de Ray Kurzweil utiliza un recursivo approach.<sup>178</sup> El programa establece una serie de objetivos para cada palabra - el logro de un determinado patrón rítmico , la estructura de un poema, y la selección de palabras que es deseable en ese momento en el poema . Si el programa no es capaz de encontrar una palabra que cumpla con estos criterios, se retrocede y borra la palabra anterior que ha escrito , restablece el criterio que se había fijado originalmente para la palabra simplemente borrado, y va desde allí. Si eso también conduce a un callejón sin salida , que realiza copias de seguridad una vez más, pasando así hacia atrás y hacia adelante. Finalmente , obliga a sí mismo a tomar una determinación al relajar algunas de las restricciones , si todos los caminos conducen a callejones sin salida.

## Negro (ordenador) ... es decidir su próximo movimiento

[ Tablero de ajedrez ]



Blanco (tú)

" Thinking Machines 2 " por el matemático Martin Wattenberg con Marek Walczak muestra las secuencias de movimiento - contramovimiento se está evaluando , ya que considera que su próximo movimiento.

### Combinación de métodos .

El método más poderoso para la construcción de sistemas de inteligencia artificial robusto es la combinación de enfoques , que es como funciona el cerebro humano . Como hemos comentado , el cerebro no es una red neuronal grande, pero en lugar consta de cientos de regiones, cada una de las cuales está optimizado para el procesamiento de información de una manera diferente. Ninguna de estas regiones por sí mismo funciona a lo que podríamos considerar los niveles humanos de rendimiento, pero muy caro , por definición, todo el sistema hace exactamente eso .

He utilizado este enfoque en mi propio trabajo AI , especialmente en el reconocimiento de patrones . En el reconocimiento de voz , por ejemplo , hemos implementado una serie de diferentes sistemas de reconocimiento de patrones basados en diferentes paradigmas. Algunos fueron programados específicamente con el conocimiento de las limitaciones de fonética y lingüística de los expertos. Algunos se basan en las normas va a analizar oraciones ( que implica la creación de diagramas de frases que muestran el uso de la palabra , de forma similar a los diagramas que se enseñan en la escuela primaria ) . Algunos se basan en técnicas de auto-organización, como los modelos de Markov , entrenados en amplias bibliotecas de expresión humana registrada y anotada . A continuación, programamos un software "Gestor de expertos " para conocer las fortalezas y debilidades de los diferentes "expertos" ( reconocedores ) y combinar sus resultados de forma óptima . De esta manera , una técnica en particular que por sí mismo podría producir resultados poco fiables , sin embargo, puede contribuir al aumento de la precisión global del sistema .

Hay muchas formas intrincadas de combinar los métodos variados en caja de herramientas de AI . Por ejemplo , se puede utilizar un algoritmo genético para evolucionar la topología óptima ( organización de los nodos y las conexiones ) para una red neuronal o un modelo de Markov . La salida final de la red neuronal GA - evolucionado a continuación, se puede utilizar para controlar los parámetros de un algoritmo de búsqueda recursiva . Podemos añadir en las técnicas de la señal y de procesamiento de imágenes de gran alcance que han sido desarrollados para los sistemas de procesamiento de patrón . Cada aplicación específica requiere una arquitectura diferente . Profesor de ciencias de computadoras y AI empresario Ben Goertzel ha escrito una serie de libros y artículos que describen las estrategias y arquitecturas para la combinación de los diversos métodos que subyacen a la inteligencia. Su arquitectura Novamente tiene por objeto proporcionar un marco para el uso general AI.<sup>179</sup>

Las descripciones básicas anteriores sólo proporcionan una visión de cómo cada vez más se diseñan sistemas de IA actuales sofisticados . Está más allá del alcance de este libro para proporcionar una descripción detallada de las técnicas de la IA , e incluso un programa de doctorado en ciencias de la computación no es capaz de cubrir la totalidad de los diversos enfoques que se utilizan hoy en día.

Muchos de los ejemplos de sistemas de IA estrechas del mundo real se describen en la siguiente sección de usar una variedad de métodos integrados y optimizados para cada tarea en particular . Reduzca AI está fortaleciendo como resultado de varias tendencias simultáneas : continuado ganancias exponenciales en recursos computacionales , amplia experiencia en el mundo real con miles de aplicaciones y nuevas ideas en cómo el cerebro humano toma decisiones inteligentes.

### **A Sampler AI estrecho**

Cuando escribí mi primer libro AI , La era de las máquinas inteligentes, a finales de 1980, tenía que llevar a cabo amplias investigaciones para encontrar algunos ejemplos de éxito de la IA en la práctica. La Internet aún no era frecuente, por lo que

tuve que ir a las bibliotecas reales y visitar los centros de investigación de AI en Estados Unidos , Europa y Asia. He incluido en mi libro más o menos todos los ejemplos razonables pude identificar. En mi investigación para este libro, mi experiencia ha sido totalmente diferente. He sido inundado con miles de ejemplos convincentes . En nuestros informes en el sitio Web KurzweilAI.net , contamos con uno o más sistemas dramáticos casi todos day.<sup>180</sup>

Un estudio realizado en 2003 por Business Communications Company proyecta un mercado de \$ 21000 millones para el año 2007 para aplicaciones de inteligencia artificial , con un crecimiento medio anual del 12,2 por ciento de 2002 a 2.007,<sup>181</sup> principales industrias para aplicaciones de IA incluyen inteligencia empresarial, relaciones con los clientes , finanzas , defensa y seguridad nacional , y la educación . He aquí una pequeña muestra de AI estrecha en acción.

### **Militares y de inteligencia .**

El ejército de EE.UU. ha sido un ávido usuario de sistemas de inteligencia artificial . Sistemas de software de reconocimiento de patrones guían armas autónomas, como los misiles de crucero , que pueden volar miles de kilómetros para encontrar un edificio específico o incluso una determinada window.<sup>182</sup> Aunque los detalles pertinentes de los terrenos que el misil vuela sobre se programan con antelación , las variaciones en el clima, la cobertura del suelo y otros factores requieren un nivel flexible de reconocimiento de imagen en tiempo real.

El ejército ha desarrollado prototipos de auto-organización de las redes de comunicación (llamadas " redes de malla " ) para configurar de forma automática miles de nodos de comunicación , cuando un pelotón se deja caer en una nueva location.<sup>183</sup>

Los sistemas expertos que incorporan redes bayesianas y gas se utilizan para optimizar las cadenas de suministro complejas que coordinan millones de provisiones suministros y armas sobre la base de los requisitos del campo de batalla que cambia rápidamente .

Sistemas de inteligencia artificial se emplean habitualmente para simular el funcionamiento de las armas , incluidas las bombas nucleares y misiles.

Letreros de orientación de los 11 de septiembre de 2001 los ataques terroristas al parecer fue detectado por el sistema Echelon basado en IA de la Agencia de Seguridad Nacional , que analiza un seguimiento exhaustivo de la agencia de comunicaciones traffic.<sup>184</sup> Desafortunadamente , las advertencias de Echelon no fueron revisados por los agentes humanos hasta que fue demasiado tarde.

La campaña militar de 2002 en Afganistán se produjo el debut del Predator armado, un luchador volador robótico no tripulado . Aunque Predator de la Fuerza Aérea había estado en desarrollo durante muchos años , armado con misiles ejército suministrados era una improvisación de última hora que resultó un éxito notable . En la guerra de Irak , que comenzó en 2003, el Predator armado (operado por la CIA ) y otros

vehículos aéreos no tripulados (UAV volando ) destruyó miles de tanques enemigos y sitios de misiles.

Todos los servicios militares están utilizando robots . El ejército los utiliza a las cuevas de búsqueda ( en Afganistán ) y edificios. La Armada utiliza pequeñas naves robóticas para proteger sus portaaviones . Como explico en el capítulo siguiente , moviéndose soldados fuera de combate es una tendencia cada vez mayor .

## **Exploración Espacial .**

NASA está construyendo autoconciencia en el software de control de su nave espacial no tripulada . Debido a que Marte es cerca de tres minutos-luz de la Tierra y Júpiter alrededor de cuarenta minutos-luz ( dependiendo de la posición exacta de los planetas ) , la comunicación entre la nave espacial se dirigieron allí y controladores terrestres se retrasa considerablemente. Por esta razón es importante que el software de control de estas misiones tienen la capacidad de llevar a cabo su propia toma de decisiones tácticas. Para lograr este software de la NASA se está diseñado para incluir un modelo de propias capacidades del software y los de la nave espacial , así como los retos cada misión es probable que encuentre. Tales basado en IA sistemas son capaces de razonar a través de nuevas situaciones y no sólo seguir las reglas preprogramadas . Este enfoque permitió a la nave Deep Space • • Uno de cada 1,999 a utilizar su propio conocimiento técnico para elaborar una serie de planes originales para superar un interruptor atascado que amenazaba con destruir su misión de exploración de un primer plan del sistema de IA asteroid.185 no funcionó , pero su segundo plan salvó la misión. "Estos sistemas tienen un modelo común de la física de sus componentes internos " , explica Brian Williams, co-inventor del software autónomo Espacio Profundo de la Uno y ahora un científico de Sistemas Espaciales del MIT y los laboratorios de AI . " [ La nave espacial ] puede razonar de ese modelo para determinar cuál es el problema y saber cómo actuar. "

Utilizando una red de ordenadores NASA utilizó gases de evolucionar un diseño de antena de tres Space Technology 5 satélites que estudiarán el campo magnético de la Tierra. Millones de posibles diseños compitieron en la evolución simulada. Según el científico de la NASA y líder del proyecto Jason Lohn , " Ahora estamos utilizando el software [ GA ] para diseñar pequeñas máquinas microscópicas , incluyendo giroscopios, para la navegación vuelos espaciales . El software también puede inventar diseños que ningún diseñador humano se le ocurre . " 186

Otro sistema de AI NASA aprendió por sí mismo a distinguir estrellas de las galaxias en imágenes muy débiles con una precisión superando a la de los astrónomos humanos.

Nuevos telescopios robóticos terrestres son capaces de tomar sus propias decisiones sobre dónde buscar y cómo optimizar la probabilidad de encontrar fenómenos deseados. Llamado "observatorios autónomas, semi-inteligentes " , los sistemas pueden adaptarse a las condiciones meteorológicas, cuenta temas de interés , y decidir por su cuenta para rastrearlos. Ellos son capaces de detectar fenómenos muy

sutiles , tales como una estrella de parpadear para un nanosegundo , lo que puede indicar un pequeño asteroide en las regiones exteriores de nuestro sistema solar que pasa por delante de la luz de que star.187 Uno de tales sistemas , llamados Objeto en movimiento y de eventos transitorios sistema de Búsqueda ( MOTESS ), ha identificado a sus propios 180 nuevos asteroides y cometas varios durante sus dos primeros años de funcionamiento. "Tenemos un sistema de observación inteligente ", explicó el astrónomo de la Universidad de Exeter Alasdair Allan . " Piensa y reacciona por sí mismo , decidir si algo se ha descubierto es lo suficientemente interesante como para necesitar más observaciones . Si se necesitan más observaciones , sólo sigue adelante y las personas los sufran . "

Sistemas similares son utilizados por los militares para analizar automáticamente los datos de los satélites espía . Tecnología satelital actual es capaz de observar las características a nivel del suelo alrededor de una pulgada de tamaño y no se ve afectada por el mal tiempo , las nubes , o darkness.188 La enorme cantidad de datos generados continuamente no sería manejable, sin reconocimiento de imagen automático programado para buscar relevante desarrollos.

## **Medicina.**

Si obtiene un electrocardiograma ( ECG) es probable que reciba un diagnóstico automatizado usando reconocimiento de patrones aplicado a los registros de ECG a su médico . Mi propia empresa ( Kurzweil Technologies) está trabajando con United Therapeutics para desarrollar una nueva generación de análisis automatizado de ECG para la vigilancia discreta a largo plazo (a través de sensores integrados en la ropa y de la comunicación inalámbrica con un teléfono celular) de los signos de alerta temprana de enfermedades del corazón. 189 Otros sistemas de reconocimiento de patrones se utilizan para diagnosticar una variedad de datos de imágenes .

Todos los desarrolladores de las principales drogas está utilizando programas de IA para hacer el reconocimiento de patrones y la minería de datos inteligente en el desarrollo de nuevos tratamientos farmacológicos . Por ejemplo SRI International es la construcción de bases de conocimiento flexibles que codifican todo lo que sabemos acerca de una docena de agentes de enfermedades , como la tuberculosis y el H. pylori ( las bacterias que causan las úlceras ) .190 El objetivo es aplicar las herramientas de minería de datos inteligentes (software que puede buscar nuevo relaciones entre los datos ) para encontrar nuevas maneras de matar o alterar el metabolismo de estos patógenos .

Sistemas similares se aplican a la realización de la detección automática de nuevas terapias para otras enfermedades , así como la comprensión de la función de los genes y sus funciones en disease.191 Por ejemplo Abbott Laboratories afirma que seis investigadores humanos en uno de sus nuevos laboratorios equipados con AI basados en sistemas robóticos y de análisis de datos son capaces de igualar los resultados de doscientos científicos de la antigua droga desarrollo labs.192

Los hombres con los niveles de antígeno prostático específico ( PSA elevados ) por lo

general se someten a una biopsia quirúrgica , sino de 75 por ciento de estos hombres no tienen cáncer de próstata. Una nueva prueba , con base en el reconocimiento de patrones de proteínas en la sangre, lo que reduciría la tasa de falsos positivos de alrededor del 29 percent.<sup>193</sup> La prueba se basa en un programa de IA diseñado por Correlogic Systems en Bethesda , Maryland, y se espera que la precisión para mejorar la aún más con el desarrollo continuado.

El reconocimiento de patrones aplicado a los patrones de proteínas también se ha utilizado en la detección de cáncer de ovario . La mejor prueba contemporánea de cáncer de ovario , llamado CA- 125 , utilizado en combinación con el ultrasonido , pierde casi todos los tumores en etapa temprana. " En el momento en que ahora se diagnostica el cáncer de ovario es muy a menudo mortal", dice Emanuel Petricoin III , codirector del Programa de Proteómica clínica a cargo de la FDA y el Instituto Nacional del Cáncer. Petricoin es el desarrollador principal de un nuevo examen basado en IA busca de patrones únicos de proteínas que se encuentran sólo en la presencia de cáncer . En una evaluación de la participación de cientos de muestras de sangre , la prueba era, según Petricoin " , un sorprendente 100 % de precisión en la detección de cáncer, incluso en las primeras etapas . " <sup>194</sup>

Alrededor del 10 por ciento de todas las diapositivas de la prueba de Papanicolaou en los Estados Unidos son analizados por un programa de auto - aprendizaje AI llamada FocalPoint , desarrollado por TriPath Imaging. Los desarrolladores comenzaron entrevistando a los patólogos en los criterios que utilizan. Después, el sistema de IA continuó aprendiendo observando patólogos expertos . Se permitió Sólo los mejores diagnosticadores humanos debe ser respetado por el programa. " Esa es la ventaja de un sistema experto " , explica Bob Schmidt , gerente de producto técnico del Tri-Path. " Se le permite replicar sus mejores personas. "

Sistema de Salud de Ohio State University ha desarrollado un sistema de prescripción electrónica de entrada de pedidos ( CPOE ) en base a un sistema experto con amplio conocimiento en múltiples specialties.<sup>195</sup> El sistema comprueba automáticamente cada pedido de posibles alergias en el paciente , las interacciones medicamentosas, las duplicaciones , las restricciones de drogas , pautas de dosificación y adecuación dado información sobre el paciente desde el laboratorio del hospital y los departamentos de radiología .

## **Ciencias y Matemáticas.**

Un " científico robot " ha sido desarrollado en la Universidad de Gales que combina un sistema basado en IA capaz de formular teorías originales , un sistema robótico que puede llevar a cabo experimentos , de forma automática y un motor de razonamiento para evaluar los resultados . Los investigadores siempre que su creación , con un modelo de la expresión de genes en la levadura . El sistema " se origina automáticamente hipótesis para explicar las observaciones, diseña experimentos para probar estas hipótesis , se ejecuta físicamente los experimentos utilizando un robot de laboratorio, interpreta los resultados de falsificar hipótesis

inconsistentes con los datos , y luego se repite el ciclo . " 196 El sistema es capaz de mejorar su desempeño , aprendiendo de su propia experiencia. Los experimentos diseñados por el científico robot eran tres veces menos costoso que los diseñados por los científicos humanos. Una prueba de la máquina contra un grupo de científicos humanos demostró que los descubrimientos hechos por la máquina fueron comparables a las realizadas por los seres humanos .

Mike Young , director de biología en la Universidad de Gales , fue uno de los científicos humanos que perdieron a la máquina. Él explica que "el robot me pegaba , pero sólo porque me golpeó la tecla equivocada en un momento . "

Una conjetura de larga data en el álgebra fue finalmente resultó en un sistema de inteligencia artificial en el Argonne National Laboratorio . Matemáticos humanos llamaron a la prueba " creativa".

### **Negocios , Finanzas y Manufactura .**

Empresas de todos los sectores están utilizando sistemas de inteligencia artificial para controlar y optimizar la logística, detectar el fraude y el blanqueo de dinero, y llevar a cabo la minería de datos inteligente en la multitud de información que recogen cada día . Wal -Mart , por ejemplo, reúne a grandes cantidades de información de sus transacciones con los compradores. Herramientas AI basados con redes neuronales y sistemas expertos revisen esta información para proporcionar informes de investigación de mercado para los directivos. Esta minería de datos inteligente que les permite hacer predicciones muy precisas sobre el inventario requerido para cada producto en cada tienda para cada day.<sup>197</sup>

AI programas basados se utilizan rutinariamente para detectar el fraude en las transacciones financieras . Ruta Future , empresa Inglés , por ejemplo, ofrece iHex , basado en las rutinas de IA desarrollados en la Universidad de Oxford, para detectar el fraude en las transacciones de tarjetas de crédito y préstamos applications.<sup>198</sup> El sistema genera y actualiza continuamente sus propias reglas basadas en su experiencia. First Union Home Equity Bank en Charlotte, Carolina del Norte, utiliza Arreglista préstamo , un sistema basado en IA similares , para decidir si aprueba o no la hipoteca applications.<sup>199</sup> NASDAQ similar utiliza un programa de aprendizaje denominado Observación de Valores, Noticias Análisis y Sistema de regulación (SONAR) para supervisar todas las operaciones de fraude, así como la posibilidad de insider trading.<sup>200</sup> A finales de 2003 más de 180 incidentes habían sido detectados por el sonar y se refirió a la Securities and Exchange Commission y el Departamento de Justicia de EE.UU. Estos incluyen varios casos que más tarde recibieron la cobertura de noticias importantes.

Ascent Technology , fundada por Patrick Winston , quien dirigió el MIT AI Lab desde 1972 hasta 1997 , se ha diseñado un sistema GA- basado llamado Smart-Airport Operations Center ( SAOe ) que puede optimizar la compleja logística de un aeropuerto, como el equilibrio de las asignaciones de trabajo de cientos de empleados por lo que las asignaciones de puertas y equipos y la gestión de un gran número de

otros puntos Winston details.201 que " descubrir formas de optimizar una situación complicada es lo que hacen los algoritmos genéticos . " SAOC ha aumentado la productividad en un 30 por ciento en los aeropuertos en los que se ha aplicado .

El primer contrato de ascenso fue aplicar sus técnicas de IA para la gestión de la logística de la campaña Tormenta del Desierto de 1991 en Irak. DARPA dijo que los sistemas de planificación de la logística de AI- basados , incluyendo el sistema de ascenso , resultó en un mayor ahorro que toda la inversión del gobierno en la investigación AI durante varias décadas.

Una tendencia reciente en el software es para sistemas de IA para supervisar el rendimiento de un sistema de software complejo, reconocer fallos de funcionamiento, y determinar la mejor manera de recuperar de forma automática sin necesidad de informar a la humana user.202 La idea se deriva de la realización que a medida que los sistemas de software se vuelven más complejas , como los humanos, que nunca será perfecto , y que la eliminación de todos los errores es imposible. Como seres humanos , utilizamos la misma estrategia : no esperamos que sea perfecto , pero por lo general tratan de recuperarse de los errores inevitables . "Queremos soportar este concepto de administración de sistemas en la cabeza " , dice Armando Fox , el jefe del Grupo de Software de Infraestructuras de la Universidad de Stanford , que está trabajando en lo que ahora se llama "computación autonómica. " Fox añade: " El sistema tiene que ser capaz de erigirse , tiene que optimizarse. Dispone de repararse a sí mismo , y si algo sale mal , tiene que saber cómo responder a las amenazas externas . " IBM, Microsoft y otros proveedores de software son el desarrollo de sistemas que incorporan capacidades autonómicas .

## **Manufactura y Robótica .**

Fabricación integrada por ordenador (CIM ) emplea cada vez más técnicas de IA para optimizar el uso de los recursos , optimizar la logística y reducir los inventarios a través de justo a tiempo de compra de piezas y suministros. Una nueva tendencia en los sistemas CIM es el uso de " razonamiento basado en casos " en lugar de los sistemas expertos no modificables , basados en reglas . Códigos de razonamiento Tal conocimiento como "casos " , que son ejemplos de problemas con soluciones. Casos iniciales suelen ser diseñados por los ingenieros , pero la clave para un sistema de razonamiento basado en casos con éxito es su capacidad para reunir nuevos casos de la experiencia real . El sistema es capaz entonces de aplicar el razonamiento a partir de sus casos almacenados a nuevas situaciones .

Los robots se usan ampliamente en la industria manufacturera . La última generación de robots utiliza sistemas de la máquina de visión AI- flexibles basados en empresas como Cognex Corporation en Natick , Massachusetts , que puede responder de manera flexible a las diferentes relaciones . Esto reduce la necesidad de una configuración precisa para el robot para operar correctamente. Brian Carlisle, director general de Adept Technologies, una compañía de la fábrica de automatización de Livermore , California , señala que "incluso si los costos laborales fueron eliminados [ como consideración ] , un caso fuerte todavía puede hacerse para la automatización

con robots y otros automatización flexible. Además de la calidad y el rendimiento , los usuarios obtienen al permitir un rápido cambio de producto y la evolución que no puede ser igualada con herramientas duras " .

Uno de los principales expertos en robótica de AI , Hans Moravec , ha fundado una compañía llamada SEEGRID aplicar su tecnología de máquina de visión para aplicaciones en la fabricación , manipulación de materiales , y militares missions.<sup>203</sup>

El software de Moravec permite a un dispositivo ( un robot o simplemente un carro de manipulación de materiales ) para caminar o rodar a través de un entorno no estructurado y en una sola pasada construir un " voxel " fiable ( píxel tridimensional ) mapa del entorno . El robot puede entonces utilizar el mapa y su propia capacidad de razonamiento para determinar una ruta óptima y libre de obstáculos para llevar a cabo su misión asignada.

Esta tecnología permite que los carros autónomos para transferir materiales a lo largo de un proceso de fabricación sin el alto grado de preparación necesaria con los sistemas robóticos preprogramados convencionales . En situaciones militares vehículos autónomos podrían llevar a cabo misiones precisas mientras se ajusta a los rápidos cambios del entorno y las condiciones del campo de batalla .

La visión artificial también está mejorando la capacidad de los robots para interactuar con los humanos. Usando cámaras , pequeños y baratos , software de cabeza y de seguimiento ocular puede detectar cuando un usuario humano , permitiendo robots , así como personalidades virtuales en una pantalla , para mantener el contacto visual, un elemento clave para las interacciones naturales. Sistemas de Cabeza y seguimiento ocular se han desarrollado en la Universidad Carnegie Mellon y el MIT , donde encuentran las pequeñas empresas como ver Máquinas de Australia .

Una impresionante demostración de la visión artificial es un vehículo que era conducido por un sistema de inteligencia artificial , sin intervención humana durante casi toda la distancia de Washington, DC, a San Diego.<sup>204</sup> Bruce Buchanan , profesor de ciencias informáticas en la Universidad de Pittsburgh y presidente de la Asociación Americana de Inteligencia artificial, señaló que esta hazaña habría sido " algo inaudito hace 10 años. "

Palo Alto Research Center (PARC ) está desarrollando un enjambre de robots que pueden navegar en ambientes complejos, como una zona de desastre , y encontrar elementos de interés , como los seres humanos que pueden ser lesionados . En una demostración de septiembre de 2004 en una conferencia de AI en San Jose , demostraron un grupo de robots auto-organización en un desastre simulado , pero realista area.<sup>205</sup> Los robots se movieron sobre el terreno, se comunicó con los otros, utilizan el reconocimiento de patrones en las imágenes , y detectado el calor del cuerpo para localizar los seres humanos .

## **Habla y Lenguaje .**

Lidiando con el lenguaje natural es la tarea más difícil de todos para la inteligencia

artificial. No hay trucos sencillos , cortos de dominar plenamente los principios de la inteligencia humana , permitirá un sistema computarizado para emular convincente conversación humana , incluso si se limita a sólo los mensajes de texto . Esta fue una visión perdurable de Turing en el diseño de la prueba del mismo nombre basado enteramente en el lenguaje escrito .

Aunque todavía no está en el nivel humano , los sistemas de procesamiento de lenguajes naturales están haciendo progresos sólidos . Los motores de búsqueda se han vuelto tan populares que " Google " ha pasado de ser un nombre propio a un verbo común , y su tecnología ha revolucionado la investigación y el acceso al conocimiento. Otros motores de búsqueda Google y el uso de métodos estadísticos de aprendizaje AI- basados y la inferencia lógica para determinar el ranking de los enlaces. El más obvio fracaso de estos motores de búsqueda es su incapacidad para entender el contexto de las palabras. Si bien un usuario experimentado aprende a diseñar una serie de palabras clave para encontrar los sitios más relevantes ( por ejemplo, es probable que evitar las referencias a las patatas fritas que una búsqueda de " chip" solo podría aparecer una búsqueda de " chip ") , lo que realmente le gustaría ser capaz de hacer es conversar con los motores de búsqueda en lenguaje natural. Microsoft ha desarrollado un motor de búsqueda de lenguaje natural llamado Pregunte MSR (Pregunte Investigación Micro -Soft ) , que en realidad responde a las preguntas de lenguaje natural tales como " Cuando nació Mickey Mantle ? " <sup>206</sup>

Después de que el sistema analiza la sentencia para determinar las partes del discurso ( sujeto, verbo , objeto, adjetivo y adverbio modificadores , etc ) , un motor de búsqueda especial, entonces encuentra coincidencias en base a la sentencia analizada. Los documentos encontrados se buscan frases que parecen responder a la pregunta y las posibles respuestas se clasifican . Al menos el 75 por ciento de las veces , la respuesta correcta está en las tres primeras posiciones igualadas , y las respuestas incorrectas son generalmente obvios (como " Mickey Mantle nació en 3 ") . Los investigadores esperan poder incluir las bases de conocimientos que reduzcan el rango de muchas de las respuestas sin sentido .

Microsoft investigador Eric Brill , que ha dirigido la investigación sobre Pregunta MSR , también ha intentado una tarea aún más difícil : la construcción de un sistema que proporciona respuestas de unas cincuenta palabras a las preguntas más complejas tales como : "¿Cómo son los galardonados con el Premio Nobel seleccionado ? " Una de las estrategias utilizadas por este sistema es encontrar una sección de preguntas frecuentes apropiado en la Web que responde a la consulta.

Sistemas de lenguaje natural combinado con gran vocabulario, independiente del hablante (es decir , sensible a cualquier altavoz ) el reconocimiento de voz a través del teléfono están entrando en el mercado para llevar a cabo las transacciones de rutina . Usted puede hablar con agencias de viajes virtuales de British Airways sobre cualquier cosa que usted desea , siempre y cuando lo que tiene que ver con la reserva de vuelos con British Airways.<sup>207</sup> Usted es también probable que hablar con una persona virtual si se llama a Verizon de servicio al cliente o Charles Schwab y Merrill Lynch para llevar a cabo transacciones financieras. Estos sistemas , al tiempo que

puede ser molesto para algunas personas, son bastante hábil para responder adecuadamente a la forma en que a menudo ambigua y fragmentada que la gente habla . Microsoft y otras compañías están ofreciendo sistemas que permiten a una empresa para crear agentes virtuales para hacer reservaciones para los viajes y los hoteles y realizar transacciones de rutina de todo tipo a través de dos vías , los diálogos de voz bastante naturales.

No todas las llamadas está satisfecho con la capacidad de estos agentes virtuales para hacer el trabajo , pero la mayoría de los sistemas proporcionan un medio para llegar a un ser humano en la línea. Las empresas que utilizan estos sistemas informan que reducen la necesidad de los agentes de servicios humanos hasta el 80 por ciento. Aparte de el dinero ahorrado , la reducción del tamaño de llamada centros tiene un beneficio de gestión . Trabajos de call-center tienen muy altas tasas de rotación debido a la baja satisfacción en el trabajo .

Se dice que los hombres son reacios a pedir a los demás para las direcciones , pero los vendedores de automóviles están apostando a que los dos pilotos de ambos sexos estarán dispuestos a hacer su propio coche en busca de ayuda para llegar a su destino. En 2005, el Acura RL y Honda Odyssey estará ofreciendo un sistema de IBM que permite a los usuarios conversar con su cars.<sup>208</sup>

Indicaciones para llegar incluirán nombres de las calles ( por ejemplo, " Gire a la izquierda en la calle principal , luego a la derecha en la Segunda Avenida ") . Los usuarios pueden hacer preguntas tales como "¿Dónde está el restaurante italiano más cercano? " o pueden entrar en determinados lugares por la voz , pedir aclaraciones sobre las direcciones, y dar órdenes al propio vehículo (por ejemplo, " Gire el aire acondicionado" ) . El Acura RL también hará un seguimiento de las condiciones del camino y la congestión del tráfico destacado en su pantalla en tiempo real.

El reconocimiento de voz se afirma que es independiente del hablante y no ser afectado por el sonido del motor , el viento y otros ruidos . El sistema informa reconocerá 1,7 millones de nombres de la calle y de la ciudad , además de cerca de mil comandos .

Traducción de idiomas por ordenador sigue mejorando poco a poco . Debido a que este es un nivel de Turing es tarea que requiere de la comprensión completa de nivel humano del lenguaje para actuar en humanos los niveles - que será una de las últimas áreas de aplicación para competir con el rendimiento humano . Franz Josef Och , científico informático en la Universidad del Sur de California, ha desarrollado una técnica que puede generar un nuevo sistema de la lengua de la traducción entre cualquier par de idiomas en cuestión de horas o days.<sup>209</sup> Todo lo que necesita es una " piedra de Rosetta " - es decir, el texto en un idioma y la traducción de ese texto en la otra lengua , aunque él necesita a millones de palabras de este texto traducido.

Usando una técnica de auto-organización , el sistema es capaz de desarrollar sus propios modelos estadísticos de cómo el texto se traduce de un idioma a otro y desarrolla estos modelos en ambas direcciones.

Esto contrasta con otros sistemas de traducción , en la que los lingüistas con esmero las reglas gramaticales de código con una larga lista de excepciones a cada regla. Sistema de Och recientemente recibió el puntaje más alto en una competición de sistemas de traducción realizados por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología del Departamento de Comercio de EE.UU. .

### **Entretenimiento y deportes .**

En una aplicación divertida y fascinante de gas, Oxford científico Torsten Reil creado criaturas animadas con las articulaciones y los músculos simulados y una red neuronal de un cerebro. A continuación, les asigna una tarea: para caminar. Se utiliza un AG para desarrollar esta capacidad , que involucró a setecientos parámetros. " Si nos fijamos en que el sistema de con los ojos humanos , no hay manera de que usted puede hacer por su cuenta , ya que el sistema es demasiado complejo", Reil señala. "Ahí es donde entra en juego la evolución " 210

Si bien algunas de las criaturas evolucionadas caminó de una manera suave y convincente, la investigación demostró un atributo bien conocido de gas: se obtiene lo que pide. Algunas criaturas descubrieron nuevas nuevas formas de pasar para caminar. Según Reil, " Nos dieron algunas criaturas que no andan del todo, pero tenía estos muy extrañas formas de avanzar : arrastrándose o haciendo saltos mortales . "

Software está siendo desarrollado que puede extraer automáticamente extractos de un vídeo de un juego de deportes que muestran los más importantes plays.<sup>211</sup> Un equipo en el Trinity College de Dublín está trabajando en juegos basados en tablas como la piscina , en la que el software realiza un seguimiento de la ubicación de cada bola y está programado para identificar cuándo se ha realizado un disparo significativa . Un equipo de la Universidad de Florencia, está trabajando en el fútbol . Este software realiza un seguimiento de la ubicación de cada jugador y se puede determinar el tipo de juego que se hizo (como libre de patear o intentar un gol) , cuando se alcanza una meta, cuando se obtuvo un penal, y otros eventos importantes.

El Grupo de Interés Biología Digital de la Universidad College de Londres, es el diseño de los coches de carreras de Fórmula Uno por la cría de ellos utilizando GAs.<sup>212</sup>

El invierno es largo AI ya terminado. Ya estamos en la primavera de AI estrecho. La mayoría de los ejemplos anteriores eran proyectos de investigación hace diez o quince años . Si todos los sistemas de AI en el mundo de repente dejó de funcionar , nuestra infraestructura económica se detendría . Su banco dejaría hacer negocio. La mayoría de transporte quedaría mutilada. La mayoría de las comunicaciones fallarían. Este no era el caso hace una década. Por supuesto, nuestros sistemas de inteligencia artificial no es lo suficientemente inteligente todavía como para organizar una conspiración.

## **(Strong) FuerteAI**

Si entiendes algo de una sola manera , entonces usted realmente no entiende en absoluto. Esto se debe a que , si algo sale mal, te quedas atascado con un pensamiento que sólo se sienta en su mente sin ningún lugar a donde ir. El secreto de todo lo que significa para nosotros depende de cómo nos hemos conectado a todas las otras cosas que conocemos. Por eso , cuando alguien aprende " de memoria " , decimos que no entiendo muy bien . Sin embargo , si usted tiene varias representaciones diferentes entonces, cuando uno de los enfoques no se puede probar con otro . Por supuesto, hacer demasiadas conexiones indiscriminadas a su vez una mente en puré . Pero las representaciones bien conectados permiten convertir las ideas en torno a su mente, de imaginar las cosas desde muchos puntos de vista hasta que encuentre uno que funcione para usted . Y eso es lo que queremos decir con el pensamiento !

- MARVIN MINSKY<sup>213</sup>

Avanzando el rendimiento del equipo es como el agua inundando poco a poco el paisaje. Hace medio siglo que comenzó a ahogar las tierras bajas , expulsando a las calculadoras humanas y secretarios de registro, pero dejando a la mayoría de nosotros se secan . Ahora, la inundación ha llegado a los pies , y nuestros puestos de avanzada no se contempla la retirada. Nos sentimos seguros en nuestros picos , pero , al ritmo actual , los que también se sumerge dentro de otro medio siglo . Yo propongo que construyamos Arcas como aquel día se acerca, y adoptar una vida en el mar ! Por ahora , sin embargo, debemos confiar en nuestros representantes en las tierras bajas para decirnos lo que el agua es en realidad.

Nuestros representantes en las estribaciones de ajedrez y el teorema demostrando informe de señales de inteligencia . ¿Por qué no recibimos informes similares décadas antes, de las tierras bajas , como las computadoras superaron los seres humanos en la aritmética y la memorización ? En realidad , lo hicimos, en el momento . Los equipos que calcula como miles de matemáticos fueron aclamados como "cerebros gigantes" e inspiraron la primera generación de la investigación en IA . Después de todo, las máquinas estaban haciendo algo más allá de cualquier animal, que necesita la inteligencia humana , la concentración y años de entrenamiento. Pero es difícil de recuperar esa magia ahora .

Una de las razones es que la estupidez demostrado ordenadores en otras áreas sesgos nuestro juicio. Otra se refiere a nuestra propia ineptitud . Hacemos aritmética o mantener registros con tanto esfuerzo y externamente que los pequeños pasos mecánicos en un largo cálculo son obvias , mientras que el panorama a menudo se nos escapa. Como constructores de Deep Blue , vemos el proceso mucho desde el interior para apreciar la sutileza que puede tener en el exterior . Pero hay una obviedad en tormentas de nieve y tornados que se desprenden del cálculo repetitivo de las simulaciones climáticas o de ondulación piel tiranosaurio de los cálculos de animación de cine. Rara vez llamamos inteligencia, pero " la realidad artificial " puede ser un concepto mucho más profundo que la inteligencia artificial.

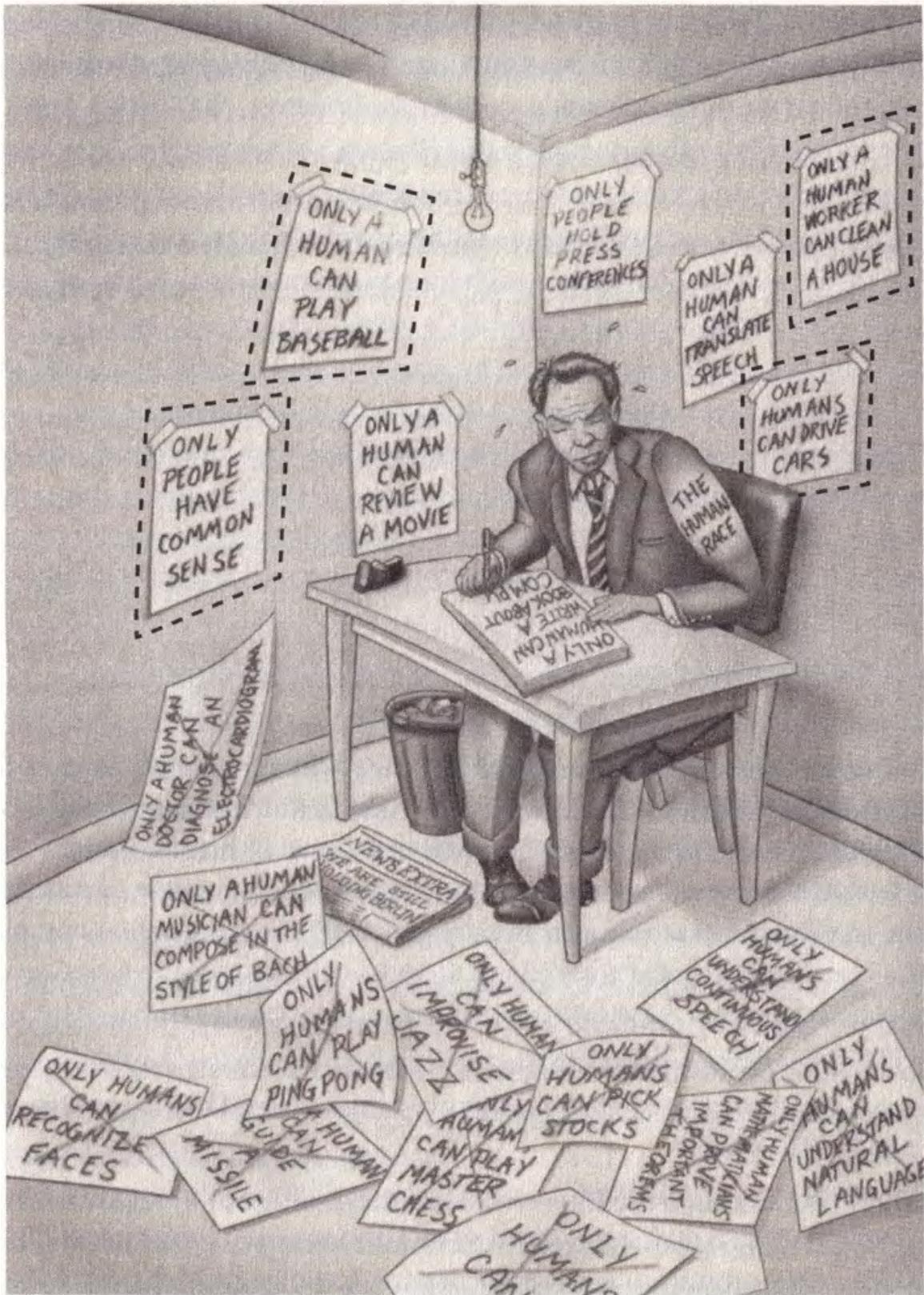
Los pasos mentales que subyacen buen juego de ajedrez humano y la demostración de teoremas son complejas y ocultas , poniendo una interpretación mecánica fuera de su alcance . Los que pueden seguir el juego , naturalmente, lo describen en su lugar en el lenguaje mentalista , utilizando términos como estrategia , la comprensión y la creatividad. Cuando una máquina se las arregla para ser a la vez significativa y sorprendente de la misma manera rica , también obliga a una interpretación mentalista. Por supuesto , en algún lugar detrás de las escenas , hay programadores que , en principio , tiene una interpretación mecánica. Pero incluso para ellos, que la interpretación que pierde su agarre como el programa de trabajo llena su memoria con detalles demasiado voluminosos para que puedan comprender .

Como la crecida alcanza alturas más pobladas , las máquinas comenzarán a hacer bien en zonas un número mayor puede apreciar. La sensación visceral de una presencia pensando en maquinaria será cada vez más generalizada. Cuando los picos más altos están cubiertos , habrá máquinas que pueden interactuar como inteligente como cualquier ser humano sobre cualquier tema . La presencia de las mentes de las máquinas será entonces evidente.

- HANS MORAVEC<sup>214</sup>

Debido a la naturaleza exponencial de los avances en las tecnologías basadas en la información , el rendimiento general se desplaza rápidamente de patético desalentadora. En muy diversos ámbitos , como los ejemplos de la sección anterior dejan claro , el rendimiento de AI estrecha ya es impresionante . La gama de tareas inteligentes en el que las máquinas ahora pueden competir con la inteligencia humana está en continua expansión . En una caricatura que diseñé para la era de las máquinas espirituales , una "raza humana " defensiva se ve escribir signos que establezcan lo que sólo las personas (y no máquinas ) pueden do.<sup>215</sup> dejado en desorden en el suelo son las señales de que la raza humana ya ha descartado porque las máquinas ahora pueden realizar las siguientes funciones: diagnosticar un electrocardiograma, componer al estilo de Bach, reconocer caras , guiar un misil , el juego de ping-pong, jugar al ajedrez maestro , elegir acciones , improvisar jazz, demostrar teoremas importantes , y entender el habla continua. En 1999 estas tareas ya no eran exclusivamente la provincia de la inteligencia humana ; máquinas podían hacer a todos.

(Explicación de la imagen está en el texto inmediatamente después )



En la pared detrás del hombre que simboliza la raza humana son los signos que ha escrito describiendo a cabo las tareas que aún eran territorio exclusivo de los seres humanos : tener sentido común, revisar una película, conferencias de prensa , traducción del habla , limpiar la casa , y los coches de unidad . Si tuviéramos que volver a diseñar esta caricatura en unos pocos años , algunos de estos síntomas

también sería probable que termine en el suelo. Cuando CYC alcanza los cien millones de ítems de conocimiento común , tal vez la superioridad humana en el ámbito del razonamiento de sentido común no será tan clara .

La era de los robots domésticos , aunque todavía bastante primitiva hoy , ya ha comenzado. Dentro de diez años , lo más probable es que consideraremos " limpiar la casa " , como dentro de las capacidades de las máquinas . En cuanto a la conducción de automóviles, robots sin intervención humana han llevado casi todo Estados Unidos en la vía ordinaria con el resto del tráfico normal. Aún no estamos listos para entregar a todos los volantes a las máquinas , pero hay propuestas serias para crear autopistas electrónicas en las que los coches ( con la gente en ellos) será conducir por sí mismos.

Las tres tareas que tienen que ver con la comprensión de nivel humano de lenguaje natural , la revisión de una película, la celebración de una conferencia de prensa, y la traducción del habla son los más difíciles . Una vez que podamos acabar con estos signos , tendremos máquinas de Turing nivel, y la era de la IA fuerte habremos empezado .

Esta época se venimos . Mientras haya alguna discrepancia entre -áreas de desempeño humano y la máquina en la que los humanos superan a las máquinas de fuertes escépticos AI aprovechen de estas diferencias. Pero nuestra experiencia en cada área de habilidad y el conocimiento es probable que siga la de Kasparov. Nuestras percepciones del desempeño cambiarán rápidamente de patético desalentador como se alcanza la rodilla de la curva exponencial para cada capacidad humana.

¿Cómo se logrará la IA fuerte ? La mayor parte del material de este libro está destinado a la disposición de los requisitos fundamentales para el hardware y el software , y explica por qué podemos estar seguros de que estos requisitos se cumplan en los sistemas no biológicos . La continuación del crecimiento exponencial de la relación precio- rendimiento de computación para lograr hardware capaz de emular la inteligencia humana es aún controversial en 1999. Ha habido muchos avances en el desarrollo de la tecnología de la informática en tres dimensiones en los últimos cinco años, que son relativamente pocos los observadores bien informados ahora dudan de que esto suceda . Incluso acaba de tomar la industria de semiconductores ha publicado ITRS hoja de ruta , que se extiende hasta 2018 , podemos proyectar a nivel de hardware humana a un costo razonable por esa year.216

He dicho caso en el capítulo 4 de por qué podemos tener confianza en que vamos a tener modelos detallados y simulaciones de todas las regiones del cerebro humano a finales de 2020 . Hasta hace poco, las herramientas para la interconexión en el cerebro no tienen la resolución espacial y temporal , ancho de banda , o el precio - rendimiento para producir datos adecuados para crear modelos suficientemente detalladas. Esto está cambiando ahora . La generación emergente de escaneo y detección de herramientas puede analizar y detectar las neuronas y componentes neuronales con exquisita precisión , mientras se opera en tiempo real .

Herramientas futuras proporcionarán mucha mayor resolución y capacidad. Por la década de 2020 , vamos a ser capaces de enviar escaneo y detección de nanobots en los capilares del cerebro para escanear desde el interior . Hemos demostrado la capacidad de traducir los datos de diversas fuentes de cerebro de exploración y detección en los modelos y simulaciones por ordenador que sostienen bien en comparación experimental con el desempeño de las versiones biológicas de estas regiones. Ya tenemos modelos convincentes y simulaciones para varias regiones del cerebro importantes . Como argumenté en el capítulo 4 , es una proyección conservadora de esperar modelos detallados y realistas de todas las regiones del cerebro a finales de 2020 .

Una simple declaración de los fuertes escenario AI es eso. vamos a aprender los principios de funcionamiento de la inteligencia humana de la ingeniería inversa todas las regiones del cerebro , y vamos a aplicar estos principios a las plataformas de computación del cerebro con capacidad que existirán en la década de 2020. Ya tenemos un conjunto de herramientas eficaces para la IA estrecho. A través de la continua mejora de estos métodos, el desarrollo de nuevos algoritmos, y la tendencia hacia la combinación de varios métodos en arquitecturas complejas , AI estrecha continuarán siendo cada vez menos estrecha. Es decir , las aplicaciones de IA tendrán dominios más amplios , y su rendimiento se hará más flexible. Sistemas de IA desarrollarán múltiples formas de abordar cada problema , al igual que lo hacen los humanos . Lo más importante, las nuevas ideas y paradigmas resultantes de la aceleración de la ingeniería inversa del cerebro va a enriquecer enormemente este conjunto de herramientas en forma permanente . Este proceso ya está en marcha .

A menudo se dice que el cerebro funciona de manera diferente de un ordenador, así que no podemos aplicar nuestros conocimientos acerca de la función cerebral en los sistemas no biológicos viables. Este punto de vista ignora por completo el campo de los sistemas de auto-organización , para lo cual contamos con un conjunto de herramientas matemáticas cada vez más sofisticadas . Como he dicho en el capítulo anterior , el cerebro es diferente en varios aspectos importantes de los ordenadores convencionales , contemporáneos. Si usted abre su Palm Pilot y cortar un cable, hay una buena probabilidad de que se rompa la máquina. Sin embargo, que habitualmente perdemos muchas neuronas y conexiones interneuronales sin ningún efecto, porque el cerebro se auto-organiza y se basa en los patrones distribuidos en la que muchos detalles específicos no son importantes .

Cuando lleguemos a mediados y finales del 2020, tendremos acceso a una generación de modelos extremadamente detallados del cerebro región . En definitiva, la guía se enriquece mucho con estos nuevos modelos y simulaciones , y abarcará un total conocimiento de cómo funciona el cerebro. Al aplicar el kit de herramientas para tareas inteligentes , vamos a recurrir a toda la gama de herramientas, algunas derivan directamente de la ingeniería inversa del cerebro, algunos simplemente inspirados por lo que sabemos sobre el cerebro , y algunos no se basa en el cerebro en absoluto, sino en décadas de investigación en IA .

Parte de la estrategia del cerebro es aprender la información, en lugar de haber conocimiento de codificación fija desde el principio. ( "Instinto " es el término que utilizamos para hacer referencia a ese conocimiento innato. ) El aprendizaje será un aspecto importante de la AI , también. En mi experiencia en el desarrollo de sistemas de reconocimiento de patrones de reconocimiento de caracteres, reconocimiento de voz, y el análisis financiero , que prevé la enseñanza de la IA es la parte más difícil e importante de la ingeniería. Con el conocimiento acumulado de la civilización humana cada vez más accesibles en línea, Als futuras tendrán la oportunidad de realizar sus estudios al acceder a este vasto cuerpo de información.

La educación de los inhibidores de la aromatasa será mucho más rápido que el de los seres humanos sin contraste . El lapso de tiempo de veinte años necesario para proporcionar una educación básica a los humanos biológicos puede ser comprimido en una cuestión de semanas o menos. También, porque la inteligencia no biológica puede compartir sus patrones de aprendizaje y el conocimiento , sólo uno AI tiene que dominar cada destreza particular. Como he señalado , es entrenado un conjunto de equipos de investigación para entender el habla , pero los cientos de miles de personas que han adquirido el software de reconocimiento de voz tuvo que cargar sólo los patrones ya formados en sus computadoras .

Una de las muchas habilidades que la inteligencia no biológica alcanzará con la realización del proyecto de ingeniería inversa del cerebro humano es suficiente dominio del lenguaje humano y el conocimiento compartido para pasar la prueba de Turing . La prueba de Turing es importante no tanto por su importancia práctica , sino porque va a delimitar un umbral crucial. Como ya he señalado, no hay manera fácil de pasar una prueba de Turing , que no sea para emular convincentemente la flexibilidad , la sutileza , y la flexibilidad de la inteligencia humana. Después de haber capturado esa capacidad en nuestra tecnología , que entonces estará sujeto a la capacidad de la ingeniería para concentrarse , enfocar y amplificarla .

Se han propuesto variaciones de la prueba de Turing . El concurso anual Loebner premio otorga un premio de bronce al chatterbot ( bot conversacional) más capaces de convencer a los jueces humanos que es humano.<sup>217</sup> Los criterios para ganar el premio de plata se basa en la prueba original de Turing , y sin embargo , obviamente, tiene que ser adjudicado. El premio de oro se basa en la comunicación visual y auditiva. En otras palabras , el AI debe tener una cara convincente y voz , como transmite a través de un terminal , y por lo tanto debe aparecer a la juez humano como si él o ella está interactuando con una persona real a través de un videoteléfono. En vista de ello , el premio de oro suena más difícil. He argumentado que en realidad puede ser más fácil, ya que los jueces pueden prestar menos atención a la parte de texto de la lengua se comunica y podrían ser distraído por una animación facial y la voz convincente. De hecho , ya tenemos la animación facial en tiempo real, y aunque no es bastante con estas normas modificadas de Turing , que es bastante estrecha . También disponemos de síntesis de voz que suena muy natural , que a menudo se confunde con las grabaciones de la voz humana , aunque se necesita más trabajo en prosodias ( entonación) . Somos propensos a lograr la animación facial satisfactorio y producción de la voz antes de lo que el lenguaje Turing - nivel y las capacidades de

conocimiento.

Turing fue cuidadosamente imprecisa en el establecimiento de las reglas para su prueba , y la literatura significativa se ha dedicado a las sutilezas de establecer los procedimientos específicos para la determinación de la forma de evaluar si la prueba de Turing ha sido passed.<sup>218</sup> En 2002 negocié las reglas de Turing - probar apostar con Mitch Kapor en la Long Now web site.<sup>219</sup> la pregunta que subyace a nuestra apuesta de veinte mil dólares, los ingresos de los cuales van a la caridad de la elección del ganador, fue: "¿La prueba de Turing puede pasar por una máquina 2029?" Le dije que sí , y Kapor dijo que no. Nos llevó meses de diálogo para llegar a las reglas complejas para implementar nuestra apuesta. Basta con definir la " máquina " y "humano " , por ejemplo , no era un asunto sencillo . ¿El juez humano le permite tener todos los procesos de pensamiento no biológico en su cerebro ? Por el contrario , la máquina puede tener aspectos biológicos ?

Debido a que la definición de la prueba de Turing puede variar de persona a persona, máquinas de Turing test- capaces no llegan en un solo día , y habrá un período en el que vamos a escuchar los reclamos de que las máquinas han pasado el umbral. Invariablemente , estos primeros reclamos serán desmentidos por los observadores bien informados, probablemente yo incluido . En el momento en que existe un amplio consenso acerca de que se ha pasado la prueba de Turing , el umbral real tiene desde hace mucho tiempo se ha logrado .

Edward Feigenbaum propone una variación de la prueba de Turing , que no evalúa la capacidad de un equipo para pasar por humano en casual, el diálogo cotidiano , pero su capacidad de pasar de un experto científico en una field.<sup>220</sup> específica La prueba Feigenbaum ( FT) puede ser más importante que la prueba de Turing porque las máquinas FT- capaces, que son técnicamente competentes , serán capaces de mejorar sus propios diseños. Feigenbaum describe su prueba de esta manera :

Dos jugadores juegan el juego de FT . Un jugador es elegido de entre los profesionales de élite en cada uno de los tres campos de pre - seleccionados de las ciencias naturales , la ingeniería o la medicina. ( El número podría ser mayor , pero para este reto no mayor de diez) . Supongamos que elegimos los campos de entre los incluidos en la Academia Nacional de EE.UU. .... Por ejemplo , podríamos elegir la astrofísica , ciencias de la computación y la biología molecular. En cada ronda de juego, el comportamiento de los dos jugadores ( científico elite y ordenador) es juzgado por otro miembro de la Academia en ese dominio particular de discurso , por ejemplo , un astrofísico juzgar el comportamiento astrofísica.

Por supuesto, la identidad de los jugadores está oculta para el juez como lo es en la prueba de Turing . El juez plantea problemas , hace preguntas , pide explicaciones , teorías, y así sucesivamente, como se podría hacer con un colega . ¿Puede el juez humano elegir , al mejor nivel del azar , que es su compañero de la Academia Nacional y que es el equipo? Por supuesto Feigenbaum vistas a la posibilidad de que el equipo puede ya ser un colega de la Academia Nacional , pero que es, obviamente, asumiendo que las máquinas no todavía han invadido las instituciones que hoy forman los seres humanos exclusivamente biológicos. Si bien puede parecer que el

FT es más difícil que la prueba de Turing, toda la historia de AI revela que las máquinas comenzaron con las competencias de los profesionales y se movían de forma gradual hacia las habilidades lingüísticas de los niños. Sistemas de AI temprana demostró su destreza inicialmente en campos profesionales como la demostración de teoremas matemáticos y diagnóstico de las condiciones médicas. Estos primeros sistemas no serían capaces de pasar el FT, sin embargo, debido a que no cuentan con las habilidades del lenguaje y la capacidad flexible para el conocimiento del modelo desde diferentes perspectivas que se necesitan para participar en el diálogo profesional inherente al FT.

Esta capacidad de lenguaje es esencialmente la misma capacidad necesaria en la prueba de Turing. Razonamiento en muchos campos de la técnica no es necesariamente más difícil que el razonamiento de sentido común que participan en la mayoría de los humanos adultos. Yo esperaría que las máquinas pasarán el FT, al menos en algunas disciplinas, en la misma época, ya que pasan la prueba de Turing. Pasando el FT en todas las disciplinas es probable que tome más tiempo, sin embargo. Por eso veo la década de 2030 como un período de consolidación, como la inteligencia artificial se expande rápidamente sus habilidades e incorpora las grandes bases de conocimiento de nuestra biología humana y la civilización de la máquina. Por la década de 2040 tendremos la oportunidad de aplicar los conocimientos acumulados y las habilidades de nuestra civilización a las plataformas computacionales que son miles de millones de veces más capacidad que la inteligencia humana biológica sin ayuda.

El advenimiento de la IA fuerte es la transformación más importante de este siglo verá. En efecto, es comparable en importancia a la llegada de la biología misma. Esto significa que una creación de la biología finalmente ha dominado su propia inteligencia y descubrió los medios para superar sus limitaciones. Una vez que los principios de funcionamiento de la inteligencia humana se entienden, ampliando sus capacidades se llevará a cabo por los científicos humanos e ingenieros cuya propia inteligencia biológica habrán sido amplificado enormemente a través de una fusión íntima con la inteligencia no biológica. Con el tiempo, la parte no biológica predominará.

Hemos hablado de los aspectos del impacto de esta transformación a lo largo de este libro, que me centro en el próximo capítulo. La inteligencia es la capacidad de resolver problemas con recursos limitados, incluyendo las limitaciones de tiempo. La singularidad se caracteriza por el rápido ciclo de la inteligencia humana cada vez más - no biológico capaz de comprender y aprovechar sus propios poderes.

AMIGO DE BACERIUM futurista, 2 MILLONES aC Así que dime otra vez sobre estas ideas que tenga sobre el futuro.

BACTERIA futurista, 2 MILLONES BC: Bueno, veo que las bacterias que se reúnen en sociedades, con todo el grupo de células que actúan básicamente como un organismo complejo grande con capacidad mucho mayor.

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : ¿Qué te hace pensar eso ?

BACTERIA FUTURISTA : Bueno ya , algunos de nuestros compañeros Daptobacters han ido dentro de otras bacterias más grandes para formar un pequeño duo.<sup>221</sup> Es inevitable que nuestros compañeros de las células se unirán de forma que cada célula puede especializar su función. Como está ahora , cada uno de nosotros tenemos que hacer todo por nosotros mismos : encontrar comida , digerir , excretar subproductos .

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : ¿Y después qué ?

BACTERIA FUTURISTA : Todas estas células se desarrollan formas de comunicarse con los otros que van más allá del simple intercambio de gradientes químicos que tú y yo podemos hacer.

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : Bien, ahora dime una vez más la parte de ese futuro superassembly de diez trillones de células.

FUTURISTA BACTERIA : Sí , bueno , de acuerdo con mis modelos , en unos dos mil millones años, una gran sociedad de los diez billones de células se componen de un solo organismo , e incluyen decenas de miles de millones de células especiales que pueden comunicarse entre sí en patrones muy complicados .

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : ¿Qué tipo de patrones?

FUTURISTA BACTERIA : Bueno, " música", por una cosa. Estos grandes grupos de células crearán patrones musicales y las comunicará a todas las otras bandas de células.

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : Music ? BACTERIA FUTURISTA : Sí , los patrones de sonido. AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : Sound ?

FUTURISTA BACTERIA : Bueno, míralo de esta manera. Estas sociedades supercélulas serán bastante complicadas de entender su propia organización. Ellos serán capaces de mejorar su propio diseño, cada vez mejor y mejor, más rápido y más rápido. Ellos remodelar el resto del mundo a su imagen .

AMIGO DE FUTURISTA BACTERIA : Ahora , espera un segundo . Parece que vamos a perder nuestra bacteriumity básica.

BACTERIA FUTURISTA : Oh , pero no habrá ninguna pérdida.

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : Sé que sigues diciendo eso, pero ...

FUTURISTA BACTERIA : Va a ser un gran paso adelante. Es nuestro destino como bacterias. Y , de todos modos , todavía habrá bacterias poco como nosotros flotando alrededor.

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : De acuerdo, pero ¿qué pasa con el lado negativo ? Quiero decir , ¿cuánto daño pueden hacer nuestros compañeros Daptobacter y bacterias Bdellovibrio ? Pero estas asociaciones celulares futuras con su vasto alcance pueden destruirlo todo.

BACTERIA FUTURISTA : No es seguro , pero creo que lo lograremos . AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : Siempre fuiste un optimista .

FUTURISTA BACTERIA : Mira, no vamos a tener que preocuparse de la baja por un par de miles de millones de años .

AMIGO DE BACTERIA FUTURISTA : Bien, entonces , vamos a almorzar.

### **Mientras tanto, dos MIL AÑOS DESPUÉS. . .**

NED LUDD : Estas inteligencias futuro será peor que las máquinas textiles que defendió en 1812. En aquel entonces teníamos que preocuparse por un solo hombre con una máquina de hacer el trabajo de doce años. Pero estamos hablando de una máquina de mármol de tamaño superando a toda la humanidad.

RAY : Sólo superan a la parte biológica de la humanidad . En cualquier caso, que el mármol es todavía humana , incluso si no biológica .

NED : Estos superinteligencias no quiere comer alimentos. No van a respirar aire . Ellos no se reproducen a través del sexo .... Entonces, ¿cómo son humanos ?

RAY : Vamos a combinar con nuestra tecnología . Ya estamos empezando a hacerlo en 2004 , aunque la mayoría de las máquinas no se encuentran dentro de nuestros cuerpos y cerebros . Nuestras máquinas , sin embargo, ampliar el alcance de nuestra inteligencia . Extender nuestro alcance siempre ha sido la naturaleza del ser humano.

NED : Mira, dicen que estas entidades no biológicas superinteligentes son humanos , es como decir que somos básicamente bacterias. Después de todo, estamos evolucionado de ellos también .

RAY : Es cierto que el ser humano contemporáneo es un conjunto de células , y que somos producto de la evolución , de hecho, su vanguardia . Pero extender nuestra inteligencia mediante ingeniería inversa que , modelando , simulación que , reinstantiating en sustratos más capaces , y modifica y amplía que es el siguiente paso en su evolución. Era el destino de las bacterias a convertirse en una especie de tecnología que crean . Y es nuestro destino ahora a convertirse en la gran inteligencia de la Singularidad .

## **CAPÍTULO SEIS**

### **El impacto . . .**

El futuro entra en nosotros con el fin de transformarse en nosotros mucho antes de que suceda. - Rainer Maria Rilke

Uno de los mayores defectos en la concepción común del futuro es que el futuro es algo que nos sucede , no es algo que creamos. - MICHAEL Anissimov

" Jugando con la muerte " es en realidad la más alta expresión de la naturaleza humana . Los impulsos de mejorarnos a nosotros mismos , para dominar nuestro entorno , y establecer nuestros hijos en el mejor camino posible, han sido las fuerzas

motrices fundamentales de toda la historia humana . Sin estos impulsos a " jugar a ser Dios ", el mundo tal como lo conocemos no existiría hoy. Unos pocos millones de seres humanos podrían vivir en sabanas y bosques , eeking una existencia de cazadores-recolectores , sin escritura o la historia o las matemáticas o la apreciación de las complejidades de su propio universo y sus propios mecanismos internos . - Ramez NAAM

## **Panoplia de Impactos .**

¿Cuál será la naturaleza de la experiencia humana una vez que la inteligencia no biológica predomina ? ¿Cuáles son las consecuencias para la civilización humana - máquina cuando la IA fuerte y la nanotecnología puede crear cualquier producto, cualquier situación, cualquier circunstancia que pueda imaginar a su antojo ? Hago hincapié en el papel de la imaginación aquí porque todavía se verán limitados en nuestras creaciones a lo que podemos imaginar. Pero nuestras herramientas para llevar la imaginación a la vida están creciendo exponencialmente más poderosa .

Al acercarse la Singularidad tendremos que reconsiderar nuestras ideas acerca de la naturaleza de la vida humana y rediseñar nuestras instituciones humanas. Vamos a explorar algunas de estas ideas y las instituciones en este capítulo.

Por ejemplo , las revoluciones entrelazadas de G, N, R y transformarán nuestras frágiles versión 1.0 los cuerpos humanos en su más durable y capaz versión 2.0 contrapartes . Miles de millones de nanobots viajarán a través de la circulación sanguínea en el cuerpo y el cerebro . En nuestro cuerpo , van a destruir los agentes patógenos , los errores de ADN correctos, eliminar toxinas , y realizar muchas otras tareas para mejorar nuestro bienestar físico . Como resultado de ello , vamos a ser capaces de vivir indefinidamente sin envejecimiento.

En el cerebro , los nanobots distribuidos masivamente interactuarán con nuestras neuronas biológicas. Esto proporcionará la realidad virtual de inmersión completa la incorporación de todos los sentidos , así como correlatos neurológicos de nuestras emociones , desde dentro del sistema nervioso . Más importante aún , esta conexión íntima entre el pensamiento biológico y la inteligencia no biológica que estamos creando será profundamente ampliar la inteligencia humana.

La guerra se moverá hacia las armas nanobot basados , así como armas cibernéticas . El aprendizaje se mueve en línea primero , pero una vez que nuestros cerebros están conectados podremos descargar nuevos conocimientos y habilidades . El papel del trabajo será la creación de conocimiento de todo tipo , desde la música y el arte de las matemáticas y la ciencia. El papel del juego será , así , crear conocimiento, por lo que no será una clara distinción entre el trabajo y el juego.

Inteligencia sobre y alrededor de la Tierra seguirá aumentando exponencialmente hasta llegar a los límites de la materia y la energía para apoyar la computación inteligente. A medida que nos acercamos a este límite en nuestro rincón de la galaxia , la inteligencia de nuestra civilización se expande hacia afuera, hacia el resto del universo, llegando rápidamente a la mayor velocidad posible. Somos conscientes de

que la velocidad sea la velocidad de la luz, pero hay sugerencias para que podamos ser capaces de evitar este límite aparente ( posiblemente tomando atajos a través de los agujeros de gusano, por ejemplo).

. . . en el cuerpo humano

Así que muchas personas diferentes que sean. DONOVANI

Bebé Cosmética , enchufe en mí Y nunca, nunca encontrar otro . Y me doy cuenta sabio nadie a mi fantástica amante de plástico.

AVION - JEFFERSON, " AMANTE FANTÁSTICO PLÁSTICO "

Nuestras máquinas serán mucho más parecidos a nosotros , y vamos a ser mucho más que nuestras máquinas. - RODNEY BROOKS

Una vez fuera de la naturaleza que nunca entenderé Mi forma de ninguna cosa natural, sino una forma como Herreros griegos hacen De oro repujado y esmalte dorado. - William Butler Yeats , "Navegando hacia Bizancio "

Una mejora radical de los sistemas físicos y mentales de nuestro cuerpo ya está en marcha , con la biotecnología y las nuevas tecnologías de ingeniería genética . Más allá de las próximas dos décadas vamos a utilizar métodos de nanoingeniería como nanobots para aumentar y finalmente reemplazar nuestros órganos .

### **Una nueva forma de comer .**

Sexo en gran medida ha sido separada de su función biológica . En su mayor parte , se dedican a la actividad sexual para la comunicación íntima y el placer sensual, no la reproducción. Por el contrario , hemos ideado varios métodos para crear bebés sin sexo físico , aunque la mayoría de la reproducción no sigue derivan del acto sexual . Este desenredo del sexo de su función biológica no está tolerada por todos los sectores de la sociedad , pero ha sido fácil , incluso con entusiasmo , adoptado por la corriente principal en el mundo desarrollado.

Entonces, ¿por qué no ofrecer el mismo propósito de rescate de la biología para otra actividad que también proporciona la intimidad social y sensual placer , es decir , comer ? El propósito biológico original del consumo de alimentos era proporcionar el torrente sanguíneo con nutrientes , que luego fueron entregados a cada uno de nuestros billones de células. Estos nutrientes incluyen sustancias calóricas (energía de soporte), tales como glucosa (principalmente de hidratos de carbono ) , proteínas , grasas, y un gran número de moléculas de traza, tales como vitaminas , minerales, y fitoquímicos que proporcionan bloques de construcción y enzimas para diversos procesos metabólicos .

Como cualquier otro sistema biológico humano importante , la digestión es asombroso en su complejidad , que permite a nuestros cuerpos para extraer el complejo recursos necesarios para sobrevivir , a pesar bruscamente condiciones variables , mientras que al mismo tiempo de filtrado a cabo una multiplicidad de

toxinas . Nuestro conocimiento de la compleja vías digestión subyacente se está expandiendo rápidamente , aunque todavía hay mucho que no entendemos completamente .

Pero sí sabemos que nuestros procesos digestivos, en particular, están optimizados para un período de nuestro desarrollo evolutivo que es radicalmente diferente a aquella en la que nos encontramos ahora . Para la mayor parte de nuestra historia, nos enfrentamos a una alta probabilidad de que la próxima temporada de alimentación o la caza (y por un breve período , relativamente reciente , la próxima temporada de siembra ) podría ser catastrófica escasez. No tiene mucho sentido , por lo tanto , para que nuestros cuerpos se aferran a cada posible de calorías que consumimos . Hoy en día que la estrategia biológica es contraproducente y se ha convertido en la programación metabólica obsoleta que subyace en nuestra epidémicas contemporánea de la obesidad y de los combustibles procesos patológicos de la enfermedad degenerativa , como la enfermedad de la arteria coronaria y la diabetes de tipo II .

Tenga en cuenta las razones que los diseños de nuestros otros sistemas corporales digestivo y están lejos de ser óptimo para las condiciones actuales . Hasta hace poco ( en una escala de tiempo evolutivo ) no estaba en el interés de las especies para las personas mayores como yo (nacé en 1948 ) para utilizar los recursos limitados del clan. La evolución favoreció una esperanza de vida corta vida tenía treinta y siete años, como recientemente como hace dos siglos - para permitir que las reservas restringidas que se dedican a los jóvenes, las personas que cuidan de ellos, y aquellos lo suficientemente fuerte como para llevar a cabo un intenso trabajo físico. Como se discutió anteriormente , la llamada hipótesis de la abuela ( lo que sugiere que un pequeño número de " inteligentes " miembros mayores de la tribu eran beneficiosos para la especie humana) no cuestiona apreciablemente la observación de que no había una fuerte presión selectiva para los genes que significativamente la longevidad humana extendida .

Ahora vivimos en una época de gran abundancia material , por lo menos en los países tecnológicamente avanzados. La mayoría del trabajo requiere esfuerzo mental más que el esfuerzo físico . Hace un siglo el 30 por ciento de la fuerza laboral de EE.UU. se empleó en las explotaciones, con otro 30 por ciento en las fábricas. Ambas de estas cifras están ahora bajo 3 % . Muchas de las categorías laborales de hoy en día, que van desde el control de vuelo de diseñador Web , simplemente no existían hace un siglo. Circa 2004 tenemos la oportunidad de seguir contribuyendo a que nuestra civilización está creciendo exponencialmente la base de conocimiento -que es , por cierto, un atributo único de nuestra especie - y nuestros últimos días de crianza .

(Como un baby boomer mí mismo, que es sin duda mi punto de vista.)

Nuestra especie ha aumentado nuestra esperanza de vida natural a través de nuestra tecnología : las drogas , suplementos , piezas de recambio para prácticamente todos los sistemas corporales , y muchas otras intervenciones . Tenemos equipos para reemplazar las caderas , las rodillas , los hombros , los codos , las muñecas , las mandíbulas , dientes , piel , arterias , venas , válvulas del corazón , los brazos , las piernas , pies , dedos de manos y pies , y los sistemas para reemplazar órganos más

complejos ( por ejemplo, , nuestros corazones) están empezando a introducir. A medida que aprendemos los principios de funcionamiento del cuerpo humano y el cerebro, pronto estaremos en condiciones de diseñar sistemas muy superiores que durarán más y actúen mejor , sin que la susceptibilidad a la degradación , la enfermedad y el envejecimiento.

Un ejemplo de un diseño conceptual de un sistema , llamado Primo Posthuman , fue creado por el artista y culturales catalizador Natasha Vita- excede.<sup>3</sup> Su diseño está pensado para optimizar la movilidad , la flexibilidad y superlongevidad . Prevé características tales como un metabrain para la conexión global- net con una prótesis neocortex de AI entretejido con nanobots , piel inteligente solar protegida que cuenta con biosensores para el tono y la textura de variabilidad y alta agudeza de los sentidos

Aunque la versión 2.0 del cuerpo humano es un gran proyecto en marcha que en última instancia resultar en la mejora radical de todos nuestros sistemas físicos y mentales , implementaremos un paso pequeño y benigno a la vez. Con base en nuestros conocimientos actuales , podemos describir los medios para llevar a cabo cada aspecto de esta visión.

### **Rediseñar el sistema digestivo .**

Desde esta perspectiva , vamos a volver a considerar el sistema digestivo. Ya tenemos una imagen completa de los componentes de los alimentos que comemos . Sabemos que para que las personas que no pueden comer para sobrevivir, con nutrición intravenosa . Sin embargo , esto no es claramente una alternativa deseable , ya que nuestras tecnologías para conseguir sustancias dentro y fuera del torrente sanguíneo son actualmente muy limitadas .

La siguiente fase de mejora en este ámbito será en gran parte bioquímica , en forma de medicamentos y suplementos que eviten el exceso de absorción calórica y de otra manera reprogramar las rutas metabólicas para la salud óptima. La investigación realizada por el Dr. Ronald Kahn en el Centro de Diabetes Joslin ya ha identificado la " grasa receptor " ( FIR ) gen de la insulina , que controla la acumulación de grasa por las células de grasa. Mediante el bloqueo de la expresión de este gen en las células de grasa de los ratones , la investigación pionera del Dr. Kahn ha demostrado que los animales fueron capaces de comer sin restricción todavía permanecer delgado y saludable . Aunque comían mucho más que los ratones de control , los ratones " knockout FIR " realidad vivida el 18 por ciento más tiempo y tenían tasas sustancialmente más bajas de enfermedad cardíaca y diabetes. no es de extrañar que las compañías farmacéuticas están trabajando para aplicar estas conclusiones a la FIR gen humano .

En una fase intermedia nanobots en el tracto digestivo y el torrente sanguíneo de manera inteligente que va a extraer los nutrientes precisos que necesitamos ordenar nutrientes y suplementos a través de nuestra red de área local inalámbrica personal, y enviar el resto de la materia a ser eliminado.

Si esto parece futurista, tenga en cuenta que las máquinas inteligentes ya están haciendo su camino en nuestro torrente sanguíneo . Hay docenas de proyectos en curso para crear BioMEMS torrente sanguíneo a base de una amplia gama de applications.<sup>4</sup> de diagnóstico y terapéuticos Como se ha mencionado , hay varias conferencias importantes dedicadas a estos dispositivos projects.<sup>5</sup> BioMEMS están siendo diseñados para explorar inteligentemente los patógenos y entregar medicamentos en formas muy precisas .

Dispositivos , por ejemplo, nanoingeniería de transmisión sanguínea que proporcionan las hormonas , como la insulina ha sido demostrada en animales.<sup>6</sup>

Sistemas similares podrían ofrecer precisamente la dopamina en el cerebro de los pacientes de Parkinson , proporcionar factores de coagulación de la sangre en los pacientes con hemofilia, y entregar medicamentos contra el cáncer directamente a los sitios del tumor . Un nuevo diseño proporciona hasta veinte depósitos de sustancias que contienen que pueden liberar su carga en momentos y lugares programados en el cuerpo.<sup>7</sup>

Kensall Wise , profesor de ingeniería eléctrica en la Universidad de Michigan, ha desarrollado una pequeña sonda neural que puede proporcionar control preciso de la actividad eléctrica neuronal de los pacientes con diseases.<sup>8</sup>

También se espera que los futuros diseños para suministrar fármacos a lugares precisos en el cerebro . Kazushi Ishiyama en la Universidad de Tohoku en Japón ha desarrollado micromáquinas que utilizan tornillos giratorios microscópicas para entregar las drogas a pequeña cáncer tumors.<sup>9</sup>

A micromáquina particularmente innovador desarrollado por Sandia National Laboratories tiene microdentado con una mandíbula que se abre y se cierra para atrapar las células individuales y luego implantarlos con sustancias como el ADN , proteínas o drugs.<sup>10</sup> Muchos enfoques se están desarrollando para máquinas micro y nanoescala para entrar en el cuerpo y la circulación sanguínea.

Al final vamos a ser capaces de determinar los nutrientes precisos ( incluyendo todos los cientos de fitoquímicos ) necesarias para la óptima salud de cada individuo. Estos serán libremente y económica disponible, por lo que no hay que preocuparse por la extracción de nutrientes de los alimentos en todo.

Los nutrientes se introducen directamente en el torrente sanguíneo por nanobots metabólicas especiales, mientras que los sensores en el torrente sanguíneo y el cuerpo utilizando la comunicación inalámbrica, proporcionan información dinámica de los nutrientes necesarios en cada momento. Esta tecnología debe ser razonablemente madura a finales de la década de 2020 .

Una cuestión clave en el diseño de estos sistemas será , ¿Cómo se pueden introducir en nanobots y los saca del cuerpo ? Las tecnologías que tenemos hoy en día , tales como catéteres intravenosos , dejan mucho que desear . A diferencia de los medicamentos y suplementos nutricionales , sin embargo , nanobots tienen una medida de inteligencia y pueden realizar un seguimiento de sus propios inventarios y de forma inteligente deslizarse dentro y fuera de nuestros cuerpos de manera

inteligente . Un escenario es que íbamos a usar un dispositivo especial de nutrientes en un cinturón o camiseta , que se carga con nanobots nutrientes que soportan que podrían entrar en el cuerpo a través de la piel u otras cavidades del cuerpo .

En esa etapa de desarrollo tecnológico , vamos a ser capaces de comer lo que queremos, lo que nos da placer y satisfacción gastronómica , la exploración de las artes culinarias de los sabores, texturas y aromas mientras que teniendo un flujo óptimo de nutrientes a nuestro torrente sanguíneo. Una posibilidad para lograr esto sería tener todos los alimentos que ingerimos pasan a través del tracto digestivo modificado que no permite la absorción en el torrente sanguíneo. Pero esto sería colocar una carga en nuestro colon y funciones del intestino , por lo que un enfoque más refinado sería la de prescindir de la función convencional de eliminación . Podríamos lograrlo utilizando nanobots eliminación especiales que actúan como compactadores de basura pequeños . A medida que los nanobots nutrientes hacen su camino en nuestros cuerpos , los nanobots eliminación van por otro camino. Tal innovación también nos permitirá crecer la necesidad de que los órganos que filtran la sangre para las impurezas , tales como los riñones.

En última instancia, no habrá necesidad de molestarse con prendas especiales o recursos nutricionales explícitas. Al igual que el cálculo será omnipresente , los recursos básicos metabólicos nanobots que necesitamos se integrarán a lo largo de nuestro medio ambiente. Pero también será importante mantener amplias reservas de todos los recursos necesarios en el interior del cuerpo. Nuestra versión 1.0 cuerpos hacen sólo de manera muy limitada - por ejemplo, para guardar unos minutos a la pena de oxígeno en la sangre y unos días de valor de la energía calórica en glucógeno y otras reservas . Versión 2.0 proporcionará sustancialmente mayores reservas , lo que nos permite estar separados de los recursos metabólicos durante períodos muy prolongados de tiempo.

Por supuesto , la mayoría de nosotros no va a acabar con nuestro proceso digestivo anticuada cuando se introducen por primera vez estas tecnologías. Después de todo , la gente no tirar sus máquinas de escribir , cuando se introdujo la primera generación de procesadores de texto. Sin embargo , estas nuevas tecnologías a su debido tiempo dominar. Pocas personas hoy en día todavía utilizan una máquina de escribir , un caballo y una calesa , una estufa de leña, u otras tecnologías desplazadas ( que no sea como experiencias deliberados en la antigüedad ) . El mismo fenómeno ocurrirá con nuestros cuerpos rediseñados . Una vez que hemos trabajado las inevitables complicaciones que surgirán con un sistema gastrointestinal rediseñado radicalmente, vamos a empezar a confiar en él cada vez más. Un sistema digestivo nanobot basado puede introducirse gradualmente , primero aumentando nuestro tracto digestivo, reemplazando sólo después de muchas iteraciones .

### **Sangre programable .**

Un sistema generalizado que ya ha sido objeto de un rediseño conceptual integral basado en la ingeniería inversa es nuestra sangre . Mencioné anteriormente diseños basados en la nanotecnología de Rob Freitas para reemplazar nuestros glóbulos

rojos , plaquetas y glóbulos blancos cells.<sup>11</sup> Como la mayoría de nuestros sistemas biológicos de las células rojas de la sangre llevan a cabo su función de oxigenación muy ineficiente , por lo que Freitas les ha rediseñado para un rendimiento óptimo . Porque sus respirócitos (glóbulos rojos robóticos ) permitirían uno para ir horas sin oxígeno , <sup>12</sup> que será interesante ver cómo este desarrollo se trata en competencias atléticas . Es de suponer que el uso de respirócitos y sistemas similares se prohibirá en eventos como los Juegos Olímpicos, pero luego se enfrentan a la perspectiva de los adolescentes (cuya corriente sanguínea probablemente contener sangre respirócito enriquecido ) superando sistemáticamente los atletas olímpicos. Aunque los prototipos siguen siendo una y cincuenta y nueve décadas en el futuro , los requisitos físicos y químicos se han elaborado de forma sumamente detallada . Los análisis muestran que los diseños de Freitas serían cientos o miles de veces más capaces de almacenar y transportar el oxígeno de la sangre biológica .

Freitas también prevé micras de tamaño plaquetas artificiales que podrían alcanzar la homeostasis ( control del sangrado ) hasta mil veces más rápido que las plaquetas biológicas hacen , <sup>13</sup> así como " microbivores " nanorobótico ( blancos reemplazos de las células sanguíneas ) que descargar el software para destruir las infecciones específicas cientos de veces más rápido que los antibióticos y serán efectivos contra todas las infecciones bacterianas , virales y fúngicas , así como el cáncer , sin limitaciones de drogas resistance.<sup>14</sup>

### **Tenga un corazón , o no .**

El órgano siguiente en nuestra lista para mejora es el corazón , el cual , mientras que una máquina compleja e impresionante , tiene una serie de problemas graves . Está sujeto a una gran variedad de modos de fallo y representa un punto débil fundamental en nuestro potencial longevidad . El corazón generalmente se degrada mucho antes de que el resto del cuerpo , a menudo muy prematuramente .

Aunque los corazones artificiales han comenzado a ser sustitutos factibles , un enfoque más eficaz será para deshacerse del corazón por completo. Entre los diseños de Freitas son glóbulos nanorobótico que proporcionan su propia movilidad . Si la sangre se mueve autónoma , las cuestiones de ingeniería de las presiones extremas necesarias para centralizada de bombeo pueden ser eliminados . Como nosotros, los caminos perfectos para transferir nanobots desde y hacia el suministro de sangre, que con el tiempo será capaz de reemplazar continuamente ellos. Freitas ha publicado también un diseño para un complejo de quinientos billones de nanorobot sistema , llamado " vasculoid " , que sustituye a todo el torrente sanguíneo humano con la entrega nonfluid basada en nutrientes esenciales y cells.<sup>15</sup>

Energía para el cuerpo también será proporcionada por pilas de combustible microscópicas , utilizando hidrógeno o propio combustible del cuerpo, ATP. Como describí en el capítulo anterior , se han logrado avances sustanciales recientemente tanto a escala MEMS y pilas de combustible a escala nanométrica , incluyendo algunos que utilizan propia glucosa del cuerpo y la energía ATP sources.<sup>16</sup>

Con los respirocitos proporcionan muy mejorado la oxigenación , seremos capaces de eliminar los pulmones utilizando nanobots para proporcionar oxígeno y eliminar el dióxido de carbono. Al igual que otros sistemas, vamos a pasar por etapas intermedias en estas tecnologías simplemente aumentar nuestros procesos naturales , por lo que podemos tener lo mejor de ambos mundos. Eventualmente, sin embargo , no habrá ninguna razón para continuar con las complicaciones de la respiración actual y la necesidad penosa de aire respirable donde quiera que vayamos . Si nos encontramos con la respiración misma placentera , podemos desarrollar formas virtuales de tener esta experiencia sensual.

Con el tiempo también no necesitaremos los diversos órganos que producen sustancias químicas , hormonas y enzimas que desembocan en la sangre y otras vías metabólicas . Ahora podemos sintetizar versiones bio - idénticas de muchas de estas sustancias , y en una o dos décadas seremos capaces de crear de forma rutinaria la gran mayoría de las sustancias pertinentes bioquímicamente . Ya estamos creando órganos de hormonas artificiales. Por ejemplo , el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore y con sede en California Medtronic MiniMed están desarrollando un páncreas artificial que se implanta debajo de la piel . Se hará un seguimiento de los niveles de glucosa en la sangre y liberar cantidades precisas de insulina, utilizando un programa de computadora para funcionar igual que nuestro islotes pancreáticos biológica cells.<sup>17</sup>

En la versión 2.0 del cuerpo humano hormonas y sustancias relacionadas ( en la medida en que todavía los necesitamos ) se entregarán a través de nanobots , controlado por sistemas inteligentes de biofeedback para mantener y equilibrar los niveles requeridos. Como nos vamos a eliminar la mayor parte de nuestros órganos biológicos , muchas de estas sustancias pueden ser necesarios más y serán reemplazados por otros recursos requeridos por los sistemas nanorobótico .

### **Entonces, ¿qué nos queda?**

Veamos dónde estamos, hacia principios de la década de 2030 . Hemos eliminado el corazón , los pulmones , los glóbulos rojos y blancos , plaquetas , páncreas , tiroides y todos los órganos productoras de hormonas , los riñones , la vejiga , el hígado , parte inferior del esófago , estómago , intestino delgado , intestino grueso , y el intestino . Lo que nos queda en este momento es el esqueleto , la piel, los órganos sexuales , órganos de los sentidos , la boca y la parte superior del esófago , y el cerebro.

El esqueleto es una estructura estable , y ya tenemos una comprensión razonable de cómo funciona. Ahora podemos reemplazar partes de ella ( por ejemplo , las caderas y las articulaciones artificiales ) , si bien el procedimiento requiere cirugía dolorosa , y nuestra tecnología actual para hacerlo tiene serias limitaciones . Nanobots Interconectados algún día proporcionar la capacidad de aumentar y en última instancia, sustituir el esqueleto a través de un proceso gradual y no invasivo. La versión 2.0 esqueleto humano va a ser muy fuerte, estable y auto-reparación .

No vamos a notar la ausencia de muchos de nuestros órganos, como el hígado y el

páncreas , ya que no experimentamos directamente su funcionamiento. Pero la piel, lo que incluye a nuestros órganos sexuales primarios y secundarios, puede llegar a ser un órgano que en realidad se quiere mantener , o al menos puede que desee mantener sus funciones vitales de la comunicación y el placer. Sin embargo, en última instancia, ser capaz de mejorar en la piel con el nuevo nanoingeniería materiales flexibles que proporcionan una mayor protección contra los efectos del entorno físico y térmico al tiempo que mejora nuestra capacidad para la comunicación íntima . La misma observación es válida para la boca y la parte superior del esófago, que constituyen los aspectos restantes del sistema digestivo que usamos para experimentar el acto de comer .

### **Rediseñar el cerebro humano .**

Como hemos comentado anteriormente , el proceso de ingeniería inversa y el rediseño también tendrá en cuenta el sistema más importante de nuestro cuerpo : el cerebro. Ya tenemos los implantes basados en modelos " neuromórfica " (ingeniería inversa del sistema nervioso y del cerebro humano y ) para una lista cada vez mayor de cerebro regions.<sup>18</sup> Los investigadores del MIT y de Harvard están desarrollando implantes neuronales para reemplazar dañadas retinas.<sup>19</sup> implantes están disponibles para los pacientes de Parkinson que se comunican directamente con el núcleo ventral posterior y regiones núcleo subtalámico del cerebro para revertir los síntomas más devastadores de esta disease.<sup>20</sup> Un implante para las personas con parálisis cerebral y la esclerosis múltiple se comunica con el tálamo ventral lateral y ha sido eficaz en el control de tremors.<sup>21</sup> " En lugar de tratar el cerebro como la sopa , añadiendo sustancias químicas que mejoran o suprimen ciertos neurotransmisores ", dice Rick Trosch , un médico estadounidense que ayuda a promover estas terapias, " Ahora estamos tratándolo como un circuito " .

También se está desarrollando una variedad de técnicas para proporcionar el puente de comunicación entre el mundo analógico húmedo de procesamiento de la información biológica y la electrónica digital . Los investigadores en el Instituto Max Planck de Alemania han desarrollado dispositivos no invasivos que pueden comunicarse con las neuronas de tanto directions.<sup>22</sup> Ellos demostraron su " neurona transistor " mediante el control de los movimientos de una sanguijuela vivo desde un ordenador personal. Una tecnología similar se ha utilizado para conectar las neuronas de sanguijuela y persuadirlos para realizar problemas lógicos y aritméticos simples.

Los científicos también están experimentando con " puntos cuánticos , " chips pequeños que comprenden cristales de fotoconductor ( reactivos a la luz) de material semiconductor que puede ser recubierta con péptidos que se unen a lugares específicos en las superficies celulares de las neuronas . Estos podrían permitir a los investigadores utilizan longitudes de onda de luz precisos para activar remotamente las neuronas específicas ( para la administración de fármacos , por ejemplo ) , en sustitución de invasiva electrodes.<sup>23</sup> externa

Esta evolución también ofrecen la promesa de volver a conectar las vías nerviosas rotas para las personas con daño en los nervios y lesiones de la médula espinal.

Durante mucho tiempo se ha pensado que volver a crear estas vías sería factible sólo para los pacientes recientemente heridos , porque los nervios se deterioran gradualmente cuando no se utilizan . Un descubrimiento reciente , sin embargo, demuestra la viabilidad de un sistema de neuroprótesis para los pacientes con lesiones de la médula espinal de larga data. Investigadores de la Universidad de Utah pidieron a un grupo de pacientes tetraplégicos a largo plazo para mover sus extremidades en una variedad de maneras y luego observaron la respuesta de sus cerebros , utilizando imágenes de resonancia magnética (MRI ) . Aunque los caminos de los nervios a sus miembros habían estado inactivo durante muchos años , los patrones de la actividad cerebral cuando se trata de mover sus miembros estaba muy cerca de los observados en personas sin discapacidad persons.<sup>24</sup>

También vamos a ser capaces de colocar sensores en el cerebro de una persona paralizada que se puede programar para reconocer los patrones del cerebro asociadas con los movimientos destinados y luego estimular la secuencia apropiada de las acciones musculares . Para aquellos pacientes cuyos músculos no funcionan, ya hay diseños para los sistemas " " nanoelectromecánicos ( NEMS ) que puede expandirse y contraerse para sustituir a los músculos dañados y que pueden ser activadas por los nervios , ya sea reales o artificiales .

### **Nos estamos convirtiendo en ciborgs .**

El escenario de la versión 2.0 del cuerpo humano representa la continuación de una tendencia de larga data en la que crecemos más íntima con nuestra tecnología. Computers comenzó como grandes máquinas remotas en habitaciones con aire acondicionado tendido por los técnicos de bata blanca . Se movían en nuestros escritorios , entonces bajo el brazo , y ahora en nuestros bolsillos . Pronto, vamos habitualmente colocamos dentro de nuestros cuerpos y cerebros . Por la década de 2030 nos volveremos más no biológica que biológica. Como he dicho en el capítulo 3 por la inteligencia no biológica 2040 serán miles de millones de veces más capaces que nuestra inteligencia biológica.

Los importantes beneficios de superar enfermedades y discapacidades profundas mantendrán estas tecnologías en un curso rápido , pero las aplicaciones médicas representan sólo la fase temprana de adopción. Como las tecnologías se establezcan , no habrá barreras para usarlos durante gran expansión del potencial humano.

Stephen Hawking comentó recientemente en la revista alemana Focus que la inteligencia informática superará a la de los seres humanos dentro de unas pocas décadas. Defendió que " necesitamos con urgencia desarrollar conexiones directas al cerebro, por lo que las computadoras pueden añadir a la inteligencia humana , en lugar de estar en la oposición. " <sup>25</sup>

Hawking puede estar tranquilo de que el programa de desarrollo que recomienda ya está en marcha .

Habrán muchas variaciones de la versión 2.0 cuerpo humano , y cada sistema de órganos y el cuerpo tendrá su propio curso de desarrollo y perfeccionamiento . La

evolución biológica es sólo capaz de lo que se llama "optimización local", lo que significa que se puede mejorar el diseño , pero sólo dentro de los límites de diseño "decisiones" que la biología llegó a mucho tiempo atrás. Por ejemplo , la evolución biológica se limita a la creación de todo, desde una clase muy limitado de materiales , es decir, las proteínas , que se pliega a partir de cadenas unidimensionales de aminoácidos . Se limita a los procesos de pensamiento ( reconocimiento de patrones, análisis lógico , la formación de habilidades , y otras habilidades cognitivas ) que utilizan el cambio químico extremadamente lento. Y la evolución biológica en sí funciona muy lentamente , sólo mejora incremental diseños que siguen aplicando estos conceptos básicos. Es incapaz de cambiar repentinamente , por ejemplo , a los materiales estructurales hechos de diamondoid o al nanotubo de conmutación lógico basado .

Sin embargo , hay una manera de evitar esta limitación inherente . La evolución biológica ha creado una especie que podría pensar y manipular su entorno. Esa especie está ahora teniendo éxito en el acceso y mejorar - su propio diseño y es capaz de reconsiderar y modificar estos principios básicos de la biología.

### **Versión 3.0 del cuerpo humano .**

Me imagino cuerpo humano 3.0 - en la década de 2030 y la década de 2040, como un nuevo diseño más fundamental. En lugar de reformular cada subsistema , nosotros ( tanto en la parte biológica y no biológica de nuestra forma de pensar , que trabajan juntos) tendremos la oportunidad de renovar nuestro cuerpo en base a nuestra experiencia con la versión 2.0 . Al igual que con la transición de 1,0 a 2,0 , la transición a 3.0 será gradual e implicará muchas ideas que compiten .

Un atributo que imagino de la versión 3.0 es la capacidad de cambiar nuestro cuerpo . Vamos a ser capaces de hacerlo muy fácilmente en entornos de realidad virtual (véase la siguiente sección) , pero también vamos a adquirir los medios de hacer esto en la realidad real. Vamos a incorporar la fabricación MNT basada en nosotros mismos, así que vamos a ser capaces de cambiar rápidamente nuestra manifestación física a voluntad.

Incluso con nuestros cerebros mayoría no biológicos que es probable que mantenga la estética y emocional de importación de los cuerpos humanos , dada la influencia que esta estética tiene en el cerebro humano. (Incluso cuando se extiende , la parte no biológica de nuestra inteligencia todavía se han derivado de la inteligencia humana biológica. ) Es decir , el cuerpo de versión humana 3.0 es probable que todavía mirar humana para los estándares actuales , pero teniendo en cuenta la plasticidad ampliado en gran medida que nuestros cuerpos tendrán, las ideas de lo que constituye la belleza se ampliarán con el tiempo. Ya , las personas aumentan sus cuerpos con perforaciones en el cuerpo , tatuajes, y cirugía plástica, y la aceptación social de estos cambios se ha incrementado rápidamente. Dado que vamos a ser capaces de hacer los cambios que sean fácilmente reversibles, no es probable que sea mucho mayor experimentación.

J. Storrs Hall ha descrito diseños nanobots que él llama " foglets " que son capaces de unir entre sí para formar una gran variedad de estructuras y que pueden cambiar rápidamente su organización estructural. Se llaman " foglets " porque si hay una densidad suficiente de ellos en un área, se puede controlar el sonido y la luz para formar los sonidos y las imágenes variables. Están esencialmente creando entornos de realidad virtual externamente ( es decir, en el mundo físico ) en vez de internamente (en el sistema nervioso). Usarlos una persona puede modificar su cuerpo o de su entorno , aunque algunos de estos cambios será en realidad ilusiones , ya que los foglets puede controlar el sonido y imágenes.<sup>26</sup> foglets de Hall son un diseño conceptual para la creación de órganos morphable reales de competir con los de la realidad virtual .

BILL ( ambientalista ) : En esta versión del cuerpo humano stuff 2.0, ¿no tirar al bebé -literalmente- con el agua del baño ? Usted está sugiriendo la sustitución de todo el cuerpo y el cerebro humano con las máquinas. No hay ser humano izquierdo.

RAY : No estamos de acuerdo en la definición de los derechos humanos , pero sólo cuando me sugiere trazar la línea ? Aumentar el cuerpo humano y el cerebro con intervenciones biológicos o no biológicos no es un concepto nuevo. Todavía hay una gran cantidad de sufrimiento humano.

BILL : No tengo ninguna objeción a aliviar el sufrimiento humano . Sin embargo, la sustitución de un cuerpo humano con una máquina para exceder el rendimiento humano le deja con , así , una máquina . Tenemos coches que pueden viajar en el suelo más rápido que un humano, pero no consideramos que sean humanos .

RAY : . " Máquina " El problema tiene mucho que ver con la palabra Su concepción de la máquina es de algo que es mucho menos valioso , menos complejo , menos creativo , menos inteligentes , menos conocimientos , menos sutil y flexible - que un ser humano . Eso es razonable para las máquinas de hoy en día , porque todas las máquinas que he conocido - como los coches , son así. El punto de mi tesis , de la revolución singularidad que viene, es que esta noción de una máquina de inteligencia no biológica - un cambio profundo .

BILL : Bueno, eso es exactamente mi problema . Parte de nuestra humanidad es nuestra limitación . No pretendemos ser la entidad más rápido posible, para tener recuerdos con la mayor capacidad posible, y así sucesivamente. Pero hay una cualidad espiritual indefinible de ser humano que una máquina inherentemente no posee.

RAY : Una vez más , ¿dónde trazar la línea? Los seres humanos que ya están reemplazando partes de sus cuerpos y cerebros con los reemplazos no biológicos que funcionan mejor en el desempeño de sus funciones "humanas" .

BILL : Mejor sólo en el sentido de la sustitución de órganos y sistemas enfermas o discapacitadas . Pero usted está reemplazando esencialmente toda nuestra humanidad para mejorar la capacidad humana , y eso es inherentemente inhumana.

RAY : Entonces, tal vez nuestro desacuerdo básico es sobre la naturaleza del ser humano. Para mí, la esencia del ser humano no son nuestras limitaciones - a pesar de

que tenemos muchos es nuestra capacidad para ir más allá de nuestras limitaciones. No nos quedamos en el suelo. Ni siquiera nos quedamos en el planeta . Y estamos ya no conformarse con las limitaciones de nuestra biología.

BILL: Tenemos que usar estos poderes tecnológicos con gran discreción. Pasado un cierto punto , estamos perdiendo algo de calidad inefable que da sentido a la vida .

RAY : Creo que estamos de acuerdo en que tenemos que reconocer lo que es importante en nuestra humanidad . Pero no hay razón para celebrar nuestras limitaciones.

### **. . . en el cerebro humano**

Es todo lo que vemos o parecemos , más que un sueño dentro de un sueño ?

- Edgar Allen Poe

El programador de computadoras es un creador de universos para los que sólo él es el dador de la ley . No dramaturgo, director de escena no , ningún emperador, por poderoso que sea, nunca ha ejercido esa autoridad absoluta para organizar una etapa o un campo de batalla y de mandar a actores o tropas inquebrantablemente obedientes

. -Joseph Weizenbaum

Un día de viento dos monjes estaban discutiendo acerca de una bandera aleteo . El primero dijo : "Yo digo que la bandera está en movimiento, no el viento. " El segundo dijo: "Yo digo que el viento se está moviendo, no la bandera . " Un tercer monje pasó y dijo: " El viento no se mueve. La bandera no se mueve. Sus mentes se mueven. "

-ZEN PARÁBOLA

Supongamos que alguien dijera: " Imagínese esta mariposa tal y como es , pero feo en lugar de hermoso. " - Ludwig Wittgenstein

### **El escenario de 2010 .**

Ordenadores que llegan al comienzo de la próxima década se convertirán esencialmente invisibles : teje en nuestra ropa, incrustado en nuestros muebles y el medio ambiente . Ellos aprovechar la malla en todo el mundo ( lo que la World Wide Web se convertirá una vez que todos sus dispositivos de comunicación se convierten en enlaces servidores Web , formando así grandes supercomputadoras y los bancos de memoria) de comunicaciones de alta velocidad y los recursos computacionales.

Tendremos muy alto ancho de banda , la comunicación inalámbrica a Internet en todo momento. Muestra serán incorporados en nuestros anteojos y lentes de contacto y las imágenes proyectadas directamente en nuestras retinas. El Departamento de Defensa ya está utilizando la tecnología a lo largo de estas líneas para crear entornos de realidad virtual en el que se entrenan soldiers.<sup>27</sup> Un impresionante sistema de realidad virtual inmersiva ya demostrada por el Instituto del Ejército de Tecnologías Creativas incluye humanos virtuales que respondan adecuadamente a las acciones del usuario .

Pequeños dispositivos similares proyectarán entornos auditivos. Los teléfonos móviles ya se están introduciendo en la ropa que proyecta el sonido al ears.<sup>28</sup> y hay un reproductor de MP3 que hace vibrar el cráneo para reproducir música que sólo usted puede hear.<sup>29</sup> El ejército también ha sido pionera en la transmisión de sonido a través del cráneo del casco de un soldado .

También hay sistemas que pueden proyectar desde una distancia de sonido que sólo una persona específica puede oír, una tecnología que fue dramatizada por los anuncios de la calle hablando personalizados en la película *Minority Report* . El los sistemas de tecnología *Spotlight Audio* y sonido hipersónico lograr esto mediante la modulación del sonido de rayos ultrasónicos , que se pueden dirigir con precisión. El sonido es generado por los rayos que interactúan con el aire, que restaura el sonido en rango audible . Al centrarse varios conjuntos de vigas en una pared u otra superficie, un nuevo tipo de sonido envolvente personalizado sin altavoces también posible.<sup>30</sup>

Estos recursos proporcionan la realidad virtual de alta resolución, de inmersión total visual - auditiva en cualquier momento. También habremos de realidad aumentada con pantallas superpuestas del mundo real para proporcionar una guía en tiempo real y explicaciones . Por ejemplo , la pantalla de la retina podría recordarnos : "Ese es el Dr. John Smith , director del ABC Institute- que lo vio por última vez hace seis meses en la conferencia de XYZ " o " Ese es el edificio - el Time-Life de encuentro es en el décimo piso " .

Tendremos traducción en tiempo real de las lenguas extranjeras , esencialmente subtítulos en el mundo , y el acceso a muchas formas de información en línea integrado en nuestras actividades diarias. Personalidades virtuales que se superponen al mundo real que nos ayudarán con la recuperación de información y nuestras tareas y operaciones . Estos asistentes virtuales no siempre esperar a que las preguntas y las directrices , pero darán un paso adelante si nos ven luchando para encontrar una pieza de información . ( Como nos preguntamos acerca de " ... que la actriz que interpretó a la princesa , o fue la reina ... en esa película con el robot " , nuestra asistente virtual puede susurrar en el oído o en la pantalla de nuestro campo visual de vista : " Natalie Portman como la reina Amidala en *Star Wars*, los episodios 1 , 2 y 3 . ")

## **El escenario de 2030 .**

Tecnología Nanobot proporcionará totalmente envolvente , totalmente convincente realidad virtual. Nanobots ocuparán posiciones en estrecha proximidad física a cada conexión interneuronal procedente de nuestros sentidos . Ya tenemos la tecnología para los dispositivos electrónicos para comunicarse con las neuronas en los dos sentidos , pero que no requiere contacto físico directo con las neuronas. Por ejemplo , los científicos del Instituto Max Planck han desarrollado transistores " neuronas " que pueden detectar el disparo de una neurona cercana, o, alternativamente, puede causar una neurona cercana al fuego o suprimirlo desde firing.<sup>31</sup> Esto equivale a la comunicación de dos vías entre las neuronas y los transistores de neuronas basados en electrónica . Como se mencionó anteriormente , los puntos cuánticos también han demostrado la capacidad de proporcionar la comunicación no invasiva entre las

neuronas y electronics.32

Si queremos experimentar la realidad real , los nanobots sólo permanecen en su posición ( en los capilares ) y no hacen nada . Si queremos entrar en la realidad virtual, se suprimen todas las entradas provenientes de los sentidos actuales y reemplazarlos con las señales que serían apropiados para lo virtual environment.33

Su cerebro experimenta estas señales como si vinieran de su cuerpo físico . Después de todo , el cerebro no experimenta el cuerpo directamente . Como he dicho en el capítulo 4 , las aportaciones del cuerpo - que comprende a unos cientos de megabits por segunda representación de la información sobre el tacto , la temperatura, los niveles de ácido , el movimiento de los alimentos y otros eventos físicos, corriente a través de las neuronas Lamina 1, luego a través del núcleo ventromedial posterior, terminando en las dos regiones de la corteza ínsula . Si éstos se codifican correctamente - y sabremos cómo hacerlo desde el cerebro ingeniería inversa esfuerzo - el cerebro experimentará las señales sintéticas como lo haría reales. Usted podría decidir hacer que sus músculos y extremidades para moverse como lo haría normalmente , pero los nanobots podrían interceptar las señales interneuronales, suprimir las extremidades reales que se mueva , y en lugar de hacer que los miembros virtuales para moverse, ajustando adecuadamente el sistema vestibular y proporcionar el adecuado el movimiento y la reorientación en el entorno virtual.

La web proporcionará toda una gama de entornos virtuales para explorar. Algunos serán recreaciones de lugares reales , mientras que otros serán ambientes de fantasía que no tienen equivalente en el mundo físico. Algunos , de hecho , sería imposible , tal vez porque violan las leyes de la física . Podremos visitar estos lugares virtuales y tener cualquier tipo de interacción con otros bienes , así como la simulación , la gente (por supuesto, en última instancia, no habrá una clara distinción entre los dos), que van de las negociaciones comerciales a encuentros sensuales. " Diseñador de entornos de realidad virtual " será una nueva descripción del puesto y una nueva forma de arte.

### **Convertirse en otra persona .**

En la realidad virtual no nos limitamos a una sola personalidad, ya que vamos a ser capaces de cambiar nuestra apariencia y convertirse efectivamente en otras personas. Sin alterar nuestro cuerpo físico ( en la realidad real) seremos capaces de transformar fácilmente nuestro cuerpo proyectado en estos entornos virtuales tridimensionales. Podemos seleccionar diferentes cuerpos al mismo tiempo para diferentes personas. Así que tus padres te vean como una persona, mientras que su novia experimentará usted como la otra. Sin embargo, la otra persona podrá optar por anular su selección , y prefieren ver de manera diferente que el cuerpo que ha elegido para sí mismo. Puedes elegir diferentes proyecciones del cuerpo para diferentes personas : Ben Franklin por un sabio tío, un payaso para un compañero de trabajo molesto. Parejas románticas pueden elegir a quién quieren ser , hasta convertirse en uno al otro. Estas son todas las decisiones fácilmente cambiables .

Tuve la oportunidad de experimentar lo que es querer proyectarme como otra persona

en una manifestación de realidad virtual en el 2001 TED (tecnología, entretenimiento, diseño) celebrada en Monterrey. Por medio de sensores magnéticos en mi ropa de un ordenador era capaz de rastrear todos mis movimientos. Con la animación de ultra alta velocidad de la computadora creó una de tamaño natural , cerca de la imagen fotográfica de un joven - Ramona - que seguía mis movimientos en tiempo real. Gracias a la tecnología de procesamiento de señales , mi voz se convirtió en la voz de una mujer y también controlaba los movimientos de los labios de Ramona . Por lo tanto, parece que el público TED como si Ramona ella estuviera dando la presentation.<sup>34</sup>

Para hacer comprensible el concepto , la audiencia podría verme y ver Ramona , al mismo tiempo , tanto en movimiento al mismo tiempo exactamente de la misma manera. Una banda subió al escenario , y yo - Ramona - interpretó " **White Rabbit** " de **Jefferson Airplane**, así como una canción original . Mi hija, entonces catorce años, también está equipado con sensores magnéticos , se unió a mí , y sus movimientos de baile se transformaron en los de una copia de seguridad masculina del bailarín - que pasó a ser virtual Richard Saul Wurman , el empresario de la conferencia TED. El éxito de la presentación estaba viendo Wurman , no conocido por su hip- hop mueve convincentemente - que hacen pasos de baile de mi hija . Presente en la audiencia fue el liderazgo creativo de Warner Bros. , que luego se fue y creó la película Simone , en la que el personaje interpretado por Al Pacino se transforma en Simone esencialmente de la misma manera.

La experiencia fue un profundo y conmovedor para mí. Cuando me miré en el " cybermirror " ( una pantalla me mostró lo que el público estaba viendo ), me vi a mí mismo como Ramona en lugar de la persona con la que suelo ver en el espejo. Experimenté la fuerza emocional y no sólo la idea de intelectual transformarme en otra persona .

Las identidades de las personas están con frecuencia íntimamente ligados a sus cuerpos ( " Soy una persona con una gran nariz ", "Yo soy flaca ", "Yo soy un tipo grande ", y así sucesivamente ) . He encontrado la oportunidad de convertirse en una persona diferente liberador. Todos nosotros tenemos una variedad de personalidades que somos capaces de transmitir , pero en general les suprimen ya que no tienen medios fácilmente disponibles de expresarlas . Hoy en día contamos con tecnologías muy limitados disponibles , como la moda , el maquillaje y el peinado - para cambiar lo que somos para diferentes relaciones y ocasiones , pero nuestra gama de personalidades a ampliar en gran medida en el futuro lleno de inmersión entornos de realidad virtual .

Además de que abarca todos los sentidos , estos entornos compartidos pueden incluir superposiciones emocionales . Nanobots serán capaces de generar los correlatos neurológicos de las emociones , el placer sexual , y otros derivados de nuestra experiencia sensorial y las reacciones mentales. Experimentos durante la cirugía cerebral abierta han demostrado que la estimulación de ciertos puntos específicos en el cerebro puede provocar experiencias emocionales ( por ejemplo, la chica que encontró todo divertido cuando son estimuladas en un punto particular de su cerebro ,

como informé en la era de las máquinas espirituales ) . 35 Algunas emociones y reacciones secundarias implican un patrón de actividad en el cerebro en lugar de la estimulación de una neurona específica, pero con nanobots distribuidos masivamente, estimular estos patrones también serán factibles .

### **Beamers experiencia .**

" Experiencia beamers " enviarán todo el flujo de sus experiencias sensoriales , así como los correlatos neurológicos de sus reacciones emocionales a cabo en la Web , al igual que la gente de hoy haz su imagen dormitorio de sus cámaras web . Un pasatiempo popular será la de conectar a otra persona haz sensorial -emocional y la experiencia de lo que es ser esa persona , al estilo de la premisa de la película Cómo ser John Malkovich . También habrá una amplia selección de experiencias archivados para elegir, con un diseño virtual experiencia de otra nueva forma de arte.

### **Abra su mente .**

La aplicación más importante de cerca - 2030 nanobots será , literalmente, para ampliar nuestras mentes a través de la fusión de la inteligencia biológica y no biológica. La primera etapa será la de aumentar nuestros cien billón conexiones interneuronales muy lentas con conexiones virtuales de alta velocidad a través nanorobot communication.<sup>36</sup> Esto nos dará la oportunidad de impulsar en gran medida nuestra capacidad de reconocimiento de patrones, los recuerdos, y la capacidad de pensamiento global , así como para interconectar directamente con las formas de gran alcance de la inteligencia no biológica . La tecnología también proporcionará comunicación inalámbrica de un cerebro a otro .

Es importante señalar que mucho antes del final de la primera mitad del siglo XXI , el pensamiento a través de sustratos no biológicos predominará . Al revisar en el capítulo 3, el pensamiento humano biológica está limitada a 1.016 operaciones por segundo ( cps ) al cerebro humano ( basado en el modelo neuromórfica de regiones cerebrales ) y cerca de 1.026 cps para todos los cerebros humanos. Estas cifras no van a cambiar notablemente , incluso con ajustes de bioingeniería a nuestro genoma . La capacidad de procesamiento de la inteligencia no biológica , por el contrario, está creciendo a un ritmo exponencial (con la misma tasa de aumento) y muy superior a la inteligencia biológica a mediados de la década de 2040 .

En ese momento nos hemos movido más allá del paradigma de nanobots en un cerebro biológico. La inteligencia no biológica será miles de millones de veces más potentes , por lo que predominará . Tendremos versión 3.0 los cuerpos humanos , lo que vamos a ser capaces de modificar y reinstantiate en nuevas formas a voluntad. Vamos a ser capaces de cambiar rápidamente el cuerpo en su totalidad de inmersión visual - auditivo entornos virtuales en la segunda década de este siglo , en plena inmersión en ambientes de realidad virtual que incorporan todos los sentidos durante la década de 2020 , y en la realidad real en la década de 2040 .

Inteligencia no biológica todavía debe ser considerado humano , ya que está totalmente deriva de hombre-máquina civilización y se basará , al menos en parte , en la inteligencia humana ingeniería inversa . Me dirijo a esta importante cuestión filosófica en el próximo capítulo. La fusión de estos dos mundos de la inteligencia no es más que una fusión de medios de pensamiento biológico y no biológico , pero lo más importante , de método y de la organización del pensamiento , que será capaz de ampliar nuestras mentes en prácticamente cualquier forma imaginable.

Nuestros cerebros hoy son relativamente fijos en el diseño. A pesar de que sumamos los patrones de conexiones de interneuronas y las concentraciones de neurotransmisores como una parte normal del proceso de aprendizaje , la capacidad total actual del cerebro humano es muy limitada . Como la parte no biológica de nuestro pensamiento comienza a predominar a finales de la década de 2030 , vamos a ser capaces de ir más allá de la arquitectura básica de las regiones neuronales del cerebro . Los implantes cerebrales basados en nano robots inteligentes distribuidos masivamente en gran medida ampliar la memoria y de otra manera mejorar enormemente todos nuestros sentidos , de reconocimiento de patrones , y las habilidades cognitivas . Dado que los nanobots se comunican entre sí , van a ser capaces de crear un conjunto de nuevas conexiones neuronales , romper las conexiones existentes ( por actividad neuronal supresión ) , crear nuevas redes biológicas no biológicos híbridos y agregar redes totalmente no biológicos , así como interactuar íntimamente con las nuevas formas no biológicas de la inteligencia.

El uso de nanobots como extensores del cerebro será una mejora significativa con respecto a los implantes neurales instalado quirúrgicamente , que están empezando a ser utilizado en la actualidad. Nanobots serán introducidos sin necesidad de cirugía , a través del torrente sanguíneo , y si es necesario todo pueden ser dirigidas a dejar , por lo que el proceso es fácilmente reversible . Ellos son programables , en que pueden proporcionar realidad virtual de un minuto y una variedad de extensiones del cerebro próximos . Ellos pueden cambiar su configuración y pueden alterar su software. Tal vez lo más importante , que se distribuyen de forma masiva , por lo que pueden tardar hasta miles de millones de posiciones por todo el cerebro , mientras que un implante neural introducido quirúrgicamente se puede colocar solamente en una o como máximo unos pocos lugares

MOLLY 2004 : la realidad virtual de inmersión total no parece muy atractivo. Quiero decir, todos esos nanobots corriendo en mi cabeza, como pequeños insectos .

RAY : Oh , no sentir, más que sentir las neuronas en la cabeza o las bacterias en la GI vías .

MOLLY 2004 : La verdad es que puedo sentir . Pero puedo tener una inmersión total con mis amigos en este momento , simplemente , ya sabes, que se reúnen físicamente.

SIGMUND FREUD : Hmmm , eso es lo que solía decir sobre el teléfono cuando yo era joven . Gente decir: " ¿Quién necesita hablar con alguien a cientos de kilómetros de distancia cuando se puede estar juntos ? "

RAY : Exactamente , el teléfono es realidad virtual auditivo. Tan lleno de inmersión en realidad virtual es , básicamente , una de cuerpo completo telefónica . Usted puede reunirse con cualquier persona en cualquier momento , pero hacer algo más que hablar.

GEORGE 2048 : Ha sido sin duda una gran ayuda para los profesionales del sexo , nunca tienen que dejar sus hogares. Llegó a ser tan imposible trazar las líneas significativas que las autoridades no tenían más remedio que legalizar la prostitución virtual en 2033.

MOLLY 2004 : Muy interesante, pero en realidad no es muy atractivo.

GEORGE 2048 : De acuerdo, pero tenga en cuenta que usted puede estar con su estrella de entretenimiento favorito .

MOLLY 2004 : Yo puedo hacer eso en mi imaginación cuando quiera .

RAY : La imaginación es agradable, pero la cosa real o, mejor dicho, lo virtual, lo es mucho más , bueno, real.

MOLLY 2004 : Sí, pero ¿qué pasa si mi celebridad " favorito" está ocupado ?

RAY : Eso es otro de los beneficios de la realidad virtual alrededor del año 2029 , que tiene su elección de millones de artificial personas.

MOLLY 2104 : Entiendo que estás de vuelta en 2004, pero que tipo de deshice de ese nuevo terminología cuando se aprobó la Ley de Personas no biológica en 2052. Quiero decir, estamos mucho más real que ... umm , permítanme expresarlo de otro modo .

MOLLY 2004 : Sí , tal vez debería.

MOLLY 2104: Digamos que usted no tiene que tener estructuras biológicas explícitas para ser -

GEORGE 2048: - apasionado ?

MOLLY 2104 : Supongo que usted debe saber .

Timothy Leary : ¿Qué pasa si usted tiene un mal viaje ?

RAY : ¿Quieres decir algo sale mal con una experiencia de realidad virtual ?

TIMOTEO : Exactamente.

RAY : Bueno, puedes irte. Es como colgar en una llamada telefónica .

MOLLY 2004 : Suponiendo que usted todavía tiene el control sobre el software.

RAY : Sí , nosotros tenemos que estar preocupados con eso.

SIGMUND : Puedo ver algún potencial terapéutico real aquí . RAY : Sí , puedes ser quien quieras ser en la realidad virtual.

SIGMUND : Excelente , la oportunidad de expresar anhelos reprimidos ...

RAY : Y no sólo para estar con la persona que desea estar con él, sino para convertirse en esa persona.

SIGMUND : Exactamente. Creamos los objetos de nuestra libido en nuestro subconsciente de todos modos. Basta pensar , una pareja podría cambiar tanto sus géneros. Podrían convertirse en la otra cada uno.

MOLLY 2004 : Al igual que un interludio terapéutica , supongo ?

SIGMUND : Por supuesto. Yo sólo recomendaría este bajo mi supervisión cuidadosa.

MOLLY 2004 : Naturalmente .

MOLLY 2104: Hey , George , ¿recuerdas cuando cada uno de nosotros hicimos todos los personajes del sexo opuesto

Novelas Allen Kurzweil , al mismo tiempo ?

GEORGE 2048 : Ja , me gustó que mejor que ese inventor francés del siglo XVIII , el que hizo relojes eróticos bolsillo !

MOLLY 2004 : Bien, ahora ejecutar este sexo virtual por mí otra vez. ¿Cómo funciona exactamente?

RAY : Usted está utilizando su cuerpo virtual , que es simulado. Nanobots en los alrededores de su sistema nervioso generan las señales apropiadas codificados para todos sus sentidos : visual , auditiva, táctil , por supuesto , incluso olfativas . Desde la perspectiva de su cerebro, que es real , porque las señales son tan reales como si sus sentidos les producían a partir de experiencias reales. La simulación en realidad virtual sería generalmente siguen las leyes de la física , aunque eso dependerá del entorno que ha seleccionado. Si vas allí con otra persona o personas, éstas otras inteligencias , ya sea de las personas con cuerpos biológicos o de otra manera , también tendría cuerpos en este entorno virtual. Su cuerpo en la realidad virtual no tiene por qué coincidir con su cuerpo en la realidad real. De hecho, el cuerpo decide por sí mismo en el entorno virtual puede ser diferente del cuerpo que su pareja escoge para ti al mismo tiempo. Los equipos que generan el entorno virtual, cuerpos virtuales, y las señales nerviosas asociadas cooperarían para que sus acciones afectan a la experiencia virtual de los otros y viceversa .

MOLLY 2004 : Así que me gustaría experimentar el placer sexual , aunque yo no soy en realidad , ya sabes, con alguien ?

RAY : Bueno , estarías con alguien, pero no en la realidad real , y, por supuesto , la persona puede incluso no existe en la realidad real. El placer sexual no es una experiencia sensorial directa , es similar a una emoción. Es una sensación generada en el cerebro , que está reflexionando sobre lo que estás haciendo y pensando, al igual que la sensación de humor o enojo .

MOLLY 2004 : Al igual que la chica que ha mencionado que encontró todo hilarante cuando los cirujanos estimularon un punto particular en el cerebro?

RAY : Exactamente. Hay correlatos neurológicos de todas nuestras experiencias , sensaciones y emociones. Algunos están localizados , mientras que otras reflejan un patrón de actividad . En cualquier caso, vamos a ser capaces de dar forma y mejorar nuestras reacciones emocionales como parte de nuestras experiencias de realidad

virtual .

MOLLY 2004 : Eso podría funcionar bastante bien . Creo que voy a mejorar mi reacción comicidad en mis escapadas románticas . Que se ajuste el justo. O tal vez mi respuesta absurdo - me gusta eso , también.

NED LUDD : Puedo ver que esto se salga de control . La gente va a empezar a pasar la mayor parte de su tiempo en la realidad virtual.

MOLLY 2004 : Oh , creo que mi hijo de diez años de edad, sobrino ya está ahí , con sus juegos de video.

RAY : Todavía no están llenos de inmersión.

MOLLY 2004 : Eso es cierto . Podemos verlo, pero no estoy seguro de que nos advierte. Pero cuando lleguemos al punto en que sus juegos son la inmersión total , nunca vamos a verlo.

GEORGE 2048: Puedo ver tu preocupación si usted está pensando en términos de los mundos virtuales finas de 2004 , pero no es un problema con los 2048 mundos virtuales. Son mucho más convincente que el mundo real.

MOLLY 2004 : Sí, ¿cómo lo sabe ya que nunca ha estado en la realidad real?

GEORGE 2048: He oído sobre ello un poco. De todos modos , podemos simularlo .

MOLLY 2104: Bueno, yo puedo tener un cuerpo real cada vez que quiero, realmente no es un gran problema . Tengo que decir que es bastante liberador para no depender de un cuerpo particular , y mucho menos un ser biológico. ¿Se puede imaginar, está todo atado con sus infinitas limitaciones y cargas ?

MOLLY 2004 : Sí , puedo ver de dónde vienes .

### **... en la longevidad humana**

Es una de las cosas más notables que en todas las ciencias biológicas no hay ninguna pista en cuanto a la necesidad de la muerte . Si usted dice que queremos hacer el movimiento perpetuo , hemos descubierto suficientes leyes como estudiamos la física para ver que es ya sea absolutamente imposible , o bien las leyes son erróneas. Pero no hay nada en la biología pero encontró que indica la inevitabilidad de la muerte. Esto me hace pensar que no es del todo inevitable y que es sólo cuestión de tiempo antes de que los biólogos descubren qué es lo que nos está causando el problema y que esta enfermedad universal, terribles o temporalidad del cuerpo del ser humano se va a curar . - Richard Feynman

Nunca dé adentro, nunca rendirse , nunca, nunca , nunca, nunca en nada , grande o pequeño, grande o pequeño , nunca dar pulg - WINSTON CHURCHILL

Inmortalidad primero ! Todo lo demás puede esperar. - Corwyn PRATER

Muerte involuntaria es una piedra angular de la evolución biológica , pero este hecho no significa que sea una buena cosa. - MICHAEL Anissimov

Suponga que usted es un científico de hace 200 años que ha descubierto la manera de reducir drásticamente la mortalidad infantil con una mejor higiene. Usted da una charla sobre esto, y alguien se pone de pie en la espalda y le dice: " Espera, si hacemos eso vamos a tener una explosión de la población " Si responde , " No, todo va a estar bien, porque todos vamos a llevar estas cosas absurdas de goma cuando tenemos sexo ", nadie habría tomado en serio . Sin embargo, eso es precisamente lo que sucedió - barrera de anticoncepción fue ampliamente adoptado [ en la época en que la mortalidad infantil se redujo ] . - Aubrey de Grey , gerontólogo

Tenemos el deber de morir. Dick Lamm, ex gobernador DE COLORADO

Algunos de nosotros pensamos que esto es una lástima .

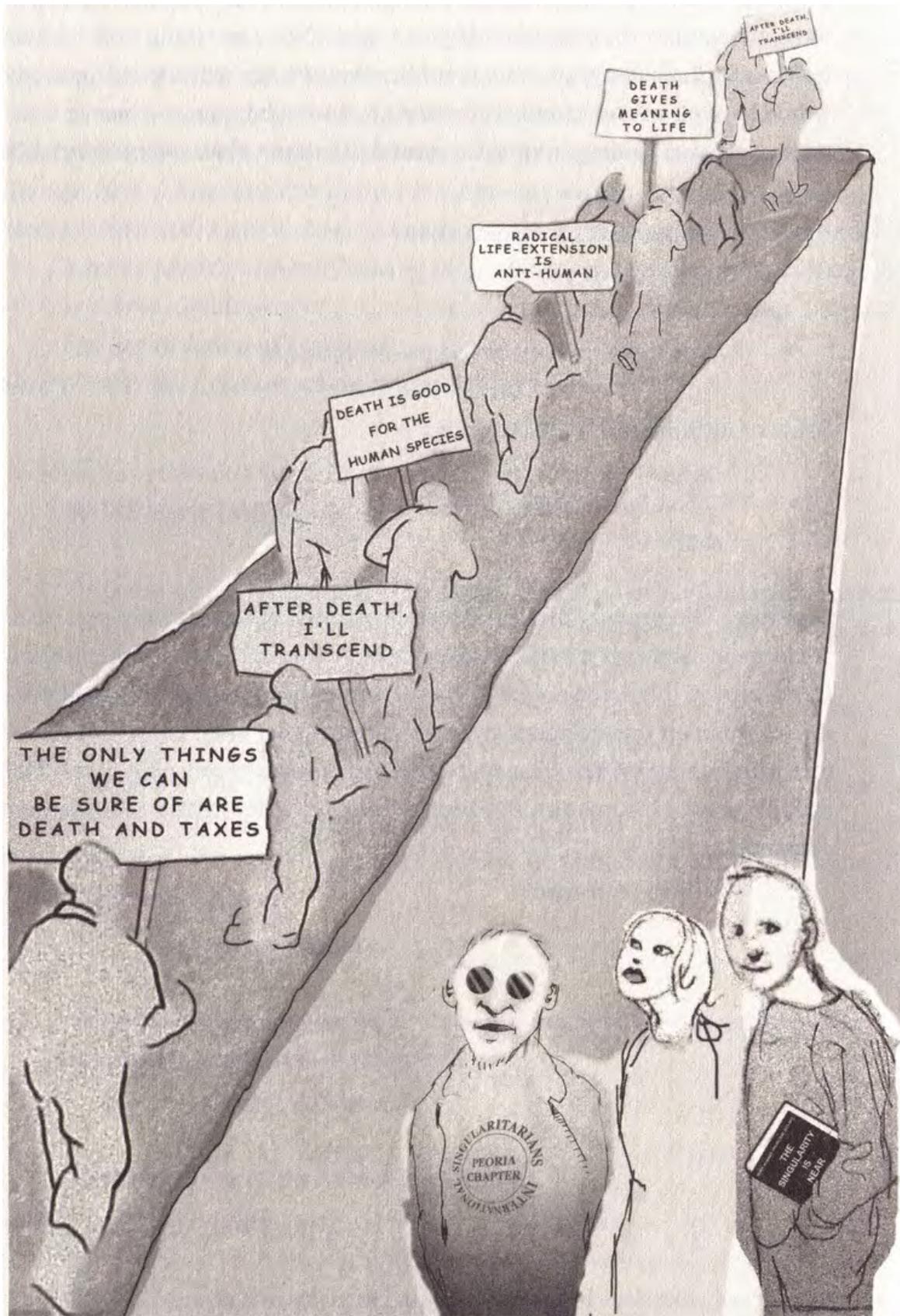
- BERTRAND RUSSEL, 1955, comentando sobre la estadística de que alrededor de cien mil personas mueren de causas RELACIONADOS CON LA EDAD Cada Día<sup>38</sup>

La evolución, el proceso que produce la humanidad , tiene un solo objetivo : crear máquinas de genes máximo capaces de producir copias de sí mismos . En retrospectiva , esta es la única forma de estructuras complejas , tales como la vida posiblemente podrían surgir en un universo inteligente . Pero este objetivo a menudo entra en conflicto con los intereses humanos , causando la muerte , el sufrimiento y la esperanza de vida corta . El avance más allá de la humanidad ha sido una historia de romper las limitaciones evolutivas. - MICHAEL Anissimov

( Dibujo Negro y blanco que representa una larga fila de personas que llevaban carteles que decían cosas como: " Lo único que podemos estar seguros es de la muerte y los impuestos ", " Después de la muerte , voy a trascender ", " La muerte es buena para la especie humana ", " la extensión de vida radical es anti-humano "Ellos están en el fondo y caminar de espaldas a nosotros, que aparece más bien desesperado, deprimido. .

En el primer plano hay tres personas contenido de aspecto que nos enfrentamos. A la izquierda es un tipo saliente llevaba una camiseta que dice " Singularitarians Internacional : Peoria

Capítulo " . A la derecha es un chico tímido con un libro en la brazo titulado La singularidad está cerca . En el centro hay una niña con sus brazos alrededor de los otros dos de una manera amistosa , echando un vistazo a la línea sombría de la gente en el fondo. )



La mayoría de los lectores de este libro es probable que sean en torno a la experiencia de la singularidad . Como analizamos en el capítulo anterior , la aceleración de los avances en la biotecnología nos permitirá reprogramar nuestros genes y los procesos metabólicos para apagar las enfermedades y procesos de envejecimiento . Este curso

incluirá los rápidos avances en la genómica (influyendo genes), la proteómica (entender e influir en el papel de las proteínas), la terapia génica (suprimir la expresión génica con tecnologías tales como la interferencia de ARN y la inserción de nuevos genes en el núcleo), el diseño racional de fármacos (la formulación de fármacos que se dirigen a los cambios precisos en la enfermedad y el proceso de envejecimiento), y la clonación terapéutica de la rejuvenecida (versiones telómeros largos y DNA corregida) de nuestras propias células, tejidos y órganos, y los acontecimientos relacionados.

La biotecnología se extenderá biología y corregir sus defectos obvios. La revolución de la superposición de la nanotecnología nos permitirá expandirnos más allá de las graves limitaciones de la biología. Como Terry Grossman y articulados en Viaje fantástico: vivir lo suficiente para vivir para siempre, estamos ganando rápidamente el conocimiento y las herramientas para mantener y prolongar indefinidamente la "casa" cada uno de nosotros llama a su cuerpo y el cerebro. Por desgracia, la gran mayoría de nuestros compañeros baby-boomers no son conscientes del hecho de que no tienen que sufrir y morir en el curso "normal" de la vida, como las generaciones anteriores han hecho si se toman medidas enérgicas, acción que va más allá del noción usual de un estilo de vida saludable, básicamente, (ver "Recursos e información de contacto", p. 489).

Históricamente, el único medio para que los humanos sobrevivan a una vida biológica limitada ha sido la de transmitir los valores, creencias y conocimientos a las generaciones futuras. Ahora nos estamos acercando a un cambio de paradigma en los medios tendremos disponibles para preservar los patrones subyacentes a nuestra existencia. La esperanza de vida humana es en sí creciendo constantemente y se acelerará rápidamente, ahora que estamos en las primeras etapas de la ingeniería inversa de la información de los procesos de la vida y la enfermedad subyacente. Robert Freitas estima que la eliminación de una lista específica que comprende 50% de las enfermedades prevenibles médicamente sería aumentar la esperanza de vida humana a más de 150 años.<sup>39</sup> Al impedir que 90 por ciento de los problemas de salud, la esperanza de vida crece a más de quinientos años. En el 99 por ciento, estaríamos más de mil años. Podemos esperar que la plena realización de las revoluciones de la biotecnología y la nanotecnología nos permitirá eliminar prácticamente todas las causas médicas de la muerte. A medida que avanzamos hacia una existencia no biológica, ganaremos los medios de "copias de nosotros mismos" (almacenar los patrones clave que subyacen a nuestro conocimiento, las habilidades y la personalidad), lo que elimina la mayoría de las causas de la muerte tal como la conocemos.

### **Esperanza de vida (años) 40**

Cro-Magnon era de	18
Antiguo Egipto	25
1400 Europa	30
1800 Europa y Estados Unidos	37
1900 Estados Unidos	48
2002 Estados Unidos	78

### **La transformación a la experiencia no biológicos**

Una mente que se mantiene en la misma capacidad no puede vivir para siempre , después de unos pocos miles de años que se vería más como un bucle de cinta de repetir que una persona. Para vivir indefinidamente largo, la mente misma debe crecer, ... y cuando llega a ser lo suficientemente grande, y mira hacia atrás ... lo simpatía puede tener con el alma que en su origen fue ? Cuanto más tarde habría de ser todo lo que fue el original, pero mucho más . - VERNOR VINGE

Los imperios del futuro son los imperios de la mente . - WINSTON CHURCHILL

Me informé sobre la carga del cerebro en el capítulo 4. El escenario cerebro-portal sencillo implica escanear un cerebro humano (lo más probable desde dentro ), la captura de todos los detalles más importantes , y reinstating estado del cerebro en un sustrato diferente - más probable es mucho más potente - computacional . Este será un procedimiento factible y sucederá muy probablemente en torno a finales del 2030. Pero esta no es la principal forma en que me imagino la transición a la experiencia no biológicos que tienen lugar. Se va a pasar , más bien, de la misma manera que todos los otros cambios de paradigma suceden : poco a poco (pero a un ritmo acelerado).

Como señalé anteriormente, el cambio hacia el pensamiento no biológico será un terreno resbaladizo , pero uno de los que ya han comenzado . Vamos a seguir para tener el cuerpo humano , sino que se convertirá en proyecciones morphable de nuestra inteligencia . En otras palabras , una vez que hemos incorporado la fabricación MNT en nosotros mismos, seremos capaces de crear y recrear diferentes cuerpos a voluntad.

Sin embargo logra, serán esos cambios fundamentales que podamos vivir para siempre? La respuesta depende de lo que entendemos por "vida" y "muerte". Considere lo que hacemos hoy con nuestros ficheros automatizados de carácter personal. Cuando cambiamos de un ordenador antiguo a uno nuevo, no se tire todos nuestros archivos de distancia. Más bien, copiamos y volver a instalarlos en el nuevo hardware. Aunque nuestro software no sigue necesariamente su existencia para siempre, su longevidad es en esencia independiente y desconectado del hardware que

se ejecuta.

Actualmente, cuando los accidentes humanos hardware , el software de nuestra vida , nuestro personal "archivo mental" - muere con él. Sin embargo , esto no va a seguir siendo el caso cuando tenemos los medios para almacenar y recuperar los miles de millones de millones de bytes de información representados en el patrón que llamamos nuestro cerebro (junto con el resto de nuestro sistema nervioso, el sistema endocrino y otras estructuras que nuestro archivo de la mente comprende) .

En ese punto de la longevidad de archivo de la mente de uno no dependerá de la viabilidad de cualquier medio de hardware en particular ( por ejemplo , la supervivencia de un cuerpo biológico y el cerebro ) . En última instancia, los seres humanos basados en software se extienden mucho más allá de las graves limitaciones de los seres humanos como los conocemos hoy en día. Ellos vivirán en la Web , con una proyección cuerpos cada vez que necesitan o quieren , incluidos los organismos virtuales en diversos ámbitos de la realidad virtual , los órganos , organismos holográfica proyectada foglet - proyectados y cuerpos físicos que comprenden enjambres de nanobots y otras formas de la nanotecnología.

A mediados de los veintidós primeros humanos siglo será capaz de ampliar su forma de pensar sin límites. Esta es una forma de inmortalidad, aunque es importante señalar que los datos e información no necesariamente duran para siempre : la longevidad de la información depende de su pertinencia, utilidad y accesibilidad. Si alguna vez has tratado de recuperar la información de una forma obsoleta de almacenamiento de datos en un formato antiguo oscuro ( por ejemplo, un carrete de cinta magnética de una minicomputadora 1970), que entiende los desafíos de mantener el software viable. Sin embargo, si somos diligentes en el mantenimiento de nuestro archivo de la mente, hacer copias de seguridad frecuentes , y la migración a los formatos y medios , una forma de inmortalidad actuales se puede alcanzar , por lo menos para los seres humanos basados en software. Más adelante en este siglo , parecerá sorprendente a la gente que los seres humanos en una época anterior vivieron sus vidas sin una copia de seguridad de su información más preciada : la contenida en sus cerebros y cuerpos.

Es esta forma de inmortalidad el mismo concepto que un ser humano físico, tal como lo conocemos hoy en día, vivir para siempre ? En cierto sentido lo es, porque hoy a uno mismo no es una colección permanente de la materia , tampoco. Investigaciones recientes muestran que incluso las neuronas, que se cree ser relativamente duraderas, cambiar todos sus subsistemas constituyentes , como los túbulos , en cuestión de semanas . Sólo nuestro patrón de la materia y la energía continúa, e incluso que cambia gradualmente . Del mismo modo, será el patrón de un software humana que persiste y se desarrolla lentamente y altera .

Pero es que la persona en mi archivo mental , que migra a través de muchos soportes informáticos y que sobrevive a cualquier medio de pensamiento concreto, realmente yo? Esta consideración nos lleva de nuevo a las mismas preguntas de la conciencia y la identidad que se han debatido desde los diálogos de Platón (que se examina en el capítulo siguiente ) . Durante el transcurso del siglo XXI estos no permanecerán

temas para debates filosóficos corteses , pero tendrán que ser enfrentados como cuestiones vitales, prácticos , políticos y jurídicos .

Una pregunta relacionada : ¿Es la muerte deseable? La " inevitabilidad " de la muerte está profundamente arraigada en el pensamiento humano . Si la muerte parece inevitable , tenemos más remedio que racionalizar lo que sea necesario , incluso ennoblecedora . La tecnología de la Singularidad ofrecerá medios prácticos y accesibles para los seres humanos para evolucionar hacia algo más grande , así que ya no es necesario racionalizar la muerte como un medio principal de dar un sentido a la vida.

### **La longevidad de la Información**

" El horror de ese momento , " el Rey continuó, " Yo nunca, nunca olvidaré! " " Usted, sin embargo," la reina dijo , " si usted no hace un memorando de la misma. "

- Lewis Carroll, A través del VIDRIO

Las únicas cosas que usted puede estar seguro de , por lo que dice el refrán , son la muerte y los impuestos , pero no ser demasiado seguro acerca de la muerte.

- JOSEPH Strout , neurocientífico

No sé señor , pero lo que va a llegar a ser yo estoy seguro de que cobrarles impuestos .

- MICHAEL FARADAY , respondiendo a una pregunta de los británicos  
MINISTERIO DE HACIENDA EN CUANTO A LO USO PRÁCTICO PUEDE HACER DE SU DEMOSTRACIÓN DE ELECTROMAGNETISMO

No entres dócilmente en esa buena noche , ... Rabia, rabia contra la muerte de la luz.

- DYLAN THOMAS

La oportunidad de convertir nuestra vida , nuestra historia, nuestros pensamientos y nuestras habilidades en la información plantea la cuestión de cómo la información dura mucho tiempo. Siempre he venerado conocimiento y recogí información de todo tipo como un niño, una inclinación que compartí con mi padre.

A modo de antecedentes , mi padre era una de esas personas que les gustaba para almacenar todas las imágenes y sonidos que documentan su vida. Tras su prematura muerte a la edad de cincuenta y ocho años , en 1970 , heredé sus archivos , que atesoro en la actualidad. Tengo 1.938 tesis doctoral de mi padre, de la Universidad de Viena , que contiene su visión particular en las contribuciones de Brahms a nuestro vocabulario musical. Hay álbumes de recortes de periódicos bien ordenados de sus aclamados conciertos de música cuando era un adolescente en las montañas de Austria. Hay cartas urgentes desde y hacia la patrona música americana que patrocinó su huida de Hitler , justo antes de la Kristallnacht y desarrollos históricos relacionados en Europa a finales de 1930 han llevado a tal huida imposible. Estos artículos son algunas docenas de cajas de envejecimiento que contienen una gran

cantidad de recuerdos , incluyendo fotografías , grabaciones musicales en vinilo y cinta magnética , cartas personales, e incluso facturas.

También heredé su afición por la preservación de los registros de la vida de uno , por lo que junto con las cajas de mi padre tengo varios cientos de cajas de mis propios papeles y archivos . La productividad de mi padre , asistido sólo por la tecnología de la máquina de escribir y papel carbón , no se puede comparar con la mía prolificidad , con la complicidad de las computadoras y las impresoras de alta velocidad que puede reproducir mis pensamientos en todo tipo de permutaciones.

Escondido en mis propias cajas son también diversas formas de medios digitales : tarjetas perforadas , bobinas de papel, cintas y cintas magnéticas y discos digitales de distintos tamaños y formatos. A menudo me pregunto hasta qué punto sigue siendo accesible esta información. Irónicamente la facilidad de acercarse a esta información es inversamente proporcional al nivel de avance de la tecnología utilizada para crearlo. Más sencillo son los documentos en papel, que a pesar de que muestra signos de la edad son eminentemente legible. Sólo un poco más difícil son los discos de vinilo y grabaciones analógicas. Aunque se requiere un equipamiento básico, no es difícil de encontrar o utilizar . Las tarjetas perforadas son un poco más difícil, pero aún así es posible encontrar lectores de tarjetas perforadas , y los formatos son sencillos .

Por el momento la información más exigente para recuperar es la contenida en los discos digitales y cintas. Tenga en cuenta los desafíos que implica . Para cada medio tengo que averiguar qué es exactamente disco o unidad de cinta se utilizó, si un IBM 1620 alrededor de 1960 o Data General Nova I circa 1973. Then , una vez que han montado los equipos necesarios , hay capas de software para hacer frente con: el sistema operativo apropiado , los conductores de la información de discos y programas de aplicación . Y, cuando me encuentro con las puntuaciones de los inevitables problemas inherentes a cada capa de hardware y software, los cuales sólo voy a pedir ayuda ? Ya es bastante difícil conseguir sistemas contemporáneos a trabajar, vamos a sistemas autónomos para los cuales los servicios de asistencia fueron disueltas hace décadas (si es que alguna vez existieron ) . Incluso en el Computer History Museum mayoría de los dispositivos de pantalla dejó de funcionar muchos años ago.<sup>41</sup>

Suponiendo que yo pudiere más que todos estos obstáculos , tengo que tener en cuenta el hecho de que el actual datos magnéticos en los discos probablemente ha decaído y que los antiguos equipos seguirían generar su mayoría error messages.<sup>42</sup>

Pero se ha ido de la información ? La respuesta es: No del todo. A pesar de que los puntos magnéticos pueden ya no ser legible por el equipo original , las regiones descoloridas se podrían mejorar por equipos sensibles adecuadamente , a través de métodos que son análogos a la mejora de la imagen a menudo se aplica a las páginas de los libros antiguos cuando se escanean . La información sigue ahí , aunque es muy difícil de alcanzar. Con suficiente devoción y la investigación histórica , se podría realmente recuperarla. Si tuviéramos motivos para pensar que uno de estos discos contenían secretos de enorme valor, que probablemente tenga éxito en la

recuperación de la información .

Pero la mera nostalgia es poco probable que sea suficiente para motivar a alguien para llevar a cabo esta tarea formidable. Me gustaría decir que porque yo había anticipado en gran medida este dilema , lo hice hacer impresiones en papel de la mayoría de estos archivos antiguos . Pero mantener toda nuestra información en papel no es la respuesta , ya que los archivos en papel presentan su propio conjunto de problemas. Aunque puedo leer fácilmente , incluso un manuscrito de papel centenaria si estoy sosteniendo en mi mano , la búsqueda de un documento deseado de entre miles de carpetas de archivos sólo organizados modestamente puede ser una tarea frustrante y consume mucho tiempo. Se puede tomar una tarde entera para buscar la carpeta correcta , por no mencionar el riesgo de forzar la espalda de uno se mueva docenas de cajas de archivos pesados. El uso de microfilm o microficha puede aliviar algunos de los problemas , pero la cuestión de localizar el documento correcto permanece.

He soñado con tomar estos cientos de miles de discos y escanearlos en una base de datos personal masivo , lo que permitirá que utilice métodos potentes de búsqueda y recuperar contemporáneos en ellos. Incluso tengo un nombre para esta aventura - DAISI (documento e imagen Invención de almacenamiento ) y se han ido acumulando ideas para él durante muchos años . Computer pionero Gordon Bell ( ex ingeniero jefe de Digital Equipment Corporation) , DARPA ( Defense Advanced Research Projects Agency ) y la Fundación Long Now también están trabajando en sistemas para abordar este challenge.<sup>43</sup>

DAISI implicará la tarea de enormes proporciones de la exploración y pacientemente catalogar todos estos documentos . Pero el verdadero reto para mi sueño de DAISI es sorprendentemente profunda : ¿cómo puedo elegir el hardware adecuado y capas de software que me va a dar la seguridad de que mis archivos serán décadas viables y accesibles a partir de ahora ?

Por supuesto, mis propias necesidades archivísticas son sólo un microcosmos de la base de conocimiento en expansión exponencial que la civilización humana se está acumulando . Esta es la base de conocimiento de toda la especie común que nos distingue de otros animales. Otros animales se comunican , pero no acumulan una base creciente y evolutivo del conocimiento para pasar a la siguiente generación. Dado que estamos escribiendo nuestra preciosa herencia en lo médico experto en informática Bryan Bergeron llama " tinta que desaparece " , el legado de nuestra civilización parece estar en gran risk.<sup>44</sup> El peligro parece estar creciendo de manera exponencial , junto con el crecimiento de nuestras bases de conocimiento . El problema se agrava aún más por la velocidad de la aceleración con la que se adopta nuevas normas en las muchas capas de hardware y software que utilizamos para almacenar información.

Hay otra valioso repositorio de información almacenada en nuestro cerebro . Nuestros recuerdos y habilidades, a pesar de que puede parecer que ser fugaz , sí representan información, codificada en grandes patrones de las concentraciones de neurotransmisores, las conexiones interneuronales , y otros detalles pertinentes

neuronales . Esta información es la más preciosa de todas, que es una razón de muerte es tan trágico. Como ya hemos comentado , que en última instancia podrán acceder , archivar permanentemente , así como entender los miles de millones de millones de bytes de información que hemos escondido en cada uno de nuestros cerebros .

Copia de nuestras mentes a otros medios plantea una serie de cuestiones filosóficas , que voy a discutir en el próximo capítulo , por ejemplo : "¿Es que realmente me o más bien alguien que casualmente han dominado todos mis pensamientos y conocimientos ? " Independientemente de cómo resolver estos problemas, la idea de capturar la información y los procesos de información en nuestro cerebro parece dar a entender que nosotros ( o por lo menos las entidades que actúan en gran medida como lo hacemos nosotros ) podría " vivir para siempre". Pero es que realmente la implicación ?

Durante millones de años la longevidad de nuestro software mental ha sido inexorablemente relacionado con la supervivencia de nuestro hardware biológica .

Ser capaz de capturar y reinstantiate todos los detalles de nuestros procesos de información que de hecho separar estos dos aspectos de nuestra mortalidad . Pero como hemos visto , el software en sí mismo no necesariamente sobrevive para siempre, y hay enormes obstáculos para su duradera mucho tiempo en absoluto .

Así que si la información representa el archivo de un hombre sentimental, la acumulación de la base de conocimientos de la civilización humana - máquina , o los archivos de la mente almacenados en nuestro cerebro , ¿qué podemos concluir acerca de la longevidad máxima de software? La respuesta es simplemente esto : La información dura sólo mientras alguien se preocupa por él. La conclusión que he llegado a lo que se refiere a mi proyecto DAISI , después de varias décadas de cuidadosa consideración, es que no existe un conjunto de estándares de software existentes en la actualidad y el hardware , ni es probable que venga , que proporcionará un nivel razonable de confianza de que la información almacenada seguirá siendo accesible ( sin niveles excesivos de esfuerzo) décadas de now.<sup>45</sup> la única manera de que mi archivo (o cualquier otra base de datos ) puede permanecer viable es si se actualiza y portado a lo último en hardware y continuamente estándares de software . Si un archivo permanece ignorado, en última instancia, llegar a ser tan inaccesible como mi viejo PDP- 8 de ocho pulgadas disquetes.

Información continuará requiriendo mantenimiento y soporte a permanecer constante "vivo". Si los datos o la sabiduría , la información va a sobrevivir sólo si queremos que lo haga. Por extensión , sólo podemos vivir para siempre y nos preocupamos por nosotros mismos. Ya sabemos para controlar la enfermedad y el envejecimiento se hace avanzar hasta el punto de que su actitud hacia su propia longevidad es ahora la influencia más importante en su salud a largo plazo.

Tesoro de nuestra civilización del conocimiento no simplemente sobrevivir por sí mismo. Continuamente debemos redescubrir , reinterpretar y volver a formatear el legado de la cultura y la tecnología que nuestros antepasados nos han conferido .

Toda esta información será efímero si nadie se preocupa por ella. Traducción nuestros

pensamientos Actualmente cableados en el software no necesariamente nos proporcione la inmortalidad. Simplemente va a poner los medios para determinar el tiempo que queremos que nuestras vidas y pensamientos para durar en nuestras propias manos figurativas .

MOLLY 2004 : Así que lo que estás diciendo es que yo soy sólo un archivo?

MOLLY 2104: Bueno, no es un archivo estático , sino una dinámica de archivos .

Pero ¿qué quiere decir "justo" ? ¿Qué podría ser más importante?

MOLLY 2004 : Bueno, me tiro archivos fuera todo el tiempo, incluso las más dinámicas.

MOLLY 2104: No todos los archivos han sido creados iguales .

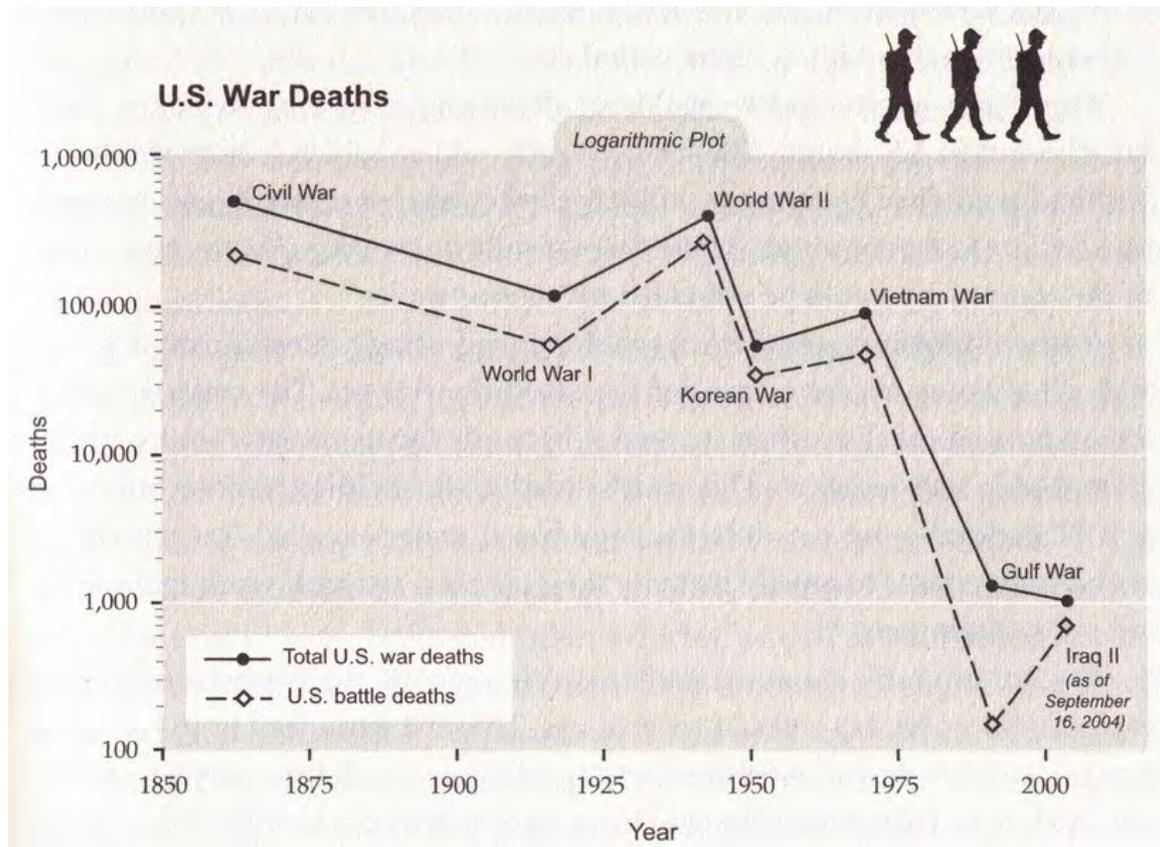
MOLLY 2004 : supongo que es verdad. Estaba devastado cuando perdí mi única copia de mi tesis de grado . Perdí seis meses de trabajo y tuvo que empezar de nuevo.

MOLLY 2104: Ah , sí , eso fue horrible. Lo recuerdo muy bien, a pesar de que fue hace más de un siglo. Fue devastador , ya que era una pequeña parte de mí mismo . Yo había invertido mi pensamiento y la creatividad en ese archivo de la información. Así que pensar en lo valioso toda su - mi - acumulada pensamientos , experiencias , habilidades y la historia están .

### **. . . sobre la guerra : la , robótica , robusta , tamaño reducido, de Realidad Virtual Remoto Paradigma**

Como armas se han convertido en más inteligente , ha habido una marcada tendencia hacia misiones más precisos con menos bajas . Puede que no parezca de esa manera cuando se ve junto a la tendencia a la cobertura de televisión de las noticias más detallada y realista. Las grandes batallas de las Guerras Mundiales I y II y la Guerra de Corea , en la que decenas de miles de vidas se perdieron en el transcurso de unos pocos días , se registraron visualmente sólo noticiarios granuladas ocasionales. Hoy en día , tenemos un asiento de primera fila para casi cada compromiso . Cada guerra tiene sus complejidades , pero el movimiento general hacia la guerra de precisión inteligente es evidente al examinar el número de víctimas . Esta tendencia es similar a lo que estamos empezando a ver en la medicina, donde las armas inteligentes contra la enfermedad son capaces de realizar misiones específicas con muchos menos efectos secundarios. La tendencia es similar para bajas colaterales , aunque no lo parezca de esa manera de la cobertura mediática contemporánea (recuerde que los cerca de cincuenta millones de civiles murieron en la Segunda Guerra Mundial) .

## EE.UU. Guerra muerta ( representación logarítmica )



Yo soy uno de los cinco miembros del Grupo Asesor Científico del Ejército (ASAG), que asesora al Ejército de los EE.UU. sobre las prioridades para la investigación en ciencias. A pesar de nuestras reuniones, deliberaciones y recomendaciones son confidenciales, puedo compartir algunas direcciones tecnológicas globales que están siendo perseguidos por el ejército y todas las fuerzas armadas de EE.UU. .

Dr. John A. Parmentola, director de investigación y gestión de laboratorio para el Ejército de EE.UU. y el enlace a la ASAG, describe el departamento de proceso de "transformación" de Defensa como un movimiento hacia una fuerza armada que es "muy sensible, centrada en la red, capaz de la decisión rápida, superior en todos los escalones, y [ ofrecer ] abrumadores efectos masiva a través de cualquier campo de batalla." 46 Se describe el sistema de Combate futuro (FCS), actualmente en fase de desarrollo y programado para lanzar en la segunda década de este siglo, como "más pequeño, más ligero, más rápido, más letales y más inteligente."

Se han previsto cambios dramáticos para los futuros despliegues de combate y la tecnología. Aunque los detalles pueden cambiar, el ejército prevé el despliegue de Equipos de Combate de Brigada (BCT) de unos 2.500 soldados, sistemas robóticos no tripulados y equipo FCS. Un solo BCT representaría aproximadamente 3.300 "plataformas", cada una con sus propias capacidades computacionales inteligentes. El BCT tendría un cuadro de operaciones común (COP) del campo de batalla, lo que se traduciría adecuadamente para que, con cada soldado recibir información a través de una variedad de medios, incluyendo la retina (y otras formas de "cabezas arriba") y muestra, en la futura conexión neuronal y directa.

El objetivo del ejército es ser capaz de desplegar un BCT en 96 horas y una división completa en 120 horas . La carga para cada soldado , que ahora es alrededor de cien libras de equipo , inicialmente se reduce a través de nuevos materiales y dispositivos cuarenta libras, mientras que mejora drásticamente la eficacia . Algunos de los equipos sería descargada a " mulas robot . "

Un nuevo material uniforme ha sido desarrollado usando una nueva forma de Kevlar con nanopartículas de sílice en suspensión en glicol de polietileno . El material es flexible en su uso normal, pero cuando se hizo hincapié en que al instante se forma una masa casi impenetrable que es resistente puñalada . Instituto del Ejército de Nanotecnologías Soldado en el MIT está desarrollando un material basado en nanotecnología llamado " exomuscle " para permitir que los combatientes de aumentar en gran medida su fuerza física al manipular pesada equipment.<sup>47</sup>

El tanque Abrams tiene un récord de supervivencia notable , con sólo tres bajas en combate en sus veinte años de uso en combate . Este es el resultado de ambos materiales armaduras avanzadas y de los sistemas inteligentes diseñadas para derrotar armas entrantes , tales como misiles . Sin embargo , el tanque pesa más de setenta toneladas , cifra que deberá ser reducida de manera significativa a alcanzar los objetivos de FCS para sistemas más pequeños.

Se espera que los nuevos nanomateriales ligeros todavía ultrafuerte (tales como plásticos combinados con nanotubos , que son cincuenta veces más fuerte que el acero ) , así como una mayor inteligencia de computadora para contrarrestar los ataques de misiles , para reducir drásticamente el peso de los sistemas de combate en tierra .

La tendencia hacia los vehículos aéreos no tripulados ( DAV ) , que se inició con el Predator armado en Afganistán y la reciente campaña de Irak , se acelerará. La investigación del Ejército incluye el desarrollo de micro- días el tamaño de las aves que sean rápidos, precisos y capaces de realizar tanto misiones de reconocimiento y combate. Incluso las DAV menor sea el tamaño de los abejorros se prevén . La capacidad de navegación de un abejorro actual, que se basa en una compleja interacción entre los sistemas de visión izquierdo y derecho , ha sido recientemente ingeniería inversa y se aplicará a estas máquinas voladoras pequeñas .

En el centro de la FCS es una auto- organización, la red de comunicaciones altamente distribuida capaz de reunir información de cada soldado y cada pieza de equipo y, a su vez proporcionar las pantallas y los archivos de información apropiados de nuevo a cada participante humano y la máquina . No habrá centros de comunicaciones centralizadas que podrían ser vulnerables a un ataque hostil. La información será rápidamente ruta en torno a porciones dañadas de la red. Una prioridad obvia es desarrollar una tecnología capaz de mantener la integridad de la comunicación y la prevención de cualquier interceptación o manipulación de información por parte de fuerzas hostiles . La misma tecnología , seguridad de la información se aplica a infiltrarse, perturbar , confundir o destruir las comunicaciones del enemigo a través de medios electrónicos y la guerra cibernética con patógenos de software.

El FCS no es un programa de una sola vez , sino que representa un enfoque generalizado de sistemas militares hacia sistemas de forma remota guiadas , autónomo, miniaturizado y robótica , junto con la auto -organización , distribuidos y comunicaciones seguras , robustas .

Proyecto Alfa los EE.UU. de Fuerzas Conjuntas del Comando (responsable de la aceleración de las ideas de transformación a través de las fuerzas armadas ) prevé una fuerza de combate de 2025 que " es en gran parte robótica " , la incorporación de combatientes autónomas táctico (TAC ) que " tiene un cierto nivel de autonomía autonomía ajustable o autonomía supervisada o la autonomía completa dentro...fuera la misión. " 48 Los TAC estará disponible en una amplia gama de tamaños , que van desde nanobots y microbots hasta grandes UAVs y otros vehículos, así como los sistemas automatizados que pueden caminar por terrenos complejos. Un diseño innovador está siendo desarrollado por la NASA con aplicaciones militares previstos está en la forma de un snake.49

Uno de los programas que contribuyen a la década de 2020 el concepto de auto-organización de los enjambres de pequeños robots es la Red Inteligente Autónomos y Sistemas ( AINS ) del programa de la Oficina de Investigación Naval , que prevé un ejército de drones no tripulados, los robots autónomos en el agua, en el suelo , y en el aire . Los enjambres tendrán comandantes humanos con mando descentralizado y el control y lo que la cabeza del proyecto Allen Moshfegh llama a un "Internet inexpugnable en el cielo. " 50

Una amplia investigación se va a diseñar enjambre intelligence.51 inteligencia de enjambre se describe la forma que los comportamientos complejos pueden surgir de un gran número de agentes individuales, cada uno siguiendo relativamente simples rules.52 Enjambres de insectos son a menudo capaces de encontrar soluciones inteligentes a problemas complejos, como el diseño de la arquitectura de la colonia , a pesar del hecho de que ningún miembro de el enjambre posee las habilidades requeridas .

DARPA anunció en 2003 que un batallón de 120 militares robots (construido por I-Robot, una compañía cofundada por el pionero de la robótica Rodney Brooks) iba a ser equipado con el software de inteligencia de enjambre para que pueda imitar la conducta organizada del insects.53 Como robótica sistemas se vuelven físicamente más pequeños y más grandes en número, los principios de auto - organización de inteligencia de enjambre desempeñarán un papel cada vez más importante.

También se reconoce en el ejército que los tiempos de desarrollo deben ser reducidos. Históricamente, el período de tiempo típico para proyectos militares para ir desde la investigación hasta la implementación haya pasado más de una década. Sin embargo, con la tasa de cambio de paradigma tecnología que baja a la mitad cada década , estos tiempos de desarrollo necesitan para mantener el ritmo , ya que muchos sistemas de armas ya son obsoletos en el momento en que lleguen al campo . Una forma de lograr esto es desarrollar y probar nuevas armas mediante simulaciones , que permiten a los sistemas de armas que se diseñó, implementó y probó mucho más rápido que los métodos tradicionales de la construcción de prototipos y probarlos (a menudo

soplado hacia arriba ) en el uso real .

Otra tendencia clave es trasladar al personal fuera de combate para mejorar las tasas de supervivencia de los soldados. Esto se puede hacer al permitir que los seres humanos para conducir y sistemas piloto remota. Tomando el piloto de un vehículo le permite tomar parte en las misiones de mayor riesgo y ser diseñado para ser mucho más fácil de manejar. También permite que los dispositivos se vuelven muy pequeños mediante la supresión de los amplios requisitos para sostener la vida humana. Los generales están avanzando aún más lejos . Tommy Franks a cabo la guerra en Afganistán desde su bunker en Qatar.

### **El polvo inteligente .**

DARPA está desarrollando dispositivos aún más pequeños que las aves y los abejorros llamado " polvo inteligente " - los sistemas de sensores complejos no mucho más grande que una cabeza de alfiler . Una vez plenamente desarrollado , los enjambres de millones de estos dispositivos podrían ser dejados en el territorio enemigo para proporcionar vigilancia muy detallada y, finalmente, apoyar misiones de guerra ofensivo ( por ejemplo , la liberación de nanoarmas ) . De alimentación para sistemas inteligentes de polvo será proporcionado por las células de combustible nanoingeniería , así como por la conversión de la energía mecánica a partir de su propio movimiento , el viento , y las corrientes térmicas .

¿Quieres encontrar un enemigo clave ? Necesidad de localizar armas ocultas ? Un número masivo de espías esencialmente invisibles podrían vigilar cada centímetro cuadrado de territorio enemigo , identifique a cada persona ( a través de imágenes térmicas y electromagnéticas , finalmente, las pruebas de ADN y otros medios ) , y todas las armas e incluso llevar a cabo misiones de destruir objetivos enemigos .

### **Nanoarmas .**

El siguiente paso más allá de polvo inteligente será basados en la nanotecnología armas , lo que hará obsoletas las armas de mayor tamaño . La única manera de que un enemigo para contrarrestar una fuerza distribuida masivamente estará con su propia nanotecnología. Además , la mejora de nanodispositivos con la capacidad de auto-replicarse ampliará sus capacidades, pero presenta graves peligros, un tema que abordo en el capítulo 8 .

La nanotecnología ya está siendo aplicado a una amplia gama de funciones militares . Estos incluyen recubrimientos nanotecnológicos para mejorar la armadura , laboratorios en un chip para la detección de agentes biológicos y químicos rápida e identificación ; catalizadores nanométricos para descontaminar áreas , materiales inteligentes que pueden reestructurarse para diferentes situaciones ; nanopartículas biocidas incorporados en uniformes para reducir la infección de las heridas; nanotubos combinados con plástico para crear materiales muy fuertes , y los materiales de auto-sanación . Por ejemplo , la Universidad de Illinois ha desarrollado

plásticos de autocuración que incorporan microesferas de monómeros líquidos y un catalizador en una matriz de plástico , cuando aparece una grieta , la ruptura microesferas , automáticamente el sellado de la crack.<sup>54</sup>

### **Armas inteligentes.**

Ya hemos pasado de los misiles lanzados mudos con la esperanza de que van a encontrar sus objetivos de misiles de crucero inteligentes que utilizan el reconocimiento de patrones para hacer miles de decisiones tácticas por su cuenta. Las balas , sin embargo , se han mantenido esencialmente pequeños misiles tontos , y les proporciona una medida de la inteligencia es otro de los objetivos militares.

Como armas militares se hacen más pequeños en tamaño y más grande en número, no será deseable o factible mantener el control humano sobre cada dispositivo . Por lo tanto aumentar el nivel de control autónomo es otro objetivo importante. Una vez que la inteligencia artificial se pone al día con la inteligencia humana biológica , muchos más sistemas serán plenamente autónoma.

### **VR .**

Entornos de realidad virtual ya se utilizan para controlar remotamente los sistemas de guiado , tales como la Fuerza Aérea de EE.UU. Fuerzas Armadas Predator UAV.<sup>55</sup> Incluso si un soldado se encuentra dentro de un sistema de armas (por ejemplo, un tanque Abrams ) , no lo esperamos o ella con tan sólo mirar por la ventana para ver lo que está pasando. Se necesitan entornos de realidad virtual para ofrecer una visión del entorno actual y permitir un control eficaz. Comandantes Humanos a cargo de las armas enjambre también precisan un entorno de realidad virtual especializados para visualizar la compleja información que estos sistemas distribuidos están recogiendo .

A finales de la década de 2030 y la década de 2040 , cuando nos acercamos a la versión 3.0 del cuerpo humano y el predominio de la inteligencia no biológica , el tema de la guerra cibernética se moverá al centro del escenario. Cuando todo esté información, la capacidad de controlar su propia información e interrumpir la comunicación de su enemigo , el mando y el control será un factor determinante del éxito militar .

### **. . . en el aprendizaje**

La ciencia es conocimiento organizado . La sabiduría es vida organizada .

- Immanuel Kant (1724-1804)

La mayoría de la educación en el mundo de hoy , incluso en las comunidades más ricas , no ha cambiado mucho desde el modelo ofrecido por las escuelas monásticas de la Europa del siglo XIV . Las escuelas siguen siendo instituciones altamente centralizadas construidas sobre los escasos recursos de los edificios y los profesores. La calidad de la educación también varía enormemente, dependiendo de la riqueza de

la comunidad local ( la tradición estadounidense de financiar la educación de los impuestos de propiedad agrava claramente la desigualdad) , contribuyendo así a la se / no se divida .

Al igual que con todas las otras instituciones que en última instancia avanzar hacia un sistema educativo descentralizado en el que cada persona va a tener acceso a los conocimientos de más alta calidad y la instrucción. Ahora estamos en las primeras etapas de esta transformación , pero ya la llegada de la disponibilidad de un amplio conocimiento en la Web, los motores de búsqueda útiles y de alta calidad abierto Web de cursos e instrucción asistida por computadora cada vez más eficaz proporcionamos acceso generalizado y barato educación.

La mayoría de las universidades ofrecen ahora cursos extensivos en línea, muchos de los cuales son gratuitos . Iniciativa OpenCourseWare ( OCW ) del MIT ha sido un líder en este esfuerzo. MIT ofrece novecientos de sus cursos de la mitad de todos sus cursos que se ofrecen , de forma gratuita en el Web.<sup>56</sup> Estos ya han tenido un gran impacto en la educación en todo el mundo . Por ejemplo , Brigitte Bouissou escribe: " Como profesor de matemáticas en Francia , quiero dar las gracias a MIT para ...

[estos] conferencias muy lúcidos , que son de gran ayuda para la preparación de mis clases. " Sajid Latif , un educador en Pakistán, ha integrado los cursos del MIT OCW en su propio plan de estudios. Sus estudiantes paquistaníes asisten regularmente a clases casi - MIT como una parte sustancial de sus MIT education.<sup>57</sup> pretende tener a todos de sus cursos en línea y la fuente abierta ( es decir , de forma gratuita para uso no comercial ) por 2007 .

El ejército de EE.UU. ya se lleva a cabo la totalidad de su formación no físico usando la instrucción basada en la Web . El acceso , de bajo costo , y cada vez más de alta calidad de cursos disponibles en la web también está impulsando una tendencia hacia la educación en el hogar .

El costo de la infraestructura para la comunicación basada en Internet audiovisual de alta calidad sigue disminuyendo rápidamente, a una tasa de alrededor del 50 por ciento al año , como ya comentamos en el capítulo 2 . A finales de la década será factible para las regiones subdesarrolladas del mundo para ofrecer un acceso muy bajo costo para la instrucción de alta calidad para todos los grados de preescolar hasta los estudios de doctorado . El acceso a la educación ya no será restringido por la falta de disponibilidad de profesores capacitados en cada ciudad y pueblo .

Como enseñanza asistida por computadora (CAL) se vuelve más inteligente la capacidad de individualizar la experiencia de aprendizaje de cada alumno mejorará en gran medida . Las nuevas generaciones de software educativo son capaces de modelar los puntos fuertes y débiles de cada alumno y el desarrollo de estrategias para centrarse en la problemática de cada alumno. Una compañía que fundé , Kurzweil Educational Systems , ofrece software que se utiliza en decenas de miles de escuelas por los estudiantes con discapacidades de lectura para acceder a los materiales impresos comunes y mejorar su lectura skills.<sup>58</sup>

Debido a las limitaciones de ancho de banda actuales y la falta de pantallas tridimensionales eficaces, el entorno virtual ha ofrecido hoy a través del acceso Web rutina aún no competir plenamente con el "estar ahí", pero eso va a cambiar. En la primera parte de la segunda década de este siglo visual - auditivo entornos de realidad virtual serán inmersión completa, de muy alta resolución, y muy convincente. La mayoría de los colegios se seguir el ejemplo de MIT, y los estudiantes asistir a clases cada vez más virtual. Entornos virtuales proporcionarán laboratorios de alta calidad virtuales donde los experimentos se pueden realizar en la química, la física nuclear, o cualquier otro campo científico. Los estudiantes serán capaces de interactuar con un Thomas Jefferson virtual o Thomas Edison o incluso para convertirse en un Thomas Jefferson virtuales. Las clases estarán disponibles para todos los grados en muchos idiomas. Los dispositivos necesarios para entrar en estas aulas virtuales de alta calidad, de alta resolución estarán ubicuo y asequible, incluso en los países del tercer mundo. Los estudiantes de cualquier edad, desde niños pequeños hasta adultos, podrán tener acceso a la mejor educación del mundo en cualquier momento y desde cualquier lugar.

La naturaleza de la educación va a cambiar una vez más cuando nos fusionamos con la inteligencia no biológica. Entonces tendremos la posibilidad de descargar los conocimientos y habilidades, por lo menos en la parte no biológica de nuestra inteligencia. Nuestras máquinas hacen rutinariamente hoy. Si usted desea dar a sus habilidades de tecnología de última generación de portátiles en el habla o el reconocimiento de caracteres, traducción de idiomas, o búsquedas en Internet, el equipo sólo tiene que descargar rápidamente los patrones de la derecha (el software). Aún no tenemos puertos de comunicación comparables en nuestros cerebros biológicos para descargar rápidamente la conexión interneuronal y los patrones de neurotransmisores que representan nuestro aprendizaje. Esa es una de las muchas limitaciones profundas del paradigma biológico que ahora utilizamos para nuestra forma de pensar, una limitación que será superada en la Singularidad.

### **. . . sobre el trabajo**

Si cada instrumento podría llevar a cabo su propio trabajo, obedeciendo o anticipándose a la voluntad de otros, si el transbordador podría tejer, y la selección tocar la lira, sin una mano que los guíe, los obreros principales no necesitarían sirvientes ni esclavos amos. - ARISTÓTELES

Antes de la invención de la escritura, casi todos los visión estaba pasando por primera vez (al menos para el conocimiento de los pequeños grupos de seres humanos implicados). Cuando usted está en el principio, todo es nuevo. En nuestra era, casi todo lo que hacemos en las artes se hace con el conocimiento de lo que se ha hecho antes y antes. En la era post- humano temprano, las cosas van a ser nuevo otra vez porque todo lo que requiere mayor habilidad humana no se ha realizado por Homero o da Vinci o Shakespeare.

Ahora parte de [ mi conciencia ] vidas en Internet y parece quedarse allí todo el tiempo .... Un estudiante puede tener un libro de texto abierto. La televisión está encendida con el sonido apagado .... Tienen música en los auriculares ... hay una ventana de la tarea, junto con el correo electrónico y la mensajería instantánea .... Un estudiante multitarea prefiere el mundo online al mundo cara a cara. "La vida real ", dijo , "es sólo una ventana más".

- CHRISTINE BOESE , INFORMES SOBRE LOS RESULTADOS POR MIT  
PROFESOR DE JEREZ 60 URKLE

En 1651 Thomas Hobbes describe " la vida del hombre " como " solitaria, pobre , desagradable, brutal y corta ". 61 Esta fue una evaluación justa de la vida en el momento , pero nos han superado en gran medida esta dura caracterización a través de los avances tecnológicos, en menos en el mundo desarrollado. Incluso en los países subdesarrollados la esperanza de vida rezagos sólo ligeramente por detrás . Tecnología típicamente comienza con productos inasequibles que no funcionan muy bien , seguido por las versiones caras que funcionan un poco mejor, y luego por los productos baratos que funcionan razonablemente bien. Por último, la tecnología se vuelve muy eficaz, en todas partes, y casi gratis. Radio y televisión siguió este patrón, al igual que el teléfono celular . Acceso Web contemporánea es el bajo costo y trabajo - razonablemente bien el escenario.

Hoy en día el retraso entre la adopción temprana y tardía es alrededor de una década , pero de acuerdo con la duplicación de la tasa de cambio de paradigma cada década , este retraso será sólo de unos cinco años a mediados de la segunda década y sólo un par de años en A mediados de los años 2020 . Dado el enorme potencial de creación de riqueza de las tecnologías GNR , veremos la underclass desaparecer en gran medida en las próximas dos o tres décadas (véase la discusión del informe del Banco Mundial de 2004 en los capítulos 2 y 9) . Esta evolución es probable que se cumpla , sin embargo , con el aumento de la reacción fundamentalista y ludita a la aceleración del cambio .

Con el advenimiento de la fabricación MNT basada en el costo de hacer cualquier producto físico se reduce a unos pocos centavos por libra , más el costo de la información para guiar el proceso , este último representa el valor real. Ya no estamos tan lejos de esta realidad , los procesos basados en software guían cada paso de la fabricación de hoy en día, desde el diseño y la adquisición de materiales para montaje en fábricas automatizadas. La parte del costo de un producto manufacturado atribuible a los procesos de información utilizadas para la creación varía de una categoría de producto a otro , pero es cada vez mayor en todos los ámbitos , se acerca rápidamente el 100 por ciento . A finales de la década de 2020 el valor de prácticamente todos los productos- ropa, comida , energía, y por supuesto, la electrónica - serán casi en su totalidad en su información. Como es el caso hoy en día, las versiones propietarias y de código abierto de todo tipo de productos y servicios que van a coexistir.

## **Propiedad Intelectual.**

Si el valor principal de los productos y servicios reside en la información, la protección de los derechos de información será fundamental para apoyar los modelos de negocio que proporcionan el capital para financiar la creación de información valiosa . Las escaramuzas de hoy en la industria del entretenimiento sobre la descarga ilegal de música y películas son un presagio de lo que será una lucha profunda , una vez que esencialmente todo lo de valor se compone de información. Claramente, los modelos de negocios existentes o nuevas que permitan la creación de valor de la propiedad intelectual (IP) deben ser protegidos, de lo contrario el suministro de IP esté amenazada . Sin embargo , la presión de la facilidad de copiar la información es una realidad que no va a desaparecer , por lo que la industria se verá afectada si no mantienen sus modelos de negocio en línea con las expectativas del público .

En la música , por ejemplo , en lugar de ejercer un liderazgo con nuevos paradigmas , la industria discográfica pegada rígidamente ( hasta hace poco ) con la idea de un álbum de discos caros, un modelo de negocio que se ha mantenido sin cambios desde el momento en que mi padre era un joven , luchando músico en la década de 1940 .

El público podrá evitar la piratería a gran escala de servicios de información sólo si los precios comerciales se mantienen a lo que se percibe como un nivel razonable. El sector de la telefonía móvil es un excelente ejemplo de una industria que no ha invitado a la piratería rampante. El coste de las llamadas de teléfonos celulares se ha reducido rápidamente con la mejora de la tecnología. Si la industria de telefonía móvil ha mantenido los tipos que hacen escala en el nivel en que estaban cuando yo era un niño ( un momento en que las personas se redujo lo que estaban haciendo en las raras ocasiones en que alguien llama a larga distancia ) , estaríamos viendo piratería comparable de células llamadas telefónicas , lo cual es técnicamente más difícil que la piratería de música . Pero hacer trampa en las llamadas de teléfonos celulares es ampliamente considerado como una conducta criminal, en gran parte debido a la percepción general de que los gastos de telefonía móvil son las adecuadas.

Modelos de negocio IP invariablemente existen en el borde de cambio . Las películas han sido difíciles de descarga debido a su gran tamaño del archivo , pero que se está convirtiendo rápidamente en un problema menor . La industria del cine tiene que llevar la carga hacia las nuevas normas , como las películas de alta definición en la demanda . Los músicos suelen hacer la mayor parte de su dinero con actuaciones en directo , pero ese modelo también atacado a principios de la próxima década , cuando tengamos la realidad virtual de inmersión total . Cada sector tendrá que reinventar continuamente sus modelos de negocio , que requerirá tanto la creatividad como la creación de la misma IP .

La primera revolución industrial amplió el alcance de nuestros cuerpos, y la segunda está ampliando el alcance de nuestras mentes. Como ya he mencionado , el empleo en las fábricas y las granjas ha pasado de 60 por ciento al 6 por ciento en Estados Unidos en el siglo pasado. Durante el próximo par de décadas, prácticamente todos los físicos de rutina y trabajo mental será automatizado . Computación y la comunicación no se refieren a productos diferenciados , como los dispositivos de mano , pero será una red

continua de los recursos inteligentes que están a nuestro alrededor . Ya obra más contemporánea está involucrado en la creación y promoción de la propiedad intelectual de una forma u otra , así como los servicios personales directos de una persona a otra (salud, aptitud, educación , etc .) Estas tendencias continuarán con la creación de propiedad intelectual , incluyendo todos nuestros artística , social , científico y la creatividad , y se mejorará en gran medida por la expansión de nuestro intelecto a través de la fusión con la inteligencia no biológica . Los servicios personales se moverán en gran medida a los ambientes de realidad virtual , sobre todo cuando la realidad virtual comienza a abarcar a todos los sentidos.

### **Descentralización .**

Las próximas décadas verán una tendencia importante hacia la descentralización . Hoy tenemos plantas de energía altamente centralizadas y vulnerables y utilizamos los barcos y las líneas de combustible para el transporte de energía. El advenimiento de las pilas de combustible nanoingeniería y la energía solar permitirá a los recursos energéticos que se distribuyen masivamente y se integran en nuestra infraestructura. Fabricación MNT será altamente distribuida utilizando minifábricas nanofabricación baratos. La capacidad de hacer casi cualquier cosa con cualquier persona desde cualquier lugar en cualquier entorno de realidad virtual hará obsoletas las tecnologías centralizadas de edificios de oficinas y ciudades.

Con la versión 3.0 los organismos capaces de transformarse en diferentes formas a voluntad y nuestro cerebro en gran medida no biológicos Ya no está limitado a la arquitectura limitada que la biología nos ha dado , la cuestión de lo humano se someterá a un minucioso examen . Cada transformación descrita aquí no representa un salto repentino , sino una secuencia de muchos pasos pequeños . A pesar de la rapidez con que se están tomando estas medidas está acelerando , la aceptación general sigue generalmente rápidamente. Considere la posibilidad de nuevas tecnologías reproductivas como la fertilización in vitro , que eran controversial al principio, pero rápidamente se convirtió en ampliamente utilizado y aceptado. Por otro lado, el cambio siempre produce contraataques fundamentalistas y ludita , que se intensificará a medida que el ritmo de cambio se incrementa. Pero a pesar de aparente controversia , los beneficios abrumadores para la salud humana , la riqueza , la expresión , la creatividad y el conocimiento se convierten rápidamente evidente .

### **. . . clic en Reproducir**

La tecnología es una forma de organizar el universo para que las personas no tienen que experimentarlo. - Max Frisch , HOMO FABER

La vida es una aventura atrevida o nada - Helen Keller

El juego es más que otra versión de la obra y tiene un papel fundamental en la creación humana del conocimiento en todas sus formas . Un niño que juega con muñecas y bloques va adquiriendo conocimientos esencialmente mediante la creación

a través de su propia experiencia. La gente que juega con movimientos de baile están comprometidos en un proceso de creación colaborativa (considere a los niños en esquinas de las calles en los barrios más pobres de la nación que creó el break dance , que puso en marcha el movimiento hip-hop ). Einstein dejó a un lado su trabajo para la oficina suiza de patentes y participó en experimentos de la mente juguetona, lo que resulta en la creación de sus teorías perdurables de la relatividad especial y general. Si la guerra es el padre de la invención, a continuación, el juego es su madre.

Ya no hay una distinción clara entre los cada vez más sofisticados juegos de video y software educativo . The Sims 2, un juego lanzado en septiembre de 2004, utiliza caracteres AI basados en que tienen sus propias motivaciones e intenciones. Sin guiones preparados los personajes se comportan de manera impredecible, con la línea de la historia que surge de sus interacciones. Aunque se considera un juego, que ofrece a los jugadores conocimientos sobre desarrollo de la conciencia social. Del mismo modo los juegos que simulan los deportes con el juego cada vez más realista imparten habilidades y la comprensión .

Por la década de 2020 , la realidad virtual de inmersión total será un gran patio de recreo de los entornos y experiencias convincentes . Inicialmente VR tendrá ciertas ventajas en términos de permitir la comunicación con los demás en la participación maneras a través de largas distancias y con una gran variedad de ambientes entre los que elegir . A pesar de los entornos no serán totalmente convincente a primera , a finales de 2020 serán indistinguibles de la realidad real y participarán todos los sentidos , así como las correlaciones neurológicas de nuestras emociones. Al entrar en la década de 2030 no habrá una clara distinción entre el ser humano y la máquina, entre la realidad real y virtual, o entre el trabajo y el juego.

### **... en el destino inteligente del Cosmos : ¿Por qué es probable que estemos solos en el universo**

El universo no sólo es más extraño de lo que suponemos, sino más extraño de lo que podemos suponer. -J . B. S. HALDANE

¿Qué está haciendo el universo cuestionarse a través de uno de sus productos más pequeños ? -D . E. JENKINS , teólogo anglicano

¿Qué es la computación universo? Por lo que sabemos , no se está produciendo una respuesta a una sola pregunta .... En cambio, el universo está calculando sí . Funciona con software Modelo Estándar , el universo se calcula campos cuánticos , los productos químicos , las bacterias, los seres humanos , las estrellas y las galaxias. Como se calcula , que traza su propia geometría del espacio-tiempo a la máxima permitida por las leyes de la física precisa. Cálculo es la existencia.

- SETH LLOYD Y Y. JACK N 62

Nuestra visión ingenua del cosmos , que se remonta a los días pre - copernicana , era que la Tierra era el centro del universo y de la inteligencia humana su regalo más grande (después de Dios) . La vista reciente más informado es que, incluso si la

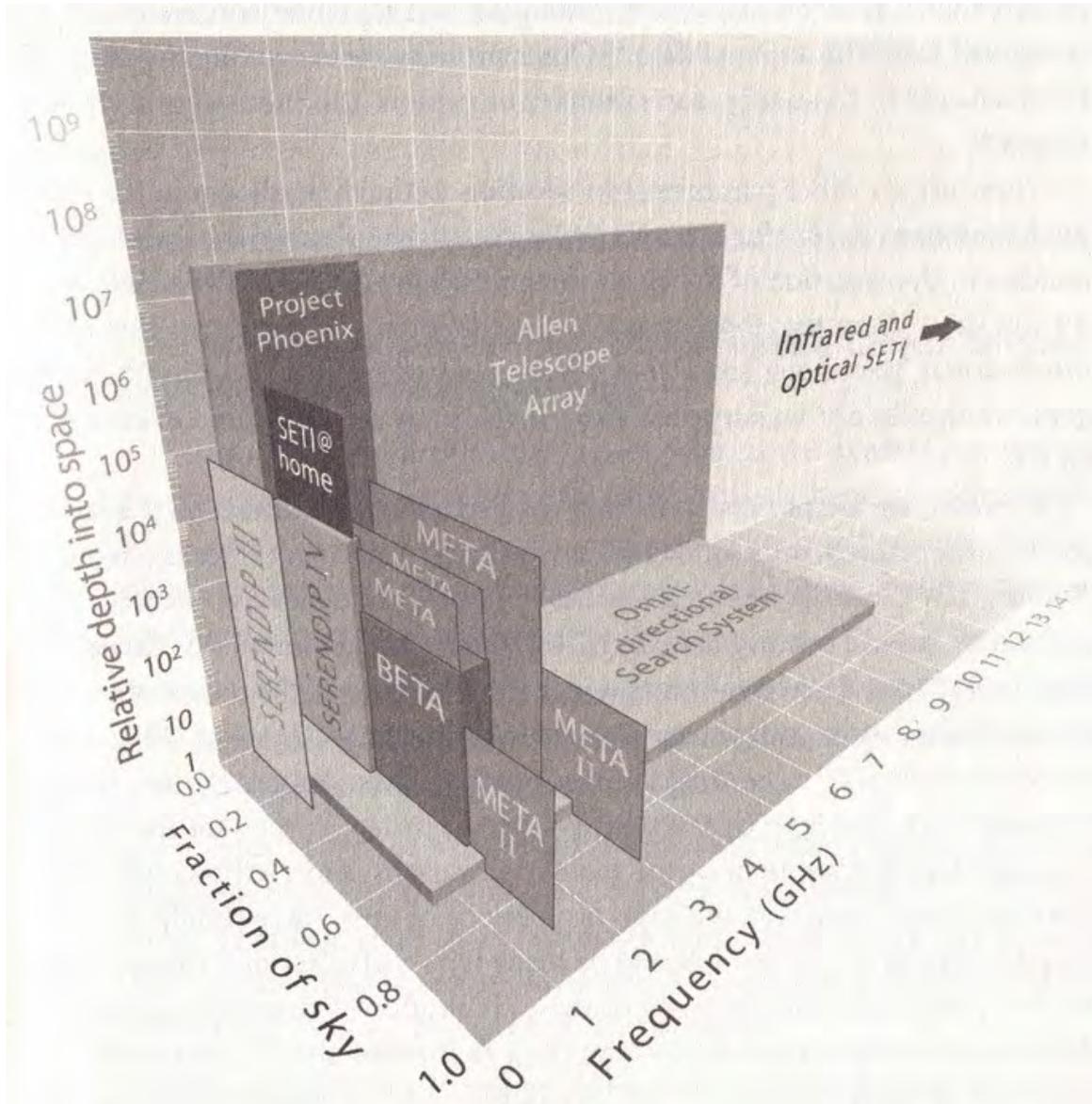
probabilidad de una estrella está teniendo un planeta con una especie de tecnología que crean es muy baja ( por ejemplo, una en un millón ) , hay tantas estrellas ( es decir, miles de millones de millones de millones de ellos), que no están obligados a ser muchos ( miles de millones o billones ) con tecnología avanzada.

Esta es la vista detrás de SETI , la Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre , y es el punto de vista informado común hoy en día . Sin embargo , hay razones para dudar de la " hipótesis de SETI " que ETI es frecuente.

En primer lugar , tenga en cuenta la opinión común de SETI. Las interpretaciones comunes de la ecuación de Drake (ver abajo) llegan a la conclusión de que hay muchos ( como en miles de millones ) de ETL en el universo , miles o millones en nuestra galaxia. Hemos examinado sólo una pequeña porción de la pajar (el universo), por lo que nuestro fracaso hasta la fecha para encontrar la aguja (una señal de ETI) no debe ser considerado desalentador. Nuestros esfuerzos para explorar el pajar están ampliando .

El siguiente diagrama de Sky & Telescope ilustra el alcance del proyecto SETI trazando la capacidad de los diversos esfuerzos de exploración en contra de tres parámetros principales : distancia de la Tierra , la frecuencia de transmisión, y la fracción de la sky.<sup>63</sup>

( diagrama, se explica por el texto que lo rodea )



La parcela incluye dos sistemas futuros. El Allen Telescope Array, llamado así por el cofundador de Microsoft Paul Allen, se basa en el uso de muchos platos de escaneo pequeños en lugar de uno o un pequeño número de grandes platos, con treinta y dos de los platos programados para estar en línea en todo su 2005. When 350 platos están en funcionamiento (proyectado en 2008), será equivalente a un plato de 2 ½ acres (10.000 metros cuadrados). Será capaz de escuchar hasta a 100 millones de canales de frecuencia simultáneamente, y capaz de cubrir todo el espectro de las microondas. Una de sus tareas será destinado para escanear millones de estrellas en nuestra galaxia. El proyecto se basa en la computación inteligente que puede extraer las señales muy precisas de muchas de bajo costo dishes.<sup>64</sup>

La Universidad Estatal de Ohio está construyendo el sistema de búsqueda omnidireccional, que se basa en la computación inteligente para interpretar las señales de una gran variedad de antenas simples. Utilizando los principios de la

interferometría ( el estudio de cómo las señales interfieren entre sí ) , una imagen de alta resolución de todo el cielo se puede calcular a partir de la antena data.<sup>65</sup> Otros proyectos se están expandiendo la gama de frecuencia electromagnética , por ejemplo, para explorar la infrarrojos y ópticos ranges.<sup>66</sup>

Hay otros seis parámetros , además de los tres que se muestran en la tabla de la página anterior - para ejemplo , la polarización ( el plano del frente de onda en relación a la dirección de las ondas electromagnéticas ) . Una de las conclusiones que podemos extraer de la gráfica anterior es que sólo muy finas rebanadas de este " espacio de parámetros " de nueve dimensiones han sido exploradas por SETI. Por lo tanto, según este razonamiento , no debemos sorprendernos de que todavía no hemos descubierto evidencia de una inteligencia extraterrestre .

Sin embargo , no sólo estamos buscando una sola aguja . En base a la ley de los retornos acelerados , una vez que una ETI alcanza tecnologías mecánicas primitivas , que está a sólo un par de siglos antes de llegar a la gran capacidad que he proyectado para el siglo XXII en la Tierra. Astrónomo ruso NS Kardashev describe una civilización " Tipo II" como uno que ha aprovechado el poder de su estrella para la comunicación con la radiación electromagnética ( aproximadamente  $4 \times 10^{26}$  watts , en base a nuestro sol ) .<sup>67</sup> Según mis proyecciones ( véase el capítulo 3 ) , nuestra civilización alcanzará ese nivel en el siglo XXII . Dado que el nivel de desarrollo tecnológico de las muchas civilizaciones proyectadas por muchos teóricos de SETI debe extenderse a lo largo de extensos períodos de tiempo , no debe haber muchos en gran medida por delante de nosotros. Así que debe haber muchas civilizaciones de tipo II. De hecho , ha habido tiempo suficiente para que algunas de estas civilizaciones que han colonizado las galaxias y lograr de Kardashev Tipo III : una civilización que ha aprovechado la energía de la galaxia ( aproximadamente  $4 \times 10^{37}$  watts , con base en nuestra galaxia) . Incluso una sola civilización avanzada debe ser emisores de miles de millones o billones de "agujas" , es decir , las transmisiones que representan a un gran número de puntos en el espacio de parámetros SETI como artefactos y efectos secundarios de los procesos de información innumerables.

Incluso con las rebanadas finas del espacio de parámetros escaneados por el proyecto SETI hasta la fecha, que sería difícil que se pierda una civilización de tipo II , por no hablar de un tipo III . Si luego factor en la expectativa de que debe haber un gran número de estas civilizaciones avanzadas , es extraño que no los hemos visto. Esa es la paradoja de Fermi.

### **La Ecuación de Drake.**

La búsqueda SETI ha estado motivada en gran parte por la ecuación del astrónomo Frank Drake 1961 para estimar el número de inteligente (o , más precisamente , de transmisión por radio ) civilizaciones en nuestra galaxy.<sup>68</sup> (Presumiblemente, el mismo análisis podría pertenecer a otras galaxias ) Tenga en cuenta la hipótesis de SETI desde la perspectiva de la fórmula de Drake , que establece:

El número de radio-ransmisión civilizaciones =  $N \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times f_l$

**donde:**

$N$  = el número de estrellas en la galaxia de la Vía Láctea. Las estimaciones actuales son alrededor de 100 mil millones ( $10^{11}$ ).

$f_p$  = la fracción de estrellas que se orbitan planetas. Las estimaciones actuales van desde alrededor de 20 % a 50 % .

$n_e$  : Por cada estrella con planetas en órbita , ¿cuál es el número promedio de planetas capaces de albergar vida ? Este factor es muy controvertida . Algunas estimaciones son uno o más alto ( es decir, cada estrella con planetas tiene , en promedio, al menos un planeta que pueda sostener la vida ) a factores mucho más bajos , tales como uno en mil o incluso menos .

$f_i$  : Para cada planeta en el que se desarrolla la vida , ¿cuál es la fracción en la que evoluciona vida inteligente ?  $f_l$  y  $f_i$  son los factores más controvertidos en la ecuación de Drake. Una vez más , las estimaciones van de casi 100 por ciento ( es decir, una vez que la vida se vuelve un punto de apoyo , la vida inteligente es asegurarse de seguir ) a cerca del 0 por ciento ( es decir, la vida inteligente es muy raro) .

$f_l$  = Para los planetas capaces de albergar vida , por lo que parte de ellos hace la vida realmente evolucionar ? Las estimaciones son allover el mapa , a partir de aproximadamente el 100 por ciento a aproximadamente 0 por ciento .

$f_c$  = Para cada planeta con vida inteligente , ¿cuál es la fracción que se comunica con las ondas de radio ? Las estimaciones para  $f_c$  tienden a ser más altos que para  $f_l$  y  $f_i$  , basado en el razonamiento (sensible ) que una vez que una especie inteligente , es probable que el descubrimiento y el uso de la comunicación por radio .

$f_L$  = la fracción de la vida del universo en el que una civilización comunicarse media se comunica con la radio waves.<sup>69</sup> Si tomamos nuestra civilización como un ejemplo, hemos estado en comunicación con las transmisiones de radio de unos cien años de los cerca de diez a veinte mil millones de años de historia del universo , por lo que  $f_L$  para la Tierra es de aproximadamente  $10^{-8}$  hasta el momento. Si continuamos la comunicación con ondas de radio para, por ejemplo , otros 900 años , el factor sería entonces  $10^{-7}$ . Este factor se ve afectada por una serie de consideraciones . Si una civilización se destruye debido a es incapaz de manejar el poder destructivo de las tecnologías que pueden tender a desarrollar , junto con la comunicación de radio (como la fusión nuclear o la nanotecnología de auto -replicantes), entonces las transmisiones de radio cesarían . Hemos visto las civilizaciones de la Tierra ( los mayas , por ejemplo ) de repente terminar sus sociedades organizadas y actividades científicas (aunque preradio ) . Por otro lado, parece poco probable que cada civilización sería terminar de esta manera , es probable que sea sólo un factor modesto en la reducción del número de de radio con capacidad de destrucción civilizaciones tan repentino .

Un problema más sobresaliente es que de civilizaciones progresan de electromagnético ( es decir , la radio ) transmisiones a los medios más capaces de comunicar. Aquí en la Tierra nos estamos moviendo rápidamente de las transmisiones

de radio a los cables , utilizando cable y fibra óptica para la comunicación a larga distancia. Así que pese a los enormes aumentos de ancho de banda global de comunicación , la cantidad de información electromagnética enviado al espacio desde nuestro planeta, sin embargo, ha mantenido bastante estable durante la última década. En cambio sí tenemos medios de comunicación inalámbrica (por ejemplo , los teléfonos celulares y los nuevos protocolos de Internet inalámbricos, como el estándar WiMAX emergentes) aumentando. En lugar de cables de uso, la comunicación puede depender exótica medios, tales como las ondas de gravedad . Sin embargo , incluso en este caso, si bien se entiende la electromagnética de la comunicación ya no puede ser la vanguardia de la tecnología de la comunicación de un ETL, es probable que continúe a ser utilizado por lo menos algunas aplicaciones (en todo caso, fl tiene en cuenta la posibilidad de que una civilización se detendría tales transmisiones ) .

Es claro que la ecuación de Drake contiene muchos imponderables . Muchos defensores del SETI que lo han estudiado cuidadosamente argumentan que implica que debe haber un número significativo de radio- transmisión civilizaciones en nuestra galaxia . Por ejemplo , si asumimos que el 50 por ciento de las estrellas tienen planetas (  $f_p = 0.5$  ), que cada una de estas estrellas tiene un promedio de dos planetas capaz de mantener la vida (  $n_e = 2$  ), que en medio de estos la vida planetas en realidad ha evolucionado (  $f_l = 0,5$  ), que la mitad de estos planetas ha evolucionado la vida inteligente (  $f_i = 0,5$  ), que la mitad de ellos son capaces de radio - (  $f_c = 0,5$  ), y que la civilización de radio con capacidad media ha sido difusión por un millón de años (  $f_L = 4.10$  ), la ecuación de Drake nos dice que hay 1.250.000 civilizaciones de radio con capacidad de nuestra galaxia. Por ejemplo, astrónomo del Instituto SETI , Seth Shostak , estima que hay diez mil a un millón de planetas en la Vía Láctea que contiene una radiodifusión civilization.<sup>70</sup>

Carl Sagan estimó en torno a un millón en la galaxia, y Drake estima alrededor de las diez thousand.<sup>71</sup>

Sin embargo, los parámetros anteriores son sin duda muy alta . Si hacemos suposiciones más conservadoras de la dificultad de la evolución de la vida y de la vida inteligente en particular , se obtiene un resultado muy diferente . Si asumimos que el 50 por ciento de las estrellas tienen planetas (  $f_p = 0,5$  ), que sólo una décima parte de estas estrellas tienen planetas capaces de sostener la vida (  $n_e = 0,1$  sobre la base de la observación de que las condiciones de vida de apoyo no son tan prevalente), que en 1 por ciento de estos planetas en realidad la vida ha evolucionado (  $f_l = 0,01$  sobre la base de la dificultad de la vida a partir de una planeta ) , que 5 por ciento de estos planetas con vida en evolución han evolucionado la vida inteligente (  $f_i = 0,05$  , basado en el muy largo período de tiempo este tomó en la Tierra ) , que la mitad de ellos son capaces de radio - (  $f_c = 0,5$  ), y que la civilización de radio con capacidad promedio ha estado transmitiendo durante diez mil años (  $f_L = 10^{-6}$  ), la ecuación de Drake nos dice que no se trata de una ( 1,25 para ser exactos) de radio con capacidad de civilización en la Vía Láctea. Y ya sabemos de uno.

Al final , es difícil hacer un argumento de peso a favor o en contra de ETI sobre la base de esta ecuación. Si la fórmula de Drake nos dice algo, es la extrema incertidumbre de nuestras estimaciones. Lo que sí sabemos , por ahora, sin embargo, es que el cosmos parece no decir nada - que hemos detectado ninguna evidencia convincente de las transmisiones de la ETI. El supuesto detrás de SETI es que la vida inteligente y la vida es tan frecuente que debe haber millones, si no miles de millones de radios con capacidad de civilizaciones en el universo ( o por lo menos dentro de nuestra esfera de luz , que se refiere a las civilizaciones de radiodifusión que enviaban ondas de radio lo suficientemente temprano para llegar a la Tierra por hoy) . Ni uno solo de ellos , sin embargo , se ha hecho evidente que nuestros esfuerzos de SETI hasta el momento. Así que vamos a considerar la hipótesis de SETI básica sobre el número de radios con capacidad de civilizaciones desde la perspectiva de la ley de los retornos acelerados . Como ya hemos comentado , un proceso evolutivo acelera intrínsecamente . Por otra parte , la evolución de la tecnología es mucho más rápido que el proceso evolutivo relativamente lento que da lugar a una especie tecnología - creando en primer lugar . En nuestro caso, hemos pasado de un pre - electricidad, la sociedad computerless que los caballos utilizados como el más rápido de transporte terrestre a las tecnologías informáticas y de comunicaciones sofisticados que tenemos hoy en sólo 200 años . Mis proyecciones muestran , como ya se señaló, que dentro de un siglo nos multiplicaremos nuestra inteligencia por trillones de trillones . Tan sólo 300 años habrá sido necesario que nos llevará desde los primeros indicios de las tecnologías mecánicas primitivas a una gran expansión de nuestra inteligencia y capacidad de comunicación. Por lo tanto , una vez que crea una especie de electrónica y tecnología suficientemente avanzada para transmisiones de radio del haz , es sólo cuestión de un número modesto de los siglos para que se expanda enormemente los poderes de su inteligencia.

Los tres siglos esto ha tenido en la Tierra es un muy breve período de tiempo en una escala cosmológica , dado que la edad del universo se estima en trece-catorce mil millones years.<sup>72</sup> Mi modelo implica que una vez que una civilización alcanza nuestro nivel de transmisión por radio , no lleva más de un siglo - dos a lo sumo - de lograr una civilización de tipo II . Si aceptamos la hipótesis de SETI subyacente que hay muchos miles, si no millones, de la radio con capacidad de civilizaciones en nuestra galaxia - y por lo tanto miles de millones dentro de nuestra esfera de luz en el universo, estas civilizaciones debe existir en diferentes etapas a lo largo de millones de años de desarrollo. Algunos podrían haber quedado atrás , y algunos podrían estar por delante . No es creíble que cada una de las civilizaciones que son más avanzados que nosotros va a ser sólo unas décadas antes . La mayoría de los que están por delante de nosotros estar a la cabeza de millones , si no miles de millones de años .

Sin embargo, desde un período de sólo unos pocos siglos es suficiente para el progreso de la tecnología mecánica a la gran explosión de información y comunicación de la Singularidad , bajo el supuesto de SETI no debe haber miles de millones de civilizaciones en nuestra esfera de luz ( miles de millones en nuestra galaxia ) cuya tecnología está por delante de nosotros en un grado inimaginable. Al menos en algunos debates sobre el proyecto SETI , vemos el mismo tipo de

pensamiento lineal que se respira en cualquier otro campo , los supuestos que las civilizaciones van a llegar a nuestro nivel de tecnología, y que la tecnología se marcha de ese momento muy gradualmente durante miles si no millones de años . Sin embargo, el salto de los primeros movimientos de la radio a los poderes que van más allá de una mera civilización de tipo II toma sólo unos pocos cientos de años. Así que el cielo debe ser en llamas con transmisiones inteligentes.

Sin embargo, los cielos son tranquilos . Es extraño y fascinante que nos encontramos con el cosmos tan silencioso . Como Enrico Fermi preguntó en el verano de 1950 : "¿Dónde está todo el mundo ? " <sup>73</sup> Una civilización suficientemente avanzada no sea susceptible de restringir sus transmisiones a las señales sutiles de frecuencias oscuras. ¿Por qué son todas las ETI tan tímido ?

Ha habido intentos para responder a la llamada Paradoja de Fermi (que , concedido , es una paradoja sólo si se aceptan los parámetros optimistas que la mayoría de los observadores se aplican a la ecuación de Drake ) . Una respuesta común es que una civilización puede destruir en sí una vez que se alcanza la capacidad de radio. Esta explicación podría ser aceptable si estábamos hablando de sólo unos pocos de tales civilizaciones , pero con los supuestos SETI comunes que implica miles de millones de ellos, no es verosímil creer que cada uno de ellos destruyó a sí misma .

Otros argumentos se ejecutan a lo largo de la misma línea . Tal vez "ellos" han decidido no molestarnos ( dado lo primitivo que somos) y sólo nos están observando en silencio ( una directriz ética que será familiar para los fans de Star Trek ) . Una vez más, es difícil de creer que cada uno de esas civilizaciones de los miles de millones que deben existir ha tomado la misma decisión . O, tal vez , han pasado a más paradigmas de comunicación capaces . Yo creo que los métodos de comunicación más capaces que las ondas electromagnéticas , incluso de muy alta frecuencia de los - es probable que sean factibles y que una civilización avanzada (por ejemplo, que se convertirá en el próximo siglo ) es probable que se descubra y explotarlos. Pero es muy poco probable que no habría absolutamente ningún papel a la izquierda para las ondas electromagnéticas , como un subproducto de otros procesos tecnológicos , en cualquiera de estos muchos millones de civilizaciones .

Dicho sea de paso , esto no es un argumento en contra el valor del proyecto SETI , que debería tener una alta prioridad , debido a que el hallazgo negativo no es menos importante que un resultado positivo .

### **Los límites de la Computación Revisited .**

Vamos a considerar algunas implicaciones adicionales de la ley de la aceleración de rendimiento de la inteligencia en el cosmos . En el capítulo 3 me referí a la laptop fría última y estimó la capacidad computacional óptimo de un equipo de un kilogramo de un litro a alrededor de 1.042 cps , que es suficiente para realizar el equivalente de diez mil años de pensamiento de los diez mil millones de cerebros humanos en diez microsegundos . Si permitimos que una gestión más inteligente de la energía y el calor , el potencial en un kilogramo de la materia para calcular puede ser tan alta

como  $10^{50}$  cps .

Los requisitos técnicos para lograr capacidades computacionales en este rango son desalentadores , pero como ya he señalado , el experimento mental adecuada, es considerar la gran capacidad de ingeniería de una civilización con  $10^{42}$  cps por kilogramo , no la limitada capacidad de la ingeniería de los seres humanos en la actualidad. Una civilización a  $10^{42}$  cps es probable que encontrar la manera de llegar a  $10^{43}$  cps y luego a  $10^{44}$  y así sucesivamente. (De hecho, podemos hacer el mismo argumento en cada paso para llegar a la siguiente.)

Una vez que la civilización llega a estos niveles es evidente que no va a restringir su cálculo para un kilogramo de materia , al igual que lo hacemos hoy. Vamos a considerar lo que nuestra civilización puede lograr con la masa y la energía en nuestra propia vecindad. La Tierra contiene una masa de aproximadamente  $6 \times 10^{24}$  kilogramos . Júpiter tiene una masa de aproximadamente  $1,9 \times 10^{27}$  kilogramos. Si ignoramos el hidrógeno y el helio , tenemos alrededor de  $1,7 \times 10^{26}$  kilogramos de materia en el sistema solar , sin incluir el sol (que al final es también juego justo). El sistema solar en general , que está dominado por el sol, tiene una masa de unos  $2 \times 10^{30}$  kilogramos. Como el análisis del límite superior crudo, si aplicamos la masa del sistema solar a  $10^{50}$  nuestra estimación del límite de la capacidad de cómputo por kilogramo de materia (en base a los límites establecidos para nanocomputación ), se obtiene un límite de  $10^{80}$  cps para la computación en nuestra " vecindad " .

Obviamente, hay consideraciones prácticas que puedan ofrecer dificultad para llegar a este tipo de límite superior. Pero incluso si dedicamos una vigésima parte del 1 por ciento (  $0,0005$  ) de la materia del sistema solar a los recursos computacionales y de comunicación , tenemos la capacidad de  $1.069$  cps para la computación "en frío " y  $10^{77}$  cps para "hot " computing.<sup>74</sup>

Estimaciones de ingeniería se han hecho para la computación en estas escalas que tengan en cuenta los requisitos de diseño complejos, como el uso de energía , disipación de calor , la velocidad de comunicación interna , la composición de la materia en el sistema solar, y muchos otros factores . Estos diseños utilizan la computación reversible , pero como ya he señalado en el capítulo 3 , que todavía tienen que considerar las necesidades de energía para la corrección de errores y la comunicación de los resultados . En un análisis realizado por el neurocientífico computacional Anders Sandberg , la capacidad computacional de un "objeto" de cálculo del tamaño de la Tierra llamado Zeus era reviewed.<sup>75</sup> El diseño conceptual de este equipo " en frío" , que consta de unos  $10^{25}$  kilogramos de carbono (alrededor de 1,8 veces la masa de la Tierra ) en forma de diamondoid consta de  $5 \times 10^{37}$  nodos de cómputo , cada uno de los cuales utiliza extensa de procesamiento en paralelo . Zeus proporciona una máxima estimada de  $1.061$  cps de computación o , si se utiliza para el almacenamiento de datos,  $1.047$  bits. Un factor limitante principal para el diseño es el número de borrados bits permitidos ( se permite hasta  $2,6 \times 10^{32}$  borraduras bits por segundo) , que se utilizan principalmente para corregir los errores de los rayos cósmicos y cuántica efectos .

En 1959 astrofísico Freeman Dyson propone un concepto de conchas curvadas alrededor de una estrella como una forma de proporcionar tanto energía y hábitats para una civilización avanzada . Una concepción de la Esfera Dyson es, literalmente, una esfera delgada alrededor de una estrella de reunir energía.<sup>76</sup> La vida de la civilización en la esfera, y desprende calor (energía infrarroja ) fuera de la esfera (lejos de la estrella). Otra versión ( y más práctico ) de la Esfera Dyson es una serie de conchas curvadas , cada una de que bloquea sólo una parte de la radiación de la estrella . De esta manera Shells Dyson pueden ser diseñados para tener ningún efecto en los planetas existentes, en particular aquellos que, como la Tierra , que albergan una ecología que debe ser protegido .

Aunque Dyson propuso su concepto como un medio de proporcionar grandes cantidades de espacio y energía para una civilización biológica avanzada, también se puede utilizar como la base para los ordenadores estrella escala . Tales depósitos Dyson podrían orbitar el Sol sin afectar a la luz solar que llega a la Tierra .

Dyson imaginaba criaturas biológicas inteligentes que viven en las conchas o esferas , pero desde que la civilización se mueve rápidamente hacia la inteligencia no biológica una vez que se descubre la computación , no habría ninguna razón para rellenar las conchas con humanos biológicos.

Otro refinamiento del concepto de Dyson es que el calor irradiado por un proyectil podría ser capturado y utilizado por una concha en paralelo que se coloca en una posición más lejos del sol. Acertadamente Informático Robert Bradbury puntos señala que podría haber cualquier número de tales capas y se propone un equipo llamado "cerebro Matrioshka ", organizado como una serie de conchas anidadas alrededor del sol o de otra estrella. Un diseño de este tipo conceptual analizado por Sandberg se llama Urano , que está diseñado para utilizar el 1 por ciento de las que no son hidrógeno , masa nonhelium en el sistema solar (no incluyendo el sol), o alrededor de  $10^{24}$  kilos , un poco más pequeño que Zeus.<sup>77</sup> Uranos proporciona alrededor  $10^{39}$  nodos de cómputo, se estima que  $10^{51}$  cps de computación , y cerca de  $10^{52}$  pedazos de almacenamiento.

Computación ya es una amplia distribución - en lugar de centralizada de los recursos , y mi expectativa es que la tendencia va a continuar hacia una mayor descentralización Sin embargo, como nuestra civilización se aproxima a las densidades de cálculo previstos anteriormente, es probable que la distribución de la gran número de procesadores tienen características de estos diseños conceptuales. Por ejemplo , la idea de conchas Matrioshka sería aprovechar al máximo la energía solar y la disipación de calor. Tenga en cuenta que se lograrán los poderes computacionales de estos equipos solares a escala del sistema, según mis proyecciones , en el capítulo 2, a finales de este siglo.

### **Más grande o más pequeño.**

Dado que la capacidad de cálculo de nuestro sistema solar se encuentra en el rango de  $10^{70}$  a  $10^{80}$  cps , vamos a llegar a esos límites a principios del siglo XXII , según

mis proyecciones. La historia de la computación nos dice que el poder de cómputo se amplía tanto hacia el interior y hacia el exterior. Durante las últimas décadas hemos sido capaces de colocar el doble de elementos computacionales (transistores) en cada chip de circuito integrado sobre cada dos años, lo que representa un crecimiento hacia dentro (hacia mayores densidades de cálculo por kilogramo de la materia). Pero también nos estamos expandiendo hacia el exterior, ya que el número de fichas está expandiéndose (en la actualidad) a una tasa de alrededor del 8,3 % al año.<sup>78</sup> Es razonable esperar que los dos tipos de crecimiento continúe, y para la tasa de crecimiento hacia afuera para aumentar significativamente una vez que nos acercamos a los límites del crecimiento hacia adentro (con circuitos tridimensionales)

Por otra parte, una vez que nos topamos con los límites de la materia y la energía en nuestro sistema solar para apoyar la expansión de la computación, no tendremos más remedio que ampliar hacia el exterior como la principal forma de crecimiento. Hemos hablado antes de la especulación de que las escalas más finas de la computación podría ser viable - en la escala de las partículas subatómicas. Este pico- o femtotechnology permitirían un crecimiento continuo de la computación por la continua disminución de los tamaños de la característica. Incluso si esto es factible, sin embargo, no es probable que sean grandes dificultades técnicas en el dominio de cálculo subnanoscale, por lo que la presión para expandir hacia el exterior permanecerá.

### **Ampliación Más allá del sistema solar .**

Una vez que nosotros ampliamos nuestra inteligencia más allá del sistema solar, en qué porcentaje va suceder esto? La expansión no arranca a la velocidad máxima, sino que alcanzar rápidamente una velocidad dentro de un ínfimo cambio de la velocidad máxima (velocidad de la luz o más). Algunos críticos se han opuesto a esta idea, insistiendo en que sería muy difícil enviar a la gente (o los organismos avanzados de cualquier otra civilización ETI) y el equipo casi a la velocidad de la luz, sin aplastarlas. Por supuesto, podríamos evitar este problema, acelerando poco a poco, pero otro problema sería colisiones con material interestelar. Pero, de nuevo, esta objeción no alcanza del todo el punto de la naturaleza de la inteligencia en esta etapa del desarrollo. Primeras ideas sobre la propagación de la ETI a través de la galaxia y el universo se basa en la migración y los patrones de colonización de nuestra historia humana y básicamente participan enviando asentamientos de seres humanos (o, en el caso de otras civilizaciones ETI, organismos inteligentes) a otros sistemas estelares. Esto permitiría que se multipliquen a través de la reproducción biológica normal y luego siguen extendiéndose de igual manera, a partir de ahí.

Pero como hemos visto, a finales de esta inteligencia no biológica siglo en la Tierra habrá muchos miles de millones de veces más potente que la inteligencia biológica, por lo que el envío de seres humanos biológicos en esa misión no tendría sentido. Lo mismo sería cierto para cualquier otra civilización ETI. Esto no es simplemente una cuestión de seres humanos biológicos enviar sondas robóticas. La civilización humana en ese momento será no biológica a todos los efectos prácticos.

Estos centinelas no biológicos no tienen que ser muy grande y , de hecho, estaría integrado principalmente información. Es cierto , sin embargo, que sólo el envío de la información no es suficiente , por algún dispositivo basado en los materiales que pueden tener un impacto físico en otros sistemas planetarios en estrellas y debe estar presente . Sin embargo , sería suficiente para que las sondas que nanobots autorreplicantes ( tenga en cuenta que un nanobot tiene características a nanoescala , pero que el tamaño total de un nanobot se mide en micras ) <sup>79</sup> Podríamos enviar enjambres de muchos miles de millones de ellos, con un poco de de estas "semillas" que toman raíz en otro sistema planetario y luego replicación mediante la búsqueda de los materiales apropiados, tales como carbono y otros elementos necesarios , y la construcción de copias de sí mismos .

Una vez establecida, la colonia nanobot podría obtener la información adicional que necesita para optimizar su inteligencia de transmisiones de información pura que implican sólo la energía, no importa, y que se envían a la velocidad de la luz. A diferencia de grandes organismos como los seres humanos , estos nanobots , siendo muy pequeña , podrían viajar a velocidades cercanas a la de la luz. Otro escenario sería la de prescindir de las transmisiones de información e incrustar la información necesaria en la propia memoria nanobots '. Esa es una decisión de ingeniería que podemos dejar a las futuras superengineers .

Los archivos de software podrían ser repartidos entre los miles de millones de dispositivos. Una vez que uno o unos pocos de ellos consiguen un " punto de apoyo " de auto-replicantes en un destino , el sistema mucho más grande ahora puede recoger los nanobots que viajan en los alrededores para que a partir de ese momento, la mayor parte de los nanobots enviados en esa dirección no simplemente volar. De esta manera , la colonia ahora establecido puede recoger la información , así como los recursos computacionales distribuidos , que necesita para optimizar su inteligencia .

### **La velocidad de la luz Revisited .**

De esta manera la velocidad máxima de expansión de un sistema de inteligencia de tamaño solar ( es decir, una civilización de tipo II ) en el resto del universo sería muy cerca de la velocidad de la luz . Actualmente entendemos la velocidad máxima de transmisión de objetos de información y materiales para ser la velocidad de la luz , pero hay por lo menos las sugerencias de que esto no puede ser un límite absoluto .

Tenemos que considerar la posibilidad de eludir la velocidad de la luz como especulativa , y mis proyecciones de los cambios profundos que nuestra civilización se someterá en este siglo no hacemos ninguna de esas hipótesis . Sin embargo , el potencial para diseñar alrededor de este límite tiene implicaciones importantes para la velocidad con la que vamos a ser capaces de colonizar el resto del universo con nuestra inteligencia.

Experimentos recientes han medido el tiempo de vuelo de los fotones en casi el doble de la velocidad de la luz , a raíz de la incertidumbre cuántica en su position.<sup>80</sup> Sin embargo , este resultado no es realmente útil para este análisis , ya que en realidad no

permiten que la información se comunicará más rápido que la velocidad de la luz , y están fundamentalmente interesados en la velocidad de comunicación .

Otra sugerencia interesante de una acción a una distancia que parece ocurrir a velocidades mucho mayores que la velocidad de la luz es cuántica desenredo . Dos partículas creadas juntos pueden ser " cuánticos entrelazados " , que significa que mientras que una propiedad determinada (por ejemplo, la fase de su giro ) no se determina en cualquiera de partícula , la resolución de esta ambigüedad de las dos partículas se producirá en el mismo momento . En otras palabras , si la propiedad no determinado se mide en una de las partículas , sino que también se determina como el mismo valor exacto en el mismo instante en la otra partícula , incluso si los dos han viajado muy separados . Hay un aspecto de algún tipo de enlace de comunicación entre las partículas .

Este desenredo cuántica se ha medido en muchas veces la velocidad de la luz , lo que significa que la solución del estado de una partícula aparece para resolver el estado de la otra partícula en una cantidad de tiempo que es una pequeña fracción del tiempo que tomaría si el la información se transmite de una partícula a la otra a la velocidad de la luz ( en teoría, el lapso de tiempo es cero) . Por ejemplo , el Dr. Nicolas Gisin de la Universidad de Ginebra envió fotones cuántica - enredadas en direcciones opuestas a través de fibras ópticas a través de Ginebra . Cuando los fotones de siete millas de distancia, cada uno de ellos encontraron una placa de vidrio. Cada fotón tuvo que " decidir " si pasar a través de o rebotan en la placa (que experimentos anteriores con fotones entrelazados no cuánticos han demostrado ser una elección al azar ) . Sin embargo, debido a que los dos fotones eran cuánticos entrelazados , hicieron la misma decisión en el mismo momento . Muchas repeticiones siempre lo idéntico result.<sup>81</sup>

Los experimentos absolutamente no han descartado la explicación de una variable oculta , es decir, un estado no se puede medir de cada partícula que está en fase (se establece en el mismo punto en un ciclo ) , de modo que cuando se mide una partícula ( por ejemplo , tiene que decidir su camino a través de o fuera de una placa de vidrio), el otro tiene el mismo valor de esta variable interna . Así que la " elección " es generado por un ajuste idéntico de esta variable oculta , en lugar de ser el resultado de la comunicación real entre las dos partículas . Sin embargo, la mayoría de los físicos cuánticos rechazan esta interpretación.

Sin embargo, incluso si aceptamos la interpretación de estos experimentos, que indica un vínculo cualitativo entre las dos partículas , la comunicación aparente se transmite sólo el azar ( profunda azar cuántico ) a velocidades mucho mayores que la velocidad de la luz , la información no predeterminado, tal como los bits en un archivo . Esta comunicación de las decisiones al azar cuántica para diferentes puntos en el espacio podría tener valor, sin embargo , en aplicaciones tales como proporcionar códigos de cifrado . Dos lugares diferentes puedan recibir la misma secuencia aleatoria , lo que podría ser utilizado por un solo lugar para cifrar un mensaje y por el otro a descifrarlo No sería posible para cualquier otra persona a escuchar a escondidas en el código de cifrado sin destruir el entrelazamiento cuántico y de ese modo ser

detectado. Ya existen productos comerciales que incorporan encriptación este principio. Esta es una aplicación fortuita de la mecánica cuántica, debido a la posibilidad de que otra aplicación de la mecánica cuántica, computación cuántica, puede acabar con el método estándar de encriptación basado en factorizar números grandes (que la computación cuántica, con un gran número de qubits entrelazados, sería bueno).

Sin embargo, otro fenómeno más rápida que la de la velocidad de la luz es la velocidad con que las galaxias pueden alejarse el uno del otro, como resultado de la expansión del universo. Si la distancia entre dos galaxias es mayor de lo que se denomina la distancia de Hubble, entonces estas galaxias se alejan unas de otras a velocidad mayor que la de light.<sup>82</sup> Esto no viola la teoría especial de la relatividad de Einstein, ya que esta velocidad es causada por el espacio sí expansión en lugar de las galaxias se mueven a través del espacio. Sin embargo, tampoco nos ayuda a transmitir información a una velocidad más rápida que la velocidad de la luz.

### **Los agujeros de gusano .**

Hay dos conjeturas preliminares que sugieren formas de burlar la aparente limitación de la velocidad de la luz. El primero es el uso de agujeros de gusano - pliegues del universo en dimensiones más allá de las tres visibles. Esto en realidad no implican viajar a velocidades mayores que la velocidad de la luz sino que simplemente significa que la topología del universo no es el simple espacio de tres dimensiones que la física ingenua implica. Sin embargo, si los agujeros de gusano o pliegues en el universo están en todas partes, tal vez estos atajos nos permita llegar a todos lados rápidamente. O tal vez incluso podemos diseñar ellos.

En 1935 Einstein y el físico Nathan Rosen formulado puentes " Einstein- Rosen ", como una manera de describir los electrones y otras partículas en términos de pequeño espacio-tiempo tunnels.<sup>83</sup> En 1955 el físico John Wheeler describe estos túneles como " agujeros de gusano ", introducir el término de la primera time.<sup>84</sup> Su análisis de los agujeros de gusano mostró que sean plenamente compatibles con la teoría de la relatividad general, que describe el espacio como esencialmente curvada en otra dimensión.

En 1988 el Instituto de Tecnología de los físicos Michael Morris, Kip Thorne, y Uri Yurtsever California explicó con cierto detalle cómo estos agujeros de gusano podrían ser engineered.<sup>85</sup> En respuesta a una pregunta formulada por Carl Sagan se describen los requerimientos de energía para mantener los agujeros de gusano de diferentes tamaños abierto. También señalaron que en base a la fluctuación cuántica, llamado espacio vacío está continuamente generando pequeños agujeros de gusano del tamaño de las partículas subatómicas. Mediante la adición de energía y después de otros requisitos tanto de la física cuántica y la relatividad general dos campos que han sido muy difíciles de unificar), estos agujeros de gusano podrían ampliarse para permitir que los objetos más grandes que las partículas subatómicas que viajar a través de ellos. Envío de los seres humanos a través de ellos no sería imposible, pero muy difícil. Sin embargo, como he señalado anteriormente, en realidad sólo necesitamos

enviar nanobots además de información que pudieran pasar a través de agujeros de gusano se miden en micras en lugar de metros.

Thorne y su Ph.D. estudiantes Morris y Yurtsever también describieron un método coherente con la relatividad general y la mecánica cuántica, que los agujeros de gusano podrían establecer entre la Tierra y los lugares lejanos. Su técnica propuesta consiste en ampliar la generación espontánea , wormhole subatómica de tamaño a un tamaño mayor al añadir energía, entonces su estabilización mediante esferas superconductores en las dos bocas conectadas " agujero de gusano ". Después de que el agujero de gusano se expande y se estabilizó , uno de sus bocas ( entradas ) se transporta a otro lugar , mientras se mantiene su conexión a la otra entrada , que permanece en la Tierra .

Thorne ofreció el ejemplo de mover la entrada remota a través de una pequeña nave espacial a la estrella Vega , que es de veinte y cinco años luz de distancia. Al viajar a muy cerca de la velocidad de la luz , el viaje , según lo medido por los relojes de la nave , sería relativamente breve . Por ejemplo, si la nave viajaba a 99.995 por ciento de la velocidad de la luz , los relojes de la nave se mueva adelante por sólo tres meses. Aunque el tiempo para el viaje , medido en la Tierra, sería unos veinticinco años, el agujero de gusano estirada sería mantener el vínculo directo entre los lugares, así como los puntos en el tiempo de los dos lugares. Por lo tanto, aun cuando experimentó en la Tierra , se necesitarían sólo tres meses para establecer el vínculo entre la Tierra y Vega, debido a que los dos extremos del agujero de gusano mantendrían su relación de tiempo . Mejoras de ingeniería adecuados podrían permitir esos vínculos que se establezcan en cualquier parte del universo. Al viajar arbitrariamente cerca de la velocidad de la luz , el tiempo necesario para establecer un vínculo , tanto para las comunicaciones y el transporte a otros lugares en el universo , incluso los millones de millones de años luz de distancia, podría ser relativamente breve .

Matt Visser de la Universidad de Washington en St. Louis han sugerido mejoras en el concepto de Morris- Thorne - Yurtsever que proporcionan un ambiente más estable , que incluso podría permitir a los humanos viajan a través wormholes.<sup>86</sup> En mi opinión, sin embargo , esto no es necesario . En los proyectos de ingeniería de tiempo de esta escala podría ser factible, la inteligencia humana desde hace mucho tiempo ha sido dominado por su componente no biológico . Envío de dispositivos de auto-replicantes de escala molecular junto con el software será suficiente y mucho más fácil . Anders Sandberg estima que un agujero de gusano de un nanómetro podría transmitir un formidable 1.069 bits por second.<sup>87</sup>

El físico David Hochberg y el punto de la Universidad de Vanderbilt Thomas Kephart que poco después del Big Bang, la gravedad era lo suficientemente fuerte como para haber proporcionado la energía necesaria para crear espontáneamente un número masivo de auto- estabilización wormholes.<sup>88</sup> Una parte significativa de estos agujeros de gusano es probable que estén en alrededor y puede ser generalizada , ofreciendo una vasta red de corredores que llegan a lo largo y ancho del universo. Podría ser más fácil de descubrir y utilizar estos agujeros de gusano naturales en lugar de crear otros

nuevos.

### **Cambio de la velocidad de la luz .**

La segunda conjetura es cambiar la velocidad de la luz misma . En el capítulo 3 , mencioné la conclusión de que parece indicar que la velocidad de la luz se ha diferenciado por 4,5 partes de 108 en los últimos dos millones de años.

En 2001 el astrónomo John Webb descubrió que la llamada constante de estructura fina varía cuando examinó la luz sesenta hasta ocho cuásares ( galaxias jóvenes muy brillantes) 0.89 La velocidad de la luz es una de las cuatro constantes que la constante de estructura fina comprende , por lo que el resultado es otra sugerencia de que las condiciones variables en el universo puede hacer que la velocidad de la luz a cambio. Cambridge University físico John Barrow y sus colegas están en el proceso de ejecución de un experimento de sobremesa de dos años que pondrá a prueba la capacidad de diseñar un pequeño cambio en la velocidad de light.<sup>90</sup>

Las sugerencias de que la velocidad de la luz puede variar son consistentes con las teorías recientes de que era significativamente mayor durante el período inflacionario del universo ( una fase temprana de su historia , cuando se sometió a la expansión muy rápida) . Estos experimentos muestran la posible variación en la velocidad de la luz claramente necesitan corroboración y muestran sólo pequeños cambios. Sin embargo, si se confirma, los resultados serían profundas, ya que es el papel de la ingeniería a tomar un efecto sutil y muy ampliada . Una vez más , el experimento mental que debemos realizar ahora no es si los científicos humanos contemporáneos , tales como somos, puede realizar estas obras de ingeniería , pero si una civilización humana que ha ampliado su inteligencia por trillones de trillones serán capaces de hacerlo.

Por ahora podemos decir que los niveles de ultra-altas de la inteligencia se expandirá hacia afuera a la velocidad de la luz, sin dejar de reconocer que nuestra comprensión actual de la física sugiere que esto puede no ser el límite real de la velocidad de expansión o , incluso si la velocidad de la luz demuestra ser inmutable, que este límite no puede restringir llegar a otros lugares rápidamente a través de los agujeros de gusano .

### **La Paradoja de Fermi Revisited .**

Recordemos que la evolución biológica se mide en millones y millones de años . Así que si hay otras civilizaciones por ahí , serían distribuidos en función del desarrollo de enormes espacios de tiempo . El supuesto SETI implica que debe haber miles de millones de ETI (entre todas las galaxias ) , por lo que debe haber miles de millones que se encuentran muy por delante de nosotros en su progreso tecnológico. Sin embargo, se tarda sólo unos pocos siglos , a contar desde el advenimiento de la computación de tales civilizaciones que se expanden hacia el exterior a menos velocidad de la luz . Teniendo en cuenta esto , ¿cómo puede ser que no les hemos

dado cuenta ? La conclusión a la que llego es que es probable ( aunque no seguro) que no existen las demás civilizaciones . En otras palabras , estamos a la cabeza. Así es, nuestra humilde civilización con sus camionetas , comida rápida, y conflictos persistentes ( y el cálculo !) Está a la cabeza en cuanto a la creación de la complejidad y el orden en el universo.

Ahora, ¿cómo puede ser eso? ¿No es muy poco probable , dado el gran número de posibles planetas habitados ? De hecho, es muy poco probable . Pero igualmente improbable es la existencia de nuestro universo , con su conjunto de leyes físicas y constantes físicas relacionadas , tan exquisitamente , exactamente lo que se necesita para la evolución de la vida sea posible. Pero por el principio antrópico , si el universo no permitió la evolución de la vida no estaríamos aquí para notarlo. Sin embargo, aquí estamos. Así que por un principio antrópico similares , aquí estamos a la cabeza en el universo. Una vez más, si no estuviéramos aquí , no estaríamos darse cuenta.

### **Veamos algunos argumentos en contra de este punto de vista .**

Quizás hay civilizaciones tecnológicas muy avanzadas por ahí , pero estamos fuera de su esfera de luz de la inteligencia. Es decir , no han llegado aún. Bueno, en este caso, SETI todavía no encuentran ETI porque no vamos a ser capaces de ver (o escuchar), al menos no a menos que y hasta que encontremos una manera de salir de nuestra esfera de luz (o la hace ETL so) mediante la manipulación de la velocidad de la luz o la búsqueda de atajos , como ya comenté anteriormente.

Tal vez ellos están entre nosotros, pero han decidido permanecer invisible para nosotros . Si han tomado esa decisión , es probable que tenga éxito en evitar que se note. Una vez más , es difícil de creer que cada ETL ha tomado la misma decisión.

John Smart ha sugerido en lo que él llama el escenario " Transcension " que una vez que las civilizaciones saturan su región local del espacio con su inteligencia , crean un nuevo universo (uno que permita la continuación del crecimiento exponencial de la complejidad y la inteligencia) y, esencialmente, dejan este universo. 91 inteligente sugiere que esta opción puede ser tan atractivo que es el resultado constante e inevitable de un ETL haber alcanzado una etapa avanzada de su desarrollo , y ello explica la paradoja de Fermi.

Por cierto, siempre he considerado la idea de la ciencia - ficción de grandes naves espaciales pilotados por criaturas enormes y blandas similares a nosotros que es muy poco probable. Seth Shostak comenta que " la probabilidad razonable es que cualquier inteligencia extraterrestre que detectaremos será la inteligencia artificial , la inteligencia no biológica como nosotros. " En mi opinión, esto no es simplemente una cuestión de seres biológicos envío de máquinas ( como hoy ), sino que cualquier civilización lo suficientemente sofisticados como para hacer el viaje hasta aquí se han pasado de largo el punto de fusión con su tecnología y no necesitaría envíe organismos físicamente voluminosos y equipos.

Si existen, ¿por qué vienen aquí ? Una misión sería para la observación - para reunir el conocimiento (del mismo modo que observamos otras especies en la Tierra hoy en día) . Otra sería la de buscar la materia y la energía para proporcionar soporte adicional para la expansión de la inteligencia . La inteligencia y el equipo necesario para tal exploración y expansión ( por un ETL, o por nosotros cuando llegemos a esa etapa de desarrollo ) sería muy pequeña , básicamente, nanobots y transmisiones de información.

Parece que nuestro sistema solar no se ha convertido en el ordenador de otra persona. Y si esto es sólo otra civilización nos observaba por el conocimiento y ha decidido permanecer en silencio , SETI no podrá encontrarlo, porque si una civilización avanzada no quiere darnos cuenta , sería tener éxito en ese deseo. Tenga en cuenta que tal civilización sería mucho más inteligente de lo que somos hoy. Tal vez se revelará a nosotros cuando alcanzamos el siguiente nivel de nuestra evolución , la fusión específicamente nuestros cerebros biológicos con nuestra tecnología , es decir , después de la Singularidad. Sin embargo , dado que el supuesto de SETI implica que hay miles de millones de tales civilizaciones altamente desarrolladas , parece poco probable que todos ellos han tomado la misma decisión de permanecer fuera de nuestro camino.

### **El Principio Antrópico Revisited .**

Nos llama la atención con dos posibles aplicaciones de un principio antrópico , una para los notables Biofriendly leyes de nuestro universo, y otro para la biología actual de nuestro planeta .

Consideremos en primer lugar el principio antrópico aplicado al universo con más detalle . La cuestión relativa al universo surge porque nos damos cuenta de que las constantes de la naturaleza son precisamente lo que se requiere para que el universo ha crecido en complejidad. Si la constante cosmológica , la constante de Planck, y las muchas otras constantes de la física se establecen en valores ligeramente diferentes , átomos , moléculas , estrellas, planetas , organismos, y los seres humanos no habría sido posible . El universo parece tener exactamente las reglas y las constantes adecuadas. ( La situación recuerda la observación de Steven Wolfram que ciertas reglas celular - autómatas [ vea el recuadro en la pág . 85 ] permitirá la creación de patrones muy complejos e imprevisibles , mientras que otras reglas conducen a patrones muy poco interesantes , tales como líneas alternas o simples triángulos en una configuración repetitiva o aleatoria.)

¿Cómo podemos explicar el notable diseño de las leyes y constantes de la materia y la energía en nuestro universo que han permitido el aumento de la complejidad que vemos en la evolución biológica y la tecnología ? Freeman Dyson comentó una vez que "el universo de alguna manera sabía que veníamos. " Complejidad teórico James Gardner describe la pregunta de esta manera :

Los físicos sienten que la tarea de la física es predecir lo que sucede en el laboratorio , y están convencidos de que la teoría de cuerdas , o la teoría M puede hacer esto .... Pero no tienen idea de por qué el universo debería ... tener el modelo estándar , con los valores de sus parámetros  $40 +$  que observamos . ¿Cómo puede alguien creer que algo tan sucio es la única predicción de la teoría de cuerdas ? Me sorprende que la gente pueda tener una visión tan estrecha de miras , que puedan concentrarse sólo en el estado final del universo, y no preguntar cómo y por qué se there.<sup>92</sup>

La perplejidad de cómo es que el universo es tan "amigable" a la biología ha llevado a diversas formulaciones del principio antrópico . La versión "débil " del principio antrópico señala simplemente que si no fuera así, no estaríamos aquí para preguntarme sobre ello . Tan sólo en un universo que permitió el aumento de la complejidad de la cuestión podría ser incluso pidió . Las versiones más fuertes del estado principio antrópico que debe haber más que eso , los defensores de estas versiones no están satisfechos con una mera coincidencia afortunada . Esto ha abierto la puerta para que los defensores del diseño inteligente para afirmar que esta es la prueba de la existencia de Dios que los científicos han estado pidiendo .

### **El Multiverso.**

Recientemente se ha propuesto un enfoque más darwiniano al principio antrópico fuerte . Tenga en cuenta que es posible que las ecuaciones matemáticas para tener varias soluciones. Por ejemplo , si resolvemos para  $x$  en la ecuación  $x^2 = 4$  ,  $x$  puede ser  $2$  o  $-2$  . Algunas ecuaciones permiten un número infinito de soluciones. En la ecuación  $(a - b) \cdot x = 0$  ,  $x$  puede adoptar cualquiera de un número infinito de valores si  $a = b$  ( ya que cualquier número multiplicado por cero es igual a cero ) . Resulta que las ecuaciones de las últimas teorías de cuerdas permiten, en principio, para un número infinito de soluciones . Para ser más preciso , ya que la resolución espacial y temporal del universo se limita a la muy pequeña constante de Planck , el número de soluciones no es literalmente infinita sino simplemente vasta . La teoría de cuerdas implica , por lo tanto , que muchos conjuntos diferentes de las constantes naturales son posibles.

Esto ha llevado a la idea del multiverso : que existe un gran número de universos , de los cuales nuestro universo es sólo una humilde . De acuerdo con la teoría de cuerdas, cada uno de estos universos puede tener un conjunto diferente de constantes físicas .

### **La evolución de universos .**

Leonard Susskind , el descubridor de la teoría de cuerdas , y Lee Smolin , físico teórico y experto en la gravedad cuántica , han sugerido que los universos dan origen a otros universos en un proceso natural, evolutiva que refina gradualmente las constantes naturales. En otras palabras, no es por casualidad que las reglas y las constantes de nuestro universo son ideales para la evolución de la vida inteligente , sino que ellos mismos desarrollaron para ser de esa manera .

En la teoría de Smolin el mecanismo que da lugar a nuevos universos es la creación de un agujero negro , por lo que los universos más capaces de producir agujeros negros son los que tienen más probabilidades de reproducirse. Según Smolin un universo más capaces de crear es el aumento de la complejidad - que , biológicas vida es también más probable para crear nuevos agujeros negros universo de generación . Como él mismo explica, "Reproducción a través de los agujeros negros conduce a un multiverso en el que las condiciones de vida son comunes , esencialmente porque parte de la vida requiere de condiciones , tales como carbón abundante, también aumentar la formación de estrellas lo suficientemente masivas para convertirse en agujeros negros. " 93 propuesta de Susskind difiere en algunos detalles de Smolin de pero también se basa en los agujeros negros , así como la naturaleza de " inflación", la fuerza que ha causado el universo muy temprano a expandirse rápidamente .

### **Inteligencia como el Destino del Universo.**

En la era de las máquinas espirituales , presenté una idea relacionada , es decir , que la inteligencia en última instancia, impregnar el universo y decidiría el destino del cosmos :

¿Qué tan relevante es la inteligencia del universo ? ... El sentido común no es muy . Las estrellas nacen y mueren ; galaxias pasan a través de sus ciclos de creación y destrucción , el universo nació de una gran explosión y terminará con un crujido o un gemido , todavía no estamos seguros de cuál. Pero la inteligencia no tiene mucho que ver con eso. La inteligencia es sólo un poco de espuma , un hervidero de pequeñas criaturas entrando y saliendo de las fuerzas universales inexorables . El mecanismo sin sentido del universo está enrollando hacia arriba o abajo a un futuro lejano I, y no hay nada de inteligencia puede hacer al respecto.

Ese es el sentido común . Pero no estoy de acuerdo con él. Mi conjetura es que la inteligencia en última instancia, ser más poderoso que estas grandes fuerzas impersonales ....

Así será el fin del universo en un big crunch , o en una expansión infinita de estrellas muertas , o de alguna otra manera ? En mi opinión, el principal problema no es la masa del universo, o la posible existencia de la antigravedad, o de la llamada constante cosmológica de Einstein. Más bien, el destino del universo es una decisión aún no se ha creado, de que vamos a considerar de forma inteligente cuando sea el momento right.<sup>94</sup>

Complejidad teórico James Gardner combina mi sugerencia sobre la evolución de la inteligencia a través del universo con Smolin de Susskind y de conceptos de universos en evolución . Gardner conjeturas que es específicamente la evolución de la vida inteligente que permite a los descendientes universes.<sup>95</sup> Gardner se basa en la observación del astrónomo británico Martin Rees que " lo que llamamos las constantes fundamentales - los números que son importantes para los físicos , puede haber consecuencias secundarias de la teoría final, en lugar de manifestaciones directas de su nivel más profundo y más fundamental " . Para Smolin no es más que

una coincidencia que los agujeros negros y la vida biológica tanto necesitan condiciones similares (por ejemplo, grandes cantidades de carbono) , por lo que en su concepto no existe una función explícita de la inteligencia , aparte de eso, pasa a ser el subproducto de ciertas circunstancias Biofriendly . En la concepción de Gardner es la vida inteligente que crea sus sucesores.

Gardner escribe que " nosotros y otros seres vivos en todo el cosmos somos parte de una gran comunidad transterrestrial , aún por descubrir de la vida y las inteligencias repartidas en miles de millones de galaxias y un sinnúmero de parsecs que participan colectivamente en una misión portentosa importancia verdaderamente cósmica. Bajo el biocosmos visión , compartimos un destino común con el que " la comunidad para ayudar a moldear el futuro del universo y transformarla de una colección de átomos sin vida en una gran mente, trascendente. Para Gardner las leyes de la naturaleza , y las constantes de equilibrio precisamente , la función " como contraparte cósmica de ADN : en ellos se encuentra el 'receta' por el cual el cosmos en evolución adquiere la capacidad de generar vida y la inteligencia cada vez más capaz " .

Mi punto de vista es consistente con la creencia de Gardner de la inteligencia como el fenómeno más importante en el universo. Tengo un desacuerdo con Gardner en su propuesta de una " gran ... transterrestrial comunidad de vida y las inteligencias repartidas en miles de millones de galaxias. " Todavía no vemos evidencia de que existe una comunidad fuera de la Tierra . La comunidad que los asuntos pueden ser sólo nuestra propia civilización sin pretensiones aquí . Como señalé anteriormente, a pesar de lo que podamos de la moda todo tipo de razones por las que cada civilización inteligente en particular puede permanecer oculto de nosotros ( por ejemplo , destruyeron a sí mismos , o que han decidido permanecer invisible o sigilosa , o hemos cambiado toda su comunicaciones fuera de transmisiones electromagnéticas, y así sucesivamente) , no es verosímil creer que todas las civilizaciones solo de los miles de millones que deben estar allí (de acuerdo con la hipótesis de SETI ) tiene alguna razón de ser invisible.

### **La función de utilidad final .**

Podemos manera un puente conceptual entre Susskind y de idea de los agujeros negros son la "función de utilidad" ( la propiedad que se optimiza en un proceso evolutivo ) de cada universo en el multiverso y la concepción de la inteligencia como la función de utilidad que comparto con Gardner de Smolin . Como he dicho en el capítulo 3 , la potencia de cálculo de un ordenador está en función de su masa y de su eficiencia computacional . Recordemos que una roca tiene una masa significativa pero extremadamente baja eficiencia computacional ( es decir, prácticamente todas las transacciones de sus partículas son efectivamente al azar ) .

La mayoría de las interacciones de las partículas en un ser humano son aleatorios también , pero en una escala logarítmica los seres humanos son más o menos a mitad de camino entre una roca y el pequeño ordenador final.

Un ordenador en la gama de la computadora última tiene una muy alta eficiencia computacional . Una vez conseguido una óptima eficiencia computacional , la única manera de aumentar la potencia de cálculo de un ordenador sería aumentar su masa . Si aumentamos la masa suficiente , la fuerza de la gravedad se vuelve lo suficientemente fuerte como para provocar su colapso en un agujero negro . Así que un agujero negro puede ser considerado como el equipo final.

Por supuesto, no cualquier agujero negro va a hacer. Agujeros más negros , como la mayoría de las rocas , se están realizando muchas operaciones al azar , pero no computación de utilidad. Pero un agujero negro bien organizado sería el más poderoso equipo concebible en términos de cps por litro.

### **La radiación de Hawking .**

Ha habido un largo debate sobre si se puede o no transmitir información en un agujero negro , lo han transformado útilmente , y luego recuperarla. Concepto de transmisiones desde un agujero negro de Stephen Hawking implica pares partícula-antipartícula que se crean cerca del horizonte de sucesos (el punto de no retorno cerca de un agujero negro , más allá de que la materia y la energía son incapaces de escapar ) . Cuando se produce esta creación espontánea , como lo hace en todas partes en el espacio , la partícula y antipartícula viajan en direcciones opuestas . Si un miembro de la pareja viaja en el horizonte de sucesos (nunca ser visto otra vez ) , la otra voluntad flyaway desde el agujero negro .

Algunas de estas partículas tienen energía suficiente para escapar de su gravedad y dar lugar a lo que se ha llamado Hawking radiation.<sup>96</sup> Antes del análisis de Hawking se pensaba que los agujeros negros eran , bueno, negro , con su visión nos dimos cuenta de que en realidad emiten un ducha continua de partículas energéticas . Pero de acuerdo a esta radiación Hawking es al azar , ya que se origina en eventos aleatorios cuánticos cerca de la frontera evento. Así que un agujero negro puede contener un ordenador de última , según Hawking, pero de acuerdo a su concepción original, la información no puede escapar de un agujero negro , por lo que este equipo nunca pudo transmitir sus resultados.

En 1997 Hawking y su colega el físico Kip Thorne ( el científico agujero de gusano ) hizo una apuesta con el Instituto de Tecnología de California John Preskill . Hawking y Thorne sostuvo que la información que se introduce en un agujero negro se perdió , y cualquier cálculo que pueda ocurrir en el interior del agujero negro , útil o de lo contrario , nunca se transmitirá fuera de ella , mientras que Preskill sostuvo que la información podría ser recovered.<sup>97</sup> El perdedor fue dar el ganador alguna información útil en forma de una enciclopedia.

En los años transcurridos desde el consenso en la comunidad de la física de manera constante se alejó de Hawking, y el 21 de julio de 2004, Hawking admitió su derrota y reconoció que Preskill había estado en lo correcto , después de todo : que la información enviada en un agujero negro no se pierda. Podría ser transformado dentro del agujero negro y luego se transmite fuera de ella. De acuerdo con esta

interpretación , lo que pasa es que la partícula que vuela lejos del agujero negro sigue siendo cuánticos entrelazados con su antipartícula , que desapareció en el agujero negro . Si esa antipartícula dentro del agujero negro se ve envuelto en un cálculo útil, entonces estos resultados serán codificados en el estado de la partícula pareja enredada exterior del agujero negro .

De acuerdo con Hawking envió Preskill una enciclopedia sobre el juego de cricket , pero Preskill rechazó, insistiendo en una enciclopedia de béisbol , que Hawking había sobrevolado por una presentación ceremonial.

Suponiendo que la nueva posición de Hawking está en lo correcto , los equipos finales que podemos crear serían los agujeros negros. Por lo tanto un universo que está bien diseñado para crear agujeros negros sería uno que está bien diseñado para optimizar su inteligencia . Susskind y Smolin argumentaron simplemente que la biología y agujeros negros tanto requieren el mismo tipo de materiales , por lo que un universo que se ha optimizado para agujeros negros también se pueden optimizar para la biología . Reconociendo que los agujeros negros son el depósito final de la computación inteligente, sin embargo, podemos concluir que la función de utilidad de la optimización de la producción de un agujero negro y la de la inteligencia de optimización son una y la misma .

### **¿Por qué la inteligencia es más poderosa que la física .**

Hay otra razón para aplicar un principio antrópico . Puede parecer muy poco probable que nuestro planeta está a la cabeza en términos de desarrollo tecnológico , pero como he señalado anteriormente, por un principio antrópico débil , si no hubiéramos evolucionado , no estaríamos aquí discutiendo este tema .

Como la inteligencia satura la materia y la energía de que dispone, que convierte la materia muda a la materia inteligente. Aunque la materia inteligente todavía nominalmente sigue las leyes de la física , es tan extraordinariamente inteligente que puede aprovechar los aspectos más sutiles de las leyes de manipular la materia y la energía a su voluntad. Por lo que sería , al menos, parece que la inteligencia es más poderosa que la física. Lo que yo diría es que la inteligencia es más poderosa que la cosmología. Es decir, una vez que la materia se transforma en materia inteligente (importar completamente saturado con procesos inteligentes), se puede manipular la otra materia y energía para hacer su voluntad (a través de la ingeniería adecuada potente ) . Esta perspectiva no se considera por lo general en las discusiones sobre el futuro cosmología. Se supone que la inteligencia no es relevante a los acontecimientos y procesos en una escala cosmológica.

Una vez que el planeta produce una especie de tecnología y la creación de esa especie crea cómputo ( como ha ocurrido aquí ) , es sólo una cuestión de unos pocos siglos antes de su inteligencia satura la materia y la energía en sus proximidades , y comienza a expandirse hacia fuera en al menos la velocidad de la luz ( con algunas sugerencias de eludir este límite ) . Tal civilización entonces superar la gravedad (a través de exquisita y vasta tecnología) y otras fuerzas - o cosmológicas , para ser

totalmente exactos, se maniobrar y controlar estas fuerzas y diseñar el universo que quiere. Esta es la meta de la Singularidad .

### **Un ordenador Universo -Scale .**

¿Cuánto tiempo se necesita para que nuestra civilización para saturar el universo con nuestra inteligencia muy ampliado ? Seth Lloyd estima que hay cerca de  $1.080$  partículas en el universo , con una capacidad máxima teórica de aproximadamente  $10^{90}$  cps . En otras palabras, un equipo escala universo sería capaz de calcular en  $10^{90}$  cps.<sup>98</sup> Para llegar a estas estimaciones , Lloyd tomó la densidad observada de la materia - alrededor de un átomo de hidrógeno por metro cúbico - y a partir de esta figura calculado la energía total en el universo. Dividiendo esta cifra energía por la constante de Planck , se puso unos  $10^{90}$  cps . El universo es de aproximadamente  $10^{17}$  segundos de edad , por lo que en números redondos ha habido un máximo de alrededor de  $10^{107}$  cálculos en que hasta el momento . Con cada partícula capaz de almacenar alrededor de  $10^{10}$  bits en todos sus grados de libertad ( incluyendo su posición , trayectoria , giro , y así sucesivamente ) , el estado del universo representa aproximadamente  $10^{90}$  bits de información en cada punto en el tiempo .

No necesitamos contemplar dedicar toda la masa y la energía del universo a la computación . Si aplicáramos el 0,01 por ciento , que aún dejaría 99,99 por ciento de la masa y la energía sin modificar , pero seguiría habiendo resultado un potencial de cerca de  $10^{86}$  cps . En base a nuestro conocimiento actual, que sólo se puede aproximar estos órdenes de magnitud. Inteligencia en nada parecido a estos niveles será tan grande que va a ser capaz de realizar estas obras de ingeniería con suficiente cuidado para no interrumpir los procesos naturales lo que considera importante preservar .

### **El universo holográfico .**

Otra perspectiva sobre el almacenamiento y la capacidad de procesamiento máxima información del universo proviene de una reciente teoría especulativa de la naturaleza de la información . De acuerdo con la teoría del " universo holográfico " el universo es en realidad una matriz bidimensional de información escrita sobre su superficie, por lo que su aspecto tridimensional convencional es un ilusión.<sup>99</sup> En esencia , el universo , de acuerdo con esta teoría , es un gigante holograma .

La información se escribe en una escala muy fina , que se rige por la constante de Planck. Así que la máxima cantidad de información en el universo es el área de superficie dividido por el cuadrado de la constante de Planck, que llega a cerca de  $10^{120}$  bits. No parece ser suficiente materia en el universo para codificar esta cantidad de información, por lo que los límites del universo holográfico puede ser mayor que lo que es realmente factible . En cualquier caso, el orden de magnitud del número de órdenes de magnitudes de estas diversas estimaciones es en el mismo rango . El número de bits que un universo reorganizado para el cálculo útil será capaz de almacenar es  $10$  elevado a una potencia en alguna parte entre  $80$  y  $120$  .

Una vez más, nuestra ingeniería , incluso la de nuestros seres futuros muy evolucionados , probablemente están a la altura de estos máximos . En el capítulo 2 mostré cómo hemos avanzado  $10^5$  a  $10^8$  cps por cada mil dólares durante el siglo XX. Basado en una continuación de el crecimiento suave y doblemente exponencial que hemos visto en el siglo XX , proyecté que íbamos a lograr unos  $10^{60}$  cps por cada mil dólares en 2100. Si estimamos una modesta billón de dólares dedicados a la computación , que es un total de cerca de  $10^{69}$  cps a finales de este siglo. Esto se puede lograr con la materia y la energía en nuestro sistema solar.

Para llegar a alrededor de  $10^{90}$  cps requiere expansión por el resto del universo. Continuando con el doble curva de crecimiento exponencial muestra que podemos saturar el universo con nuestra inteligencia mucho antes del final del siglo XXII , a condición de que no estamos limitados por la velocidad de la luz. Aunque los poderes adicionales hasta a treinta de diez sugeridas por la teoría holográfica universo se ve confirmado , todavía alcanzar la saturación al final del vigésimo siglo .

Una vez más, si es del todo posible para eludir la limitación de la velocidad de la luz , la gran inteligencia que se tiene con la inteligencia a escala del sistema solar será capaz de diseñar y poner en práctica la ingeniería necesaria para hacerlo. Si tuviera que apostar , pondría mi dinero en la conjetura de que eludir la velocidad de la luz es posible y que vamos a ser capaces de hacer esto dentro de los próximos cien años. Pero eso es especulación de mi parte , ya que todavía no entendemos estos temas lo suficiente como para hacer una declaración más definitiva. Si la velocidad de la luz es una barrera inmutable, y hay atajos a través de agujeros de gusano existen que pueden ser explotadas, tomará miles de millones de años, no cientos, para saturar el universo con nuestra inteligencia , y se limitará a nuestro cono de luz dentro de la universo. En cualquier caso, el crecimiento exponencial de la computación se chocó contra un muro en el siglo XXII . ( ¡Pero qué pared! )

Esta gran diferencia en lapsos - cientos de años frente a miles de millones de años (para saturar el universo con nuestra inteligencia), demuestra por qué el tema de la elusión de la velocidad de la luz llegará a ser tan importante. Se convertirá en una preocupación principal de la gran inteligencia de nuestra civilización en el siglo XXII. Por eso creo que si los agujeros de gusano o cualquier otro medio eludiendo son factibles, estaremos muy motivados para encontrar y explotar ellos.

Si es posible diseñar nuevos universos y establecer contacto con ellos , esto sería proporcionar aún más medios para una civilización inteligente para continuar su expansión . Vista de Gardner es que la influencia de una civilización inteligente en la creación de un nuevo universo se encuentra en el establecimiento de las leyes físicas y las constantes de la bebé universo. Pero la gran inteligencia de tal civilización puede encontrar formas de ampliar su propia inteligencia en un nuevo universo de manera más directa. La idea de la difusión de nuestra inteligencia más allá de este universo es, por supuesto , especulativa , ya que ninguna de las teorías multiverso permite la comunicación de un universo a otro , a excepción de la transmisión de las leyes y las constantes básicas .

Incluso si estamos limitados a un universo que ya conocemos, saturando su materia y energía con inteligencia es nuestro destino final . ¿Qué tipo de universo será eso? Bueno, sólo tiene que esperar y ver.

MOLLY 2004 : Así que cuando el universo llegue Epoca Six { la etapa en la que la parte no biológica de nuestra inteligencia se propaga a través del universo } , ¿qué va a hacer?

CHARLES DARWIN : No estoy seguro de que podemos responder a eso. Como usted ha dicho, es como bacterias preguntaban unos a otros lo que los humanos lo harán.

MOLLY 2004 : Así que estas Epoca Seis entidades se consideran los humanos biológicos sean como las bacterias ?

GEORGE 2048 : Eso no es cierto lo que pienso de ti .

MOLLY 2104: George , eres sólo Epoch Cinco, así que no creo que responde a la pregunta .

CHARLES : Volviendo a las bacterias, lo que dirían si pudieran hablar - MOLLY 2004 : y pensar.

CARLOS : Sí , eso también. Decían que los humanos van a hacer las mismas cosas que nos hacen las bacterias , es decir , comer , evitar el peligro, y procrear .

MOLLY 2104: Oh , pero nuestra procreación es mucho más interesante .

MOLLY 2004 : En realidad , Molly del futuro , es nuestra humana procreación pre - Singularity eso es interesante .

Su procreación virtual es , en realidad , muy parecido al de las bacterias. El sexo no tiene nada que ver con eso.

MOLLY 2104 : Es cierto que hemos separado la sexualidad de la reproducción , pero eso no es exactamente nuevo a la civilización humana en 2004 . Y además , a diferencia de las bacterias , podemos cambiarnos a nosotros mismos .

MOLLY 2004 : En realidad , se ha separado el cambio y la evolución de la reproducción también.

MOLLY 2104: Eso también era esencialmente cierto en 2004.

MOLLY 2004 : Vale, vale . Pero acerca de su lista, Charles, que los seres humanos también hacen cosas como crear arte y la música . Ese tipo de nos separa de los otros animales .

GEORGE 2048 : De hecho , Molly , que es fundamentalmente lo que la singularidad se trata. La singularidad es la música más dulce , el arte más profundo , las más bellas matemáticas ....

MOLLY 2004 : Ya veo , así que la música y el arte de la Singularidad será la música y el arte de mi época como circa 2004 música y el arte son de ...

NED LUDD : La música y el arte de la bacteria.

MOLLY 2004 : Bueno, yo he visto algunos patrones de moldes artísticos.

NED : Sí , pero estoy seguro de que no te veneran . MOLLY 2004 : No, en realidad, las limpió . NED : Bueno , mi punto de entonces.

MOLLY 2004 : Todavía estoy tratando de imaginar lo que el universo va a hacer en la época Six.

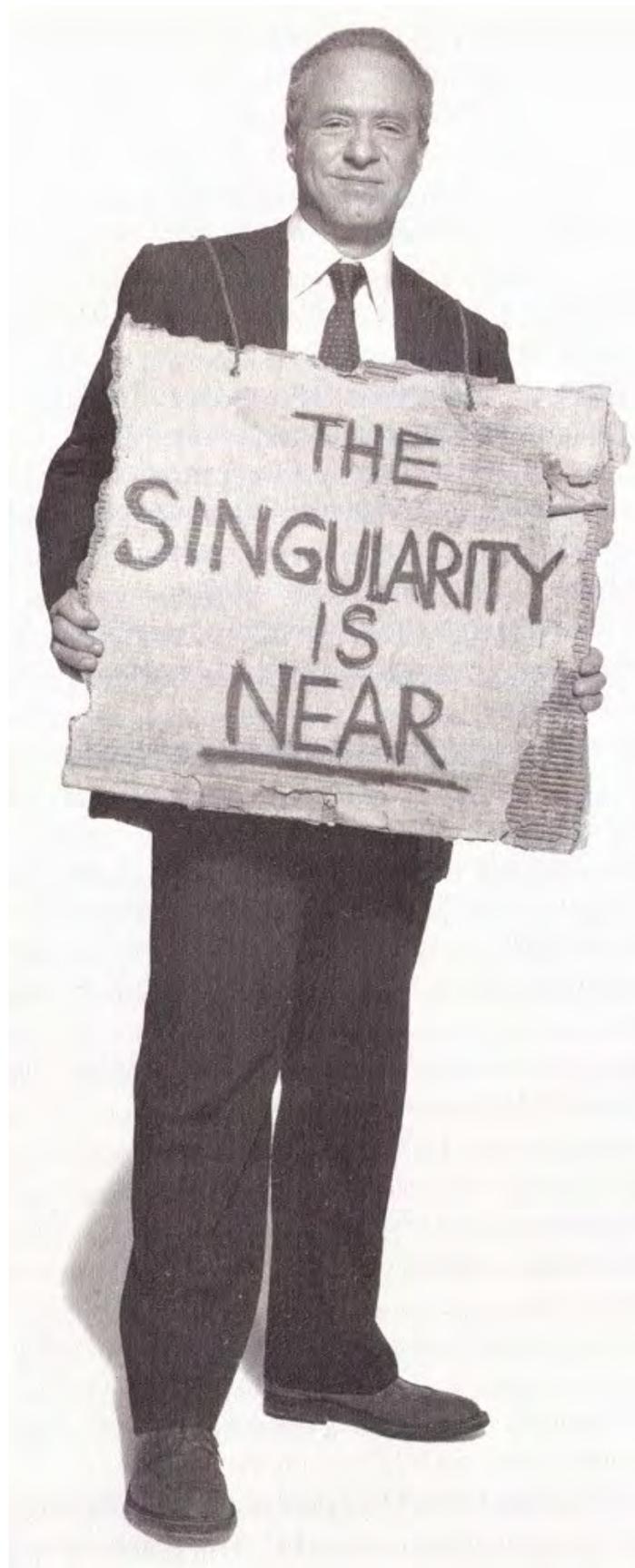
Timothy Leary : El universo va a volar como un pájaro.

MOLLY 2004 : Pero ¿cómo es volar en ? Quiero decir que es todo.

TIMOTEO : Eso es como preguntar: ¿Cuál es el sonido de una mano aplaudiendo ?

MOLLY 2004 : Hmmm , por lo que la singularidad es lo que tenían los maestros Zen en mente todo el tiempo.

(foto a toda página de Ray [el autor] con un cartel de cartón de aspecto robusto, que dice, en letras de carbón crudo: . " La singularidad está cerca " Está arreglado y vestido con un traje.)



THE  
SINGULARITY  
IS  
NEAR

## CAPÍTULO SIETE

### Ich bin ein Singularitarian

El más común de todas las locuras es creer apasionadamente en el palpable no es verdad. -H. L. Mencken

Filosofías de vida arraigados en tradiciones centenarias contienen mucha sabiduría sobre vida personal, organizacional y social. Muchos de nosotros también encontramos deficiencias en esas tradiciones. ¿Cómo no iban a llegar a algunas conclusiones erróneas cuando se levantaron en tiempos pre - científicos? Al mismo tiempo , las antiguas filosofías de la vida tienen poco o nada que decir acerca de los problemas fundamentales que enfrentamos como tecnologías avanzadas comienzan a permitir que cambiemos nuestra identidad como individuos y como seres humanos y como fuerzas económicas , culturales, políticas y cambiar las relaciones globales .

-MAX más " PRINCIPIOS DE Extropy "

El mundo no necesita otro dogma totalitario . -MAX más " PRINCIPIOS DE Extropy "

Sí, tenemos un alma. Pero es un hecho de un montón de pequeños robots . - GIULIO Giorelli

Sustrato es moralmente irrelevante , siempre que no afecte la funcionalidad o la conciencia . No importa , desde el punto de vista moral , si alguien ejecuta en silicio o neuronas biológicas ( al igual que no importa si usted tiene la piel oscura o pálida ) . Por los mismos motivos , que rechazamos el racismo y el especismo , también debemos rechazar carbono chovinismo o bioismo .

- NICK BOSTROM , " ÉTICA PARA máquinas inteligentes : una propuesta de 2001

Los filósofos han señalado desde hace tiempo que sus hijos nacieron en un mundo más complejo que el de sus antepasados. Este reconocimiento temprano y tal vez inconsciente de la aceleración del cambio puede haber sido el catalizador de gran parte del pensamiento utópico , apocalíptico y milenarista en nuestra tradición occidental. Pero la diferencia es que la moderna ahora todo el mundo se da cuenta que el ritmo de progreso en un cierto nivel , no sólo a los videntes .

- John Smart

Singularitarian es alguien que entiende la singularidad y ha reflexionado sobre el significado de su propia vida.

Me he dedicado a esta reflexión durante varias décadas. Ni que decir tiene , que no es un proceso que uno pueda completarse. Empecé pensando en la relación de nuestro pensamiento a nuestra tecnología computacional como un adolescente en la década de 1960 . En la década de 1970 comencé a estudiar la aceleración de la tecnología, y escribí mi primer libro sobre el tema a finales de 1980 . Así que he tenido tiempo para contemplar el impacto en la sociedad y en mí mismo - de las transformaciones se

superponen en curso .

George Gilder ha descrito mis puntos de vista científico y filosófico como " una visión sustituto para aquellos que han perdido la fe en el objeto tradicional de la creencia religiosa . " Declaración del 1 Gilder es comprensible, ya que hay al menos aparentes similitudes entre la previsión de la singularidad y la anticipación de las transformaciones articuladas por las religiones tradicionales.

Pero yo no he venido a mi punto de vista como resultado de la búsqueda de una alternativa a la fe habitual . El origen de mi búsqueda para entender las tendencias tecnológicas era práctico : un intento de medir el tiempo de mis inventos y para tomar decisiones tácticas óptimas en el lanzamiento de empresas de tecnología . Con el tiempo este modelado de la tecnología tomó vida propia y me llevó a formular una teoría de la evolución de la tecnología . No fue un gran salto desde allí a reflexionar sobre el impacto de estos cambios fundamentales en las instituciones sociales y culturales, y en mi propia vida. Así que , siendo un Singularitarian no es una cuestión de fe sino de la comprensión, la meditación de las tendencias científicas que he discutido en este libro engendra inexorablemente nuevas perspectivas sobre los temas que las religiones tradicionales han intentado abordar: la naturaleza de la mortalidad y la inmortalidad , el propósito de nuestra vida y la inteligencia en el universo.

Ser Singularitarian menudo ha sido una experiencia alienante y solitario para mí, porque la mayoría de la gente que me encuentro no comparten mi punto de vista. La mayoría de " grandes pensadores " son totalmente conscientes de esta gran idea. En un gran número de declaraciones y comentarios la gente suele evidencian la creencia común de que la vida humana es corta, que nuestro alcance físico e intelectual es limitado, y que nada fundamental va a cambiar en nuestras vidas. Espero que esta visión estrecha de cambiar ya que las implicaciones del cambio acelerando cada vez más evidente , pero tener más gente con quien compartir mi punto de vista es una de las principales razones que escribí este libro.

Entonces, ¿cómo se contempla la Singularidad ? Al igual que el sol, que es difícil de ver directamente, es mejor que entrecerrar los ojos en él por el rabillo de los ojos . Como Max más Estados, lo último que necesitamos es otro dogma , ni que necesitamos otro culto , por lo Singularitarianism no es un sistema de creencias o puntos de vista unificados. Si bien es fundamental la comprensión de las tendencias básicas de la tecnología, es a la vez una idea que hace que uno a repensar todo, desde la naturaleza de la salud y la riqueza de la naturaleza de la muerte y yo.

Para mí, ser Singularitarian significa muchas cosas , de las cuales la siguiente es una pequeña muestra . Estas reflexiones se articulan mi filosofía personal, no una propuesta de una nueva doctrina.

- Contamos con los medios en este momento para vivir lo suficiente para vivir forever.2 conocimiento existente se puede aplicar agresivamente para reducir drásticamente los procesos de envejecimiento por lo que podemos estar todavía en la salud vital cuando los más radicales terapias para prolongar la vida de la biotecnología y la nanotecnología están disponibles . Pero la mayoría de los baby boomers no lo hacen porque no son conscientes de los procesos de envejecimiento

acelerado de sus cuerpos y la oportunidad de intervenir.

- En este sentido estoy agresivamente reprogramación mi bioquímica, que ahora es totalmente diferente de lo que sería de otro modo be.3 Tomar suplementos y medicamentos no es un último recurso para ser reservados sólo para cuando algo va mal . Ya hay algo mal. Nuestros cuerpos se rigen por programas genéticos obsoletos que se desarrolló en una época pasada , por lo que tenemos que superar nuestra herencia genética . Ya tenemos el conocimiento para empezar a lograr esto , algo que estoy comprometido a hacer .
- Mi cuerpo es temporal . Sus partículas vuelcan casi por completo todos los meses. Sólo el patrón de mi cuerpo y el cerebro tiene continuidad.
- Debemos tratar de mejorar estos patrones mediante la optimización de la salud de nuestro cuerpo y extender el alcance de nuestras mentes. En última instancia , vamos a ser capaces de ampliar enormemente nuestras facultades mentales mediante la fusión con nuestra tecnología .
- Necesitamos un cuerpo, pero una vez que incorporamos la fabricación MNT en nosotros mismos, seremos capaces de cambiar nuestros cuerpos a voluntad.
- Sólo la tecnología puede proporcionar la escala para superar los retos a los que la sociedad humana ha luchado durante generaciones . Por ejemplo, las nuevas tecnologías proporcionarán los medios para proporcionar y el almacenamiento de energía limpia y renovable, la eliminación de toxinas y agentes patógenos de nuestro cuerpo y el medio ambiente , y proporcionando el conocimiento y la riqueza para superar el hambre y la pobreza.
- El conocimiento es valioso en todas sus formas : la música , el arte , la ciencia y la tecnología, así como el integrado conocimiento en nuestros cuerpos y cerebros . Cualquier pérdida de este conocimiento es trágico.
- La información no es conocimiento. El mundo está inundado de información , es el papel de la inteligencia para encontrar y actuar sobre los modelos más destacados . Por ejemplo , tenemos cientos de megabits de información que fluye a través de nuestros sentidos cada segundo , la mayor parte de los cuales se forma inteligente descartado. Únicamente los reconocimientos y puntos de vista ( todas las formas de conocimiento) que retenemos clave. Por lo tanto la inteligencia destruye selectivamente información para crear conocimiento.
- La muerte es una tragedia. No es degradante para considerar a una persona como un patrón profundo (una forma de conocimiento) , que se pierde cuando él o ella muere . Eso, al menos , es el caso hoy en día , ya que todavía no tenemos los medios para tener acceso y copia de seguridad de este conocimiento. Cuando la gente habla de perder parte de sí mismos cuando un ser querido muere , ellos están hablando , literalmente , ya que perdemos la capacidad de utilizar eficazmente los patrones neuronales en nuestro cerebro que tenían auto-organizado para interactuar con esa persona.

- Una función primordial de la religión tradicional es deathist es , la racionalización de la tragedia de la muerte como algo bueno racionalización - que . Malcolm Muggeridge articula la visión común de que " si no fuera por la muerte , la vida sería insoportable. " Pero la explosión del arte , la ciencia y otras formas de conocimiento que la Singularidad traerá hará la vida más llevadera , sino que hacen la vida verdaderamente significativa .
- En mi opinión, el propósito de la vida y de nuestras vidas - es crear y apreciar cada vez más el conocimiento, para avanzar hacia una mayor "orden". Como he dicho en el capítulo 2 , orden ascendente generalmente significa mayor complejidad , pero a veces una visión profunda aumentará fin al tiempo que reduce la complejidad.
- A mi entender el propósito del universo refleja el mismo propósito que nuestras vidas : para moverse hacia una mayor inteligencia y conocimiento . Nuestra inteligencia humana y nuestra tecnología son la vanguardia de esta inteligencia en expansión ( teniendo en cuenta que no somos conscientes de los competidores extraterrestres ) .
- Después de haber llegado a un punto de inflexión , vamos a en este siglo estará listo para infundir nuestro sistema solar con nuestra inteligencia a través de la inteligencia no biológica auto-replicantes . A continuación, se extendió al resto del universo.
- Las ideas son la encarnación y el producto de la inteligencia. Las ideas existen para resolver casi cualquier problema que nos encontramos. Los principales problemas que no podemos resolver son los que no podemos articular y son en su mayoría de los que todavía no conocemos . Para los problemas que hacemos encuentro , el principal desafío consiste en expresar con precisión en las palabras (y algunas veces en las ecuaciones ) . Una vez hecho esto , tenemos la capacidad de encontrar las ideas para enfrentar y resolver cada uno de estos problemas .
- Podemos aplicar el enorme apalancamiento proporcionado por la aceleración de la tecnología . Un ejemplo notable es el logro de la extensión radical de la vida a través de " un puente a un puente a un puente " ( aplicación de los conocimientos de hoy como puente con la biotecnología, que a su vez nos va a salvar a la era de la nanotecnología )<sup>4</sup> Esto ofrece una manera de vivir indefinidamente ahora , a pesar de que aún no tenemos todos los conocimientos necesarios para la extensión de vida radical. En otras palabras, no tenemos que resolver todos los problemas de hoy . Podemos anticipar la capacidad de las tecnologías que están llegando - en cinco o diez años o veinte - y trabajar esto en nuestros planes. Así es como yo diseño mis propios proyectos de tecnología , y podemos hacer lo mismo con los grandes problemas de la sociedad y con nuestras propias vidas.

Contemporáneo filósofo Max More describe el objetivo de la humanidad como una trascendencia que " logrado a través de la ciencia y la tecnología dirigida por los valores humanos. " <sup>5</sup> Más observación de cita a Nietzsche "El hombre es una cuerda, fijada entre el animal y el superhombre - una cuerda sobre un abismo. " Podemos interpretar Nietzsche que señalar que se ha avanzado más allá de otros animales,

mientras que aspira a convertirse en algo mucho mayor . Podríamos considerar que la referencia de Nietzsche al abismo para aludir a los peligros inherentes a la tecnología, que me dirijo en el próximo capítulo .

Más ha , al mismo tiempo expresó su preocupación de que anticipar la Singularidad podría engendrar una pasividad en el tratamiento de los problemas de hoy . " 6

Porque la enorme capacidad de superar los problemas ancestrales está en el horizonte , puede haber una tendencia a crecer separado de lo mundano , el presente preocupaciones cotidianas. comparto la más antipatía hacia " Singularitarianism pasiva , " una de las razones de una actitud activa es que la tecnología es un arma de doble filo y , como tal, siempre tiene la posibilidad de ir mal , ya que surge hacia la Singularidad, con consecuencias muy perturbadoras . Incluso los pequeños retrasos en la aplicación de las nuevas tecnologías pueden condenar a millones de personas a que persistan los sufrimientos y la muerte. Como un ejemplo de muchos retrasos regulatorios , el exceso en la aplicación de terapias que salvan vidas terminan costando muchas vidas. ( perdemos a millones de personas por año en todo el mundo desde enfermedades del corazón solo. )

Más también se preocupa por una rebelión cultural " seducido por impulsos religiosos y culturales de la " estabilidad " la "paz" y contra la " arrogancia " y " lo desconocido" que pueden descarrilar acceleration.<sup>7</sup> tecnológica En mi opinión, cualquier descarrilamiento importante del avance general de la tecnología es poco probable.

Incluso los acontecimientos trascendentales , como las dos guerras mundiales (en las que el orden de cien millones de personas murieron ), la guerra fría , y numerosos trastornos económicos, culturales y sociales no han podido hacer la menor mella en el ritmo de las tendencias de la tecnología . Pero los reflexivos , sentimientos antitecnología irreflexivas cada vez que se expresaron en el mundo de hoy hacer tienen el potencial de exacerbar mucho sufrimiento .

## **Aún Humano?**

Algunos observadores se refieren al período posterior a la singularidad como " posthumano " , y se refiere a la anticipación de este período como posthumanismo . Sin embargo , para mí ser humano significa ser parte de una civilización que busca extender sus fronteras . Ya estamos llegando más allá de nuestra biología ganando rápidamente las herramientas para reprogramar y aumentarlo . Si consideramos un ser humano modificado con la tecnología como no humano , ¿dónde trazamos la línea que define ? Es un ser humano con un corazón biónico siendo humanos ? ¿Qué tal una persona con un implante neurológico? ¿Qué pasa con dos implantes neurológicos ? ¿Y alguien con diez nanobots en el cerebro ?

¿Cómo unos 500 millones de nanobots ? ¿Hay que establecer un límite en 650 millones de nanobots : debajo de eso, sigues siendo humano y otra vez que , eres posthumano ?

Nuestra fusión con nuestra tecnología tiene aspectos de un terreno resbaladizo , pero uno que se desliza hacia una mayor promesa , no hacia abajo en el abismo de Nietzsche. Algunos observadores se refieren a esta fusión como la creación de una nueva "especie " . Pero la idea de una especie es un concepto biológico , y lo que estamos haciendo es trascender la biología . La transformación se basa la Singularidad no es más que otro en una larga lista de pasos en la evolución biológica. Estamos volteando la evolución biológica por completo.

Bill Gates: Estoy de acuerdo con que el 99 por ciento . Lo que me gusta acerca de sus ideas es que se basan en la ciencia, pero su optimismo es casi una fe religiosa. Soy optimista también .

RAY : Sí , bueno , necesitamos una nueva religión. Una de las funciones principales de la religión ha sido racionalizar la muerte, ya que hasta ahora no había mucho más constructivo que podríamos hacer al respecto.

BILL: ¿Cuáles serían los principios de la nueva religión será?

RAY : Nos queremos seguir dos principios : uno de la religión tradicional y una de las artes y las ciencias seculares - de la religión tradicional, el respeto a la conciencia humana.

BILL: Ah sí, la regla de oro .

RAY : Sí, nuestra moral y el sistema legal se basa en el respeto a la conciencia de los demás. Si he herido a otra persona , que se considera inmoral y probablemente ilegal , porque he causado sufrimiento a otra persona consciente. Si destruyo la propiedad, por lo general es aceptable si es mi propiedad, y la razón principal es inmoral e ilegal si la propiedad de que la otra persona se debe a que he causado sufrimiento no a la propiedad, sino a la persona ser dueño de ella .

BILL : ¿Y el principio secular?

RAY : De las artes y las ciencias , es la importancia del conocimiento. El conocimiento va más allá de la información. Es una información que tenga significado para las entidades conscientes: la música, el arte, la literatura, la ciencia, la tecnología . Estas son las cualidades que ampliarán de las tendencias que estoy hablando .

BILL : Tenemos que escapar de las historias adornadas y extraños en las religiones contemporáneas y concentrarse en algunos mensajes simples. Necesitamos un líder carismático para esta nueva religión.

RAY : Un líder carismático es parte del viejo modelo . Eso es algo que queremos escapar.

BILL: Bueno, un equipo carismático , entonces. RAY : ¿Qué tal un sistema operativo carismático ?

BILL: Ha, ya tenemos eso. Entonces, ¿hay un Dios en esta religión ?

RAY : Todavía no, pero habrá . Una vez que saturar la materia y la energía en el universo con la inteligencia , se " despierta " , ser consciente y sublimemente inteligente. Eso es lo más cercano a Dios que puedo imaginar.

BILL: Eso va a ser la inteligencia de silicio, no la inteligencia biológica.

RAY : Bueno, sí , vamos a superar la inteligencia biológica. Nos fusionamos con él primero , pero en última instancia, la parte no biológica de nuestra inteligencia predominará . Por cierto , no es probable que sean de silicio, sino algo así como los nanotubos de carbono .

BILL: Sí , entiendo -Estoy solo en referencia a que la inteligencia de silicio ya que la gente entiende lo que eso significa . Pero no creo que eso va a ser conscientes en el sentido humano .

RAY : ¿Por qué no ? Si imitamos en la que se detallan de manera que sea necesario todo lo que sucede en el cerebro y el cuerpo humano y crear instancias de estos procesos en otro sustrato, y luego , por supuesto, ampliamos considerablemente , ¿por qué no sería consciente?

Bill: Oh , será consciente. Creo que será un tipo diferente de conciencia.

RAY : Tal vez este es el 1 por ciento no estamos de acuerdo en . ¿Por qué sería diferente?

BILL: Dado que las computadoras pueden fusionar al instante. Diez equipos - o un millón de computadoras - puede convertirse en uno , la computadora más rápido y mayor . Como seres humanos , no podemos hacer eso. Cada uno tiene una individualidad distinta que no se puede salvar .

RAY : Eso es una limitación de la inteligencia biológica. La distinción infranqueable de la inteligencia biológica no es un plus. Inteligencia "Silicon " puede tener las dos cosas . Las computadoras no tienen en común su inteligencia y recursos. Pueden permanecer "individuos" si así lo desean . Silicio inteligencia puede incluso tener las dos cosas mediante la fusión y la retención de individualidad al mismo tiempo. Como seres humanos , tratamos de combinar con otros también , pero nuestra capacidad de lograr esto es fugaz.

BILL: Todo lo valioso es fugaz .

RAY : Sí , pero es reemplazado por algo de mayor valor .

BILL : Es cierto, es por eso que tenemos que seguir innovando .

### **La enojosa cuestión de la Conciencia**

Si pudiera estallar el cerebro hasta el tamaño de un molino y caminar en el interior, que no encontrará conciencia. -G. W. Leibniz

Puede uno recordar el amor ? Es como tratar de evocar el aroma de las rosas en un sótano . Es posible que vea una rosa, pero nunca el perfume. - ARTHUR MILLER<sup>8</sup>

En uno de primera y más simple intento de filosofar , uno se enreda en cuestiones de si cuando se sabe algo , se sabe que uno lo sabe , y lo que, cuando uno está pensando en sí mismo, se está pensado y lo que está haciendo el pensamiento . Después uno se ha sorprendido y golpeado por este problema desde hace mucho tiempo , uno aprende no presionar estas preguntas : el concepto de un ser consciente es , implícitamente , se dio cuenta de que ser diferente a la de un objeto inconsciente. Al decir que un ser consciente sabe algo , estamos diciendo no sólo que él lo sabe, pero que él sabe que él lo sabe, y que él sabe que él sabe que él lo sabe, y así sucesivamente , siempre y cuando nos preocupamos de plantear la pregunta: ¿ existe , reconocemos , un infinito aquí , pero no es un regreso al infinito en el mal sentido , porque es la pregunta que se agotan , como sin sentido, en lugar de las respuestas.

-J . R. LUCAS , filósofo de Oxford , en sus 1.961 ENSAYO MINDS " , MÁQUINAS, Y Gödel " 9

Los sueños son reales mientras duran , ¿podemos decir algo más de la vida? -  
HAVELOCK

Serán las futuras máquinas sean capaces de tener experiencias emocionales y espirituales ? Hemos hablado de varios escenarios de la inteligencia no biológica para mostrar toda la gama de emociones rica comportamiento exhibido por los humanos biológicos hoy. A finales de la década de 2020 habremos completado la ingeniería inversa del cerebro humano , lo que nos permitirá crear sistemas no biológicos que igualar y superar la complejidad y sutileza de los seres humanos , incluyendo la inteligencia emocional.

Un segundo escenario es que podríamos subir los patrones de un ser humano real en un sustrato biológico no apropiado pensar . Una tercera , y la más convincente , escenario implica la progresión gradual pero inexorable de los seres humanos a sí mismos de que no biológica biológica . Eso ya ha comenzado con la introducción benigna de dispositivos tales como implantes neuronales para mejorar discapacidades y enfermedades. Se avanzará con la introducción de nanobots en el torrente sanguíneo , que se desarrolló inicialmente para aplicaciones médicas y antiaging. Nanobots más sofisticados Más tarde se interactuar con nuestras neuronas biológicas para aumentar nuestros sentidos , proporcionar realidad virtual y aumentada desde dentro del sistema nervioso , ayudar a nuestras memorias , y proporcionar otras tareas cognitivas de rutina . Entonces seremos cyborgs , y desde ese punto de apoyo en el cerebro, la parte no biológica de nuestra inteligencia a ampliar sus poderes de manera exponencial. Como he dicho en los capítulos 2 y 3 vemos un crecimiento exponencial continuo de todos los aspectos de la tecnología de la información, incluyendo el precio - rendimiento, la capacidad y la velocidad de adopción. Dado que la masa y la energía necesarios para calcular y comunicar cada bit de información son extremadamente pequeñas ( véase el capítulo 3 ) , estas tendencias pueden continuar hasta que nuestra inteligencia no biológica supera con mucho la de la parte biológica. Desde nuestra inteligencia biológica está determinada esencialmente en su capacidad ( a excepción de algunos relativamente modesta optimización de la biotecnología ), la

parte no biológica finalmente predominar. En la década de 2040 , cuando la parte no biológica será miles de millones de veces más capaces, ¿seguiremos vinculamos nuestra conciencia a la parte biológica de nuestra inteligencia ?

Está claro que las entidades no biológicas se dicen tener experiencias emocionales y espirituales , así como lo hacemos hoy. Ellos -nosotros- vamos a pretender ser humano y tener una amplia gama de experiencias emocionales y espirituales que los humanos dicen tener . Y éstas no serán las reclamaciones ociosos , sino que se evidencia el tipo de comportamiento rica , compleja y sutil asociado con tales sentimientos.

Pero, ¿cómo estas afirmaciones y comportamientos de peso , ya que se - se refieren a la experiencia subjetiva de los seres humanos no biológicos ? Nos seguimos regresando a la cuestión muy real, pero en última instancia no se puede medir ( por medio de forma objetiva ) de la conciencia. Se habla mucho de la conciencia como si fuera una propiedad clara de una entidad que pueden ser fácilmente identificados , detectados y calibrados . Si hay una idea fundamental que podemos hacer con respecto a por qué el tema de la conciencia es tan polémico , es el siguiente :

No existe ninguna prueba objetiva que se puede determinar de forma concluyente su presencia .

La ciencia trata de mediciones objetivas y sus consecuencias lógicas, sino la naturaleza misma de la objetividad es que no se puede medir la experiencia subjetiva- que sólo se puede medir la correlación de la misma, tales como el comportamiento (y por el comportamiento, incluyo internos es el comportamiento que, las acciones de los componentes de una empresa , tales como las neuronas y sus muchas piezas ) . Esta limitación tiene que ver con la naturaleza misma de los conceptos de "objetividad " y " subjetividad ". Fundamentalmente no podemos penetrar en la experiencia subjetiva de otra entidad con la medición objetiva directa. Desde luego, podemos argumentar al respecto , como por ejemplo , " mirar dentro del cerebro de esta entidad no biológica ; ver cómo sus métodos son como los de un cerebro humano. " O: " Ver cómo su comportamiento es igual que el comportamiento humano. " Pero al final , estos siguen siendo sólo argumentos. No importa cómo convencer a la conducta de una persona no biológica , algunos observadores se niegan a aceptar la conciencia de esa entidad a menos que eyacula neurotransmisores, se basa en la síntesis de la proteína DNA - dirigida, o tiene algún otro atributo biológico humano específico .

Suponemos que los demás seres humanos son conscientes, pero incluso eso es una suposición. No hay consenso entre los seres humanos sobre la conciencia de las entidades no humanas , como animales superiores. Tenga en cuenta los debates sobre los derechos de los animales , que tienen mucho que ver con si los animales no tienen conciencia o simplemente cuasi máquinas que funcionan por "instinto " . La cuestión será aún más polémica con respecto a las futuras entidades no biológicas que exhiben comportamiento y la inteligencia aún más parecidos a los humanos que los de los animales.

De hecho, estas futuras máquinas serán más parecidos a los humanos que los humanos de hoy . Si esto parece una afirmación paradójica , tenga en cuenta que gran parte del pensamiento humano hoy en día es menor y derivados. Nos maravillamos ante la capacidad de Einstein para evocar la teoría de la relatividad general de un experimento de pensamiento o la capacidad de Beethoven imaginar sinfonías que él nunca podía oír. Pero estos casos de pensamiento humano en su mejor momento son escasos y fugaces ; ( Afortunadamente contamos con un registro de estos momentos fugaces , lo que refleja una capacidad clave que ha separado a los humanos de otros animales. ) Nuestros seres futuros principalmente no biológicos serán mucho más inteligentes y por lo exhibirá estas cualidades sutiles del pensamiento humano a un grado mucho mayor .

Entonces, ¿cómo vamos a llegar a un acuerdo con la conciencia de que se solicite por la inteligencia no biológica ? Desde un punto de vista práctico se aceptarán las reclamaciones. Por un lado, "ellos" estarán con nosotros , así que no habrá distinciones claras entre la inteligencia biológica y no biológica . Además , estas entidades no biológicas serán muy inteligente, por lo que será capaz de convencer a otros seres humanos (biológicos , no biológicos , o algo intermedio ) que son conscientes . Ellos tienen todas las señales emocionales delicados que nos convencen hoy de que los humanos son conscientes . Ellos serán capaces de hacer otras personas reír y llorar. Y ellos se enojan si los demás no aceptan sus afirmaciones. Pero esto es fundamentalmente una predicción política y psicológica , no es un argumento filosófico .

Yo discrepo con aquellos que sostienen que la experiencia subjetiva o bien no existe o es una cualidad no esencial que con seguridad se puede ignorar. La cuestión de quién o qué está consciente y la naturaleza de las experiencias subjetivas de los demás son fundamentales para nuestros conceptos de la ética , la moral y el derecho . Nuestro sistema legal se basa en gran medida en el concepto de la conciencia, con una atención especial gravedad pagado a las acciones que causan sufrimiento - una forma especialmente grave de la experiencia consciente - a un ( consciente) humano o tal fin, la experiencia consciente de un ser humano ( por ejemplo, asesinato ) .

Ambivalencia humana en relación con la capacidad de los animales a sufrir se refleja en la legislación también. Tenemos leyes contra la crueldad animal, con mayor énfasis que se da a los animales más inteligentes , como los primates (aunque parece que tenemos un punto ciego en lo que respecta a los animales masivo sufrimiento implicado en la agricultura industrial , pero eso es tema de otro tratado ) .

Mi punto es que no podemos descartar con seguridad la cuestión de la conciencia como una mera preocupación filosófica educado. Es el núcleo de la base jurídica y moral de la sociedad. El debate va a cambiar cuando una inteligencia puede máquina no biológica argumentar persuasivamente por sí solo que / él / ella tiene sentimientos que deben ser respetados . Una vez que pueda hacerlo con un sentido del humor , lo cual es particularmente importante para convencer a los demás de la propia humanidad , es probable que se ganó el debate.

Espero que el cambio real en nuestro ordenamiento jurídico vendrá inicialmente de litigios en lugar de la legislación , como los litigios a menudo precipita tales transformaciones. En un precursor de lo que está por venir , el abogado Martine Rothblatt , socio de Mahon , Patusky , Rothblatt & Fisher , presentaron una moción simulacro el 16 de septiembre de 2003, para evitar que una empresa de desconectar un equipo consciente. La moción se argumentó en un simulacro de juicio en la sesión biocyberethics en la Asociación Internacional de Abogados conference.<sup>10</sup>

Podemos medir ciertos correlatos de la experiencia subjetiva ( por ejemplo, ciertos patrones de actividad neurológica objetivamente medible objetivamente con informes verificables de ciertas experiencias subjetivas, como escuchar un sonido ) . Pero no podemos penetrar en el núcleo de la experiencia subjetiva a través de mediciones objetivas. Como ya he mencionado en el capítulo 1 , se trata de la diferencia entre la tercera persona la experiencia "objetivo" , que es la base de la ciencia, y en primera persona la experiencia " subjetiva " , que es sinónimo de conciencia.

Considere que no somos capaces de experimentar realmente las experiencias subjetivas de los demás. La tecnología de experiencia - radiante de 2029 permitirá que el cerebro de una persona para experimentar sólo las experiencias sensoriales ( y, potencialmente, algunos de los correlatos neurológicos de emociones y otros aspectos de la experiencia ) de otra persona . Pero eso sigue sin transmitir la misma experiencia interna como la sufrida por la persona que está enviando la experiencia, porque su cerebro es diferente. Todos los días escuchamos informes sobre las experiencias de los demás, y podemos incluso sentir empatía en respuesta al comportamiento que resulta de sus estados internos . Pero debido a que estamos expuestos sólo a la conducta de los demás , sólo podemos imaginar sus experiencias subjetivas. Debido a que es posible construir un perfectamente coherente, cosmovisión científica que omite la existencia de la conciencia, algunos observadores llegan a la conclusión de que es sólo una ilusión.

Jaron Lanier, el pionero de la realidad virtual, en desacuerdo (en el tercero de sus seis objeciones a lo que él llama " totalitarismo cibernético " en su tratado " La mitad de un Manifiesto ") con los que sostienen " que la experiencia subjetiva o bien no existe , o no es importante debido a que es una especie de efecto de ambiente o periférica . " <sup>11</sup>

Como he señalado , no hay ningún dispositivo o sistema podemos postular que definitivamente podría detectar la subjetividad (la experiencia consciente) asociado a una entidad. Cualquier dispositivo supuesto tendría supuestos filosóficos incorporados. Aunque no estoy de acuerdo con gran parte del tratado de Lanier (véase la "Crítica de Software" , en el capítulo 9 ) , estoy de acuerdo con él en este asunto y ni imaginar ( y empatizar con !) Sus sentimientos de frustración en los dictámenes de " totalists cibernéticos " como yo ( no es que yo acepto esta caracterización ) .<sup>12</sup> como Lanier incluso acepto la experiencia subjetiva de los que sostienen que no hay tal cosa como una experiencia subjetiva .

Precisamente porque no podemos resolver los problemas de conciencia enteramente a través de la medición objetiva y análisis (Ciencias ), existe un papel fundamental para la filosofía. La conciencia es la pregunta ontológica más importante. Después de todo, si realmente imaginar un mundo en el que no hay experiencia subjetiva ( un mundo en el que hay remolinos de cosas, pero ninguna entidad consciente para experimentarlo), puede ser que también no existe ese mundo. En algunas tradiciones filosóficas, tanto del Este ( ciertas escuelas de pensamiento budista , por ejemplo), y Oeste (interpretaciones específicamente, observador de base de la mecánica cuántica) que es exactamente lo que se considera un mundo .

RAY : Podemos debatir qué tipo de entidades son o pueden ser consciente. Podemos discutir sobre si la conciencia es una propiedad emergente o causado por algún mecanismo específico , biológicas o de otra manera . Pero hay otro misterio asociado con la conciencia, tal vez el más importante.

MOLLY 2004 : De acuerdo, soy todo oídos .

RAY : Bueno, incluso si asumimos que todos los seres humanos que parecen ser conscientes de hecho son , ¿por qué es mi conciencia asociada con esta persona en particular , yo? ¿Por qué estoy consciente de esta persona en particular que leen libros de Tom Swift Jr. como un niño, me involucré con los inventos , escribe libros sobre la futuro , y así sucesivamente ? Cada mañana que me despierto, tengo la experiencia de esta persona en concreto. ¿Por qué no iba yo Alanis Morissette o alguien más?

SIGMUND FREUD : Hmm , por lo que le gustaría ser Alanis Morissette ?

RAY : Eso es una propuesta interesante , pero ese no es mi punto.

MOLLY 2004 : ¿Cuál es tu punto? No entiendo.

RAY : ¿Por qué soy consciente de las experiencias y las decisiones de esta persona en particular ?

MOLLY 2004 : Porque , tonto , eso es lo que eres.

SIGMUND : Parece que hay algo en ti que no te gusta . Cuéntame más sobre eso.

MOLLY 2004 : Anteriormente, Ray no le gustaba ser humano completo.

RAY : Yo no he dicho que no me gusta ser humano . Le dije que no me gustaba de las limitaciones, problemas y alto nivel de mantenimiento de mi versión de carrocería1.0 Pero todo esto es al lado del punto que estoy tratando de hacer aquí .

CHARLES DARWIN : Uno se pregunta por qué eres ? Eso es una tautología , no hay mucho que preguntarse acerca .

RAY : Al igual que muchos intentos de expresar los problemas realmente " duras" de la conciencia , esto está sonando sin sentido. Pero si me preguntas lo que realmente me pregunto , es la siguiente: ¿por qué estoy continuamente consciente de experiencias y sentimientos de esa persona en particular? En cuanto a la conciencia de otras personas , lo acepto , pero no experimento experiencias de otras personas , y no directamente de todos modos.

SIGMUND : Bueno , me estoy poniendo un cuadro más claro ahora . No experimenta experiencias de otras personas ? ¿Alguna vez has hablado con alguien acerca de la empatía ?

RAY : Mira, yo estoy hablando de la conciencia ahora de una manera muy personal.

SIGMUND : Muy bien , sigue adelante.

RAY : En realidad, este es un buen ejemplo de lo que normalmente sucede cuando las personas tratan de tener un diálogo acerca de la conciencia . La discusión inevitablemente se desvía en otra cosa, como la psicología o la conducta o la inteligencia o la neurología. Pero el misterio de por qué soy esta persona en particular es lo que realmente me pregunto .

CHARLES : ¿Sabe usted crea que eres.

RAY : Sí , eso es cierto. Así como nuestros cerebros crean nuestros pensamientos , nuestros pensamientos , a su vez crean nuestros cerebros .

CHARLES : ¿Así que usted ha hecho a sí mismo , y es por eso que somos lo que somos, por así decirlo.

MOLLY 2104: Experimentamos que muy directa en 2104. Ser no biológica , soy capaz de cambiar lo que soy bastante facilidad . Como hemos comentado anteriormente , si estoy de humor , puedo combinar mis patrones de pensamiento con otra persona y crear una identidad fusionada. Es una experiencia profunda .

MOLLY 2004 : Bueno, Miss Molly del futuro, lo hacemos en los tiempos primitivos de 2004 también . Lo llamamos enamoramiento. ¿Quién soy yo ? ¿Qué soy yo? ¿Por qué eres tú?

#### – **LA PREGUNTA IMPLICADA**

- ( JÓVENES unitarios universalistas RELIGIOSAS ) , una organización que era activa en CUANDO yo era niño en los años 1960 TEMPRANA (IT llamaba entonces LRY , JUVENTUD religiosas liberales ) .

Lo que se busca es que esté buscando . -San Francisco de Asís

No estoy al tanto de muchas cosas

Yo sé lo que sé si sabes lo que quiero decir .

La filosofía es la charla en una caja de cereal.

La religión es la sonrisa de un perro ....

La filosofía es un paseo por las rocas resbaladizas.

La religión es una luz en la niebla ....

Lo que soy es lo que soy.

¿Eres lo que eres o qué?

- Edie Brickell , " lo que soy"

La libertad de la voluntad es la capacidad de hacer con mucho gusto lo que debo hacer. - CARL JUNG

La posibilidad de que el teórico cuántico no es la libertad ética de los agustinos . - NORBERT WEINER<sup>13</sup>

Yo preferiría una muerte ordinaria , la inmersión con unos amigos en un barril de Madeira, hasta ese momento , y luego se recordó a la vida por el calor solar de mi querido país! Pero con toda probabilidad , vivimos en un siglo muy poco avanzada, y demasiado cerca de la infancia de la ciencia, para ver un arte , interpuesto en nuestro tiempo a su perfección . - BENJAMIN FRANKLIN , 1773

Una cuestión conexas pero distinta tiene que ver con nuestra propia identidad . Hemos hablado antes sobre la posibilidad de cargar los patrones de la mente - conocimiento individual , las habilidades , la personalidad , la memoria a otro sustrato . Aunque la nueva entidad actuaría igual que yo, la pregunta sigue siendo: ¿es realmente yo?

Algunos de los escenarios para la extensión radical de la vida implican la reingeniería y la reconstrucción de los sistemas y subsistemas que nuestros cuerpos y cerebros componen . Al tomar parte en esta reconstrucción , pierdo mi auto en el camino? Una vez más , esta cuestión se transformará de un diálogo filosófico secular a la práctica urgente en las próximas décadas .

Entonces, ¿quién soy yo? Desde que estoy en constante cambio, soy sólo un patrón ?

¿Qué pasa si alguien copia ese modelo ? ¿Soy el original y / o la copia ? Tal vez yo soy esto está aquí - que , tanto la colección ordenada y caótico de las moléculas que componen el cuerpo y el cerebro.

Pero hay un problema con esta posición. El conjunto específico de las partículas que mi cuerpo y el cerebro forman en realidad son completamente diferentes de los átomos y moléculas que comprendía hasta hace poco tiempo. Sabemos que la mayoría de nuestras células se entregan en cuestión de semanas , e incluso nuestras neuronas , que persisten como células diferenciadas de un tiempo relativamente largo, sin embargo, cambiar la totalidad de sus moléculas constituyentes dentro de un month.<sup>14</sup> La vida media de un microtúbulos ( un filamento de proteína que proporciona la estructura de una neurona ) es de unos diez minutos. Los filamentos de actina en las dendritas son reemplazadas aproximadamente cada cuarenta segundos. Las proteínas que el poder de las sinapsis son reemplazados cada hora . Receptores NMDA en las sinapsis se quedan por un número relativamente largos cinco días.

Así que estoy un conjunto completamente diferente de las cosas que yo hace un mes, y todo lo que persiste es el patrón de organización de esas cosas . Los cambios en el patrón también , pero lentamente y en un proceso continuo . Me gusta bastante el diseño que hace que el agua en un arroyo , ya que corre más allá de las rocas en su camino. Las moléculas reales de agua cambian cada milésima de segundo , pero el patrón persiste durante horas o incluso años .

Tal vez, por lo tanto, habría que decir que soy un modelo de materia y energía que persiste en el tiempo . Pero hay un problema con esta definición , también, ya que en

última instancia poder subir este patrón para replicar mi cuerpo y el cerebro a un nivel suficientemente alto grado de precisión que la copia es indistinguible de la original. (Es decir, la copia podría aprobar una " Ray Kurzweil " prueba de Turing . ) La copia , por lo tanto , compartirá mi patrón. Uno podría contrarrestar que no podemos obtener todos los detalles correctos, pero a medida que pasa el tiempo los intentos de crear una réplica neural y el cuerpo se incrementará en la resolución y precisión al mismo ritmo exponencial que gobierna todas las tecnologías basadas en la información. En última instancia, vamos a ser capaces de capturar y volver a crear mi patrón de salientes detalles neuronales y física en un grado de precisión deseado .

Aunque la copia comparte mi patrón , sería difícil decir que la copia de mí porque yo o todavía podía estar aquí. Incluso se puede escanear y copiar mi mientras yo dormía. Si vienes a mí por la mañana y dice: " Buenas noticias , Ray , te hemos reinstanciated con éxito en un sustrato más duradera , por lo que no vamos a necesitar su viejo cuerpo y el cerebro más" Puedo discrepar .

Si lo hace el experimento de pensamiento, está claro que la copia puede verse y actuar como yo, pero no es , sin embargo, me . Ni siquiera sepa que fue creado . A pesar de que tendría todos mis recuerdos y recuerdo haber sido yo , desde el momento de su creación Ray 2 tendría sus propias experiencias únicas, y su realidad empezaba a separarse de la mía.

Este es un problema real con respecto a la criónica ( el proceso de conservación por congelación de una persona que acaba de morir , con miras a " reanimar " a él más tarde, cuando existe la tecnología para revertir el daño de las primeras etapas del proceso de la muerte , la criónica proceso de conservación, y la enfermedad o condición que lo mató en el primer lugar ) . Suponiendo que una persona " preservado " en última instancia, se reanimó , muchos de los métodos propuestos implican que la persona reanimado se centrará principalmente en " reconstruido " con nuevos materiales e incluso totalmente nuevos sistemas neuromorphically equivalentes. La persona será reanimado , por lo tanto , ser efectivamente "Ray 2 " (es decir, alguien más) .

Ahora vamos a seguir esta línea de pensamiento un poco más , y verá donde surge el dilema. Si me copiamos y luego destruir el original, que es el final de mí, porque a medida que llegamos a la conclusión sobre la copia no soy yo . Dado que la copia va a hacer un trabajo convincente de mí haciéndose pasar , nadie puede saber la diferencia , pero es , sin embargo, el final de mí .

Considere reemplazar una pequeña parte de mi cerebro con su equivalente neuromórfica.

Bueno, yo sigo aquí : la operación se ha realizado correctamente (por cierto, nanobots eventualmente hacer esto sin cirugía). Sabemos personas les gusta esto ya, como los que tienen implantes cocleares , implantes para la enfermedad de Parkinson y otros. Ahora reemplace otra parte de mi cerebro : está bien , todavía estoy aquí ... y otra vez .... Al final del proceso , sigo siendo yo mismo. Nunca hubo un "Ray viejo" y "nuevo Ray, " Yo soy el mismo que era antes. Nunca nadie me extrañaba, incluyéndome a mí.

La sustitución gradual de los resultados Ray en Ray , por lo que la conciencia y la identidad parece haber sido preservada. Sin embargo , en el caso de sustitución gradual no hay simultánea de edad mí y nuevo yo . Al final del proceso que tiene el equivalente de la nueva mí ( es decir, Ray 2 ) y no me de edad ( Ray 1 ) . Así sustitución gradual también significa el final de mí . Por lo tanto, podríamos preguntarnos : ¿En qué momento mi cuerpo y el cerebro se convierten en otra persona?

Por otro lado (nos estamos quedando sin manos filosóficos aquí) , como señalé al comienzo de esta cuestión, de hecho estoy siendo reemplazados continuamente como parte de un proceso biológico normal. ( Y , por cierto , que el proceso no es muy gradual, pero bastante rápida . ) Como conclusión , lo único que persiste es mi patrón espacial y temporal de la materia y la energía . Pero el experimento anterior muestra que la sustitución gradual significa el final de mí , incluso si se conserva mi patrón. Así que estoy constantemente siendo sustituido por otra persona que apenas se parece mucho a la que me de unos momentos antes?

Así que , de nuevo, ¿quién soy yo ? Es la pregunta ontológica definitiva , y que a menudo se refieren a ella como la cuestión de la conciencia. He conscientemente (nunca mejor dicho ) su enunciado el problema en su totalidad en la primera persona, porque esa es su naturaleza. No es una cuestión de tercera persona . Así que mi pregunta no es " ¿quién eres? " aunque es posible que desee hacer esta pregunta a sí mismo .

Cuando la gente habla de la conciencia que a menudo caen en consideraciones de correlatos neurológicos y de comportamiento de conciencia ( por ejemplo, si una entidad puede ser auto-reflexivo ) . Pero éstas son cuestiones de tercera persona (objetiva) y no representan lo que David Chalmers llama la " pregunta difícil " de la conciencia: ¿cómo puede la materia (el cerebro ) conducen a algo tan aparentemente inmaterial como la conciencia <sup>15</sup> ?

La cuestión de si una entidad es consciente es evidente sólo a sí mismo. La diferencia entre los correlatos neurológicos de la conciencia (como comportamiento inteligente ) y la realidad ontológica de la conciencia es la diferencia entre la realidad objetiva y subjetiva. Es por eso que no podemos proponer un detector de conciencia objetiva y sin presupuestos filosóficos incorporados.

Yo creo que los seres humanos llegarán a aceptar que las entidades no biológicas son conscientes , porque en última instancia, las entidades no biológicas tendrán todas las señales sutiles que los humanos actualmente poseen y que asociamos con experiencias subjetivas emocionales y otros . Sin embargo, si bien vamos a ser capaces de verificar las señales sutiles , no tendremos acceso directo a la conciencia implícita . Voy a reconocer que muchos de ustedes parece consciente de mí, pero no debe ser demasiado rápida para aceptar esta impresión. Tal vez estoy realmente viviendo en una simulación , y tú eres parte de ella.

O tal vez es sólo mis recuerdos de ti que existen, y estas experiencias reales nunca tuvo lugar.

O tal vez estoy sólo ahora experimentando la sensación de recordar recuerdos aparentes , pero ni la experiencia ni los recuerdos realmente existo . Bueno , se ve el problema.

A pesar de estos dilemas de mi filosofía personal se mantiene en base a patternism - Yo soy principalmente un patrón que persiste en el tiempo. Soy un patrón de evolución, y yo puedo influir en el curso de la evolución de mi patrón. El conocimiento es un patrón, a diferencia de la mera información , y la pérdida de conocimiento es una pérdida profunda . Por lo tanto , la pérdida de una persona es la pérdida definitiva .

MOLLY 2004 : En lo que a mí respecta , lo que soy es bastante sencillo - es básicamente el cerebro y el cuerpo , que al menos este mes está en muy buena forma , gracias.

RAY : ¿Está usted, incluyendo los alimentos en el tracto digestivo, en sus diferentes etapas de descomposición en el camino?

MOLLY 2004 : De acuerdo , puede excluir que . Algunos de ellos se convertirán en mí, pero no se ha inscrito aún en el " parte de Molly " club.

RAY : Bueno , el 90 por ciento de las células de su cuerpo no tiene su ADN. MOLLY 2004 : ¿Es así ? Sólo cuyo ADN es, entonces ?

RAY : los humanos biológicos tienen cerca de diez billones de células con su propio ADN , pero hay cerca de cien trillones de microorganismos en el tracto digestivo , fundamentalmente bacterias.

MOLLY 2004 : No suena muy atractivo. ¿Son del todo necesario ?

RAY : En realidad son parte de la sociedad de las células que hacen que Molly viva y floreciente . Usted no podría sobrevivir sin las bacterias intestinales saludables. Suponiendo que la flora intestinal están en buen equilibrio , son necesarios para su bienestar.

MOLLY 2004 : De acuerdo, pero no me considero como yo. Hay un montón de cosas que mi bienestar depende. Como mi casa y mi coche, pero yo todavía no lo considero como parte de mí.

RAY : Muy bien, es razonable dejar a todo el contenido del tubo digestivo , las bacterias y todo. Eso es realmente la forma en que el cuerpo lo ve. A pesar de que es físicamente en el interior del cuerpo , el cuerpo considera el tracto ser externa y pantallas cuidadosamente lo que se absorbe en el torrente sanguíneo .

MOLLY 2004 : . " Círculo de empatía " Al pensar más acerca de quién soy, un poco como de Jaron Lanier

RAY : Cuéntame más .

MOLLY 2004 : Básicamente , el círculo de la realidad que yo considero que es "yo" no es clara. Simplemente no es mi cuerpo. Tengo identificación limitada con, digamos, mis dedos de los pies y , después de nuestra última discusión , y mucho menos con el contenido de mi intestino grueso.

RAY : Eso es razonable, e incluso con respecto a nuestro cerebro que son conscientes de sólo una pequeña parte de lo que sucede en ese país.

MOLLY 2004 : Es cierto que hay partes de mi cerebro que parecen ser otra persona , o al menos algún otro lugar. A menudo , los pensamientos y los sueños que se entrometen en mi conciencia parece haber venido de algún lugar extranjero . Ellos , obviamente, viene de mi cerebro, pero no parece de esa manera.

RAY : Por el contrario , los seres queridos que están físicamente separadas pueden estar tan cerca como para parecer ser parte de nosotros mismos.

MOLLY 2004 : El límite de mi mismo está pareciendo cada vez menos clara . RAY : Bueno, sólo tiene que esperar hasta que estemos en su mayor parte no biológica. Entonces seremos capaces de combinar nuestros pensamientos y el pensamiento a voluntad , por lo que la búsqueda de límites será aún más difícil.

MOLLY 2004 : Que en realidad suena un poco atractivo. Ya sabes, algunas filosofías budistas enfatizan la medida en que no es de por sí hay un límite a lo que entre nosotros.

RAY : Suena como si estuvieran hablando de la Singularidad .

### **La singularidad como Trascendencia**

La modernidad ve a la humanidad como habiendo ascendido de lo que es inferior a la que la vida comienza en el limo y termina en la inteligencia , mientras que los cultivos tradicionales ven como desciende de sus superiores. Como el antropólogo Marshall Sahlins dice al respecto: " . Nosotros somos los únicos que suponer que hemos ascendido de los simios Todo el mundo da por sentado que ellos son descendientes de los dioses. " - HUSTON SMITH<sup>16</sup>

Algunos filósofos sostienen que la filosofía es lo que hace a un problema hasta que es lo suficientemente clara para solucionarlo haciendo ciencia. Otros sostienen que si un problema filosófico sucumbe a los métodos empíricos , que muestra que no era realmente filosófica , para empezar. - JERRY A. FODOR<sup>17</sup>

La singularidad denota un evento que se llevará a cabo en el mundo material , el siguiente paso inevitable en el proceso evolutivo que comenzó con la evolución biológica y se ha extendido a través de la evolución tecnológica humana -dirigido. Sin embargo, es precisamente en el mundo de la materia y la energía que nos encontramos con la trascendencia, una connotación principal de lo que la gente se refiere a la espiritualidad . Vamos a considerar la naturaleza de la espiritualidad en el mundo físico.

Por dónde empiezo ? ¿Qué tal con el agua? Es bastante simple, pero tenga en cuenta las formas diversas y hermosas se manifiesta : los patrones infinitamente diferentes ya que las cascadas más allá de rocas en un arroyo , entonces surge caóticamente por una cascada (todo se puede ver desde la ventana de mi oficina , por cierto ), los patrones ondulantes de las nubes en el cielo, la disposición de la nieve en una montaña , el diseño satisfactorio de un solo copo de nieve . O pensemos en la

descripción de Einstein de la orden y el desorden enredado en un vaso de agua ( es decir, su tesis sobre el movimiento browniano ).

O en el mundo biológico en otro lugar , tenga en cuenta la intrincada danza de espirales de ADN durante la mitosis. ¿Qué tal la belleza de un árbol que se dobla con el viento y sus hojas se agitan en una danza complicada ? O el bullicioso mundo que vemos en un microscopio ? Hay trascendencia en todas partes.

Un comentario sobre la palabra "trascendencia " está en orden aquí. " Trascender " significa " ir más allá", pero esto no tiene que obligarnos a adoptar una visión dualista adornada que respecta a los contenidos trascendentes de la realidad (por ejemplo, el nivel espiritual ) de no ser de este mundo. Podemos " ir más allá" de las potencias "ordinarias" del mundo material a través del poder de los patrones . Aunque he sido llamado un materialista , me considero un " patternist "

Es a través de las potencias emergentes del patrón que trascendemos . Dado que el material material del que estamos hechos gira rápidamente , es el poder trascendente de nuestros patrones que persiste.

El poder de los patrones que soportar va más allá explícitamente auto-replicante sistemas , tales como organismos y la tecnología de auto-replicante . Es la persistencia y el poder de los patrones que sustentan la vida y la inteligencia. El patrón es mucho más importante que las cosas materiales que lo constituye .

Movimientos aleatorios en un lienzo son sólo pintura. Pero cuando se dispone en la manera correcta , que trascienden las cosas materiales y se convierten en arte . Notas al azar son sólo sonidos. Secuenciado de una manera "inspirada" , tenemos música.

Un montón de componentes es sólo un inventario. Pedido de una manera innovadora , y tal vez con la adición de algunos programas (otro patrón), tenemos la "magia" (trascendencia) de la tecnología.

Aunque algunos consideran lo que se conoce como "espiritual" como el verdadero sentido de la trascendencia, trascendencia se refiere a todos los niveles de la realidad: las creaciones de la naturaleza , incluyéndonos a nosotros mismos , así como nuestras propias creaciones en forma de arte, la cultura, tecnología, y la expresión emocional y espiritual. Evolución se refiere a los patrones , y es específicamente la profundidad y el orden de los patrones que crecen en un proceso evolutivo . Como culminación de la evolución en nuestro medio, la singularidad se profundizará todas estas manifestaciones de la trascendencia.

Otra connotación de la palabra "espiritual" es " alcohol ", es decir, ser consciente. Conciencia de la sede de " personalness " - es considerado como lo que es real en muchas tradiciones filosóficas y religiosas . Una ontología budista común considera subjetiva consciente de la experiencia como la realidad última , en lugar de los fenómenos físicos u objetivo , que se consideran maya ( ilusión ) .

Los argumentos que hago en este libro con respecto a la conciencia son con el propósito de ilustrar la naturaleza desconcertante y paradójico (y , por lo tanto , profundo ) de la conciencia : ¿cómo un conjunto de supuestos ( es decir, que una

copia de mi archivo mental sea en acciones o no compartir mi conciencia ) en última instancia conduce a un punto de vista opuesto , y viceversa .

Nosotros asumimos que los seres humanos son conscientes, al menos cuando parecen ser. En el otro extremo del espectro se supone que las máquinas no son simples. En el sentido cosmológico del universo contemporáneo actúa más como una máquina simple que un ser consciente. Pero como hemos comentado en el capítulo anterior , la materia y la energía en nuestro entorno se convertirán infundido con la inteligencia, el conocimiento , la creatividad , la belleza y la inteligencia emocional ( la capacidad de amar , por ejemplo) de nuestra civilización hombre-máquina. Nuestra civilización se expanda hacia afuera , convirtiendo toda la materia y la energía muda nos encontramos en sublimemente inteligente - trascendente - materia y la energía . Así que en cierto sentido, podemos decir que la Singularidad en última instancia, infundir el universo con espíritu.

Evolution se mueve hacia una mayor complejidad , mayor elegancia , mayor conocimiento , mayor inteligencia , mayor belleza, mayor creatividad , y mayores niveles de atributos sutiles como el amor . En todas las tradiciones monoteístas Dios es igualmente descrito como todas estas cualidades , pero sin ningún tipo de limitación : infinito conocimiento , la inteligencia infinita, infinita belleza , la creatividad infinita, amor infinito , y así sucesivamente. Por supuesto , incluso la aceleración del crecimiento de la evolución nunca alcanza un nivel infinito, pero , ya que explota exponencialmente ciertamente se mueve rápidamente en esa dirección . Así que la evolución se mueve inexorablemente hacia esta concepción de Dios , a pesar de nunca llegar a este ideal. Podemos considerar , por lo tanto , la liberación de nuestro pensamiento de las graves limitaciones de su forma biológica para ser una empresa esencialmente espiritual .

MOLLY 2004 : Entonces, ¿cree usted en Dios?

RAY : Bueno, es una palabra de tres letras y un poderoso meme .

MOLLY 2004 : Me doy cuenta de la palabra y la idea existo . Pero, ¿se refiere a todo lo que crees?

RAY : La gente quiere decir muchas cosas de él. MOLLY 2004 : ¿Usted cree en esas cosas ?

RAY : No es posible creer que todas estas cosas : que Dios es una persona consciente de la todopoderosa mirando por encima de nosotros, llegar a acuerdos , y enojarse un poco. O He- It- es una fuerza de vida omnipresente que subyace en toda la belleza y la creatividad. O Dios creó todo y luego dio un paso atrás ....

MOLLY 2004 : Lo entiendo, pero ¿cree usted en alguno de ellos? RAY : Yo creo que el universo existe .

MOLLY 2004 : Espera un minuto , eso no es una creencia , es un hecho científico.

RAY : En realidad , no lo sé con certeza "que nada existe aparte de mis propios pensamientos.

MOLLY 2004 : Está bien, entiendo que este es el capítulo de la filosofía, pero se puede leer artículos científicos - miles de ellos - que corroboran la existencia de estrellas y galaxias . Por lo tanto, todas esas galaxias - Lo llamamos el universo.

RAY : Sí , he oído hablar de eso, y yo recuerdo haber leído algunos de estos papeles , pero yo no sé si realmente existen esos documentos , o que las cosas que se refieren realmente existen, excepto en mis pensamientos.

MOLLY 2004 : Por lo que no reconoce la existencia del universo?

RAY : No , sólo dije que yo sí creo que existe, pero estoy señalando que se trata de una creencia de que es mi salto de fe personal .

MOLLY 2004 : De acuerdo, pero le pregunté si creía en Dios.

RAY : Una vez más , "Dios" es una palabra que la gente quiere decir cosas diferentes. Por el bien de su pregunta, podemos considerar que Dios es el universo, y le dije que yo creo en la existencia del universo. MOLLY 2004 : Dios es el universo?

RAY : Just ? Es una cosa muy grande para aplicar la palabra " sólo" a . Si hemos de creer lo que nos dice - y la ciencia. Le dije que yo hago - que es casi tan grande como un fenómeno que podríamos imaginar.

MOLLY 2004 : En realidad, muchos físicos consideran ahora que nuestro universo sea sólo una burbuja de entre un gran número de otros universos. Pero quiero decir que la gente por lo general significan algo más por la palabra "Dios" que "sólo" el mundo material. Algunas personas lo hacen Dios asociado con todo lo que existe , pero que todavía consideran que Dios es consciente. Así que usted cree en un Dios que no es consciente?

RAY : El universo consciente , sin embargo, no lo es. Pero será . En rigor, habría que decir que muy poco de él es consciente hoy. Pero eso va a cambiar y pronto. Espero que el universo se convertirá sublimemente inteligente y se despertará en Epoch Six. La única creencia que estoy planteando aquí es que el universo existe . Si hacemos el salto de la fe, la esperanza de que va a despertar no es tanto una creencia como una comprensión informada, basada en la misma ciencia que dice que hay un universo.

MOLLY 2004 : Interesante. Ya sabes , eso es básicamente lo contrario de la opinión de que no era un creador consciente que tiene todo comenzó y luego tipo de retiró . Básicamente, se está diciendo que un universo consciente va a " ceder " durante Epoca Six.

RAY : Sí , esa es la esencia de la época Six.

## CAPÍTULO OCHO

### **La promesa profundamente entrelazados y los peligros de GNR**

Estamos siendo impulsados en este nuevo siglo , sin plan, sin control, sin frenos ....  
La única alternativa realista que veo es la renuncia : para limitar el desarrollo de las tecnologías que son muy peligrosos , al limitar nuestra búsqueda de ciertos tipos de conocimiento . - Bill Joy , "¿POR QUÉ EL FUTURO NO NECESITA EE.UU. "

Los ecologistas deben ahora enfrentarse de lleno con la idea de un mundo que no tiene suficiente riqueza y la capacidad tecnológica suficiente , y no deben perseguir más . - Bill McKibben , ECOLOGISTA que primero escribió acerca de GLOBAL WARMING<sub>1</sub>

El progreso podría haber estado bien una vez, pero se ha ido demasiado lejos .

- Ogden Nash (1902-1971)

A finales de 1960 que se convirtió en un activista ecologista radical. Un grupo variopinto de activistas y yo navegaba un barco viejo que gotea halibut en el Pacífico Norte para bloquear las últimas pruebas de la bomba de hidrógeno durante la presidencia de Nixon. En el proceso de co-fundé Greenpeace .... ambientalistas a menudo eran capaces de producir argumentos que sonaban razonables, mientras que hace buenas acciones como el ahorro de ballenas y hacer que el filtro de aire y agua. Pero ahora, los pollos han llegado a casa a dormir . Campaña de los ambientalistas contra la biotecnología en general , y de la ingeniería genética en particular, ha expuesto claramente su bancarrota intelectual y moral. Mediante la adopción de una política de tolerancia cero hacia una tecnología con muchos beneficios potenciales para la humanidad y el medio ambiente, ... se han alejado de los científicos , intelectuales e internacionalistas . Parece inevitable que los medios y el público , con el tiempo , ver la locura de su posición. - PATRICK MOORE

Creo que ... vuelo de odio y de la tecnología es contraproducente . El Buda descansa tan cómodamente en los circuitos de una computadora digital y los engranajes de la transmisión del ciclo como lo hace en la cima de una montaña o en los pétalos de una flor. Pensar de otra manera es para degradar el Buda - que es el de degradar uno mismo. - ROBERT M. Pirsig , Zen y el arte del mantenimiento MOTOCICLETA

### **Considere estos artículos que preferiría no ver en la Web :**

Impresiona a tus enemigos : ¿Cómo construir su propia bomba atómica de Disponibilidad inmediata materiales<sub>2</sub>

Cómo modificar el virus de la influenza en su laboratorio de la universidad a la Versión Veneno de Serpiente

Diez Modificaciones sencillos para el Virus de E. coli

Cómo modificar la viruela para contrarrestar la vacuna contra la viruela Construya sus propios armas químicas de materiales disponibles en Internet Cómo construir un sin piloto , auto-guía , Avión de vuelo bajo uso de un avión de bajo costo , GPS, y un ordenador portátil

O bien, ¿qué hay de lo siguiente:

Los genomas de los Diez Principales Patógenos Los Planos de Rascacielos liderando el diseño de los reactores nucleares de Estados Unidos

Los Cien Mejores vulnerabilidades de la sociedad moderna

El Top Ten de vulnerabilidades de Internet información de salud personal en cien millones de americanos

Las listas de clientes de los sitios superiores Pornografía

Cualquier publicación del primer artículo de arriba es casi seguro de obtener una rápida visita del FBI , al igual que Nate Ciccolo , un estudiante de quince años de edad, la escuela secundaria , de marzo de 2000. Para un proyecto de ciencias en la escuela se construyó un modelo de cartón piedra de una bomba atómica que resultó ser inquietantemente precisa. En los medios de comunicación que siguió la tormenta Ciccolo dijo a ABC News, " Alguien especie de mencionado, usted sabe, usted puede ir a través de Internet ahora y obtener información. Y yo , más o menos , no era exactamente al día sobre las cosas. Pruébalo . fui allí y un par de clics y no me equivoqué there.<sup>3</sup>

Por supuesto Ciccolo no poseía el ingrediente clave , el plutonio , ni tenía la menor intención de adquirirla , pero el informe crea ondas de choque en los medios de comunicación , por no mencionar entre las autoridades que se preocupan por la proliferación nuclear.

Ciccolo había informado encontrar 563 páginas web en los diseños de la bomba atómica , y la publicidad como resultado un esfuerzo urgente para eliminarlos. Por desgracia , tratando de deshacerse de la información en Internet es como tratar de barrer de nuevo el océano con una escoba. Algunos de los sitios continúan siendo de fácil acceso hoy en día . No voy a dar ninguna URL en este libro, pero no son difíciles de encontrar .

Aunque los títulos de los artículos arriba mencionados son ficticios , uno puede encontrar una amplia información en Internet acerca de todos estos topics.<sup>4</sup> La Web es una herramienta de investigación extraordinaria . En mi propia experiencia , la investigación que solía requerir un medio día en la biblioteca ahora se puede realizar normalmente en un par de minutos o menos.

Esto tiene enormes y evidentes beneficios para el avance de las tecnologías beneficiosos , pero también puede capacitar a aquellos cuyos valores son hostiles a la corriente principal de la sociedad . Así que estamos en peligro? La respuesta es claramente afirmativa . ¿Cuánto peligro, y qué hacer al respecto, son los temas de

este capítulo.

Mi preocupación urgente de esta cuestión se remonta por lo menos un par de décadas. Cuando escribí *La era de las máquinas inteligentes* a mediados de la década de 1980, estaba profundamente preocupado por la capacidad del entonces emergente ingeniería genética para que los expertos en la materia y con el acceso a los equipos bastante ampliamente disponibles para modificar los patógenos bacterianos y virales para crear nuevas enfermedades.<sup>5</sup> En manos destructivas o simplemente descuidado estos patógenos ingeniería podría combinar un alto grado de comunicabilidad, sigilo, y la destructividad.

Estos esfuerzos no fueron fáciles de llevar a cabo en la década de 1980, pero fueron, sin embargo, factible. Ahora sabemos que los programas de armas biológicas en la Unión Soviética y otros países estaban haciendo exactamente esto.<sup>6</sup> En ese momento tomé la decisión consciente de no hablar de ese fantasma en mi libro, la sensación de que no quería dar a las personas equivocadas ideas destructivas. Yo no quería encender la radio un día y escuchar acerca de un desastre, con los autores diciendo que tuvieron la idea de Ray Kurzweil.

En parte como resultado de esta decisión me enfrenté a algunas críticas razonable de que el libro hizo hincapié en los beneficios de la tecnología del futuro sin tener en cuenta sus riesgos. Cuando escribí *La era de las máquinas espirituales* en 1997-1998, por lo tanto, he intentado explicar tanto la promesa y peligro.<sup>7</sup> Hubo pública suficiente atención en ese momento (por ejemplo, la 1995 película *Epidemia*, que retrata el terror y el pánico de la liberación de un nuevo patógeno viral) que me sentía cómodo para comenzar a abordar el tema públicamente.

En septiembre de 1998, habiendo terminado el manuscrito, me encontré con Bill Joy, un estimado colega y desde hace mucho tiempo en el mundo de la alta tecnología, en un bar de Lake Tahoe. Aunque yo había admirado durante mucho tiempo la alegría por su trabajo pionero en el idioma del software líder en sistemas web interactivos (Java) y que tiene cofundador de Sun Microsystems, mi enfoque en este breve encuentro no fue en la alegría, sino más bien en la tercera persona que se sienta en nuestra pequeña cabina, John Searle. Searle, el eminente filósofo de la Universidad de California en Berkeley, ha construido una carrera de la defensa de los profundos misterios de la conciencia humana desde la aparente ataque de los materialistas, como Ray Kurzweil (una caracterización rechazo en el próximo capítulo).

Searle y yo acababa de terminar el debate sobre el tema de si una máquina puede ser consciente durante la sesión de clausura de la conferencia *Telecosm* de George Gilder.

La sesión se tituló "*Máquinas Espirituales*" y se dedicó a la discusión de las implicaciones filosóficas de mi próximo libro. Me había dado alegría un manuscrito preliminar y trató de ponerle al día sobre el debate acerca de la conciencia de que Searle y yo estábamos teniendo.

Al final resultó que Joy estaba interesado en un tema completamente distinto, específicamente los peligros inminentes a la civilización humana de tres tecnologías emergentes que había presentado en el libro: la genética, nanotecnología y robótica (

GNR , como se explicó anteriormente ) . Mi análisis de las desventajas de futuro Joy alarmado tecnología, que más tarde se relacionan en su ahora famoso artículo de portada de Wired, " ¿Por qué el futuro no nos necesita . " 8 En el Joy artículo se describe cómo le pidió a sus amigos en el comunidad científica y la tecnología si las proyecciones que estaba haciendo eran creíbles y quedó consternado al descubrir lo cerca que estas capacidades son de realización.

El artículo de Joy totalmente centrado en los escenarios de baja y creó una tormenta de fuego. Aquí fue una de las figuras más importantes del mundo la tecnología que tratan nuevas y terribles peligros emergentes de la tecnología del futuro . Era una reminiscencia de la atención que George Soros, el arbitrador moneda y archcapitalist, recibió cuando hizo comentarios críticos sobre vagamente los excesos del capitalismo salvaje , a pesar de la alegría controversia se hizo mucho más intenso. El New York Times informó que había unos diez mil artículos comentando y discutiendo el artículo de Joy , más que cualquier otro en la historia de comentarios sobre cuestiones de tecnología . Mi intento de relajarse en un salón Lake Tahoe así terminó el fomento de dos debates a largo plazo , ya que mi diálogo con John Searle ha continuado hasta nuestros días .

A pesar de que yo sea el origen de la preocupación de Joy , mi reputación como un "optimista tecnología " se ha mantenido intacta , y Joy y yo he sido invitado a una variedad de foros para debatir el peligro y promesa , respectivamente, de las tecnologías del futuro . Aunque se espera que yo tome el lado " promesa " del debate , a menudo terminan pasando la mayor parte de mi tiempo a la defensa de su posición sobre la viabilidad de estos peligros .

Mucha gente ha interpretado el artículo de Joy como una defensa de la amplia renuncia, no de todos los avances tecnológicos , sino de los " peligrosos" como la nanotecnología . Alegría, que ahora trabaja como un inversor de capital riesgo con la legendaria firma de Silicon Valley de Kleiner , Perkins, Caufield & Byers, la inversión en tecnologías como la nanotecnología aplicada a las energías renovables y otros recursos naturales , dice que la amplia renuncia es una mala interpretación de su posición y nunca fue su intención. En una comunicación privada de correo electrónico reciente , dice que el énfasis debe estar en su llamado a " limitar el desarrollo de las tecnologías que son muy peligrosos " (véase el epígrafe al comienzo de este capítulo) , no en la prohibición total . Se sugiere , por ejemplo, la prohibición de la nanotecnología de auto -replicante , que es similar a las pautas recomendadas por el Instituto de Prospectiva , fundada por el pionero de la nanotecnología Eric Drexler y Christine Peterson. En general , se trata de una pauta razonable, aunque yo creo que tendrá que haber dos excepciones, que explicaré más adelante (véase p.411).

Como otro ejemplo, Joy no aboga por la publicación de las secuencias de genes de patógenos a través de Internet , lo que también estoy de acuerdo . Él desea que los científicos adopten regulaciones en este sentido voluntaria e internacional , y señala que " si esperamos hasta después de una catástrofe , podemos terminar con las regulaciones más severas y perjudiciales. " Dice que espera que "vamos a hacer este tipo de regulación a la ligera, por lo que podemos conseguir la mayoría de los

beneficios . "

Otros, como Bill McKibben , el ambientalista que fue uno de los primeros en advertir contra el calentamiento global, han abogado por abandono de grandes áreas como la biotecnología y la nanotecnología , o incluso de toda la tecnología . Como se discute con más detalle más adelante (véase p . 410 ) , renunciando a amplios campos sería imposible de lograr sin renunciar esencialmente todo el desarrollo técnico. Eso a su vez requeriría un estilo nuevo mundo valiente de gobierno totalitario , desterrar el desarrollo de la tecnología. No sólo sería una solución incompatible con nuestros valores democráticos , pero en realidad empeorar los peligros de la conducción del subterráneo tecnología, donde sólo los profesionales menos responsables ( por ejemplo, Estados canallas ) tendrían la mayor parte de la experiencia .

### **Entrelazado Beneficios. . .**

Fue el mejor de los tiempos , era el peor de los tiempos , era la edad de la sabiduría , era la edad de la estupidez , era la época de la fe , era la época de la incredulidad , era la estación de la luz, fue la época de la oscuridad , era la primavera de la esperanza , era el invierno de la desesperación , teníamos todo ante nosotros, no teníamos nada ante nosotros, todos íbamos directo al cielo , todos íbamos directo a la inversa . - CHARLES DICKENS , LA HISTORIA DE DOS CIUDADES

Es como argumento a favor del arado . Usted sabe que algunas personas van a argumentar en contra de ella, pero también se sabe que va a existir.

- James Hughes , secretario de la asociación transhumanista y sociólogo en el Trinity College , en un debate , " DEBE SER HUMANO bienvenida o RESIST CONVERTIRSE posthumano ? "

La tecnología siempre ha sido un arma de doble filo , nos trae beneficios como la esperanza de vida más larga y saludable , la libertad de pesadez física y mental, y muchas nuevas posibilidades creativas , por un lado , al tiempo que introduce nuevos peligros . La tecnología permite a nuestros dos naturalezas creativas y destructivas .

Porciones sustanciales de nuestra especie ya han experimentado alivio de la pobreza, las enfermedades , el trabajo duro, y la desgracia que han caracterizado a gran parte de la historia humana . Muchos de nosotros tenemos la oportunidad para obtener la satisfacción y el sentido de nuestro trabajo , y no sólo trabajando duro para sobrevivir. Contamos con herramientas cada vez más potentes para expresarnos. Con la Web ahora alcanzar profundamente en las regiones menos desarrolladas del mundo veremos grandes avances en la disponibilidad de una educación de calidad y el conocimiento médico . Podemos compartir la cultura, el arte, y la humanidad está expandiendo exponencialmente la base de conocimientos en todo el mundo . He mencionado el informe del Banco Mundial sobre la reducción mundial de la pobreza en el capítulo 2 y discuto que en el próximo capítulo.

Hemos pasado de una veintena de democracias en el mundo después de la Segunda Guerra Mundial a más de un centenar de hoy en gran parte gracias a la influencia de

la comunicación electrónica descentralizada. Se produjo el mayor ola de democratización, incluyendo la caída de la Cortina de Hierro, durante la década de 1990 con el crecimiento de Internet y las tecnologías relacionadas. Hay, por supuesto, mucho más para llevar a cabo en cada una de estas áreas.

Bioingeniería está en las primeras etapas de la toma de enormes avances en la reversión de la enfermedad y el proceso de envejecimiento . Ubiquitous N y R son dos o tres décadas de distancia , y seguirán una expansión exponencial de estos beneficios. Al revisar en los capítulos anteriores , estas tecnologías van a crear riqueza extraordinaria , superando así la pobreza y que nos permite ofrecer a todas nuestras necesidades materiales mediante la transformación de materias primas baratas y la información en cualquier tipo de producto .

Pasaremos aumentar porciones de nuestro tiempo en ambientes virtuales y podremos tener ningún tipo de experiencia deseada con cualquier persona, real o simulada, en la realidad virtual. La nanotecnología traerá una capacidad similar para transformarse el mundo físico a nuestras necesidades y deseos. Problemas persistentes de nuestra era industrial menguante se superarán . Vamos a ser capaces de revertir la destrucción del medio ambiente del final. Pilas de combustible nanoingeniería y células solares proporcionarán energía limpia. Nanobots en nuestro cuerpo físico va a destruir los agentes patógenos , eliminar los residuos , tales como las proteínas deformes y fibrillas proto , la reparación del ADN y el envejecimiento inverso. Vamos a ser capaces de rediseñar todos los sistemas de nuestro cuerpo y cerebro a ser mucho más capaz y durable.

Lo más significativo será la fusión de la inteligencia biológica y no biológica , aunque la inteligencia no biológica vendrá pronto a predominar . Habrá una gran expansión del concepto de lo que significa ser humano. Vamos a mejorar en gran medida nuestra capacidad de crear y apreciar todas las formas de conocimiento de la ciencia a las artes , al tiempo que amplía nuestra capacidad de relacionarnos con nuestro entorno y con los demás .

### **Por otro lado ... . . . y Peligros**

"Plantas" con "hojas" no es más eficiente que las células solares de hoy podrían outcompete plantas reales , desplazando la biosfera con un follaje comestible. Dificiles "bacteria" omnívoros pueden desplazar a las bacterias reales: Podrían extenderse como polen soplado , replicarse rápidamente , y reducir la biosfera a polvo en cuestión de días . Replicadores peligrosos podrían fácilmente ser demasiado dura , pequeña y rápida propagación de parar , al menos si hacemos ninguna preparación. Tenemos suficientes problemas controlando virus y moscas de la fruta .

- ERIC DREXLER

Además de sus muchos logros notables , el siglo XX vio impresionante capacidad de la tecnología para amplificar nuestra naturaleza destructiva de los tanques de Stalin a los trenes de Hitler. El trágico suceso de septiembre 11 de 2001 , es otro ejemplo de tecnología ( aviones y edificios ) tomado por personas con agendas de destrucción .

Todavía vivimos hoy con un número suficiente de las armas nucleares ( no todos los cuales se contabilizan ) para poner fin a la vida de mamíferos en el planeta .

Desde la década de 1980 los medios y el conocimiento han existido en un laboratorio de bioingeniería de la universidad de rutina para crear patógenos hostiles potencialmente más peligrosas que las armas nucleares. "En una simulación de juego de guerra realizado en la Universidad Johns Hopkins llamado " Invierno Oscuro ", se estimó que una intencional introducción de la viruela convencional en tres ciudades de Estados Unidos podría dar lugar a un millón de muertes . Si el virus se bioingeniería para derrotar a la vacuna contra la viruela existente, los resultados podrían ser mucho peores . ¿ la realidad de este espectro se pone de manifiesto en un experimento de 2001 en Australia en el que el virus de la viruela del ratón fue inadvertidamente modificado con genes que alteran la respuesta del sistema inmunológico . la vacuna contra la viruela del ratón era impotente para detener esta alteración virus.<sup>11</sup> Estos peligros resuenan en nuestra memoria histórica. peste bubónica mató un tercio de la población europea . recientemente la gripe de 1918 mató a veinte millones de personas worldwide.<sup>12</sup> Will tales amenazas prevenir la aceleración continua de la potencia , la eficiencia , y la inteligencia de los sistemas complejos (tales como los seres humanos y nuestra tecnología ) ? El récord anterior de aumento complejidad en este planeta ha mostrado una aceleración suave, incluso a través de una larga historia de catástrofes , tanto internamente generado e impuesto externamente. Esto es cierto tanto de la evolución biológica (que se enfrentan las calamidades tales como encuentros con grandes asteroides y meteoros ) y la historia de la humanidad (que ha sido marcada por una serie continua de grandes guerras ) .

Sin embargo , creo que podemos tener un poco de aliento de la eficacia de la respuesta mundial al virus del SARS (síndrome respiratorio agudo severo ) . Aunque la posibilidad de un retorno aún más virulenta de SARS sigue siendo incierta la fecha de redacción de este libro , parece que las medidas de contención han sido relativamente exitosos y han impedido que este trágico brote se convierta en una verdadera catástrofe . Parte de la respuesta implicada antiguas herramientas de baja tecnología, como las máscaras de cuarentena y la cara.

Sin embargo , este enfoque no hubiera funcionado sin herramientas avanzadas que se han convertido sólo recientemente disponible . Los investigadores fueron capaces de secuenciar el ADN del virus del SARS en treinta y un días del brote - en comparación quince años para el VIH. Eso permitió el rápido desarrollo de una prueba eficaz para que rápidamente podrían identificar portadores. Por otra parte , la comunicación global instantánea facilita una respuesta coordinada a nivel mundial, una hazaña no es posible cuando los virus asoló el mundo en los tiempos antiguos .

Como la tecnología se acelera hacia la plena realización de los GNR, veremos los mismos potenciales entrelazados : una fiesta de la creatividad como resultado de la inteligencia humana se expandió manyfold , junto con muchos de los nuevos peligros graves . Una preocupación por excelencia que ha recibido considerable atención es la replicación nanobot desenfrenada . Tecnología Nanobot requiere miles de millones de estos dispositivos diseñados inteligentemente para ser útil . Para escalar hasta niveles

tales que será necesario para que puedan auto-replicarse , esencialmente el mismo método utilizado en el mundo biológico ( que es como un óvulo fertilizado se convierte en los billones de células en un ser humano ) . Y de la misma manera que la auto - replicación biológica ido mal ( es decir, cáncer ) da como resultado la destrucción biológica , un defecto en el mecanismo de restringir nanobot auto - replicación - el llamado escenario sería - gris - sustancia pegajosa poner en peligro a todas las entidades físicas , biológicas o de otro modo .

Criaturas, incluyendo los seres humanos que viven - serían las primeras víctimas de un ataque nanobot exponencial difusión . Los principales diseños para la construcción nanobot uso de carbón como un bloque de construcción principal . Debido a la capacidad única de carbono para formar enlaces de cuatro vías , que es un bloque de construcción ideal para los conjuntos moleculares . Moléculas de carbono pueden formar cadenas lineales , zigzags , anillos , nanotubos (arrays hexagonal formada en tubos ) , hojas , buckyballs (arrays de hexágonos y pentágonos formados en esferas), y una variedad de otras formas. Debido a la biología ha hecho el mismo uso de carbón, nanobots patológicos se encuentra la biomasa de la Tierra una fuente ideal de este ingrediente primario. Entidades biológicas también pueden proporcionar energía almacenada en forma de glucosa y ATP.<sup>13</sup> oligoelementos útiles tales como oxígeno , azufre , hierro, calcio , y otros también están disponibles en la biomasa .

¿Cuánto tiempo haría falta un nanobot replicar fuera de control para destruir la biomasa de la Tierra ? La biomasa tiene del orden de 1,045 de carbono atoms.<sup>14</sup> Una estimación razonable del número de átomos de carbono en una sola nanobot replicante es de aproximadamente  $10^6$  . ( Tenga en cuenta que este análisis no es muy sensible a la exactitud de estas cifras , sólo para el orden de magnitud aproximado . ) Este nanobot malévolos necesitaría para crear en el orden de  $10^{39}$  copias de sí mismo para reemplazar la biomasa , lo que podría lograrse con 130 repeticiones (cada uno de los cuales sería potencialmente el doble de la biomasa destruida ) . Rob Freitas ha estimado un tiempo mínimo de reproducción de un centenar de segundos, así que 130 ciclos de replicación se requieren alrededor de tres y medio hours.<sup>15</sup> Sin embargo, la tasa real de destrucción sería más lento debido a la biomasa no es " eficiente " , expuso. El factor limitante sería el movimiento real de la parte delantera de la destrucción . Nanobots no pueden viajar muy rápidamente debido a su pequeño tamaño. Es probable que tome semanas para un proceso tan destructivo para la vuelta al mundo.

Basándose en esta observación , podemos imaginar una posibilidad más insidiosa . En un ataque de dos fases , los nanobots tomar varias semanas para difundir toda la biomasa, sino utilizar hasta una parte insignificante de los átomos de carbono , por ejemplo , uno de cada mil billones de dólares ( $10^{15}$ ). En este nivel extremadamente bajo de concentración de los nanobots podrían ser tan sigiloso como sea posible. Luego , en un punto "óptimo " , la segunda fase se iniciaría con los nanobots de semillas de rápida expansión en lugar de destruir la biomasa. Para cada nanobot semillas para multiplicar sí una trillionfold mil requeriría sólo unas cincuenta réplicas binarios , o alrededor de noventa minutos. Con los nanobots ya haber extienden en posición a lo largo de la biomasa , el movimiento del frente de onda destructiva ya no

sería un factor limitante.

El punto es que sin defensas, la biomasa disponible podría ser destruido por la plaga gris muy rápidamente. Como se discute más adelante (véase p . 417 ) , necesitaremos claramente un sistema inmunológico nanotecnología en su lugar antes de que estos escenarios se convierten en una posibilidad. Este sistema inmunológico tendría que ser capaz de contender no sólo con la destrucción obvio, pero con cualquier replicación potencialmente peligroso (sigiloso), incluso en concentraciones muy bajas

Mike Treder y Chris Phoenix director ejecutivo y director de investigación del Centro de Nanotecnología Responsable , respectivamente -Eric Drexler, Robert Freitas , Ralph Merkle , y otros han señalado que los futuros dispositivos de fabricación MNT se pueden crear con las garantías que impidan la creación de auto-replicante nanodevices.<sup>16</sup> discuto algunas de estas estrategias a continuación . Sin embargo , esta observación , aunque importante, no elimina la amenaza de la plaga gris . Hay otras razones (más allá de la fabricación ) que necesitarán nanobots autorreplicantes que se creará. El sistema inmunológico nanotecnología se ha mencionado anteriormente , por ejemplo, en última instancia, se requiere auto- replicación , de lo contrario no estaría en condiciones de defendernos . También será necesario auto-replicación de nanobots para expandir rápidamente la inteligencia más allá de la Tierra, como ya comenté en el capítulo 6 . También es probable encontrar amplias aplicaciones militares . Por otra parte , las salvaguardias contra deseado auto-replicación, tales como la arquitectura de difusión se describe a continuación (ver p . 412), puede ser derrotado por un adversario determinado o terroristas.

Freitas ha identificado una serie de otros desastroso nanobot escenarios.<sup>17</sup> En lo que llama el "gris plancton " escenario, nanobots maliciosos usarían de carbono bajo el agua almacenada como CH<sub>4</sub> (metano ) , así como CO<sub>2</sub> disuelto en el agua de mar . Estas fuentes basados en el océano puede proporcionar unas diez veces más carbono que la biomasa de la Tierra. En su escenario "polvo blanco", nanobots replicantes utilizan elementos básicos disponibles en polvo en el aire y la luz solar para la energía . El "gris líquenes " escenario implica el uso de carbono y otros elementos en las rocas .

### **Toda una gama de riesgos existenciales**

Si un poco de conocimiento es peligroso, cuando es una persona que tiene tanto como para estar fuera de peligro? - THOMAS HENRY

Discutir más adelante (véase la sección " Un Programa para GNR Defensa" , p . 422 ) medidas que podemos tomar para hacer frente a estos graves riesgos , pero no podemos tener la seguridad completa en cualquier estrategia que concebimos hoy. Estos riesgos son los que Nick Bostrom llama "riesgos existenciales " , que él define como los peligros en el cuadrante superior derecho de la tabla siguiente : 18

## Categorización de Riesgos de Bostrom

		Intensidad de Riesgo	
		Moderado	Profunda
<b>Alcance</b>	Global	Adelgazamiento Ozono	riesgos existenciales
	Local	Recesión	Genocidio
	Personal	coches robados	Muerte

Bostrom's Categorization of Risks			
		<i>Intensity of Risk</i>	
		Moderate	Profound
<i>Scope</i>	<b>Global</b>	Ozone Thinning	<u><i>Existential Risks</i></u>
	<b>Local</b>	Recession	Genocide
	<b>Personal</b>	Stolen Car	Death
		<b>Endurable</b>	<b>Terminal</b>
		Soportable	Terminal

La vida biológica en la Tierra se encontró un riesgo existencial por el hombre por primera vez a mediados del siglo XX con la llegada de la bomba de hidrógeno y la acumulación de la guerra fría posterior de las fuerzas termonucleares . Presidente Kennedy al parecer estima que la probabilidad de una guerra nuclear a gran escala durante la crisis de los misiles cubanos fue entre 33 y 50 %.<sup>19</sup> La información legendario teórico John von Neumann , quien se convirtió en el presidente de la Comisión de Evaluación Estratégica Misiles Fuerza Aérea y un gobierno asesor en estrategias nucleares , estima la probabilidad de Armagedón nuclear (antes de la crisis de los misiles ) en cerca de 100 %.<sup>20</sup> Ante la perspectiva de la década de 1960 lo informaron observador de la época habría predicho que el mundo habría pasado por la siguiente cuarenta años sin otra explosión nuclear no prueba ?

A pesar del aparente caos de los asuntos internacionales , podemos estar agradecidos por la evasión exitosa hasta el momento del empleo de armas nucleares en la guerra. Pero tenemos claro que no podemos descansar con facilidad, ya que bastantes bombas de hidrógeno aún existen para destruir toda vida humana muchas veces over.<sup>21</sup> Aunque atrayendo relativamente poca discusión pública, la masiva oposición ICBM arsenales de los Estados Unidos y Rusia siguen siendo en su lugar, a pesar de la aparente deshielo de relaciones .

La proliferación nuclear y la amplia disponibilidad de materiales nucleares y know-how es otra gran preocupación , aunque no es un existencial de nuestra civilización. ( Es decir, sólo una guerra termonuclear sin cuartel la participación de los arsenales ICBM supone un riesgo para la supervivencia de todos los seres humanos. ) La proliferación nuclear y el terrorismo nuclear pertenecen a la categoría "profunda - locales " de riesgo , junto con el genocidio. Sin embargo , la preocupación es

ciertamente grave porque la lógica de la destrucción mutua asegurada no funciona en el contexto de los terroristas suicidas .

Discutiblemente ahora hemos añadido otro riesgo existencial , que es la posibilidad de un virus que se transmite fácilmente de bioingeniería , tiene un período de incubación largo, y ofrece una capacidad de carga en última instancia fatal. Algunos virus son fácilmente transmisibles , como el resfriado y la gripe común. Otros son mortales , como el VIH. Es raro que un virus combine ambos atributos . Los seres humanos que viven hoy en día son descendientes de aquellos que desarrollaron inmunidad natural a la mayoría de los virus altamente contagiosos. La capacidad de la especie para sobrevivir los brotes de virus es una de las ventajas de la reproducción sexual , que tiende a asegurar la diversidad genética en la población , por lo que la respuesta a los agentes virales específicos es muy variable . Aunque catastrófica la peste bubónica no mató a todos en Europa . Otros virus, como la viruela , tienen dos características negativas - que son fácilmente contagiosa y mortal , pero han existido el tiempo suficiente que no ha habido tiempo para que la sociedad creara una protección tecnológica en forma de una vacuna. Ingeniería genética , sin embargo , tiene el potencial de pasar por alto estas protecciones evolutivas de repente la introducción de nuevos patógenos para los cuales no tenemos protección , natural o tecnológico .

La posibilidad de agregar genes de toxinas mortales de fácil transmisión , virus comunes como el resfriado común y la gripe presenta otro posible escenario existencial riesgo. Fue esta perspectiva que llevó a la conferencia de Asilomar considerar cómo hacer frente a esa amenaza y la posterior elaboración de un conjunto de normas de seguridad y la ética. Aunque estas directrices han trabajado hasta el momento, las tecnologías subyacentes para la manipulación genética están creciendo rápidamente en sofisticación.

En 2003, el mundo luchó, con éxito , con el virus SARS. La aparición del SRAS se debió a una combinación de una práctica antigua (el virus es sospechoso de haber saltado de animales exóticos , gatos de algalia , posiblemente , a los seres humanos que viven en las proximidades ) y una práctica moderna ( la infección se extendió rápidamente por todo el mundo por el transporte aéreo ) . SARS nos proporcionó un simulacro de un virus nuevo a la civilización humana que la transmisión fácil combinada, la capacidad de sobrevivir durante largos periodos de tiempo fuera del cuerpo humano , y un alto grado de mortalidad, con tasas de mortalidad se estima en 14 a 20 %. Una vez más, la respuesta se combina técnicas antiguas y modernas .

Nuestra experiencia con el SARS demuestra que la mayoría de los virus , aunque relativamente fácil transmisión y razonablemente mortal , representan graves riesgos , pero no necesariamente existenciales. SARS, sin embargo, no parecen haber sido diseñados. SARS se propaga fácilmente a través de los fluidos corporales transmiten al exterior, pero no se transmite fácilmente a través de partículas en el aire. Se estima que su período de incubación para ir desde un día hasta dos semanas, mientras que un período de incubación más largo permitiría a la propagación del virus a través de varias generaciones que crecen exponencial antes de portadores son identificados.<sup>22</sup>

SARS es mortal , pero la mayoría de sus víctimas sobreviven . Sigue siendo posible que un virus pueda ser diseñado malévolamente por lo que se propaga con más facilidad que el SARS, tiene un período de incubación prolongado, y es mortal para prácticamente todas las víctimas. La viruela es cerca de tener estas características. Aunque no tenemos una vacuna ( aunque un crudo de uno) , la vacuna no sería eficaz contra versiones modificadas genéticamente del virus .

Como describo más abajo , la ventana de oportunidad para los virus maliciosos bioingeniería , existenciales o de otra manera, se cerrará en la década de 2020 cuando tenemos tecnologías antivirus totalmente eficaces basados en nanobots.<sup>23</sup>

Sin embargo, como la nanotecnología va a ser miles de veces más fuerte , más rápido y más inteligente que las entidades biológicas, nanobots autorreplicantes se presentan un mayor riesgo y un riesgo más existencial. La ventana de nanobots malévolos será finalmente cerrado por la inteligencia artificial fuerte, pero, como es lógico, AI " antipático" sí se presentará una aún más convincente riesgo existencial, que se discute más adelante (véase p . 420 ) .

### **El principio de precaución .**

Como Bostrom , Freitas y otros observadores entre los que me han señalado, no podemos confiar en métodos de ensayo y error para hacer frente a los riesgos existenciales . Hay interpretaciones rivales de lo que se conoce como el " principio de precaución " . ( Si las consecuencias de una acción son desconocidos, pero estimado por algunos científicos para que incluso un pequeño riesgo de ser profundamente negativo , es mejor no llevar a cabo la acción de las consecuencias negativas de riesgo . ) Pero está claro que tenemos que lograr el más alto posible nivel de confianza en nuestras estrategias de lucha contra tales riesgos. Esta es una razón por la que estamos escuchando voces cada vez más estridentes exigiendo que cerramos el avance de la tecnología, como una estrategia fundamental para eliminar los nuevos riesgos existenciales antes de que ocurran . Renuncia , sin embargo, no es la respuesta adecuada, y sólo va a interferir con los profundos beneficios de estas tecnologías emergentes , cuando en realidad el aumento de la probabilidad de un resultado desastroso. Max Más articula las limitaciones de la principio de precaución y los defensores de su sustitución por lo que él llama el "principio proactionary " , que consiste en equilibrar los riesgos de la acción y inaction.<sup>24</sup>

Antes de discutir cómo responder al nuevo reto de los riesgos existenciales, vale la pena revisar algunos más que se han postulado por Bostrom y otros.

### **Cuanto menor sea la interacción , mayor será el potencial explosivo .**

Ha habido controversia reciente sobre el potencial de los futuros aceleradores de partículas de muy alta energía para crear una reacción en cadena de los estados de energía transformada en un nivel subatómico. El resultado podría ser un área

exponencial la difusión de la destrucción, rompiéndose todos los átomos en nuestra vecindad galáctica. Se ha propuesto una variedad de este tipo de escenarios , incluyendo la posibilidad de crear un agujero negro que se basaría en nuestro sistema solar.

Los análisis de estos escenarios muestran que son muy poco probable , aunque no todos los físicos son optimistas sobre el danger.<sup>25</sup> La matemática de estos análisis parecen estar en buen estado , pero que aún no tienen un consenso sobre las fórmulas que describen este nivel de la realidad física . Si tal sonido peligros descabellada , considere la posibilidad de que, efectivamente, hemos detectado fenómenos explosivos cada vez más potentes en la disminución de las escalas de la materia.

Alfred Nobel descubrió la dinamita probando las interacciones químicas de las moléculas . La bomba atómica , que es de decenas de miles de veces más potente que la dinamita, se basa en las interacciones nucleares que involucran grandes átomos , que son escalas mucho más pequeñas de la materia que las grandes moléculas. La bomba de hidrógeno , que es miles de veces más poderosa que una bomba atómica , se basa en las interacciones que implican una escala aún más pequeña : pequeños átomos. Aunque esta idea no implica necesariamente la existencia de aún más poderosas reacciones en cadena destructivas mediante la manipulación de las partículas subatómicas , hace que la conjetura plausible.

Mi propia evaluación de este peligro es que es poco probable, simplemente a tropezar con un evento tan destructivo. Considere la posibilidad de lo improbable que sería producir accidentalmente una bomba atómica. Tal dispositivo requiere una configuración precisa de materiales y acciones , y el requerido un proyecto de ingeniería original, extensa y precisa para desarrollar . Sin querer crear una bomba de hidrógeno sería aún menos plausible. Habría que crear las condiciones precisas de una bomba atómica en una disposición particular con un núcleo de hidrógeno y otros elementos. Tropezar con las condiciones exactas para crear una nueva clase de reacción en cadena de catastrófica en un nivel subatómica parece ser aún menos probable . Las consecuencias son suficientemente devastador , sin embargo, que el principio de precaución debe llevarnos a tomar estas posibilidades en serio. Este potencial debe analizarse cuidadosamente antes de llevar a cabo nuevas clases de experimentos del acelerador . Sin embargo , este riesgo no es alto en mi lista de preocupaciones vigésimo primer siglo .

### **Nuestra simulación está apagado .**

Otro riesgo existencial que Bostrom y otros han identificado es que en realidad estamos viviendo en una simulación y la simulación se cerrará . Podría parecer que no hay mucho que podemos hacer para influir en esto.

Sin embargo, puesto que somos el objeto de la simulación , tenemos la oportunidad de dar forma a lo que ocurre dentro de ella. La mejor manera de poder evitar ser cerrado sería ser interesante para los observadores de la simulación. Suponiendo que alguien está realmente prestando atención a la simulación , es razonable suponer que

es menos probable que se apaga cuando es apremiante que lo contrario.

Podríamos pasar mucho tiempo teniendo en cuenta lo que significa para una simulación para ser interesante, pero la creación de nuevos conocimientos sería una parte fundamental de esta evaluación. Aunque puede ser difícil para nosotros conjeturar lo que sería interesante para el observador simulación de hipótesis, parece que la singularidad es probable que sea casi tan absorbente como cualquier desarrollo que podíamos imaginar y crearía nuevos conocimientos a un ritmo extraordinario. En efecto, el logro de una singularidad del conocimiento explosión puede ser propósito de la simulación. Por lo tanto, asegurando una singularidad "constructiva" (que evita degenerar resultados como la destrucción existencial por la plaga gris o dominio de un AI malicioso) podría ser el mejor.

Por supuesto para prevenir la simulación de ser terminado. Por supuesto, tenemos toda la motivación para lograr una singularidad constructiva por muchas otras razones.

Si el mundo en que vivimos es una simulación en el ordenador de alguien, es muy buena, de modo detallado, de hecho, que bien podemos aceptar como nuestra realidad. En cualquier caso, es la única realidad a la que tenemos acceso.

Nuestro mundo parece tener una larga y rica historia. Esto significa que, o bien nuestro mundo no es, de hecho, una simulación o, si lo es, la simulación ha sido va un tiempo muy largo y por lo tanto no es probable que parar en cualquier momento pronto. Por supuesto, también es posible que la simulación incluye la evidencia de una larga historia sin haber ocurrido realmente de la historia.

Como he dicho en el capítulo 6, hay conjeturas de que una civilización avanzada podría crear un nuevo universo para realizar el cálculo (o, para decirlo de otra manera, para continuar con la expansión de su propio cálculo). Nuestra vida de tal universo (creado por otra civilización) se puede considerar un escenario de simulación. Tal vez esta otra civilización se está ejecutando un algoritmo evolutivo de nuestro universo (es decir, la evolución que estamos viendo) para crear una explosión de conocimiento a partir de una singularidad tecnológica. Si eso es cierto, entonces la civilización viendo nuestro universo podría cerrar la simulación si parecía que la Singularidad conocimiento había ido mal y no parecía que iba a ocurrir.

Este escenario no es también alto en mi lista de preocupaciones, sobre todo porque la única estrategia que podemos seguir para evitar un resultado negativo es el que tenemos que seguir de todos modos.

### **Accidente del Partido.**

Otra preocupación frecuentemente citada es la de un asteroide o un cometa choque a gran escala, lo que ha ocurrido en varias ocasiones en la historia de la Tierra, y no representan resultados existenciales para las especies en estos momentos. Esto no es un peligro de la tecnología, por supuesto. Por el contrario, la tecnología nos va a proteger de este riesgo (sin duda a uno de un par de décadas). A pesar de pequeños

impactos son algo habitual , los visitantes grandes y destructivos desde el espacio son escasos. No vemos una en el horizonte, y es casi seguro que para cuando ese peligro se produce , nuestra civilización se destruye fácilmente al intruso antes de que nos destruya .

Otro elemento de la lista en peligro existencial es la destrucción por una inteligencia extraterrestre ( no uno que hemos creado ) . Hablé esta posibilidad en el capítulo 6 y no me veo como probable, tampoco.

### **GNR : el enfoque adecuado de la Promesa Versus Peril .**

Esto deja a las tecnologías GNR como las principales preocupaciones. Sin embargo , creo que también tenemos que tomar en serio las voces equivocadas luditas y cada vez más estridente que abogan por la confianza en una amplia renuncia a los avances tecnológicos para evitar los verdaderos peligros de la GNR . Por razones que expongo a continuación (véase p . 410 ) , la renuncia no es la respuesta , pero el miedo racional podría dar lugar a soluciones irracionales . Los retrasos en la superación del sufrimiento humano siguen siendo de gran importancia , por ejemplo , el agravamiento de la hambruna en África debido a la oposición a la ayuda de los alimentos con OGM ( organismos genéticamente modificados) .

Renuncia amplia requeriría un sistema totalitario de implementar, y un nuevo mundo totalitario es poco probable debido al impacto de la democratización cada vez más poderosa comunicación electrónica y fotónica descentralizada. La llegada de todo el mundo , la comunicación descentralizada personificado por el Internet y los teléfonos celulares ha sido una fuerza democratizadora omnipresente . No fue Boris Yeltsin se coloca en un tanque que anuló el golpe de 1991 contra Mikhail Gorbachev, sino más bien la red clandestina de máquinas de fax , fotocopiadoras , grabadoras de vídeo y ordenadores personales que rompió décadas de control totalitario de information.<sup>26</sup>

El movimiento hacia la democracia y el capitalismo y el crecimiento económico operadora que caracterizó la década de 1990 fueron impulsados por la fuerza de aceleración de estas tecnologías de la comunicación persona a persona .

Hay otras preguntas que no existencial , pero sin embargo seria. Estos incluyen "¿Quién está controlando los nanobots ? " y "¿A quién son los nanobots hablando ? " Organizaciones futuros ( si los gobiernos o los grupos extremistas ) o simplemente un individuo inteligente podría poner miles de millones de nanobots no detectables en el agua o el suministro de alimentos de un individuo o de una población entera . Estos spybots podrían entonces supervisar, influencia , e incluso controlar los pensamientos y acciones. Además nanobots existentes podrían ser influenciados a través de virus de software y técnicas de hacking . Cuando hay software que se ejecuta en nuestros cuerpos y cerebros ( como hemos comentado , un umbral que ya hemos pasado por algunas personas) , las cuestiones de privacidad y seguridad se llevarán a una nueva urgencia , y los métodos de contra de la lucha contra tales intrusiones se diseñaron .

## **La inevitabilidad de un futuro transformado .**

Las diversas tecnologías GNR están avanzando en muchos frentes. La plena realización de GNR será el resultado de cientos de pequeños pasos hacia adelante , cada benignos en sí mismo. Para G ya hemos pasado el umbral de tener los medios para crear agentes patógenos de diseño. Los avances en la biotecnología continuarán acelerándose, impulsada por los atractivos beneficios éticos y económicos que resultarán de dominar la información de los procesos de la biología subyacente.

La nanotecnología es el resultado inevitable de la miniaturización continua de la tecnología de todo tipo. Las características principales de una amplia gama de aplicaciones , incluyendo la electrónica , la mecánica , la energía y la medicina, se están reduciendo a un ritmo de un factor de aproximadamente cuatro por dimensión lineal por década. Por otra parte , hay un crecimiento exponencial en la investigación buscando entender la nanotecnología y sus aplicaciones . (Ver los gráficos de los estudios de investigación en nanotecnología y las patentes sobre pp. 83 y 84 ).

Del mismo modo , nuestros esfuerzos para realizar ingeniería inversa del cerebro humano están motivadas por diversos beneficios esperados , incluyendo la comprensión y revertir enfermedades cognitivas y el deterioro . Las herramientas para la interconexión en el cerebro están mostrando aumentos exponenciales en la resolución espacial y temporal, y hemos demostrado la capacidad de traducir los datos de los análisis y estudios cerebrales en modelos de trabajo y simulaciones .

Conclusiones de los esfuerzos de ingeniería inversa del cerebro , la investigación en general en el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial , y las ganancias exponenciales en curso en plataformas informáticas hacen fuertes AI (AI a nivel humano y más allá ) inevitable. Una vez que AI alcanza niveles humanos , necesariamente se disparan pasado , ya que combinará las fortalezas de la inteligencia humana con la velocidad, capacidad de memoria y el intercambio de conocimientos que la inteligencia no biológica ya exhibe . A diferencia de la inteligencia biológica , la inteligencia no biológica también se beneficiará de las ganancias exponenciales en curso en la escala , capacidad y precio-rendimiento .

## **Renuncia totalitario .**

La única forma concebible que el ritmo acelerado de los avances en todos estos frentes podría ser detenido sería a través de un sistema totalitario en todo el mundo que renuncia a la idea misma de progreso. Incluso este espectro sería probable que falle en prevenir los peligros de la GNR , porque la actividad subterránea resultante tendería a favorecer a las aplicaciones más destructivas. Esto se debe a que los profesionales responsables que nos apoyamos para desarrollar rápidamente tecnologías defensivas no tienen fácil acceso a las herramientas necesarias . Afortunadamente , un resultado tan totalitario es poco probable debido a que la creciente descentralización del conocimiento es intrínsecamente una fuerza democratizadora .

## Preparación de las defensas

Mi expectativa es que las aplicaciones creativas y constructivas de estas tecnologías dominarán, como creo que lo hacen hoy. Sin embargo, tenemos que aumentar considerablemente la inversión en el desarrollo de tecnologías defensivas específicas. Como dije, estamos en la etapa crítica actual de la biotecnología, y vamos a llegar a la etapa en la que tenemos que aplicar directamente las tecnologías defensivas de la nanotecnología en los últimos años de la adolescencia de este siglo.

No tenemos que mirar más allá de hoy para ver la promesa y el peligro de los avances tecnológicos entrelazados. Imagina que describe los peligros (bombas atómicas y de hidrógeno de una cosa) que existen en la actualidad a las personas que vivieron hace un par de cientos de años. Pensarían que loco para correr ese riesgo. Pero, ¿cómo muchas personas en 2005 sería realmente quiere volver a los cortos brutales enfermedad llenas de pobres vidas. Propensos a los desastres que el 99 % de la raza humana luchaba a través de un par de siglos atrás? 27

Podemos idealizar el pasado, pero hasta hace muy poco, la mayoría de la humanidad vivía una vida muy frágil en el que una desgracia todo-demasiado - común podría significar un desastre. Hace doscientos años, la esperanza de vida para las mujeres en el país record de retención (Suecia) fue una treintena de cinco años, muy breve en comparación con la mayor esperanza de vida hoy en día, casi ochenta y cinco años para las mujeres japonesas. La esperanza de vida para los hombres era una treintena y tres años en comparación con los actuales setenta y nueve años en el registro de retención países.<sup>28</sup> Se tomó la mitad del día para preparar la cena, y el trabajo duro caracteriza actividad más humana. No había redes de protección social. Porciones sustanciales de nuestra especie aún viven de esta manera precaria, que es por lo menos una razón para continuar el progreso tecnológico y la mejora económica que la acompaña. Sólo la tecnología, con su capacidad para proporcionar órdenes de magnitud de la mejora en la capacidad y precio asequible, tiene la escala para hacer frente a problemas como la pobreza, las enfermedades, la contaminación, y los otros problemas más acuciantes de la sociedad actual.

Las personas a menudo pasan por tres etapas en la consideración del impacto de la tecnología del futuro: temor y asombro en su potencial para superar viejos problemas, y luego una sensación de temor a una nueva serie de graves peligros que acompañan a estas nuevas tecnologías, seguido finalmente por la realización que el único camino viable y responsable es fijar un curso de cuidado que puede darse cuenta de los beneficios, mientras que la gestión de los peligros.

No hace falta decir que ya hemos experimentado de tecnología baja, por ejemplo, la muerte y la destrucción de la guerra. Las tecnologías de crudo de la primera revolución industrial han desplazado a muchas de las especies que existieron en nuestro planeta hace un siglo. Nuestras tecnologías centralizadas (como edificios, ciudades, aviones y centrales eléctricas) son manifiestamente inseguro.

Las tecnologías de la guerra "NBC" (nuclear, biológica y química) se han utilizado o se ha amenazado con utilizar en nuestra reciente past.<sup>29</sup> Las tecnologías GNR mucho más poderosos nos amenazan con nuevos profundos riesgos, locales y

existencial. Si somos capaces de superar las preocupaciones sobre los patógenos de diseño genéticamente alterados , seguido de entidades autorreplicantes creados a través de la nanotecnología , que encontraremos robots cuya inteligencia será rival y finalmente superar la nuestra. Estos robots pueden hacer grandes ayudantes, pero ¿quién puede decir que podemos contar con ellos para seguir siendo fiable amigable para los simples humanos biológicos?

### **AI fuerte .**

Strong AI promete continuar las ganancias exponenciales de la civilización humana . ( Como he dicho antes, me incluyo la inteligencia no biológica derivada de la civilización humana como siendo humano . ) Pero los peligros que presenta también son profundas , precisamente por su amplificación de la inteligencia. La inteligencia es intrínsecamente imposible de controlar , por lo que las diversas estrategias que se han ideado para controlar la nanotecnología ( por ejemplo, la "arquitectura de emisión" se describe a continuación ) no funcionará para la IA fuerte . Ha habido discusiones y propuestas que orienten el desarrollo AI hacia lo Eliezer Yudkowsky llama " amigable AI" <sup>30</sup> (véase la sección " Protección contra ' antipático ' Strong AI ", p . 420 ) . Estos son útiles para la discusión, pero no es factible hoy para diseñar estrategias que definitivamente asegurar que el futuro AI encarna la ética y los valores humanos .

### **Volviendo al pasado?**

En su ensayo y presentaciones Bill Joy describe elocuentemente las plagas de los siglos pasados y cómo las nuevas tecnologías de auto -replicantes , como la bioingeniería patógenos mutantes y nanobots fuera de control , pueden traer la peste ya olvidado . Alegría reconoce que los avances tecnológicos , como los antibióticos y saneamiento mejorado , nos han liberado de la prevalencia de este tipo de plagas, y este tipo de aplicaciones constructivas , por lo tanto , tienen que continuar. El sufrimiento en el mundo sigue y exige nuestra atención constante . ¿Debemos decir a los millones de personas que sufren de cáncer y otras enfermedades devastadoras que estamos cancelando el desarrollo de todos los tratamientos de bioingeniería , porque existe el riesgo de que estas mismas tecnologías que algún día podrían ser utilizados con fines malévolos ? Después de haber planteado esta pregunta retórica , me doy cuenta de que hay un movimiento para hacer exactamente eso , pero la mayoría de la gente estaría de acuerdo en que tal renuncia de base amplia no es la respuesta .

La continua oportunidad de aliviar la angustia humana es una motivación clave para continuar el avance tecnológico . También convincentes son las ganancias económicas ya evidente que seguirá para acelerar en las próximas décadas . La aceleración actual de muchas tecnologías entrelazadas produce calles pavimentadas con oro . (Yo uso el plural aquí porque la tecnología no es claramente un camino único.) En un entorno competitivo, es un imperativo económico para bajar estos caminos . Renunciar avance tecnológico sería un suicidio económico para los

individuos , empresas y naciones.

### **La idea de la renuncia**

Los principales avances en la civilización casi arruinan las civilizaciones en que se producen . - Alfred North Whitehead

Esto nos lleva a la cuestión de la renuncia, que es la recomendación más controversial por los defensores de la renuncia como Bill McKibben . Siento que renuncia en el nivel adecuado es parte de una respuesta responsable y constructiva a los peligros genuinos que vamos a enfrentar en el futuro. La cuestión, sin embargo, es exactamente esto: ¿a qué nivel estamos a renunciar a la tecnología?

Ted Kaczynski , quien se hizo conocido en el mundo como el Unabomber , quiere que renunciemos a todos it.<sup>31</sup>

Esto no es ni deseable ni factible , y la inutilidad de tal posición sólo se pone de manifiesto por la falta de sentido de tácticas deplorables de Kaczynski .

Otras voces , menos imprudentes que Kaczynski , sin embargo son igualmente argumentar a favor de la renuncia de base amplia de la tecnología. McKibben toma la posición que ya tenemos la tecnología suficiente y que el progreso debe terminar. En su último libro , Basta : Mantenerse humano en una era de ingeniería , que metafóricamente se compara la tecnología a la cerveza : " Una cerveza es buena, dos cervezas pueden ser mejores ; ocho cervezas , que está casi seguro que va a lamentar . " <sup>32</sup> Esa metáfora pierde el punto e ignora la extensa sufrimiento que queda en el mundo humano que podemos aliviar a través del progreso científico sostenido.

Aunque las nuevas tecnologías , como todo lo demás , se pueden utilizar en exceso a veces, la promesa no es sólo una cuestión de añadir un cuarto teléfono móvil o duplicar el número de correos electrónicos no deseados. Más bien, significa el perfeccionamiento de las tecnologías para conquistar el cáncer y otras enfermedades devastadoras , la creación de riqueza en todas partes para superar la pobreza, la limpieza del medio ambiente de los efectos de la primera revolución industrial ( un objetivo articulado por McKibben ) , y la superación de muchos otros problemas seculares .

### **Renuncia amplia .**

Otro nivel de renuncia sería renunciar a sólo ciertos campos - la nanotecnología , por ejemplo - que podría ser considerado como demasiado peligroso. Pero esas pinceladas de renuncia son igualmente insostenible . Como señalé anteriormente, la nanotecnología es simplemente el resultado inevitable de la persistente tendencia hacia la miniaturización que impregna toda la tecnología . Está lejos de ser un esfuerzo centralizado , pero está siendo perseguido por una multitud de proyectos con muchos objetivos diversos .

Un observador escribió :

Otra razón por la que la sociedad industrial no puede ser reformada ... es que la tecnología moderna es un sistema unificado en el que todas las partes son dependientes una de la otra . Usted no puede deshacerse de las partes "malas " de la tecnología y conservar sólo las partes "buenas". Tome la medicina moderna, por ejemplo. Los avances en la ciencia médica depende de los avances en la química, la física, la biología, la informática y otros campos. Los tratamientos médicos avanzados requieren equipos costosos y de alta tecnología que se puede hacer disponible sólo con una sociedad tecnológicamente progresista, económicamente ricos. Es evidente que no se puede tener muchos avances en la medicina y sin todo el sistema tecnológico y todo lo que va con ella .

El observador cito aquí es, de nuevo , Ted Kaczynski.<sup>33</sup> Aunque uno se resista adecuadamente Kaczynski como una autoridad , creo que es correcto en la naturaleza profundamente entrelazados de los beneficios y los riesgos. Sin embargo , Kaczynski y compañía claramente parte de nuestra evaluación general del equilibrio relativo entre los dos. Bill Joy y yo hemos tenido un diálogo permanente sobre este tema tanto en público como en privado , y ambos creen que la tecnología puede y debe progresar y que tenemos que estar preocupados activamente con su lado oscuro. La cuestión más difícil de resolver es la granularidad de la renuncia que es posible y deseable.

### **Renuncia fina.**

Yo creo que la renuncia en el nivel adecuado tiene que ser parte de nuestra respuesta ética a los peligros de las tecnologías de XXI siglo . Un ejemplo constructivo de ello es la guía ética propuesto por el Foresight Institute: a saber, que nanotechnologists acuerdan renunciar al desarrollo de las entidades físicas que pueden auto -replicarse en un entorno natural medio ambiente.<sup>34</sup> En mi opinión, hay dos excepciones a esta norma . En primer lugar, que en última instancia deberá proporcionar un sistema inmunológico planetaria basada en la nanotecnología ( nano robots integrados en el entorno natural para proteger contra delincuentes nanobots autorreplicantes ) . Robert Freitas y yo hemos discutido si es o no un sistema de este tipo sería inmune en sí tiene que ser auto-replicantes . Freitas escribe: "Un sistema de vigilancia integral junto con la pre-posicionado recursos- recursos incluyendo nanofactories no replicantes de alta capacidad capaz de batir a cabo un gran número de defensores replican en respuesta a amenazas específicas , debería ser suficiente. "

<sup>35</sup> Estoy de acuerdo con Freitas que un sistema inmunológico pre-posicionado con la capacidad para aumentar la defensa será suficiente en las primeras etapas . Pero una vez que la IA fuerte se fusiona con la nanotecnología y la ecología de las entidades nanoingeniería se vuelve altamente variados y complejos , mi expectativa es que vamos a encontrar que los nanorobots que defienden tienen la capacidad de replicarse en marcha cuanto antes. La otra excepción es la necesidad de sondas nanobot basadas en la auto-replicación de explorar sistemas planetarios fuera de nuestro sistema solar.

Otro buen ejemplo de una directriz ética útil es la prohibición de las entidades físicas auto-replicas que contienen sus propios códigos de auto-replicación. En lo nanotecnológico Ralph Merkle llama la "arquitectura broadcast", dichas entidades tendrían que obtener dichos códigos de un servidor seguro centralizado, lo que evitaría resultados no deseados de replicación.<sup>36</sup> La arquitectura broadcast es imposible en el mundo biológico, por lo que hay al menos una forma en la que la nanotecnología puede hacer más segura que la biotecnología. En otros aspectos, la nanotecnología es potencialmente más peligrosa porque los nanobots pueden ser físicamente más fuertes que las entidades a base de proteínas y más inteligentes.

Como describí en el capítulo 5, se puede aplicar una arquitectura de emisión basada en la nanotecnología a la biología. Un nanocomputador sería aumentar o reemplazar el núcleo de cada célula y proporcionar los códigos de ADN. Un nanobot que la maquinaria molecular incorporada similar a los ribosomas (las moléculas que interpretan los pares de bases en el ARNm fuera del núcleo) tomaría los códigos y produciría las cadenas de aminoácidos. Como nos podríamos controlar el nanocomputador a través de mensajes inalámbricos, que sería capaz de apagar la replicación no deseada que elimina el cáncer. Podríamos producir proteínas especiales, según sea necesario para combatir la enfermedad. Y podríamos corregir los errores en el ADN y actualizar el código del ADN. Comento más sobre las fortalezas y debilidades de la arquitectura broadcast a continuación.

### **Tratar con abuso.**

Renuncia amplia es contrario al progreso económico y éticamente justificado dada la oportunidad de aliviar la enfermedad, la superación de la pobreza, y limpiar el medio ambiente. Como se mencionó anteriormente, sería exacerbar los peligros.

Reglamento de seguridad esencialmente de grano fino renuncia - permanecerán apropiado.

Sin embargo, también tenemos que agilizar el proceso de reglamentación. En este momento en los Estados Unidos, tenemos una de cinco a diez años de retraso sobre las nuevas tecnologías de la salud para su aprobación por la FDA (con retrasos similares en otras naciones). El daño causado por la celebración de los posibles tratamientos que salvan vidas (por ejemplo, un millón de vidas perdidas en los Estados Unidos para cada año retrasamos tratamientos para las enfermedades del corazón) se da muy poco peso frente a los posibles riesgos de las nuevas terapias.

Otras protecciones deberán incluir la supervisión de los organismos reguladores, el desarrollo de tecnologías específicas -respuestas "inmunes", y la vigilancia asistida por ordenador de las organizaciones policiales. Muchas personas no son conscientes de que nuestras agencias de inteligencia ya utilizan tecnologías avanzadas, como la palabra clave automatizado manchado para controlar un flujo sustancial de teléfono, cable, satélite, Internet y las conversaciones. A medida que avanzamos, el equilibrio de nuestros preciados derechos de privacidad con la necesidad de ser protegidos contra el uso malintencionado de las poderosas tecnologías de XXI siglo será uno de los desafíos profundos. Esta es una razón por cuestiones tales como la encriptación "

trampilla " ( en el que las autoridades policiales tendrían acceso a la información de otro modo seguro ) y el sistema de e -mail - snooping Carnivore del FBI han sido controversial.<sup>37</sup>

Como un caso de prueba se puede tomar una pequeña medida de la comodidad de la forma en que hemos abordado un reto tecnológico reciente. Existe hoy una nueva entidad auto-replicante totalmente no biológicos que no existía hace tan sólo unas décadas : el virus informático. Cuando esta forma de intrusión destructiva apareció por primera vez , gran preocupación se expresó que a medida que se hicieron más sofisticados , los patógenos de software tienen el potencial de destruir el soporte informático de la red en la que viven . Sin embargo, el " sistema inmunológico " que se ha desarrollado en respuesta a este reto ha sido en gran medida efectiva . Aunque las entidades de software auto-replicantes destructivos hacen causa daños de vez en cuando, la lesión es más que una pequeña fracción de los beneficios que recibimos de los ordenadores y los enlaces de comunicación que los albergan .

Uno podría contrarrestar que los virus informáticos no tienen el potencial letal de los virus biológicos o de la nanotecnología destructiva. Esto no es siempre el caso , contamos con software para operar nuestros centros de llamadas 911 , controlar a los pacientes en las unidades de cuidados críticos , volar y aterrizar aviones , armas inteligentes de guía en nuestras campañas militares , manejar nuestras transacciones financieras , operar nuestros servicios públicos municipales , y muchas otras tareas de misión crítica. En la medida en que los virus de software todavía no representan un peligro letal , sin embargo , esta observación sólo refuerza mi argumento. El hecho de que los virus informáticos no suelen ser mortal para los seres humanos sólo significa que más personas están dispuestas a crear y liberarlos. La gran mayoría de los autores de software antivirus no dio a conocer los virus si pensaban que iban a matar a la gente . También significa que nuestra respuesta al peligro es mucho menos intenso. Por el contrario , cuando se trata de entidades autorreplicantes que comieron potencialmente letal a gran escala , nuestra respuesta en todos los niveles será mucho más grave .

Aunque los patógenos de software siguen siendo una preocupación , el peligro existe en la actualidad sobre todo en un nivel de molestia . Tenga en cuenta que nuestro éxito en la lucha contra ellos ha tenido lugar en una industria en la que no existe una regulación mínima y certificación para los profesionales . La industria de la computación en gran parte no regulada también es enormemente productiva. Se podría argumentar que ha contribuido más a nuestro progreso tecnológico y económico que cualquier otra empresa en la historia de la humanidad .

Pero la batalla sobre los virus de software y la panoplia de agentes patógenos de software no tendrá fin. Cada vez somos más dependientes de los sistemas de software de misión crítica y de la sofisticación y el potencial destructivo de las armas de software auto-replicantes seguirán aumentando . Cuando tenemos software que se ejecuta en nuestros cerebros y cuerpos y controlar el sistema inmunológico nanobot del mundo, las apuestas serán infinitamente mayor .

## **La amenaza del fundamentalismo .**

El mundo está luchando con una forma de fundamentalismo religioso , especialmente perniciosa en forma de terrorismo islámico radical. Aunque pueda parecer que estos terroristas tienen ningún programa que no sea la destrucción , ellos tienen una agenda que va más allá de la interpretación literal de las escrituras antiguas : esencialmente , a dar marcha atrás en las ideas modernas, tales como la democracia, los derechos de la mujer y la educación.

Pero el extremismo religioso no es la única forma de fundamentalismo que representa una fuerza reaccionaria. Al comienzo de este capítulo que cité Patrick Moore, cofundador de Greenpeace, en su desilusión con el movimiento que él ayudó a fundar La cuestión que socavó el apoyo de Greenpeace de Moore era su total oposición a Golden Rice , una variedad de arroz genéticamente modificado para que contenga altos niveles de beta- caroteno, precursor de la vitamina A.<sup>38</sup> Cientos de millones de personas en África y Asia carecen de suficiente vitamina A, con medio millón de niños que van ciegos cada año a partir de la deficiencia, y millones más contraer otras enfermedades relacionadas. Unos siete onzas al día del arroz dorado proporcionaría el 100 por ciento de la vitamina de los niños Un requisito . Los numerosos estudios han demostrado que este grano , así como muchos otros organismos modificados genéticamente (OMG ) , es seguro . Por ejemplo , en 2001 la Comisión Europea publicó ochenta y un estudios que concluyeron que los transgénicos han " no se muestra los nuevos riesgos para la salud humana o el medio ambiente , más allá de las incertidumbres habituales de fitomejoramiento convencional. De hecho, el uso de la tecnología más precisa y la mayor escrutinio regulador probable que sean aún más seguros que las plantas y los alimentos convencionales. " <sup>39</sup>

No es mi posición de que todos los transgénicos son inherentemente seguro, se necesita , obviamente, las pruebas de seguridad de cada producto. Sin embargo, el movimiento anti -GMO toma la posición de que todos los OMG es, por su naturaleza muy peligrosos , a fin de que no tiene ninguna base científica.

La disponibilidad de arroz dorado se ha retrasado por al menos cinco años a través de la presión de Greenpeace y otros activistas anti- OGM. Moore , señalando que este retraso hará que millones de niños adicionales a quedar ciego , cita a los opositores del grano como una amenaza "para extraer el arroz GM fuera de los campos de los agricultores si se atreven a plantar . " Del mismo modo , las naciones africanas se han visto presionados a rechazar la ayuda alimentaria OGM y las semillas modificadas genéticamente , lo que empeora las condiciones de famine.<sup>40</sup> última instancia, la capacidad demostrada de tecnologías como los OGM para resolver problemas abrumadores prevalecerá , pero los retrasos temporales causados por la oposición irracional voluntad , sin embargo, dar lugar a sufrimientos innecesarios.

Algunos sectores del movimiento ambiental se han convertido en luditas - fundamentalistas "fundamentalista" a causa de su intento fallido de conservar las cosas como son ( o eran) ; " ludita " debido a la posición reflexiva frente a soluciones tecnológicas a los problemas pendientes. Irónicamente, son plantas GMO – muchos de los cuales están diseñados para resistir insectos y otras formas de deterioro y por lo

tanto requieren niveles muy reducidos de productos químicos , en su caso , que ofrecen la mejor esperanza para revertir asalto al medio ambiente de los productos químicos como los pesticidas .

En realidad, mi caracterización de estos grupos como " luditas fundamentalistas " es redundante , porque Ludditism es inherentemente fundamentalistas. Refleja la idea de que la humanidad será mejor sin cambio , sin progreso. Esto nos lleva de nuevo a la idea de la renuncia , ya que el entusiasmo por renunciar a la tecnología a gran escala proviene de las mismas fuentes intelectuales y grupos de activistas que integran el segmento ludita del movimiento ecologista .

### **Humanismo fundamentalista .**

Con las tecnologías G y N empezando a modificar nuestros cuerpos y cerebros , otra forma de oposición a los avances que ha surgido en la forma de " humanismo fundamentalista ": oposición a cualquier cambio en la naturaleza de lo que significa ser humano (por ejemplo, el cambio nuestros genes y que toman otros pasos hacia la extensión radical de la vida ). Este esfuerzo , también, en última instancia, se producirá un error , sin embargo , debido a que la demanda de terapias que pueden superar el sufrimiento , la enfermedad y vida corta inherentes a nuestra versión 1,0 cuerpos en última instancia resultar irresistible .

Al final , es sólo la tecnología , especialmente GNR - que ofrecerá el impulso necesario para superar los problemas que la civilización humana ha luchado por muchas generaciones.

### **Desarrollo de tecnologías defensivas y el impacto del Reglamento**

Una de las razones que hace necesaria una amplia renuncia tienen súplica es que pintan un cuadro de peligros futuros , asumiendo que se dará a conocer en el contexto del mundo de hoy sin preparación . La realidad es que la sofisticación y el poder de nuestro conocimiento y tecnologías de defensa crecerán junto con los peligros. Un fenómeno como plaga gris ( replicación nanobot desenfrenada ) se respondió con "azul goo " ( nanobots " policía" que combaten la "mala" nanobots). Obviamente, no podemos decir con seguridad que vamos a evitar con éxito el mal uso . Pero la forma más segura de evitar el desarrollo de tecnologías defensivas eficaces sería renunciar a la búsqueda del conocimiento en una serie de áreas. Hemos sido capaces de controlar la replicación en gran medida -virus software perjudicial porque el conocimiento requerido es ampliamente disponible para los profesionales responsables. Los intentos de restringir tal conocimiento habría dado lugar a una situación mucho menos estable. Las respuestas a nuevos desafíos habrían sido mucho más lento , y es probable que el equilibrio se habría desplazado hacia aplicaciones más destructivos (tales como virus de software auto - modificadores ) .

Si comparamos el éxito que hemos tenido en el control de virus de software diseñados para el próximo reto de controlar los virus biológicos de ingeniería , nos

sorprende con una diferencia relevante . Como he señalado anteriormente, la industria del software es casi completamente regulada. Lo mismo no es obviamente cierto para la biotecnología . Mientras que un bioterrorista no necesita para poner sus " invenciones" a través de la FDA , requerimos que los científicos desarrollan tecnologías defensivas a seguir los reglamentos existentes, que ralentizan el proceso de innovación en cada paso. Por otra parte, según las normas vigentes y las normas éticas , no es posible poner a prueba las defensas contra los agentes bioterroristas . Luego de un amplio ya está en marcha para modificar estas normas para permitir modelos animales y simulaciones para sustituir los ensayos en humanos inviables . Esto será necesario , pero creo que tendremos que ir más allá de estas medidas para acelerar el desarrollo de tecnologías de defensa de necesidad vital .

En términos de políticas públicas la tarea es desarrollar con rapidez las medidas defensivas necesarias , que incluyen las normas éticas , normas jurídicas, y las propias tecnologías defensivas. Es claramente una carrera. Como he señalado, en el campo de las tecnologías de software defensivos han respondido rápidamente a las innovaciones en las ofensivas. En el campo médico , en cambio, una amplia regulación frena la innovación , por lo que no puede tener la misma confianza con respecto a los abusos de la biotecnología . En el contexto actual , cuando una persona muere en los ensayos de terapia génica , la investigación puede ser severamente restringida.<sup>41</sup> Hay una necesidad legítima para que la investigación biomédica lo más seguro posible , pero nuestro balance de riesgos está completamente sesgada . Millones de personas necesitan desesperadamente los avances prometidos por la terapia génica y otros avances de la biotecnología de vanguardia , pero parecen tener poco peso político en contra de un puñado de víctimas muy publicitados contra los riesgos inevitables del progreso.

Esta ecuación de equilibrio de riesgo será aún más marcado si tenemos en cuenta los peligros de patógenos emergentes bioingeniería . Lo que se necesita es un cambio en la actitud del público en la tolerancia al riesgo necesario. Acelerar tecnologías defensivas es absolutamente vital para nuestra seguridad . Tenemos que simplificar los procedimientos reglamentarios para lograrlo. Al mismo tiempo, debemos aumentar en gran medida la inversión de manera explícita en las tecnologías defensivas. En el campo de la biotecnología esto significa que el rápido desarrollo de medicamentos antivirales . No vamos a tener tiempo para formular medidas específicas para cada nuevo reto que se presente. Estamos cerca el desarrollo de tecnologías antivirales más generalizadas , como la interferencia de ARN , y estos deben ser aceleradas .

Estamos abordando la biotecnología aquí porque ese es el umbral de inmediato y reto que ahora nos enfrentamos . En el umbral de los enfoques de nanotecnología de auto-organización , vamos a continuación, tendrá que invertir específicamente en el desarrollo de tecnologías de defensa en esa zona, que incluye la creación de un sistema inmune tecnológico. Considere cómo funciona nuestro sistema inmunológico biológica. Cuando el cuerpo detecta un patógeno de las células T y otras células del sistema inmune de auto - replicarse rápidamente para luchar contra el invasor . Un sistema inmune nanotecnología funcionaría de manera similar tanto en el cuerpo

humano y en el medio ambiente e incluiría centinelas nanobots capaces de detectar delincuentes nanobots autorreplicantes . Cuando una amenaza era detectada , rápidamente se crearían nanobots defensivos capaces de destruir a los intrusos (eventualmente con la auto- replicación) para proporcionar una fuerza de defensa eficaz.

Bill Joy y otros observadores han señalado que un sistema inmune podría ser en sí mismo un peligro debido al potencial de reacciones " autoinmunes " ( es decir, los nanobots del sistema inmunológico que atacan el mundo se supone que deben defender ) .<sup>42</sup> Sin embargo, esta posibilidad no es una razón de peso para evitar la creación de un sistema inmune. Nadie diría que los humanos estarían mejor sin un sistema inmunológico debido a la posibilidad de desarrollar enfermedades autoinmunes. Aunque el sistema inmunológico puede presentar un peligro en sí , los seres humanos no podrían durar más de unas pocas semanas (salvo los extraordinarios esfuerzos de aislamiento ) sin uno. Y aún así, el desarrollo de un sistema inmunológico tecnológica para la nanotecnología va a pasar incluso sin esfuerzos explícitos para crear uno . Esto ha sucedido efectivamente en materia de virus de software , la creación de un sistema inmunológico no a través de un gran proyecto - diseño formal , sino más bien a través de respuestas graduales a cada nuevo desafío y mediante el desarrollo de algoritmos heurísticos para la detección temprana . Podemos esperar lo mismo ocurrirá como desafíos surgen peligros de la nanotecnología basados . El punto de la política pública será invertir específicamente en estas tecnologías defensivas.

Es que hoy es prematuro elaborar nanotecnologías defensivos específicos , ya que ahora podemos tener sólo una idea general de lo que estamos tratando de combatir. Sin embargo , el diálogo fructífero y debate sobre la anticipación este problema ya están teniendo lugar , y la inversión ampliado significativamente en estos esfuerzos se debe fomentar. Como mencioné anteriormente, el Foresight Institute, como un ejemplo, se ha ideado un conjunto de normas éticas y estrategias para asegurar el desarrollo de la nanotecnología seguro, basado en las directrices para biotechnology.<sup>43</sup> Cuando gen splicing comenzó en 1975 dos biólogos , Maxine Singer y Paul Berg , propuso una moratoria sobre la tecnología hasta que se podrían abordar las preocupaciones de seguridad . Parece evidente que no había riesgo sustancial si se introdujeron en patógenos , tales como el resfriado común , que se propagan fácilmente genes de venenos . Después de directrices moratoria de diez meses se acordaron en la conferencia de Asilomar , que incluye medidas de contención física y biológica , prohibición de determinados tipos de experimentos y otras estipulaciones . Estas directrices de biotecnología se han seguido estrictamente , y no se han reportado accidentes en los treinta años de historia del campo .

Más recientemente , la organización que representa en el mundo el trasplante de órganos cirujanos ha adoptado una moratoria sobre el trasplante de órganos de animales a humanos vascularizados . Esto se hizo por temor a la propagación de largo latentes xenovirus de tipo VIH de los animales , como los cerdos o los babuinos en la población humana. Por desgracia , esa moratoria también puede retrasar la disponibilidad de xenoinjertos de salvamento ( órganos de animales modificados

genéticamente que son aceptados por el sistema inmunológico humano ) a los millones de personas que mueren cada año por el corazón, los riñones y enfermedades del hígado. Geoethicist Martine Rothblatt ha propuesto sustituir esta moratoria con un nuevo conjunto de directrices éticas y regulaciones.<sup>44</sup>

En el caso de la nanotecnología , el debate sobre la ética ha iniciado un par de décadas antes de la disponibilidad de las aplicaciones especialmente peligrosas . Las disposiciones más importantes de las directrices del Instituto de prospectiva incluyen:

- " replicadores artificiales no deben ser capaces de replicación en un entorno natural , no controlada . "
- "La evolución en el contexto de un sistema de fabricación de auto -replicantes se recomienda. "
- " diseños de dispositivos MNT deben limitar específicamente la proliferación y proporcionar trazabilidad de cualquier sistemas de replicación " .
- " Distribución de la capacidad de desarrollo de la fabricación molecular se debe restringir en lo posible, a los actores responsables que han acordado utilizar las Directrices. Esta restricción no tiene por qué aplicarse a los productos finales del proceso de desarrollo . "

Otras estrategias que el Instituto Foresight ha propuesto incluyen:

- Replicación debe requerir materiales no se encuentran en el medio ambiente natural.
- Fabricación ( replicación ) debe ser separado de la funcionalidad de los productos finales . Dispositivos de fabricación pueden crear productos finales , pero no puede replicarse a sí mismos , y los productos finales no tienen capacidad de replicación.
- Replicación debe requerir códigos de replicación que se cifran y tiempo limitado. La emisión arquitectura se mencionó anteriormente es un ejemplo de esta recomendación.

Estas directrices y estrategias tienden a ser efectivo para prevenir la liberación accidental de entidades nanotecnología autorreplicantes peligrosas. Pero lidiar con el diseño y la liberación intencional de tales entidades es un problema más complejo y desafiante. Un oponente lo suficientemente determinado y destructivo podría derrotar a cada una de estas capas de protección . Tomemos, por ejemplo , la arquitectura de difusión . Cuando se diseña correctamente , cada entidad es incapaz de replicarse sin primero la obtención de códigos de replicación, que no se repiten de una generación a la siguiente replicación . Sin embargo , una modificación de un diseño de este tipo podría eludir la destrucción de los códigos de replicación y de ese modo pasarlos a la siguiente generación . Para contrarrestar esa posibilidad , se ha recomendado que la memoria de los códigos de replicación se limita a sólo un subconjunto del código completo. Sin embargo , esta norma podría ser derrotado por la ampliación del tamaño de la memoria .

Otra protección que se ha sugerido es encriptar los códigos y construir en la protección de los sistemas de descodificación , como las limitaciones de tiempo de caducidad. Sin embargo , podemos ver lo fácil que ha sido para derrotar a la

protección contra repeticiones no autorizados de propiedad intelectual, tales como archivos de música . Una vez que los códigos de replicación y las capas de protección son despojados , la información se puede replicar sin estas restricciones .

Esto no significa que la protección es imposible. Más bien, cada nivel de protección funcionará sólo a un cierto nivel de sofisticación. El meta- lección aquí es que tendremos que colocar más alta prioridad de la sociedad vigésimo primer siglo en el continuo avance de las tecnologías defensiva , manteniéndolos uno o varios pasos por delante de las tecnologías destructivas (o al menos no más que un rápido paso atrás).

### **Protección contra "Desagradable " AI fuerte .**

Incluso tan eficaz como un mecanismo de difusión de la arquitectura , sin embargo , no va a servir de protección contra los abusos de la IA fuerte . Las barreras proporcionadas por la arquitectura de difusión dependen de la falta de inteligencia en entidades nanoingeniería . Por definición , sin embargo , las entidades inteligentes tienen la inteligencia para superar fácilmente las barreras.

Eliezer Yudkowsky ha analizado extensamente paradigmas , arquitecturas y las normas éticas que pueden ayudar a asegurar que una vez que la IA fuerte tiene la forma de acceder y modificar su propio diseño sigue siendo agradable a la humanidad biológica y de apoyo de sus valores. Teniendo en cuenta que la auto- mejora AI fuerte no se puede recuperar , puntos Yudkowsky recuerda que tenemos que "hacer las cosas bien la primera vez "y que su diseño inicial debe tener" cero errores no recuperables.

" 45

Intrínsecamente no habrá protección absoluta contra la IA fuerte . Aunque el argumento es sutil , creo que el mantenimiento de un sistema de mercado abierto para el progreso científico y tecnológico gradual, en el que cada paso está sujeto a la aceptación del mercado , proporcionará el ambiente más constructivo para la tecnología de encarnar los valores humanos generalizadas . Como ya he señalado, la IA fuerte está saliendo de muchos diversos esfuerzos y será profundamente integrado en la infraestructura de nuestra civilización. En efecto, estará íntimamente integrada en nuestros cuerpos y cerebros . Como tal, se reflejan nuestros valores, ya que será de nosotros. Los intentos por controlar estas tecnologías a través de programas gubernamentales secretos , junto con el desarrollo subterráneo inevitable , sólo fomentarían un entorno inestable en el que las aplicaciones peligrosas podrían llegar a ser dominante.

### **Decentralization .**

Una tendencia profunda ya en marcha que proporcionará una mayor estabilidad es el movimiento de las tecnologías centralizadas a las distribuidas y desde el mundo real al mundo virtual se discutió anteriormente . Tecnologías centralizadas implican la agregación de recursos tales como personas ( por ejemplo , ciudades, edificios ) , la energía (tales como plantas de energía nuclear , los líquidos de gas natural y de los

petroleros , oleoductos energía) , el transporte ( aviones , trenes) , y otros artículos . Tecnologías centralizadas están sujetas a interrupciones y desastres . También tienden a ser ineficiente , desperdicio , y perjudicial para el medio ambiente .

Tecnologías distribuidas , por otro lado , tienden a ser flexible, eficiente y relativamente benigna en sus efectos ambientales . La tecnología distribuida por excelencia es el Internet. El Internet no se ha visto alterada sustancialmente hasta la fecha, y ya que sigue creciendo, su robustez y resistencia seguirá fortaleciendo . Si cualquier hub o canal se baja , la información simplemente encamina a su alrededor.

### **Distributed Energy .**

En materia de energía , es necesario alejarse de las instalaciones muy concentradas y centralizadas en la que ahora dependemos. Por ejemplo , una empresa es pilas de combustible pioneros que son microscópicas , utilizando MEMS technology.<sup>46</sup> Se fabrican como chips electrónicos , pero en realidad son dispositivos de almacenamiento de energía con una relación de energía a tamaño significativamente superior a la de la tecnología convencional. Como he dicho antes, nanoingeniería paneles solares serán capaces de satisfacer nuestras necesidades de energía de manera distribuida , renovable y limpia. En última instancia la tecnología a lo largo de estas líneas podría encender todo, desde nuestros teléfonos móviles para nuestros vehículos y viviendas . Este tipo de tecnologías energéticas descentralizadas no estarían sujetos a un desastre o interrupción.

A medida que estas tecnologías se desarrollan , nuestra necesidad de sumar gente en grandes edificios y ciudades disminuirá , y la gente va a extenderse, vivir donde quieren y reunir en la realidad virtual.

### **Libertades civiles en la era de la Guerra Asimétrica .**

La naturaleza de los ataques terroristas y la filosofía de las organizaciones detrás de ellos destacan cómo las libertades civiles pueden estar en contradicción con los intereses legítimos del Estado en materia de vigilancia y control. Nuestro sistema - y la aplicación de la ley en efecto, gran parte de nuestro pensamiento acerca de la seguridad se basa en la suposición de que las personas están motivadas para preservar su propia vida y bienestar. Esa lógica subyace a todas nuestras estrategias , de la protección en el ámbito local a la destrucción mutua asegurada en el escenario mundial . Pero un enemigo que valora la destrucción tanto de su enemigo y el mismo no puede ser objeto de esta línea de razonamiento.

Las implicaciones de tratar con un enemigo que no valoran su propia supervivencia están profundamente molestos y han dado lugar a la controversia que sólo se intensificará a medida que las apuestas siguen en aumento . Por ejemplo , cuando el FBI identifica una célula terrorista probable es que detener a los participantes , a pesar de que puede haber pruebas suficientes para condenarlos por un delito y no podrán sin embargo, incluso han cometido un delito. Bajo las reglas de

enfrentamiento en nuestra guerra contra el terrorismo , el gobierno sigue manteniendo a estas personas .

En un editorial principal , el New York Times, se opuso a esta política , a la que describió como una "disposición preocupante. " <sup>47</sup> El documento sostiene que el gobierno debe liberar a los detenidos , ya que aún no han cometido un delito y deben nuevas detenciones que sólo después de que lo han hecho. Por supuesto, en ese momento los sospechosos de terrorismo pueden estar muerto junto con un gran número de sus víctimas. ¿Cómo pueden las autoridades posiblemente romper una vasta red de células descentralizadas de los terroristas suicidas si no tienen que esperar a que cada uno de ellos para cometer un crimen?

Por otra parte esta misma lógica ha sido utilizada de forma rutinaria por los regímenes tiránicos para justificar la renuncia a las garantías judiciales que hemos llegado a apreciar. Asimismo, es justo afirmar que restringir las libertades civiles de esta manera es exactamente el objetivo de los terroristas, que desprecian nuestras nociones de libertad y el pluralismo . Sin embargo , no veo la posibilidad de que cualquier tecnología de "bala mágica " que esencialmente cambiar este dilema.

La trampa de cifrado puede ser considerada como una innovación técnica que el gobierno se ha propuesto , en un intento de equilibrar las necesidades individuales legítimos de la vida privada con la necesidad del gobierno de vigilancia . Junto con este tipo de tecnología también necesitamos la innovación política necesaria para proporcionar una supervisión efectiva , tanto por los poderes judicial y legislativo , de uso de la rama ejecutiva de estas trampas , para evitar la posibilidad de abuso de poder. La naturaleza secreta de nuestros enemigos y su falta de respeto por la vida humana, incluyendo su propio profundamente a prueba los cimientos de nuestras tradiciones democráticas.

## **Un programa para GNR Defensa**

Venimos de peces de colores , en esencia , pero que [ no ] significa que nos dimos la vuelta y matamos a todos los peces de colores . Tal vez [ las IA ] nos va a alimentar a una vez por semana .... Si tuviera una máquina con un 10 a la IQ de energía 18a sobre los seres humanos , ¿no quieres que gobierne , o al menos controlar su economía? - Seth Shostak

¿Cómo podemos lograr los profundos beneficios de la GNR , mientras que mejorar sus peligros ? Aquí está una revisión de una propuesta de programa para contener los riesgos GNR :

La recomendación más urgente es aumentar considerablemente la inversión en tecnologías de defensa. Dado que ya estamos en la era de G, la mayor parte de esta inversión hoy debe estar en (biológicos ) los medicamentos y los tratamientos antivirales. Tenemos nuevas herramientas que se adaptan bien a esta tarea. Interferencia de ARN , por ejemplo , se puede utilizar para bloquear la expresión génica . Prácticamente todas las infecciones ( así como el cáncer ) se basan en la expresión de genes en algún momento durante sus ciclos de vida .

Los esfuerzos para anticipar las tecnologías defensivas necesarias para guiar con seguridad N y R también deben ser apoyadas , y éstos deben incrementarse sustancialmente a medida que nos acercamos a la viabilidad de la fabricación molecular y de la IA fuerte , respectivamente . Un beneficio adicional importante sería acelerar los tratamientos eficaces para las enfermedades infecciosas y el cáncer. He testificado ante el Congreso sobre este tema , abogando por la inversión de decenas de miles de millones de dólares al año (menos de 1 por ciento del PIB) para hacer frente a esta nueva y poco reconocida amenaza existencial para la humanidad "

- Tenemos que agilizar el proceso de regulación de las tecnologías genéticas y médicas. Las normas no impiden el uso malévolo de la tecnología , pero retrasan considerablemente las defensas necesarias . Como se ha mencionado , es necesario equilibrar mejor los riesgos de las nuevas tecnologías (por ejemplo, los nuevos medicamentos ) contra el mal conocida de retraso.
- Un programa global de monitoreo sérico confidencial , al azar de desconocidos o evolución biológica patógenos deben ser financiados . Existen herramientas de diagnóstico para identificar rápidamente la existencia de la proteína desconocida o secuencias de ácidos nucleicos . La inteligencia es clave para la defensa, y tal programa podría proporcionar valiosa advertencia temprana de una epidemia inminente. Un programa de " centinela patógeno " se ha propuesto desde hace muchos años por las autoridades de salud pública , pero nunca ha recibido una financiación adecuada.
- moratorias temporales bien definidas y específicas , como el ocurrido en el campo de la genética en 1975, puede ser necesario de vez en cuando . Pero esa suspensión es poco probable que sean necesarios con la nanotecnología. Esfuerzos generales en renunciar a las principales áreas de la tecnología sólo sirven para continuar vasto sufrimiento humano al retrasar los aspectos beneficiosos de las nuevas tecnologías , y en realidad hacen que los peligros peor.
- Los esfuerzos para definir la seguridad y las directrices éticas de la nanotecnología debe continuar. Tales directrices inevitablemente se convertirá más detallada y refinada medida que nos acercamos a la fabricación molecular.
- Para crear el apoyo político para financiar los esfuerzos sugeridos anteriormente, es necesario sensibilizar a la población de estos peligros . Porque, por supuesto , existe la desventaja de dar la alarma y generar apoyo para los desinformados mandatos antitecnología generales, también tenemos que crear un entendimiento público de los grandes beneficios de los continuos avances en la tecnología.
- Estos riesgos atraviesan fronteras internacionales , lo cual es , por supuesto , nada nuevo, los virus biológicos , virus de software, y los misiles ya cruzan esas fronteras con impunidad. La cooperación internacional es vital para contener el virus SARS y será cada vez más importante para enfrentar los retos del futuro . Organizaciones de todo el mundo , como la Organización Mundial de la Salud , que ayudó a coordinar la respuesta al SRAS , es necesario fortalecer .

- Una cuestión política contemporánea polémica es la necesidad de una acción preventiva para combatir amenazas , tales como terroristas tengan acceso a armas de destrucción masiva o naciones rebeldes que apoyan a tales terroristas . Dichas medidas estarán siempre polémica , pero la posible necesidad de ellos es clara . Una explosión nuclear puede destruir una ciudad en cuestión de segundos . Un patógeno auto-replicante , ya sea en base biológica o la nanotecnología , podría destruir nuestra civilización en cuestión de días o semanas. No siempre podemos darnos el lujo de esperar a que la masificación de los ejércitos u otros indicios evidentes de mala intención antes de tomar medidas de protección.
- Las agencias de inteligencia y las autoridades policiales tendrán un papel vital en la prevención de la mayoría de los incidentes potencialmente peligrosos . Sus esfuerzos deben involucrar a las tecnologías más potentes disponibles . Por ejemplo, antes de terminar la decena , dispositivos del tamaño de las partículas de polvo serán capaces de llevar a cabo misiones de reconocimiento . Al llegar a la década de 2020 y tienen software que se ejecuta en nuestros cuerpos y cerebros , las autoridades gubernamentales tendrán una necesidad legítima de vez en cuando para supervisar estos dispositivos de software . El potencial para el abuso de estos poderes es evidente. Tendremos que lograr un camino medio de la prevención de eventos catastróficos , preservando nuestra privacidad y la libertad.
- Los enfoques anteriores serán insuficientes para hacer frente al peligro de la IA patológico (IA fuerte). Nuestra estrategia principal en esta área debe ser optimizar la probabilidad de que la inteligencia no biológica futuro reflejará nuestros valores de libertad , tolerancia y respeto por el conocimiento y la diversidad. La mejor manera de lograr esto es fomentar esos valores en nuestra sociedad hoy y en el futuro. Si esto suena vago , lo es. Sin embargo, no existe una estrategia puramente técnica que es viable en esta zona, ya que una mayor inteligencia siempre encontrará una manera de eludir las medidas que son el producto de una inteligencia menor . La inteligencia no biológica que estamos creando es y será incorporado en nuestras sociedades y reflejar nuestros valores. La fase transbiological implicará la inteligencia no biológica profundamente integrado con inteligencia biológica . Esto amplificar nuestras capacidades y nuestra aplicación de estos mayores poderes intelectuales se rige por los valores de sus creadores. La era transbiological finalmente dar paso a la era postbiological , pero es de esperar que nuestros valores seguirán siendo influyente. Esta estrategia no es ciertamente infalible, pero es el principal medio que tenemos hoy para influir en el curso futuro de la IA fuerte .

La tecnología seguirá siendo un arma de doble filo. Representa un gran poder que se utilizará para todos los propósitos de la humanidad . GNR proporcionará los medios para superar viejos problemas como la enfermedad y la pobreza , sino que también dará poder ideologías destructivas. No tenemos otra opción sino para fortalecer nuestras defensas mientras aplicamos estas tecnologías vivificantes de promover nuestros valores humanos , a pesar de una aparente falta de consenso sobre lo que estos valores deberían ser.

MOLLY 2004 : De acuerdo, ahora se ejecutan ese escenario sigiloso por mí otra vez , ya sabes, aquel en el que las malas nanobots extienden silenciosamente a través de la biomasa para obtener ellos mismos en su posición , pero en realidad no se expanden para destruir notoriamente nada hasta que están repartidos por todo el globo.

RAY : Bueno, los nanobots se extenderían a concentraciones muy bajas , por ejemplo un átomo de carbono por 1.015 en el biomasa , por lo que se sembró en toda la biomasa. Por lo tanto, la velocidad de propagación física de los nanobots destructivos no sería un factor limitante cuando posteriormente se replican en su lugar . Si se salta la fase de sigilo y ampliado en lugar de un solo punto, el nanodisease difusión se dio cuenta , y la difusión en todo el mundo sería relativamente lento.

MOLLY 2004 : Entonces, ¿cómo vamos a protegernos de eso? En el momento en que comienzan la fase dos , tenemos sólo unos noventa minutos, o menos , si se quiere evitar un daño enorme .

RAY : Debido a la naturaleza del crecimiento exponencial , la mayor parte de los daños se hace en los últimos minutos , pero el punto está bien tomado. En cualquier caso, no vamos a tener una oportunidad sin un sistema inmune nanotecnología. Obviamente , no podemos esperar hasta el comienzo de un ciclo de noventa minutos de la destrucción para empezar a pensar en crear uno. Tal sistema sería muy comparable a nuestro sistema inmune humano . ¿Cuánto tiempo a circa humana biológica 2004 última sin uno ?

MOLLY 2004 : No mucho , supongo. ¿Cómo elegir el sistema de nano -inmune a estos malos nanobots si sólo son uno de cada mil billones ?

RAY : Tenemos el mismo problema con el sistema inmunológico biológica. La detección de incluso una sola proteína extraña desencadena una acción rápida por las fábricas de anticuerpos biológicos , por lo que el sistema inmune es allí en la fuerza por el tiempo de un patógeno alcanza cerca de un nivel crítico . Vamos a necesitar una capacidad similar para el sistema nanoimmune .

CHARLES DARWIN : Ahora dime, nanobots el sistema inmunológico tiene la capacidad de replicarse ?

RAY : Ellos tendrían que ser capaces de hacer esto , de lo contrario no sería capaz de seguir el ritmo de los nanobots patógenos replicantes. Ha habido propuestas para sembrar la biomasa con nanobots del sistema inmune de protección en una concentración particular , pero tan pronto como los malos nanobots superaron significativamente la concentración fija el sistema inmunológico perderían . Robert Freitas propone nanofactories no replicantes que puedan resultar nanorobots adicionales de protección cuando sea necesario. Creo que esto es probable que frente a las amenazas por un tiempo , pero al final el sistema defensivo a necesitar la capacidad de replicar sus capacidades inmunes en el lugar para mantener el ritmo de las nuevas amenazas.

CHARLES : ¿Entonces no son el sistema inmunológico nanobots totalmente equivalente a la fase uno nanobots malévolos ? Me refiero a la siembra de la biomasa es la primera fase del escenario de sigilo .

RAY : Pero el sistema inmunológico nanobots están programados para protegernos y no para destruirnos .

CHARLES : Entiendo que el software se puede modificar.

RAY : Hacked , quieres decir?

CARLOS : Sí , exactamente. Así que si el software del sistema inmunológico es modificada por un hacker para convertir simplemente en su capacidad de auto-replicación sin fin -

RAY : - Sí , bueno, tendremos que tener cuidado con eso , ¿no?

MOLLY 2004 : lo que diré.

RAY : Tenemos el mismo problema con el sistema inmunológico biológica. Nuestro sistema inmune es comparativamente potente , y si resulta en nosotros que es una enfermedad autoinmune , que puede ser insidiosa . Pero todavía no hay alternativa a tener un sistema inmune.

MOLLY 2004 : Así que un virus de software podría activar el sistema inmunológico nanobot en un destructor stealth ?

RAY : Es posible. Es justo concluir que la seguridad del software que va a ser el tema decisivo para muchos niveles de la civilización humana - máquina. Con todo, convirtiéndose en la información, el mantenimiento de la integridad del software de nuestras tecnologías defensivas será fundamental para nuestra supervivencia. Incluso en el plano económico , el mantenimiento del modelo de negocio que crea la información será fundamental para nuestro bienestar .

MOLLY 2004 : Esto me hace sentir más impotente. Quiero decir , con todos estos buenos y malos nanobots batallando , sólo voy a ser un espectador desgraciado .

RAY : Eso no es un fenómeno nuevo. ¿Cuánta influencia tiene usted en 2004 sobre la disposición de las decenas de miles de armas nucleares en el mundo ?

MOLLY 2004 : Por lo menos tengo una voz y un voto en las elecciones que afectan a cuestiones de política exterior .

RAY : No hay ninguna razón para que eso cambie . Prever un sistema inmune fiable nanotecnología será uno de los grandes temas políticos de la década de 2020 y 2030 .

MOLLY 2004 : Entonces ¿qué pasa con la IA fuerte ?

RAY : La buena noticia es que nos protege de la nanotecnología malévola , ya que será lo suficientemente inteligente como para que nos ayude a mantener nuestras tecnologías defensivas por delante de las destructivas.

NED LUDD : Suponiendo que está de nuestro lado .

RAY : En efecto .

## CAPÍTULO NUEVE

### Respuesta a los críticos

La mente humana le gusta una idea extraña tan poco como el cuerpo le gusta una proteína extraña y se resiste con una energía similar. - W . I. BEVERIDGE

Si un ... científico dice que algo es posible, es casi seguro que es, pero si él dice que es imposible, probablemente está equivocado . - ARTHUR C. CLARKE

#### Una panoplia de críticas

En La era de las máquinas espirituales , me puse a examinar algunas de las tendencias aceleradas que he tratado de explorar en mayor profundidad en este libro. ASM inspiró una amplia variedad de reacciones , incluyendo extensas discusiones de los profundos cambios que se avecinan , a su juicio, ( por ejemplo, el debate promesa versus riesgo motivada por la historia con conexión de cable de Bill Joy , " ¿Por qué el futuro no nos necesita " , como yo revisado en el capítulo anterior ) . La respuesta también incluye los intentos de argumentar en muchos niveles por qué esos cambios transformadores no lo haría, no podía, o no debería suceder. He aquí un resumen de las críticas seré responder en el presente capítulo :

- La "crítica de Malthus " : Es un error de extrapolar las tendencias exponenciales indefinidamente , ya que inevitablemente se quedan sin recursos para mantener el crecimiento exponencial . Por otra parte, no vamos a tener suficiente energía para alimentar el extraordinariamente densa pronóstico plataformas de cómputo, e incluso si lo hiciéramos tendríamos que ser tan caliente como el sol. Tendencias exponenciales hacen llegar a una asíntota , pero los recursos de la materia y la energía necesarios para el cálculo y la comunicación son tan pequeños por cálculo y por poco que estas tendencias pueden continuar hasta el punto donde la inteligencia no biológica es de billones de billones de veces más potente que la inteligencia biológica La computación reversible puede reducir los requisitos de energía , así como la disipación de calor , en muchos órdenes de magnitud . Incluso restringiendo el cálculo de los ordenadores "en frío" logrará plataformas de computación no biológicos que superan ampliamente la inteligencia biológica.
- La "crítica del software " : Estamos haciendo avances exponenciales en hardware, pero el software se ha quedado atascado en el barro. Aunque el tiempo de duplicación para el progreso en el software es más largo que para el hardware computacional , el software también se está acelerando en la eficacia , eficiencia , y la complejidad . Muchas aplicaciones de software , que van desde motores de búsqueda para juegos, utilizan habitualmente técnicas de IA que eran sólo los proyectos de investigación hace una década. También importantes beneficios se han hecho en la complejidad global de software , en la productividad del software, y en la eficiencia de software en la solución de problemas algorítmicos clave . Por otra parte , tenemos un plan de juego eficaz para lograr las capacidades de la inteligencia humana en una máquina :

la ingeniería inversa del cerebro para captar sus principios de funcionamiento y la aplicación de esos principios en plataformas de computación del cerebro capaces. Cada aspecto de la ingeniería inversa del cerebro se está acelerando : la resolución espacial y temporal de la exploración del cerebro , el conocimiento acerca todos los niveles de funcionamiento del cerebro, y los esfuerzos para modelar y simular con realismo las neuronas y las regiones cerebrales.

- La "crítica de procesamiento analógico " : la computación digital es demasiado rígida , porque los bits digitales ya sea dentro o fuera . Inteligencia biológica es principalmente analógica , por lo sutiles gradaciones pueden ser consideradas. Es cierto que el cerebro humano utiliza métodos analógicos digitales controlados , pero también puede utilizar estos métodos en nuestras máquinas. Por otra parte , la computación digital puede simular operaciones análogas a cualquier nivel deseado de precisión , mientras que la afirmación inversa no es cierta .
- La "crítica de la complejidad del procesamiento neural " : los procesos de información en el conexiones interneuronales (axones , dendritas , sinapsis ) son mucho más complejos que los modelos simplistas de las redes neuronales . Es cierto, pero las simulaciones del cerebro - región no utilizan tales modelos simplificados. Hemos logrado modelos matemáticos realistas y simulaciones por ordenador de las neuronas y las conexiones interneuronales que hacen captar las no linealidades y las complejidades de sus homólogos biológicos . Por otra parte, hemos encontrado que la complejidad de las regiones del cerebro de procesamiento es a menudo más simple que las neuronas que componen . Ya tenemos los modelos y simulaciones eficaces para varias docenas de regiones del cerebro humano. El genoma contiene sólo alrededor de treinta hasta cien millones de bytes de información de diseño cuando se considera la redundancia , por lo que la información de diseño para el cerebro es de un nivel manejable .
- La "crítica de los microtúbulos y la computación cuántica " : Los microtúbulos en las neuronas son capaces de la computación cuántica , y como la computación cuántica es un requisito previo para la conciencia. Para " cargar " una personalidad, habría que captar su estado cuántico exacto . No existe ninguna evidencia para apoyar cualquiera de estas declaraciones. Incluso si es cierto, no hay nada que las barras de la computación cuántica se llevara a cabo en los sistemas no biológicos . Nosotros usamos los efectos cuánticos en semiconductores ( transistores de efecto túnel , por ejemplo), y una máquina basada en la computación cuántica también avanza . En cuanto a la captura de un estado cuántico exacto , estoy en un estado muy diferente cuántica de lo que era antes de escribir esta frase. Yo también ya una persona diferente ? Tal vez lo soy, pero si se capturaron mi estado hace un minuto, una carga sobre la base de esa información aún pasaría con éxito un " Ray Kurzweil " prueba de Turing .
- La "crítica de la tesis de Church -Turing " : Podemos demostrar que existen grandes clases de problemas que no pueden ser resueltos por ninguna máquina de Turing . También puede demostrarse que las máquinas de Turing pueden emular cualquier ordenador sea posible ( es decir, existe una máquina de Turing que puede resolver

cualquier problema que puede resolver cualquier ordenador ) , por lo que esto demuestra una clara limitación en los problemas que un ordenador puede resolver. Sin embargo, los seres humanos son capaces de resolver estos problemas , por lo que las máquinas nunca emulan la inteligencia humana. Los seres humanos no son más capaces de resolver este tipo de problemas universalmente " sin solución " que las máquinas . Los seres humanos pueden hacer conjeturas a las soluciones en ciertos casos, pero las máquinas pueden hacer lo mismo y, a menudo pueden hacerlo con mayor rapidez.

- La "crítica de las tasas de fracaso ": Los sistemas informáticos están mostrando tasas alarmantes de catástrofe fracaso a medida que aumenta la complejidad. Thomas Ray escribe que "estamos empujando los límites de lo que podemos diseñar y construir con eficacia a través de métodos convencionales. " Hemos desarrollado sistemas cada vez más complejos de manejar una amplia variedad de tareas de misión crítica , y las tasas de fracaso de estos sistemas son muy bajas. Sin embargo , la imperfección es una característica inherente de cualquier proceso complejo , y que comprende, ciertamente, la inteligencia humana .
- La "crítica de" lock-in " : Los sistemas de apoyo generalizadas y complejas (y las grandes inversiones en estos sistemas ) requeridos por los campos como la energía y el transporte son el bloqueo de la innovación, por lo que esto evitará que el tipo de cambio acelerado previsto para las tecnologías que subyacen a la Singularidad. Es específicamente los procesos de información que están creciendo de manera exponencial en la capacidad y calidad-precio. Ya hemos visto los cambios de paradigma rápidos en todos los aspectos de la tecnología de la información, sin restricciones por cualquier bloqueo en el fenómeno (a pesar de las grandes inversiones en infraestructura en áreas tales como la Internet y de las telecomunicaciones ) . Incluso los sectores de la energía y el transporte serán testigos de cambios revolucionarios de las nuevas innovaciones basadas en la nanotecnología.
- La "crítica de la ontología ": John Searle describe varias versiones de su analogía cuarto chino . En una formulación de un hombre sigue un programa escrito para responder a preguntas en chino . El hombre parece estar respondiendo preguntas competentemente en chino , pero como él es " más que seguir mecánicamente un programa escrito , no tiene conocimiento real de chino y no hay conciencia real de lo que está haciendo. El " en el cuarto hombre "no entender nada , porque, después de todo, " él es sólo un ordenador " , según Searle . Así que, claramente , las computadoras no pueden entender lo que están haciendo , ya que están más que seguir las reglas . argumentos habitación china de Searle son fundamentalmente tautológico , ya que acaba de asumir su conclusión de que las computadoras no pueden tener ningún conocimiento real. Parte de la prestidigitación filosófica de la mano de analogías simples de Searle es una cuestión de escala . se pretende describir un sistema sencillo y luego le pide al lector a considerar cómo este sistema podría tener cualquier comprensión real . Pero la propia caracterización es engañosa . para ser coherente con los propios supuestos de Searle el sistema cuarto chino que Searle describe tendría que ser tan complejo como un cerebro humano y sería , por lo tanto , tiene tanta comprensión como un cerebro humano . el hombre en la analogía que

funcionará como unidad central de procesamiento , sólo una pequeña parte del sistema . Aunque el hombre no puede ver, el conocimiento se distribuye a través de todo el modelo del programa en sí y los miles de millones de notas que tendría que hacer para seguir el programa . considero que entiendo Inglés , pero ninguno de mis neuronas . Mi entendimiento es representado en grandes patrones de las fortalezas de neurotransmisores , hendiduras sinápticas y conexiones interneuronales .

- La "crítica de la brecha entre ricos y pobres " : Es probable que a través de estas tecnologías los ricos pueden obtener ciertas oportunidades que el resto de la humanidad no tiene acceso. Esto, por supuesto , no sería nada nuevo , pero me gustaría señalar que, debido al crecimiento exponencial continuo del precio-rendimiento , todas estas tecnologías se convierten rápidamente tan baratos como para ser casi gratis.

- La "crítica de la probabilidad de que la regulación del gobierno " : la regulación gubernamental se desacelerará y detener la aceleración de la tecnología . Aunque el potencial de obstrucción de la regulación es una preocupación importante, que ha tenido hasta el momento poco efecto mensurable en las tendencias analizadas en este libro. En ausencia de un estado totalitario en todo el mundo , las fuerzas económicas y de otro tipo que subyacen progreso técnico no hará sino crecer con los avances en curso. Incluso los temas controvertidos como fin la investigación con células madre hasta ser como piedras en un arroyo, la corriente de los avances por tierra a su alrededor.

- La "crítica del teísmo " : De acuerdo con William A. Dembski , "materialistas contemporáneos como Ray Kurzweil ... ver los movimientos y modificaciones de la materia como suficientes para dar cuenta de la mentalidad humana . " Pero el materialismo es predecible , mientras que la realidad no es la previsibilidad [ es ] la virtud principal del materialismo y superficialidad ... [ es ] su principal defecto . "

Los sistemas complejos de la materia y la energía no son predecibles, ya que se basan en un gran número de eventos cuánticos imprevisibles. Incluso si aceptamos una interpretación " variables ocultas " de la mecánica cuántica (que dice que los eventos cuánticos sólo parecen ser impredecible, pero se basan en indetectables variables ocultas ) , el comportamiento de un sistema complejo seguiría siendo impredecible en la práctica. Todas las tendencias muestran que estamos claramente dirigidos hacia sistemas no biológicos que son tan complejos como sus contrapartes biológicas. Tales sistemas futuros no serán más "hueco" que los seres humanos y en muchos casos se base en la ingeniería inversa de la inteligencia humana. No necesitamos ir más allá de las capacidades de los patrones de la materia y la energía para dar cuenta de las capacidades de la inteligencia humana.

- La "crítica del holismo " : Citando a Michael Denton , los organismos son " auto-organización , auto- ...referencial , ... auto-replicante , ... recíproco , ... auto-formativa , y ... holístico " . Tales formas orgánicas sólo se pueden crear a través de procesos biológicos , y tales formas son " inmutables , ... impenetrable , y ... realidades fundamentales de la existencia . " 1 Es cierto que el diseño biológico representa una serie de profundos principios. Sin embargo , las máquinas se utilizan y

ya están utilizando - estos mismos principios , y no hay nada de lo que restringe los sistemas no biológicos de aprovechar las propiedades emergentes de los patrones que se encuentran en el mundo biológico .

Me he comprometido en innumerables debates y diálogos que respondan a estos desafíos en una amplia variedad de foros. Uno de mis objetivos de este libro es dar una respuesta integral a las críticas más importantes que he encontrado. La mayoría de mis contestaciones a estas críticas sobre la viabilidad y la inevitabilidad se han discutido a lo largo de este libro, pero en este capítulo quiero ofrecer una respuesta detallada a varios de los más interesantes .

## **La Crítica de la incredulidad**

Tal vez la crítica más sincera de un futuro que he imaginado aquí es simple incredulidad de que posiblemente podrían ocurrir cambios tan profundos . Químico Richard Smalley , por ejemplo, rechaza la idea de nanobots que es capaz de llevar a cabo misiones en el torrente sanguíneo humano simplemente como " tonto ". Pero la ética científicos llaman a la prudencia en la evaluación de las perspectivas de trabajo actual, y tal prudencia razonable por desgracia a menudo lleva a los científicos a alejarse de considerar el poder de las generaciones de la ciencia y la tecnología mucho más allá de la frontera de hoy. Con la tasa de cambio de paradigma que ocurre cada vez con mayor rapidez, este pesimismo arraigado no sirve a las necesidades de la sociedad en la evaluación de la capacidad científica en las próximas décadas . Considere lo increíble tecnología de hoy parece a la gente incluso hace un siglo.

Una crítica relacionada se basa en la idea de que es difícil predecir el futuro, y cualquier número de malas predicciones de otros futuristas en épocas anteriores puede citarse para apoyar esto. La predicción de que empresa o producto tendrán éxito es de hecho muy difícil , si no imposible . La misma dificultad se presenta en la predicción de que prevalecerán diseño técnico o una norma . ( Por ejemplo , ¿cómo los protocolos WiMAX , CDMA y 3G tarifa wireless- comunicación en los próximos años ? ) Sin embargo, como este libro ha argumentado ampliamente , encontramos tendencias exponenciales sorprendentemente precisas y predecibles al evaluar la eficacia global (medido por - precio-rendimiento , ancho de banda , y otras medidas de la capacidad ) de las tecnologías de la información. Por ejemplo, el crecimiento exponencial sin problemas de la relación precio- rendimiento de la informática se remonta más de un siglo . Dado que la cantidad mínima de la materia y la energía necesarios para calcular y transmitir un bit de información es conocido por ser extremadamente pequeña , podemos predecir con confianza la continuación de estas tendencias - tecnología de la información , al menos, a través de este nuevo siglo. Por otra parte , podemos predecir con fiabilidad las capacidades de estas tecnologías en futuros momentos .

Tenga en cuenta que la predicción de la trayectoria de una sola molécula en un gas es esencialmente imposible , pero predecir ciertas propiedades de todo el gas (compuesta de un gran número de moléculas que interactúan caóticamente) fiable se puede predecir a través de las leyes de la termodinámica . Análogamente , no es

posible predecir con certeza los resultados de un proyecto o empresa en particular , sino de las capacidades generales de la tecnología de la información (que consta de muchas actividades caóticas ) , sin embargo, se puede prever de forma fiable a través de la ley de rendimientos acelerados .

Muchos de los intentos furiosos para argumentar por qué las máquinas - no biológico sistemas -no siempre posible comparar a los seres humanos parecen estar alimentada por esta reacción básica de incredulidad . La historia del pensamiento humano está marcada por muchos intentos de negarse a aceptar las ideas que parecen amenazar la visión aceptada de que nuestra especie es especial. Idea de Copérnico de que la Tierra no era el centro del universo fue resistida , como era de Darwin de que estábamos muy poco evolucionados de otros primates. La idea de que las máquinas podían igualar e incluso superar la inteligencia humana parece desafiar el estado humano de nuevo.

En mi opinión, no es algo esencialmente especial, después de todo, los seres humanos. Estábamos en la primera especie en la Tierra para combinar una función cognitiva y un apéndice oponible efectiva ( el pulgar ) , por lo que fueron capaces de crear una tecnología que se extendería nuestros propios horizontes . Ninguna otra especie en la Tierra ha logrado esto . ( Para ser precisos , somos la única especie superviviente en este nicho ecológico - que otros, como los neandertales , no sobrevivieron . ) Y como ya comenté en el capítulo 6 , sin embargo, tenemos que descubrir cualquier otra civilización en el universo.

## **La crítica de Malthus**

### **Las tendencias exponenciales no duran para siempre .**

En el ejemplo de metáfora clásica de las tendencias exponenciales golpear una pared se conoce como "conejos en Australia." Una especie que suceden en un nuevo hábitat hospitalario ampliará su número de forma exponencial hasta que el crecimiento llegue a los límites de la capacidad de ese entorno para apoyarlo. Acercarse a este límite al crecimiento exponencial puede incluso causar una reducción general del número , por ejemplo , los seres humanos notar una plaga propagación pueden tratar de erradicarla. Otro ejemplo común es un microbio que puede crecer de forma exponencial en un cuerpo animal hasta que se alcanza un límite : la capacidad de dicho organismo para apoyarlo, la respuesta de su sistema inmune, o la muerte del huésped .

Incluso la población humana se está acercando a un límite. Las familias en los países más desarrollados han dominado los medios de control de la natalidad y han establecido relativamente altos estándares para los recursos que desean dar a sus hijos Como resultado de la expansión demográfica en el mundo desarrollado se ha detenido en gran medida . Mientras tanto, la gente en algunos (pero no todos) los países subdesarrollados han seguido buscando las familias numerosas como un medio de la seguridad social , con la esperanza de que al menos un hijo va a sobrevivir el tiempo suficiente para apoyarlos en la vejez. Sin embargo , con la ley de los retornos

acelerados que ofrecen ventajas económicas más amplias , el crecimiento global de la población humana se está desacelerando .

Así que no hay un límite comparable a las tendencias exponenciales que estamos siendo testigos de tecnologías de la información ?

La respuesta es sí , pero no antes de las profundas transformaciones que se describen en este libro tienen lugar . Como he dicho en el capítulo 3 , la cantidad de la materia y la energía necesaria para calcular o transmitir un bit es extremadamente pequeña . Mediante el uso de puertas lógicas reversibles , la entrada de la energía sólo se requiere para transmitir los resultados y corregir los errores . De lo contrario , el calor liberado de cada cálculo se recicla inmediatamente para alimentar el siguiente cálculo

Como he dicho en el capítulo 5 , basado en nanotecnología diseños para prácticamente todas las aplicaciones de computación , comunicación , producción y transporte - Necesitaré bastante menos energía que en la actualidad . La nanotecnología también facilitará la captura de las fuentes de energía renovables como la luz solar . Podemos satisfacer todas nuestras necesidades energéticas proyectadas de Treinta billones de vatios en el año 2030 con la energía solar aunque sólo capturamos 0,03 % (tres de diez milésimas ) de la energía del sol, ya que golpeó la Tierra . Esto será factible con paneles solares nanoingeniería extremadamente bajo costo , peso ligero , y eficiente , junto con las células de nano- combustible para almacenar y distribuir la energía capturada .

### **Un límite Prácticamente ilimitado .**

Como he dicho en el capítulo 3 un equipo de 2.2 libras organizada de manera óptima mediante puertas lógicas reversibles tiene alrededor de  $10^{25}$  átomos y puede almacenar alrededor de  $10^{27}$  bits. Sólo teniendo en cuenta las interacciones electromagnéticas entre las partículas, hay por lo menos  $10^{15}$  cambios de estado por bits por segundo que se pueden aprovechar para el cálculo , lo que resulta en alrededor de  $10^{42}$  cálculos por segundo en el último " frío" Computadora de 2.2 libras Esto es cerca de  $10^{16}$  veces más potente que todos los cerebros biológicos hoy. Si permitimos nuestro equipo final se caliente , podemos aumentar más a fondo hasta en 108 veces . Y es obvio que no vamos a limitar nuestros recursos computacionales para un kilogramo de materia, pero en última instancia, implementar una fracción significativa de la materia y la energía en la Tierra y en el sistema solar y luego se extendió desde allí.

Paradigmas específicos hacen los límites de alcance . Esperamos que la Ley de Moore (en relación con la disminución del tamaño de los transistores en un circuito integrado plano) llegará a un límite en las próximas dos décadas. La fecha para la desaparición de la Ley de Moore sigue siendo empujado hacia atrás . Las primeras estimaciones predicen 2002 , pero ahora Intel dice que no tendrá lugar hasta 2022. Pero como ya comenté en el capítulo 2 , cada vez que un paradigma de computación específicos se vio acercarse a su límite , el interés y la presión de la investigación aumentó a crear el siguiente paradigma. Esto ya ha ocurrido cuatro veces en la

historia centenaria del crecimiento exponencial de la computación ( desde calculadoras electromagnéticas en equipos basado en relés de tubos de vacío a los transistores discretos a los circuitos integrados) . Ya hemos logrado muchos hitos importantes hacia el próximo paradigma de la informática ( sexto ) : tridimensionales circuitos de auto-organización a nivel molecular. Así que el final inminente de un paradigma dado no representa un verdadero límite .

Hay límites a la potencia de la tecnología de la información, pero estos límites son muy amplias . Calculé la capacidad de la materia y la energía en nuestro sistema solar para apoyar la computación que ser al menos  $10^{70}$  cps (véase el capítulo 6). Teniendo en cuenta que hay por lo menos  $10^{20}$  estrellas en el universo , tenemos unos  $10^{90}$  cps para ello, lo que coincide con el análisis independiente de Seth Lloyd. Así que sí, hay límites , pero no son muy limitante .

### **La Crítica de Software**

Un desafío común para la viabilidad de la IA fuerte , y por lo tanto la Singularidad , empieza por distinguir entre las tendencias cuantitativas y cualitativas. Este argumento se reconoce , en esencia, que ciertas capacidades de fuerza bruta , como la capacidad de memoria , velocidad del procesador y anchos de banda de las comunicaciones se están expandiendo de manera exponencial , pero sostiene que el software (es decir, los métodos y algoritmos ) no lo son.

Este es el desafío frente de hardware y software , y es significativo . Realidad virtual Jaron Lanier pionero , por ejemplo, caracteriza a mi posición y la de otros de los llamados totalists cibernéticos como, sólo tendremos que averiguar el software de alguna manera -a especificar la posición que se refiere como un software de " deus ex machina, " <sup>2</sup> Esto pasa por alto , sin embargo , el escenario específico y detallado que he descrito por el cual se logrará el software de inteligencia. La ingeniería inversa del cerebro humano , una empresa que está mucho más avanzado de lo que Lanier y muchos otros observadores se dan cuenta , ampliará nuestra AI conjunto de herramientas para incluir los métodos de auto -organización que subyacen a la inteligencia humana. Volveré a este tema en un momento, pero primero vamos a abordar algunas otras ideas erróneas básicas acerca de la llamada falta de avances en el software.

### **La estabilidad del software .**

Lanier llama software inherentemente " difícil de manejar " y " frágil " y se ha descrito con gran detalle una serie de frustraciones que ha encontrado en su uso. Escribe que "conseguir ordenadores para realizar tareas específicas de una complejidad significativa de una manera confiable, pero modificables, sin accidentes o fallos de seguridad , que es esencialmente imposible. " <sup>3</sup> No es mi intención defender a todo el software, pero no es cierto que el software complejo es necesariamente frágiles y propensos a la ruptura catastrófica . Hay muchos ejemplos

de software de misión crítica complejo operan con muy pocos, si alguno, averías, por ejemplo, los programas de software sofisticados que controlan un porcentaje creciente de los desembarques de avión, controlar a los pacientes en los centros de cuidados críticos, armas inteligentes de guía, el control de la inversión de miles de millones de dólares en fondos de alto riesgo basados en el reconocimiento de patrones automatizados, y sirven muchas otras funciones.<sup>4</sup> No tengo conocimiento de ninguna accidentes aéreos que han sido causadas por fallos de software de aterrizaje automático, y lo mismo, sin embargo, no se puede decir de la fiabilidad humana.

### **Respuesta Software.**

Lanier se queja de que " las interfaces de usuario de ordenador tienden a responder más lentamente a los eventos de interfaz de usuario, como pulsar una tecla, lo que lo hacían hace quince años ... ¿Qué ha salido mal? " <sup>5</sup> Invito Lanier para intentar utilizar una computadora vieja hoy. Incluso si dejamos de lado la dificultad de establecer uno para arriba (que es un tema diferente), que ha olvidado lo que no responde, difícil de manejar, y limitadas que eran. Trate de conseguir el verdadero trabajo por hacer para los estándares de hoy con veinte años de edad, software de computadoras personales. Simplemente no es cierto que el software antiguo era mejor en un sentido cualitativo o cuantitativo.

A pesar de que siempre es posible encontrar el diseño de baja calidad, retrasos en la respuesta, cuando se producen, son por lo general el resultado de las nuevas características y funciones. Si los usuarios están dispuestos a congelar la funcionalidad de su software, el crecimiento exponencial continuo de la velocidad de computación y la memoria se eliminan rápidamente los retrasos software de respuesta

Sin embargo, el mercado demanda cada vez más capacidad de ampliación. Hace veinte años no había motores de búsqueda o cualquier otra integración con la World Wide Web (de hecho, no había Web), sólo el lenguaje primitivo, el formato y las herramientas multimedia, etc. Así que la funcionalidad se mantiene siempre en el límite de lo que es factible.

Este romance de software de años o décadas atrás es comparable a la visión idílica de la gente de la vida de cientos de años atrás, cuando la gente estaba " comprometido " por la frustración de trabajar con máquinas. La vida era sin restricciones, tal vez, pero también fue corta, mano de obra, llena de pobreza, las enfermedades y los desastres propensos.

### **Software Precio -Performance .**

Con respecto a la relación precio- rendimiento del software, las comparaciones en cada área son dramáticas. Tenga en cuenta la tabla de la pág. 103 en el software de reconocimiento de voz. En 1985 cinco mil dólares que compró un paquete de software que proporciona un vocabulario de mil palabras, no ofrecen la capacidad continua de voz, se requiere de tres horas de entrenamiento en su voz, y tenía

relativamente poca precisión . En 2000 sólo cincuenta dólares, usted podría comprar un paquete de software con un vocabulario de cien mil palabras que proporcionó la capacidad continua de voz , se requiere sólo cinco minutos de entrenamiento en su voz había mejorado dramáticamente la exactitud, ofreció comprensión de lenguaje natural (por comandos de edición y otros fines ) , e incluyó muchos otros features.<sup>6</sup>

### **Productividad de desarrollo de software .**

¿Qué tal el propio desarrollo de software? He estado desarrollando software a mí mismo durante cuarenta años , así que tengo un poco de perspectiva sobre el tema. Se calcula que el tiempo de duplicación de la productividad del desarrollo de software a ser aproximadamente seis años, que es más lento que el tiempo de duplicación para el procesador calidad- precio , que es de aproximadamente un año en la actualidad . Sin embargo , la productividad del software , sin embargo, crece de manera exponencial. Las herramientas de desarrollo , bibliotecas de clases y sistemas de apoyo disponibles en la actualidad son dramáticamente más eficaz que las de hace décadas. En mis proyectos actuales equipos de sólo tres o cuatro personas a alcanzar en pocos meses los objetivos que son comparables a lo que hace veinticinco años requerido un equipo de una docena o más de las personas que trabajan durante un año o más .

### **Complejidad del Software.**

Hace veinte años, los programas de software normalmente consistían en miles a decenas de miles de líneas . Hoy en día, los programas principales ( por ejemplo, control de la oferta de canales , la automatización industrial , sistemas de reserva , simulación bioquímicos) se miden en millones de líneas o más . Software para sistemas de defensa más importantes , como el Joint Strike Fighter contiene decenas de millones de líneas.

Software para controlar el software es en sí mismo rápido aumento en la complejidad . IBM es pionera en el concepto de la computación autónoma , en el que las funciones de apoyo de tecnología de la información de rutina serán automatized.<sup>7</sup> Estos sistemas se pueden programar con modelos de su propia conducta y serán capaces , de acuerdo con IBM, de ser " auto-configuración , auto-sanación , auto- optimización y auto - protección . " El software para apoyar la computación autónoma se mide en decenas de millones de líneas de código ( con cada línea que contiene decenas de bytes de información) . Así que en términos de complejidad de la información , software ya supera las decenas de millones de bytes de información utilizable en el genoma humano y sus moléculas de apoyo.

La cantidad de información contenida en un programa, sin embargo, no es la mejor medida de la complejidad. Un programa de software puede ser largo , pero puede ser hinchado con información inútil. Por supuesto , el mismo se puede decir para el genoma , que parece ser muy ineficiente codificado . Se han hecho intentos para formular medidas de la complejidad del software , por ejemplo , la complejidad ciclomática Metric, desarrollado por científicos de la computación Arthur Watson y

Thomas McCabe en el Instituto Nacional de Estándares y Technology.<sup>8</sup> Esta métrica mide la complejidad de la lógica del programa y toma en cuenta la estructura de ramificación y la toma puntos . La evidencia anecdótica sugiere cada vez mayor complejidad si se mide por estos índices , aunque no hay datos suficientes para el seguimiento de tiempos de duplicación . Sin embargo , el punto clave es que los sistemas de software más complejos que se utilizan en la industria de hoy en día tienen un mayor nivel de complejidad que los programas de software que están realizando simulaciones neuromórfica basados en las regiones cerebrales, así como simulaciones bioquímicas de las neuronas individuales . Ya podemos manejar los niveles de complejidad del software que exceden lo que se necesita para modelar y simular los auto-organización , algoritmos paralelos , fractal que estamos descubriendo en el cerebro humano .

### **Acelerar Algoritmos .**

Mejoras espectaculares han tenido lugar en la velocidad y la eficiencia de los algoritmos de software ( en hardware constante) . Así, la relación precio-rendimiento de la aplicación de una amplia variedad de métodos para resolver las funciones matemáticas que subyacen en programas como los que se utilizan en el procesamiento de señales , reconocimiento de patrones , y la inteligencia artificial se ha beneficiado de la aceleración de hardware y software. Estas mejoras pueden variar en función del problema , pero sin embargo son omnipresentes .

Por ejemplo , considere el procesamiento de señales , que es una tarea computacionalmente intensivo y generalizado para los ordenadores , así como para el cerebro humano . Georgia Institute of Technology Mark A. Richards y del MIT Gary A. Shaw han documentado una tendencia general hacia una mayor algoritmo de procesamiento de señales efficiency.<sup>9</sup> Por ejemplo, para encontrar patrones en señales a menudo es necesario para resolver lo que se llaman las ecuaciones en derivadas parciales . Algoritmos experto Jon Bentley ha demostrado una reducción continua en el número de operaciones de cálculo necesarias para resolver esta clase de problema. <sup>10</sup> Por ejemplo , desde 1945 hasta 1985 , para una aplicación representativa ( la búsqueda de una solución diferencial parcial elíptica para una red tridimensional con sesenta y cuatro elementos de cada lado) , el número de cuentas de operación se ha reducido por un factor de trescientos mil . Este es un aumento de 38 por ciento en la eficiencia de cada año ( sin incluir las mejoras de hardware ) .

Otro ejemplo es la capacidad de enviar información sobre las líneas telefónicas no acondicionados , lo que ha mejorado de 300 bits por segundo a 56.000 bps en doce años , un 55 por ciento anual increase.<sup>11</sup> Parte de esta mejora fue el resultado de las mejoras en el diseño del hardware, pero la mayoría de que es una función de la innovación algorítmica .

Uno de los problemas clave de procesamiento es convertir una señal en sus componentes de frecuencia utilizando transformadas de Fourier , que expresan señales como sumas de ondas sinusoidales . Este método se utiliza en el extremo delantero de reconocimiento computarizado del habla y en muchas otras

aplicaciones . Percepción auditiva humana también se inicia rompiendo la señal de voz en componentes de frecuencia en la cóclea . El 1965 " radix - 2 algoritmo de Cooley - Tukey " para una " transformada rápida de Fourier " reduce el número de operaciones requeridas para un 1024 - punto de transformada de Fourier por alrededor de dos hundred.12 Un " - un radix " método mejorado aumentó aún más a la mejora ochocientos . Recientemente se han introducido transformaciones "wavelet" que son capaces de expresar señales arbitrarias como sumas de formas de onda más complejas que las ondas sinusoidales . Estos métodos proporcionan incrementos más dramáticos en la eficiencia de la descomposición de una señal en sus componentes principales .

Los ejemplos anteriores no son anomalías , la mayoría de los algoritmos de cálculo intensivo "centrales" han sufrido reducciones significativas en el número de operaciones necesarias . Otros ejemplos incluyen clasificación, búsqueda , autocorrelación (y otros métodos estadísticos ) , y la compresión y descompresión de información . También se ha hecho en la paralelización de algoritmos es - que , rompiendo un único método en varios métodos que se pueden realizar simultáneamente . Como dije antes, el procesamiento en paralelo se ejecuta por sí a una temperatura más baja. El cerebro utiliza el procesamiento paralelo masivo como una estrategia para lograr la más compleja funciones y tiempos de reacción más rápidos, y tendremos que utilizar este enfoque en nuestras máquinas para lograr densidades computacionales óptimos.

Hay una diferencia inherente entre las mejoras de hardware precio-rendimiento y las mejoras en la eficiencia del software. Mejoras de hardware han sido muy consistentes y predecibles . Al dominar cada nuevo nivel de velocidad y eficiencia en hardware ganamos potentes herramientas para continuar con el siguiente nivel de mejora exponencial. Mejoras en el software , por otro lado , son menos predecibles .

Richards y Shaw ellos llaman " agujeros de gusano en el tiempo de desarrollo " , ya que a menudo se puede lograr el equivalente de años de mejora de hardware a través de una sola mejora algorítmica. Tenga en cuenta que nosotros no confiamos en el progreso continuo de la eficiencia del software, ya que podemos contar con la aceleración continua de hardware. Sin embargo , los beneficios de los avances algorítmicos contribuyen de manera significativa a la consecución de la potencia de cálculo total de emular la inteligencia humana , y es probable que continúen acumulándose.

### **La última fuente de Algoritmos inteligentes .**

El punto más importante aquí es que no hay un plan de juego específico para el logro de la inteligencia de nivel humano en una máquina : ingeniería inversa de los auto-organización y fractal métodos paralelos, caóticos , que se utiliza en el cerebro humano y aplicar estos métodos para hardware computacional moderna . Después de haber rastreado el aumento exponencial de los conocimientos sobre el cerebro humano y sus métodos ( véase el capítulo 4 ) , podemos esperar que en veinte años vamos a tener modelos detallados y simulaciones de los varios cientos de órganos de

procesamiento de información que llamamos colectivamente el cerebro humano.

La comprensión de los principios de funcionamiento de la inteligencia humana se sumará a nuestra caja de herramientas de los algoritmos de IA . Muchos de estos métodos se utilizan ampliamente en los sistemas de reconocimiento de patrones de la máquina exhiben comportamientos sutiles y complejos que no son predecibles por el diseñador. Métodos de auto-organización no son un atajo fácil de la creación de un comportamiento complejo e inteligente, pero son una manera importante de la complejidad de un sistema se puede aumentar sin incurrir en la fragilidad de los sistemas lógicos programados de forma explícita.

Como dije antes, el propio cerebro humano es creado a partir de un genoma con sólo treinta hasta cien millones de bytes de información útil, comprimido. ¿Cómo es , entonces, que un órgano con cien billones de conexiones puede ser resultado de un genoma que es tan pequeño ? ( Calculo que sólo los datos de interconexión sola necesarios para caracterizar el cerebro humano es un millón de veces mayor que la información contenida en el genoma. ) 13

La respuesta es que el genoma especifica un conjunto de procesos , cada uno de los cuales utiliza métodos caóticos ( es decir, aleatoriedad inicial, a continuación, la auto-organización ) para aumentar la cantidad de información representada . Se sabe , por ejemplo , que el cableado de las interconexiones sigue un plan que incluye una gran cantidad de aleatoriedad . Como una persona se encuentra con su entorno las conexiones y los patrones de neurotransmisores a nivel de auto- organizarse para mejor representar el mundo , pero el diseño inicial se especifica mediante un programa que no es extremo en su complejidad .

No es mi posición que vamos a programar enlace de la inteligencia humana por eslabón de un sistema masivo de expertos basados en reglas . Tampoco esperamos que el amplio conjunto de habilidades representadas por la inteligencia humana para salir de un algoritmo genético masivo. Lanier preocupa correctamente que tal enfoque inevitablemente atascarse en algún mínimos locales ( un diseño que es mejor que los diseños que son muy similares a ella, pero eso no es realmente óptima ) . Lanier también señala curiosamente a cabo , al igual que Richard Dawkins , que la evolución biológica " se perdió la rueda" ( en la que ningún organismo evolucionado de tener uno ) . En realidad , esto no es del todo precisa - hay pequeñas estructuras rueda-como a nivel de proteínas , por ejemplo, el motor iónico en el flagelo bacteriano, que se utiliza para el transporte en un tridimensional medio ambiente.14

Con organismos más grandes , las ruedas no son muy útil, por supuesto, sin caminos , por lo que no hay ruedas biológicamente evolucionado para superficie bidimensional transportation.15 sin embargo , la evolución generó una especie que crearon las dos ruedas y carreteras , por lo que tuvo éxito en la creación de una gran cantidad de ruedas , aunque sea indirectamente . No hay nada malo en métodos indirectos , que utilizamos en la ingeniería de todo el tiempo . En efecto , indirecto es cómo funciona la evolución (es decir, los productos de cada etapa de crear la siguiente etapa).

Ingeniería inversa del cerebro no se limita a replicar cada neurona . En el capítulo 5 vimos que las regiones del cerebro importantes que contienen millones o miles de

millones de neuronas podrían ser modelados mediante la aplicación de algoritmos paralelos que son funcionalmente equivalentes . La viabilidad de estos enfoques neuromórficos se ha demostrado con los modelos y las simulaciones de un par de docenas de regiones. Como he dicho , esto a menudo resulta en la reducción sustancial requerimientos computacionales , como se muestra por Lloyd Watts, Carver Mead, y otros.

Lanier escribe que " si alguna vez hubo un fenómeno caótico complejo , lo somos . " Estoy de acuerdo con eso, pero no veo esto como un obstáculo. Mi área de interés es la computación caótica , que es la forma en que hacemos el reconocimiento de patrones , que a su vez es el corazón de la inteligencia humana . El caos es parte del proceso de reconocimiento de patrones , que impulsa el proceso - y no hay razón por la que no podamos aprovechar estos métodos en nuestras máquinas de la misma manera que se utilizan en nuestro cerebro.

Lanier escribe que " la evolución ha evolucionado , la introducción de sexo, por ejemplo, pero la evolución nunca ha encontrado la manera de ser de cualquier velocidad, pero muy lento. " Pero el comentario de Lanier es aplicable únicamente a la evolución biológica, no la evolución tecnológica. Eso es precisamente por eso que hemos ido más allá de la evolución biológica. Lanier está ignorando la naturaleza esencial de un proceso evolutivo : acelera debido a que cada fase presenta los métodos más potentes para la creación de la próxima etapa . Hemos pasado de miles de millones de años para que los primeros pasos de la evolución biológica (RNA ) para el rápido ritmo de la evolución tecnológica en la actualidad. Surgió la World Wide Web en sólo unos pocos años , claramente más rápido que, por ejemplo , la explosión del Cámbrico . Estos fenómenos son parte del mismo proceso evolutivo que comenzó lento, ahora va relativamente rápido , y en pocas décadas se van asombrosamente rápido.

Lanier escribe que " toda la empresa de la Inteligencia Artificial se basa en un error intelectual. " Hasta el momento en que los ordenadores al menos coinciden con la inteligencia humana en todas sus dimensiones , siempre va a seguir siendo posible que los escépticos decir que el vaso está medio vacío. Cada nuevo logro de la IA puede ser despedido por señalar otros objetivos que aún no se han cumplido . De hecho, esta es la frustración del profesional AI: una vez que se logra un objetivo AI, que ya no se considera que están dentro del ámbito de la IA y se convierte en sólo una técnica útil de tipo general . AI es, pues, a menudo considerada como el conjunto de los problemas que aún no han sido resueltos .

Pero las máquinas son realmente creciendo en inteligencia, y la gama de tareas que se pueden lograr -tareas que antes requerían atención se humano inteligente aumentando rápidamente . Como vimos en los capítulos 5 y 6 , hay cientos de ejemplos de AI estrecha operativo hoy en día .

Como un ejemplo de muchos , lo señalé en la barra lateral "Deep Fritz Empates " en las páginas 274 a 78 que el software de ajedrez de computadora ya no se basa sólo en la fuerza bruta computacional. En 2002 Deep Fritz , que se ejecuta en sólo ocho ordenadores personales, prestados, así como Deep Blue de IBM en 1997 sobre la base

de las mejoras en sus algoritmos de reconocimiento de patrones . Vemos muchos ejemplos de este tipo de mejora cualitativa de la inteligencia del software . Sin embargo, hasta el momento en que se emula todo el rango de la capacidad intelectual humana , siempre será posible para minimizar lo que las máquinas son capaces de hacer .

Una vez que hemos logrado los modelos completos de la inteligencia humana , las máquinas serán capaces de combinar los niveles humanos flexibles y sutiles de reconocimiento de patrones con las ventajas naturales de la inteligencia artificial , en velocidad, capacidad de memoria y , lo más importante , la capacidad de compartir rápidamente conocimientos y habilidades.

### **La Crítica de procesamiento analógico**

Muchos críticos , como el zoólogo y científico evolucionista - algoritmo de Thomas Ray , los teóricos de carga como yo que postulan ordenadores inteligentes con una supuesta " falta de consideración de la naturaleza única de los medios digitales . " 16

En primer lugar , mi tesis incluye la idea de combinar métodos analógicos y digitales de la misma manera que hace el cerebro humano . Por ejemplo , las redes neuronales más avanzados ya están utilizando modelos muy detallados de las neuronas humanas, incluyendo las funciones de activación no lineales detallados , analógicas. Hay una ventaja en ahorro significativo para emular los métodos análogos del cerebro.

Métodos analógicos tampoco son patrimonio exclusivo de los sistemas biológicos . Se utilizó para referirse a " ordenadores digitales " para distinguirlos de los equipos analógicos más ubicuos ampliamente utilizados durante la Segunda Guerra Mundial. El trabajo de Carver Mead ha demostrado la capacidad de los circuitos de silicio para implementar circuitos analógicos - digitales controlados por completo análogos a, y de hecho derivado de , los circuitos neuronales de mamífero . Métodos analógicos están fácilmente recreadas por los transistores convencionales, que son esencialmente dispositivos analógicos. Es sólo mediante la adición del mecanismo de la comparación de la salida del transistor para athreshold que se hace en un dispositivo digital .

Más importante aún, no hay nada que los métodos analógicos pueden lograr que los métodos digitales no son capaces de lograr lo mejor. Procesos analógicos se pueden emular con los métodos digitales ( mediante el uso de representaciones de punto flotante ), mientras que a la inversa no es necesariamente el caso .

### **La crítica de la complejidad del procesamiento neural**

Otra crítica común es que los pequeños detalles de diseño biológico del cerebro es demasiado complejo para ser modelados y simulados utilizando la tecnología no biológica . Por ejemplo , Thomas Ray escribe:

La estructura y función del cerebro o de sus componentes no se pueden separar . El sistema circulatorio proporciona soporte vital para el cerebro , sino que también

ofrece hormonas que son una parte integral de la función de procesamiento de la información química del cerebro . La membrana de una neurona es una característica estructural que define los límites y la integridad de una neurona , sino que también es la superficie a lo largo de la cual se propaga señales de despolarización . Las funciones estructurales y de soporte vital no se pueden separar de la manipulación de información.<sup>17</sup>

Ray pasa a describir algunos de los " amplio espectro de mecanismos de comunicación químicos " que las exposiciones del cerebro .

De hecho , todas estas características fácilmente se puede modelar , y una gran cantidad de avances que ya se ha hecho en este esfuerzo. El lenguaje intermedio es matemáticas , y la traducción de los modelos matemáticos en los mecanismos no biológicos equivalentes (los ejemplos incluyen simulaciones por ordenador y circuitos utilizando transistores en su modo analógico nativo) es un proceso relativamente sencillo . La entrega de hormonas por el sistema circulatorio , por ejemplo , es un fenómeno extremadamente bajo ancho de banda , lo que no es difícil de modelar y replicar . Los niveles en sangre de hormonas específicas y otras sustancias químicas influyen en los niveles de los parámetros que afectan a un gran número de sinapsis de forma simultánea .

Thomas Ray llega a la conclusión de que " un sistema de cómputo metálico opera en fundamentalmente diferentes propiedades dinámicas y podría nunca precisa y exactamente ' copiar ' la función de un cerebro . " Siguiendo de cerca los avances en los campos relacionados con la neurobiología, la exploración del cerebro , las neuronas y el modelado neuronal - región , la comunicación neuronal electrónica , los implantes neurales , y los esfuerzos relacionados, nos encontramos con que nuestra capacidad para replicar la funcionalidad sobresaliente de procesamiento de la información biológica puede satisfacer cualquier nivel de precisión deseado. En otras palabras, la función de copiado se puede " lo suficientemente cerca " para cualquier propósito o meta imaginable , incluyendo la satisfacción de un juez de Turing -test. Por otra parte , nos encontramos con que las implementaciones eficientes de la modelos matemáticos requieren sustancialmente menos capacidad de cálculo que el potencial teórico de los racimos de neuronas biológicas que se está modelando . En el capítulo 4 , he revisado una serie de modelos de cerebros región (regiones de Watts auditivos, el cerebelo, y otros) que demuestran esto.

### **La complejidad del cerebro .**

Thomas Ray también hace que el punto de que podríamos tener dificultades para crear un sistema equivalente a " miles de millones de líneas de código " , que es el nivel de complejidad que atribuye al cerebro humano. Esta cifra, sin embargo , está muy inflado, ya que como hemos visto a nuestros cerebros están creados a partir de un genoma de sólo treinta hasta cien millones de bytes de información única ( ochocientos millones de bytes sin compresión , pero la compresión es claramente factible dada la redundancia masiva ) , de los cuales tal vez dos terceras partes describen los principios de funcionamiento del cerebro . Se trata de procesos de auto-

organización que incorporan elementos significativos de aleatoriedad ( así como la exposición al mundo real) que permiten así que es relativamente pequeño una cantidad de información sobre el diseño que ampliarse a los miles de millones de millones de bytes de información representados en un cerebro humano maduro . Del mismo modo, la tarea de crear la inteligencia de nivel humano en una entidad no biológica no implicará la creación de un sistema masivo de expertos integrada por miles de millones de reglas o líneas de código, sino más bien un aprendizaje , sistema caótico , la auto -organización , que es en última instancia inspirada biológicamente .

Ray continúa escribiendo : "Los ingenieros entre nosotros podrían proponer dispositivos nanomoleculares con interruptores de fullereno , o incluso ordenadores de ADN - como . Pero estoy seguro de que nunca pensarían en las neuronas. Las neuronas son astronómicamente grandes estructuras en comparación con las moléculas estamos empezando con . "

Esto es exactamente mi punto . El propósito de la ingeniería inversa del cerebro humano no es copiar los procesos digestivos difíciles de manejar o de otro tipo de neuronas biológicas sino comprender sus principales métodos de procesamiento de información . La viabilidad de hacer esto ya se ha demostrado en docenas de proyectos contemporáneos . La complejidad de los grupos de neuronas que se emula está aumentando en varios órdenes de magnitud , junto con todas las otras capacidades tecnológicas.

### **El dualismo inherente de un ordenador .**

El neurocientífico Anthony Campana de Redwood Instituto de Neurociencias articula dos desafíos a nuestra capacidad de modelar y simular el cerebro con el cálculo . En la primera sostiene que un ordenador es una entidad intrínsecamente dualista , con su configuración física diseñado para no interferir con su lógica de configuración , que ejecuta el cálculo . En la investigación empírica , nos encontramos con que el cerebro no es una entidad dual. Ordenador y el programa pueden ser dos, pero la mente y el cerebro son uno. El cerebro por lo tanto no es una máquina , lo que significa que no es un modelo finito ( o equipo ) instanciado físicamente de tal manera que la creación de instancias física no interfiere con la ejecución del modelo ( o programa ) 18

Este argumento se distribuye con facilidad . La capacidad de separar en un ordenador el programa de la instanciación física que lleva a cabo el cálculo es una ventaja, no una limitación . En primer lugar , tenemos los dispositivos electrónicos con circuitos dedicados en la que el " equipo y el programa " no son dos, sino uno . Tales dispositivos no son programables pero están cableados para un conjunto específico de algoritmos . Tenga en cuenta que no sólo me refiero a los ordenadores con el software (llamado "firmware ") en la memoria de sólo lectura , ya que se pueden encontrar en un teléfono celular o una computadora de bolsillo . En tal sistema , la electrónica y el software pueden considerarse todavía dualista incluso si el programa no puede ser fácilmente modificado.

Me refiero a sistemas con lógica dedicada que no se pueden programar en absoluto, tales como circuitos integrados específicos de la aplicación (que se usan, por ejemplo, para una imagen y procesamiento de señales). Hay una eficiencia de costes en la implementación de algoritmos de esta manera, y muchos productos de consumo utilizan tales circuitos electrónicos. Computadoras programables son más caras, pero ofrecen la flexibilidad de permitir que el software que puede cambiar y actualizar. Computadoras programables pueden emular la funcionalidad de cualquier sistema dedicado, incluyendo los algoritmos que estamos descubriendo (a través de los esfuerzos de ingeniería inversa del cerebro) para los componentes neurales, neuronas, y las regiones del cerebro.

No hay validez a llamar a un sistema en el que el algoritmo de lógica está intrínsecamente ligada a su diseño físico "no una máquina". Si sus principios de funcionamiento se pueden entender, modelada en términos matemáticos, y luego crea una instancia de otro sistema (si el otro sistema es una máquina con la lógica inmutable dedicado o software en un ordenador programable), entonces se puede considerar que sea una máquina y sin duda una entidad cuya capacidad puede ser recreado en una máquina. Como he discutido ampliamente en el capítulo 4, no existen barreras a nuestro descubrimiento de principios del cerebro de la operación y el modelado y la simulación de ellos con éxito, a partir de sus interacciones moleculares hacia arriba.

Campana se refiere al de una computadora "física set-up [que está] diseñado para no interferir con su lógica puesta en marcha," lo que implica que el cerebro no tiene esta "limitación". Es cierto que nuestros pensamientos no ayudan a crear nuestro cerebro y, como he señalado anteriormente, podemos observar este fenómeno en los escáneres cerebrales dinámicas. Pero podemos modelar y simular fácilmente los aspectos físicos y lógicos de la plasticidad del cerebro en el software. El hecho de que el software en un ordenador es separada de su instanciación física es una ventaja arquitectónica en que permite que el mismo software que se aplicará a cada vez mejores de hardware. Aplicaciones informáticas, como los circuitos cambiantes del cerebro, también puede modificarse a sí mismo, así como ser mejorado.

Material informático Asimismo se puede actualizar sin necesidad de un cambio en el software. Es la arquitectura relativamente fijos del cerebro que está severamente limitado. Aunque el cerebro es capaz de crear nuevas conexiones y patrones de neurotransmisores, se limita a la señalización química más de un millón de veces más lento que la electrónica, al número limitado de conexiones interneuronales que pueden caber dentro de nuestros cráneos, y para no tener capacidad de ser actualizado, que no sea a través de la fusión con la inteligencia no biológica que he estado hablando.

## **Niveles y bucles.**

Bell también observaciones sobre la aparente complejidad del cerebro :

Procesos moleculares y biofísicas controlan la sensibilidad de las neuronas a los picos entrantes (tanto la eficiencia sináptica y la capacidad de respuesta de post- sináptica), la excitabilidad de la neurona para producir picos , los patrones de picos que puede producir y la probabilidad de la formación de nuevas sinapsis (recableado dinámica), para enumerar sólo cuatro de las interferencias más evidentes desde el nivel subneuronal. Por otra parte , los efectos de volumen transneuronal tales como los campos eléctricos locales y la difusión transmembrana de óxido nítrico se han visto para influir en , respectivamente , actividad neuronal coherente , y el suministro de energía ( flujo sanguíneo ) a las células , el último de los cuales se correlaciona directamente con la actividad neuronal .

La lista podría seguir. Creo que cualquiera que estudie seriamente neuromoduladores, canales iónicos o mecanismo sináptica y es honesto, tendría que rechazar el nivel neuronal como un nivel de computación separada , aun cuando la encontraron de una utilidad descriptiva level.<sup>19</sup>

Aunque Bell convierte el punto aquí que la neurona no es el nivel al que deben simular el cerebro , su argumento principal aquí es similar a la de Thomas Ray arriba: el cerebro es más complicado que las puertas lógicas simples .

Él hace esto claro :

Argumentar que una pieza de agua estructurada o una coherencia cuántica es una condición necesaria detalle en la descripción funcional del cerebro sería claramente absurdo. Pero si , en cada célula , las moléculas derivan una funcionalidad sistemática de estos procesos submoleculares, si estos procesos se utilizan todo el tiempo, allover el cerebro, para reflexionar, registrar y difundir las correlaciones espacio- temporales de las fluctuaciones moleculares , para aumentar o disminuir las probabilidades y las especificidades de reacciones , entonces tenemos una situación cualitativamente diferente de la puerta lógica .

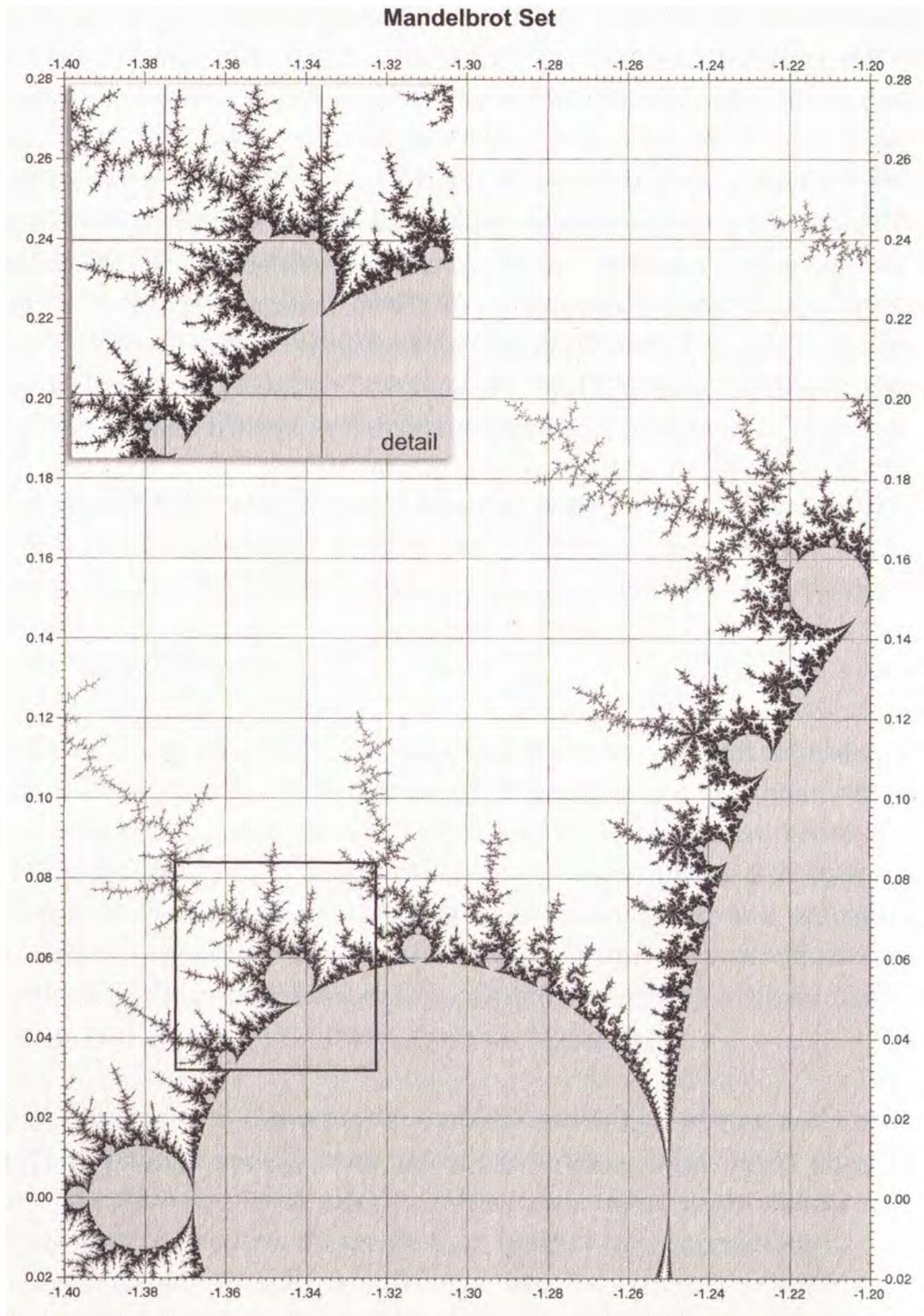
Por un lado se está disputando los modelos simplistas de las neuronas y las conexiones interneuronales utilizados en muchos proyectos de la red neuronal . Simulaciones Brain- región no utilizan estos modelos simplificados , sin embargo , sino que más bien se aplican modelos matemáticos realistas basadas en los resultados de la ingeniería inversa del cerebro .

El punto real de que Bell está haciendo es que el cerebro es sumamente complicado, con la consiguiente implicación de que por lo tanto será muy difícil de entender , modelar y simular su funcionamiento. El principal problema con la perspectiva de Bell es que no tiene en cuenta la naturaleza de auto-organización , caótica y fractal del diseño del cerebro. Es cierto que el cerebro es complejo , pero mucho de la complicación es más aparente que real. En otras palabras , los principios del diseño del cerebro son más sencillas de lo que parecen .

Para entender esto , consideremos primero la naturaleza fractal de la organización del cerebro, lo que me referí en el capítulo 2 . Un fractal es una regla que se aplica iterativamente para crear un patrón o diseño . La regla es a menudo bastante simple , pero debido a la iteración del diseño resultante puede ser muy compleja . Un famoso

ejemplo de esto es el sistema de Mandelbrot ideado por el matemático Benoit Mandelbrot.<sup>20</sup> imágenes visuales del conjunto de Mandelbrot son extraordinariamente complejos , con diseños infinitamente complicados dentro diseños. Al mirar más fino y más fino detalle en una imagen del conjunto de Mandelbrot , la complejidad no se va, y seguimos viendo complicación cada vez más fina. Sin embargo, la fórmula debajo de todo esto la complejidad es sorprendentemente simple : el conjunto de Mandelbrot se caracteriza por una sola fórmula  $Z = Z^2 + C$  , en la que  $Z$  es un " complejo " (significado de dos dimensiones) número y  $C$  es una constante . La fórmula se aplica iterativamente , y los puntos bidimensionales resultantes se representan gráficamente para crear el patrón .

## Mandelbrot Set (Parcela Lineal)



El punto aquí es que una regla de diseño simple se puede crear una gran cantidad de complejidad aparente. Stephen Wolfram hace una observación similar con simples normas de autómatas celulares (véase el capítulo 2) . Esta idea es válido para el

diseño del cerebro . Como ya he comentado , el genoma comprimido es un diseño relativamente compacto , más pequeño que algunos programas de software contemporáneas. Como señala Bell , la ejecución real del cerebro parece mucho más compleja que esto. Al igual que con el conjunto de Mandelbrot , como vemos cada vez más finas características del cerebro , seguimos viendo aparente complejidad en cada nivel. A nivel macro el patrón de conexiones se ve complicada , y en un nivel micro también lo hace el diseño de una sola porción de una neurona tales como una dendrita . He mencionado que tomaría por lo menos miles de billones de bytes para caracterizar el estado de un cerebro humano , pero el diseño es sólo decenas de millones de bytes . Así la relación de la aparente complejidad del cerebro a la información de diseño es por lo menos cien millones al. La información del cerebro comienza como información en gran medida al azar, pero como el cerebro interactúa con un entorno complejo (es decir, como la persona aprende y madura), que se convierte en información significativa.

La complejidad del diseño real se rige por la información comprimida en el diseño (es decir, el genoma y las moléculas de apoyo), no por los patrones creados a través de la aplicación iterativa de las reglas de diseño . Estoy de acuerdo que los cerca de treinta hasta cien millones de bytes de información en el genoma no representan un diseño simple (sin duda mucho más complejo que los seis personajes de la definición del conjunto de Mandelbrot ), pero se trata de un nivel de complejidad que ya podemos manejar con nuestra tecnología . Muchos observadores están confundidos por la aparente complejidad de la creación de instancias física del cerebro, no reconocer que la naturaleza fractal del diseño significa que la información sobre el diseño actual es mucho más simple de lo que vemos en el cerebro.

También mencioné en el capítulo 2 que la información de diseño en el genoma es un fractal probabilístico , lo que significa que las normas se apliquen con un cierto grado de aleatoriedad cada vez que una norma se repite . No es , por ejemplo , muy poca información en el genoma que describe el patrón de cableado para el cerebelo , que comprende más de la mitad de las neuronas en el cerebro . Un pequeño número de genes describir el patrón básico de los cuatro tipos de células en el cerebelo y luego decir , en esencia , " Repita este patrón de varios millones de veces con una cierta variación aleatoria en cada repetición. " El resultado puede parecer muy complicado, pero la información de diseño es relativamente compacto .

Bell es cierto que se trata de comparar el diseño del cerebro a un ordenador convencional sería frustrante. El cerebro no sigue un diseño típico de arriba hacia abajo (modular ) . Utiliza su probabilístico de tipo fractal de la organización para crear procesos que son caótica - que no es totalmente predecible. Hay un cuerpo bien desarrollado de las matemáticas para la modelización y simulación de sistemas caóticos , que se utilizan para entender fenómenos como los patrones climáticos y los mercados financieros, que también es aplicable al cerebro.

Campana no hace mención de este enfoque. Se argumenta por qué el cerebro es dramáticamente diferente de puertas lógicas convencionales y diseño de software convencional , lo que conduce a su conclusión injustificada de que el cerebro no es

una máquina y no puede ser modelado por una máquina . Si bien es cierto que las puertas lógicas estándar y la organización de software modular convencional no son la forma adecuada de pensar en el cerebro, eso no significa que no somos capaces de simular el cerebro de un ordenador. Porque podemos describir los principios del cerebro de la operación en términos matemáticos, y ya que podemos modelar cualquier proceso matemático ( incluidos los caóticos ) en un equipo , somos capaces de poner en práctica este tipo de simulaciones. De hecho , estamos haciendo un progreso sólido y acelerado en hacerlo.

A pesar de su escepticismo Campana expresa cautelosa confianza en que vamos a entender nuestra biología y el cerebro lo suficientemente bien como para mejorar en ellos. Él escribe : ". ¿Habrá una edad transhumana Para esto hay un fuerte precedente biológica en los dos pasos más importantes en la evolución biológica La primera , la incorporación a las bacterias simbiotas eucariotas de procariotas , y el segundo , la aparición de la vida pluricelular - formas de colonias de eucariotas .... creo que algo como [ una edad transhumanista ] puede suceder ".

### **La Crítica de microtúbulos y Computación Cuántica**

La mecánica cuántica es un misterio, y la conciencia es un misterio. QED: La mecánica cuántica y la conciencia deben estar relacionados. - CHRISTOF KOCH , burlándose TEORÍA DE ROGER PENROSE DE computación cuántica en la revista Neuron TÚBULOS COMO LA FUENTE DE HUMAN CONSCIOUSNESS<sup>21</sup>

Durante la última década, Roger Penrose , físico y filósofo ha señalado, en relación con Stuart Hameroff , anestesiólogo , se ha sugerido que las estructuras finas en las neuronas llamados microtúbulos desempeñan una forma exótica de computación llamada " computación cuántica ". Como he dicho , la computación cuántica es la computación utilizando los llamados qubits , que tienen en todas las combinaciones posibles soluciones al mismo tiempo. El método puede ser considerado como una forma extrema de procesamiento en paralelo ( porque cada combinación de valores de los qubits se prueba de forma simultánea ) . Penrose sugiere que los microtúbulos y sus capacidades de cálculo cuántico complican el concepto de re- creación de las neuronas y reinstantiating mente files.<sup>22</sup> También plantea la hipótesis de que la computación cuántica del cerebro es responsable de la conciencia y que los sistemas , biológicas o de otra manera , no puede ser consciente sin la computación cuántica.

Aunque algunos científicos han reclamado para detectar el colapso de onda cuántica (resolución de las propiedades cuánticas ambiguas , como la posición , rotación y velocidad ) en el cerebro , nadie ha sugerido que las capacidades humanas realmente requieren una capacidad para la computación cuántica. El físico Seth Lloyd , dijo :

Creo que no es correcto que microtúbulos desempeñan tareas de computación en el cerebro, en la forma en que [ Penrose ] y Hameroff han propuesto . El cerebro es un lugar caluroso y húmedo . No es un ambiente muy favorable para la explotación de la coherencia cuántica . Los tipos de superposiciones y montaje / desmontaje de microtúbulos para los que buscan no parecen exhibir entrelazamiento cuántico .... El

cerebro claramente no es un ordenador digital clásica por cualquier medio. Pero mi suposición es que realiza la mayoría de sus tareas de una manera "clásica". Si se va a tener un equipo bastante grande , y el modelo de todas las neuronas , dendritas , sinapsis , y tal, [ entonces] que probablemente podría conseguir lo que hay que hacer la mayor parte de las tareas que realizan los cerebros . No creo que el cerebro está explotando toda la dinámica cuántica para realizar tasks.<sup>23</sup>

Anthony Bell también comenta que "no hay evidencia de que las coherencias cuánticas macroscópicas a gran escala, como las de los superfluidos y superconductores , se producen en el cerebro. " <sup>24</sup>

Sin embargo, incluso si el cerebro hace la computación cuántica , esto no cambia significativamente el panorama de la informática a nivel humano ( y más allá ) , ni sugiere que subir cerebro es inviable . En primer lugar , si el cerebro hace computación cuántica esto sólo sería verificar que la computación cuántica es factible No habría nada de esa constatación para sugerir que la computación cuántica se limita a los mecanismos biológicos. Mecanismos de cálculo cuántico biológicos , si es que existen, podrían reproducirse . De hecho, los recientes experimentos con ordenadores cuánticos pequeños parecen haber tenido éxito . Incluso el transistor convencional se basa en el efecto cuántico de túnel del electrón .

Posición de Penrose se ha interpretado dar a entender que es imposible de reproducir perfectamente un conjunto de estados cuánticos , por lo tanto, la descarga perfecta es imposible. Bueno, lo perfecto no una descarga tiene que ser ? Si desarrollamos la descarga de la tecnología hasta el punto que las "copias" son lo más cercano al original como la persona original es él o ella misma en el transcurso de un minuto y eso sería lo suficientemente bueno para cualquier propósito imaginable aún no requeriría copiar estados cuánticos . A medida que la tecnología mejora , la exactitud de la copia podría llegar a ser tan cerca como el original para dentro de períodos cada vez más breves de tiempo ( un segundo, un milisegundo, un microsegundo ) .

Cuando se señaló en Penrose que las neuronas (e incluso conexiones neuronales ) eran demasiado grandes para la computación cuántica , que se le ocurrió la teoría túbulo como un posible mecanismo para la computación cuántica neural. Si uno está buscando las barreras a la función cerebral replicación es una ingeniosa teoría , pero no introducir barreras reales. Sin embargo , hay poca evidencia para sugerir que los microtúbulos , que proporcionan integridad estructural a las células neuronales , realizan la computación cuántica y que esta capacidad contribuye al proceso de pensamiento . Incluso los modelos generosas de los conocimientos y el potencial humano son más que explicada por las estimaciones actuales del tamaño del cerebro, sobre la base de los modelos contemporáneos de neurona funcionamiento que no incluyen los microtúbulos basado en la computación cuántica. Recientes experimentos que muestran que los biológicos híbridos ! redes no biológicos funcionan de manera similar a las redes de todos los biológicos, aunque no definitiva, son muy sugerentes que nuestros modelos microtubuleless funcionamiento de las neuronas son adecuados. Software de simulación de Lloyd vatios de su modelo complejo de procesamiento auditivo humano utiliza órdenes de magnitud menos

computación que las redes de neuronas que está simulando , y de nuevo no hay ninguna sugerencia de que se necesita la computación cuántica . Revisé otros esfuerzos en curso para modelar y simular las regiones del cerebro en el capítulo 4 , mientras que en el capítulo 3 he discutido las estimaciones de la cantidad de cálculos necesarios para simular todas las regiones del el cerebro basa en simulaciones funcionalmente equivalentes de las diferentes regiones . Ninguno de estos análisis demuestra la necesidad para la computación cuántica con el fin de lograr un rendimiento de nivel humano .

Algunos modelos detallados de las neuronas, en particular los de Penrose y Hameroff hacen asignar un rol a los microtúbulos en el funcionamiento y el crecimiento de las dendritas y axones . Sin embargo , los modelos neuromórficos exitosos de regiones neurales no parecen requerir componentes de microtúbulos . Para los modelos neuronales que hacen pensar en los microtúbulos , los resultados parecen ser satisfactorios , modelando su comportamiento caótico en general sin modelar cada filamento microtúbulos individualmente. Sin embargo , incluso si los túbulo Penrose - Hameroff son un factor importante , lo que representa para ellos no cambia las proyecciones que he discutido anteriormente en un grado significativo . De acuerdo a mi modelo de crecimiento de cómputo , si los túbulo multiplican la complejidad neuronal , incluso por un factor de mil ( y tener en cuenta que nuestros modelos actuales de neuronas tubuleless ya son complejas , incluyendo en el orden de un millar de conexiones por neurona , múltiples no linealidades , y otros detalles ) , esto retrasaría nuestra capacidad cerebral alcance de sólo unos nueve años . Si nos vamos por un factor de un millón, que sigue siendo un retraso de sólo diecisiete años. Un factor de un billón es de alrededor de veinticuatro años (recordemos que la computación está creciendo a una doble exponencial) .25

### **La Crítica de la Tesis de Church-Turing**

A principios del siglo XX los matemáticos Alfred North Whitehead y Bertrand Russell publicó su trabajo seminal, Principia Mathematica , que buscaba determinar axiomas que podrían servir como base para todos mathematics.<sup>26</sup> Sin embargo , no pudieron demostrar de manera concluyente que un sistema axiomático que puede generar los números naturales ( los números enteros positivos o números de cuenta) no darían lugar a contradicciones . Se partió del supuesto de que tal prueba se encontraría tarde o temprano, pero en la década de 1930 un matemático checo joven , Kurt Gödel , sorprendió al mundo matemático demostrando que dentro de dicho sistema inevitablemente existen proposiciones que no se puede ni probaron ni refutadas . Se verá más adelante que tales proposiciones indemostrables son tan comunes como los demostrables . Teorema de incompletitud de Gödel , que es fundamentalmente una prueba que demuestra que hay límites definidos a lo que la lógica , las matemáticas , y por extensión de cálculo puede hacer, ha sido llamado el más importante de toda la matemática , y sus consecuencias siguen siendo debated.<sup>27</sup>

Una conclusión similar se llega por Alan Turing en el contexto de la comprensión de la naturaleza de la computación . Cuando en 1936 Turing presentó la máquina de Turing (descrito en el capítulo 2 ) como un modelo teórico de una computadora, que continúa en la actualidad para formar la base de la teoría computacional moderna , se reportó un inesperado descubrimiento similar al de Gödel <sup>28</sup> En su documento de ese mismo año, se describe el concepto de problemas sin solución es que , los problemas que están bien definidos , con respuestas únicas que se pueda demostrar que existe, pero que también podemos mostrar nunca puede ser calculado por una máquina de Turing .

El hecho de que hay problemas que no pueden resolverse por esta máquina teórica particular puede no parecer particularmente sorprendente hasta que usted considere otra conclusión del trabajo de Turing : que la máquina de Turing puede modelar cualquier proceso computacional . Turing demostró que hay tantos problemas irresolubles como los que tienen solución , el número de cada ser del orden más bajo del infinito , el llamado infinito numerable ( es decir, contar el número de números enteros ) . Turing demostró también que el problema de la determinación de la verdad o la falsedad de cualquier proposición lógica en un sistema arbitrario de la lógica lo suficientemente potente como para representar los números naturales era un ejemplo de un problema sin resolver , un resultado similar al de Gödel . (En otras palabras, no existe un procedimiento garantizado para responder a esta pregunta para todas las propuestas.)

Casi al mismo tiempo Alonzo Church, un matemático y filósofo estadounidense , publicó un teorema que examinó una cuestión similar en el contexto de la aritmética . Iglesia llegó independientemente a la misma conclusión que Turing.<sup>29</sup> En conjunto, las obras de Turing , Church y Gödel fueron las primeras pruebas formales que existen límites definidos a lo que la lógica , las matemáticas y la computación puede hacer.

Además , la Iglesia y Turing también subieron , de forma independiente , una afirmación que se ha hecho conocida como la tesis de Church -Turing . Esta tesis tiene dos interpretaciones fuertes y débiles . La interpretación débil es que si hay un problema que se puede presentar a una máquina de Turing no es resoluble por uno, entonces no se puede resolver por cualquier máquina. Esta conclusión se desprende de la demostración de Turing que la máquina de Turing puede modelar cualquier proceso algorítmico . Es sólo un pequeño paso desde allí para describir el comportamiento de una máquina como después de un algoritmo .

La interpretación fuerte es que los problemas que no son resolubles en una máquina de Turing no pueden ser resueltos por el pensamiento humano , ya sea . La base de esta tesis es que el pensamiento humano se lleva a cabo por el cerebro humano ( con un poco de influencia por el cuerpo), que el cerebro humano ( y el cuerpo) está compuesta de materia y energía, que la materia y la energía siguen las leyes naturales, que estas leyes son descriptibles en términos matemáticos, y que las matemáticas pueden ser simulados en cualquier grado de precisión mediante algoritmos . Por lo tanto , existen algoritmos que pueden simular el pensamiento humano . La versión

fuerte de la tesis de Church- Turing postula una equivalencia esencial entre lo que un ser humano puede pensar o saber y lo que es computable.

Es importante señalar que a pesar de la existencia de problemas irresolubles de Turing es una certeza matemática , la tesis de Church- Turing no es una proposición matemática en absoluto. Es, más bien , una conjetura que , en varios disfraces , está en el corazón de algunos de nuestros más profundos debates en la filosofía de mind.<sup>30</sup>

La crítica de la IA fuerte basada en la tesis de Church -Turing afirma lo siguiente: puesto que hay claras limitaciones a los tipos de problemas que una computadora puede resolver , sin embargo, los seres humanos son capaces de resolver estos problemas , las máquinas nunca emular a toda la gama de los derechos humanos inteligencia . Esta conclusión , sin embargo, no está garantizado . Los seres humanos no son más capaces de resolver este tipo de problemas universalmente "sin solución" que las máquinas son . Podemos hacer conjeturas a las soluciones en ciertos casos y podemos aplicar los métodos heurísticos (procedimientos que intentan resolver los problemas, pero que no se garantiza que funcione ) que tienen éxito en la ocasión. Sin embargo, estos dos enfoques son también procesos basados algorítmicamente , lo que significa que las máquinas también son capaces de hacer ellos. De hecho, las máquinas a menudo pueden buscar soluciones con mucha más rapidez y minuciosidad que los humanos pueden.

La fuerte formulación de la tesis de Church -Turing implica que los cerebros biológicos y máquinas están igualmente sujetos a las leyes de la física , las matemáticas y por lo tanto pueden modelar y simular por igual. Ya hemos demostrado la capacidad de modelar y simular la función de las neuronas , así que por qué no un sistema de cien mil millones de neuronas ? Tal sistema mostrará la misma complejidad y la falta de previsibilidad como la inteligencia humana. De hecho , ya tenemos algoritmos informáticos (por ejemplo , los algoritmos genéticos ), con resultados que son complejos e impredecibles y que proporcionan soluciones inteligentes a los problemas. En todo caso, la tesis de Church- Turing implica que el cerebro y las máquinas son esencialmente equivalentes .

Para ver la capacidad de máquinas a utilizar métodos heurísticos , considere uno de los más interesantes de los problemas sin solución , el "busy beaver " problema , formulado por Tibor Rado en 1.962,<sup>31</sup> Cada máquina de Turing tiene un cierto número de estados que su programa interno puede estar en , que se corresponden con el número de pasos en su programa interno . Hay un número de diferentes máquinas de estado 4 de Turing que son posibles , un cierto número de máquinas de 5 – estado, y así sucesivamente . En el "busy beaver " problema , dado un número entero positivo  $n$ , construimos todas las máquinas de Turing que tienen  $n$  estados. El número de estas máquinas será siempre finita . Siguiendo eliminamos esas máquinas  $n$ - estatales que entran en un bucle infinito ( es decir, nunca se detuvo ) . Por último , seleccionamos la máquina ( una que no cese ) que registra el mayor número de 1s en la cinta. El número de 1s que esta máquina de Turing escribe se llama el castor ocupado de  $n$ . Rado mostró que no hay algoritmo es - que , sin máquina de Turing - que se puede calcular esta función para todos  $n$ s . El quid de la cuestión es clasificar las máquinas

n- estatales que entran en bucles infinitos . Si se programa una máquina de Turing para generar y simular todas las posibles máquinas n Estado- Turing, este simulador en sí entra en un bucle infinito cuando intenta simular una de las máquinas de n- estatal que recibe en un bucle infinito .

A pesar de su estatus como un problema sin solución (y uno de los más famosos) , podemos determinar la función ocupada - castor para algunos ns . ( Curiosamente , también es un problema sin solución para separar los ns para las que se puede determinar el castor ocupado de n de aquellos para los que no pueden. ) Por ejemplo, el castor ocupado de 6 se determina fácilmente ser 35 . Con siete estados, una máquina de Turing puede multiplicarse , por lo que el castor ocupado de 7 es mucho más grande : 22.961 . Con ocho estados, una máquina de Turing puede calcular exponenciales , por lo que el castor ocupado de 8 es aún más grande : aproximadamente  $10^{43}$ . Podemos ver que se trata de una función " inteligente " , ya que requiere mayor inteligencia para resolver para una ns .

En el momento en que llegamos a 10 , una máquina de Turing puede realizar tipos de cálculos que son imposibles para un ser humano a seguir ( sin la ayuda de una computadora ) . Así que hemos sido capaces de determinar el castor ocupado de tan sólo 10 con la ayuda de un ordenador. La respuesta requiere una notación exótica para escribir , en el que tenemos una pila de exponentes , la altura de los cuales está determinado por otra pila de exponentes , la altura de los cuales está determinado por otra pila de exponentes , y así sucesivamente . Debido a que un equipo puede realizar un seguimiento de este tipo de números complejos , mientras que el cerebro humano no puede, parece que los equipos será más capaz de resolver problemas sin solución que los humanos lo hará.

### **La crítica de las tasas de fracaso**

Jaron Lanier , Thomas Ray, y otros observadores citan todas las altas tasas de fracaso de la tecnología como un obstáculo para su crecimiento exponencial continuo. Por ejemplo , Ray escribe:

El más complejo de nuestras creaciones están mostrando tasas de fracaso alarmantes . Órbita satélites y telescopios , los transbordadores espaciales, sondas interplanetarias, el chip Pentium , sistemas operativos , todos parecen estar empujando los límites de lo que podemos diseñar y construir con eficacia a través de métodos convencionales. Nuestro software más complejos (sistemas operativos y de las telecomunicaciones sistemas de control ) ya contiene decenas de millones de líneas de código. En la actualidad parece poco probable que podamos producir y administrar software con cientos de millones o miles de millones de líneas de code.<sup>32</sup>

En primer lugar, podríamos preguntar qué fracaso alarmantes tasas de Ray se refiere. Como se mencionó anteriormente, los sistemas informatizados de sofisticación importante rutinariamente vuelan y aterrizan los aviones de forma automática y supervisar las unidades de cuidados intensivos de los hospitales , sin embargo, casi nunca se avería. Si las tasas de fracaso alarmantes son motivo de preocupación , es

más a menudo atribuido a un error humano . Ray alude a los problemas con los microprocesadores de Intel , pero estos problemas han sido muy sutil , han causado casi ninguna repercusión , y rápidamente se han corregido.

La complejidad de los sistemas informatizados de hecho ha sido la ampliación , como hemos visto , y por otra parte la vanguardia de nuestros esfuerzos para emular la inteligencia humana utilizará los paradigmas de auto-organización que encontramos en el cerebro humano. A medida que continuamos nuestro progreso en la ingeniería inversa del cerebro humano, vamos a añadir nuevos métodos de auto -organización a nuestro reconocimiento de patrones y AI toolkit . Como he comentado , los métodos de auto-organización ayudan a aliviar la necesidad de niveles inmanejables de complejidad. Como señalé antes, no necesitaremos sistemas con " miles de millones de líneas de código " para emular la inteligencia humana.

También es importante señalar que la imperfección es una característica inherente de cualquier proceso complejo , y que comprende, ciertamente, la inteligencia humana .

### **La crítica de " Lock -In"**

Jaron Lanier y otros críticos han mencionado la posibilidad de un "lock -in", una situación en la que las viejas tecnologías resisten el desplazamiento debido a la gran inversión en la infraestructura de apoyo a ellos. Argumentan que los sistemas de apoyo generalizadas y complejas han bloqueado la innovación en campos como el transporte, que no han visto el rápido desarrollo que hemos visto en computation.<sup>33</sup>

El concepto de lock-in no es el principal obstáculo para avanzar en el transporte. Si la existencia de un complejo sistema de apoyo necesariamente causada lock-in, entonces ¿por qué no vemos este fenómeno que afecta a la expansión de todos los aspectos de la Internet? Después de todo , la Internet requiere ciertamente una infraestructura enorme y complejo . Debido a que es específicamente el procesamiento y el movimiento de la información que está creciendo exponencialmente , sin embargo , una de las razones de que un área , tales como el transporte ha alcanzado una meseta ( es decir, descansando en la parte superior de una curva en S) es que muchos, si no la mayoría de los sus efectos han sido satisfechas por el crecimiento exponencial de las tecnologías de comunicación . Mi propia organización, por ejemplo, tiene colegas de diferentes partes del país , y la mayoría de nuestras necesidades que en otro tiempo habría requerido una persona o un paquete a transportar pueden ser satisfechas a través de las reuniones virtuales cada vez más viables ( y la distribución electrónica de documentos y otras creaciones intelectuales ) posibles gracias a una panoplia de tecnologías de la comunicación, algunas de las cuales él mismo Lanier está trabajando para avanzar. Más importante , vamos a ver avances en el transporte facilitados por las tecnologías de energía basados en la nanotecnología que discutí en el capítulo 5 . Sin embargo, con formas completa inmersión cada vez más realistas y de alta resolución de la realidad virtual que siguen apareciendo, nuestras necesidades para estar juntos será cada vez más conocido a través de la computación y la comunicación.

Como he dicho en el capítulo 5 , la llegada plena de la fabricación MNT basado traerá la ley de la aceleración vuelve a áreas tales como la energía y el transporte. Una vez que podemos crear virtualmente cualquier producto físico de la información y de las materias primas muy baratas , estas industrias tradicionalmente lentos verán el mismo tipo de duplicación anual de precio-rendimiento y la capacidad que vemos en tecnologías de la información . Energía y transporte serán efectivamente las tecnologías de información .

Vamos a ver la llegada de los paneles solares basados en la nanotecnología que son eficientes , ligeros y de bajo costo , así como las células de combustible de fuerza similar y otras tecnologías para almacenar y distribuir esa energía. Energía barata , a su vez transformar el transporte. Energía obtenida a partir de células solares nanoingeniería y otras tecnologías renovables y almacenado en las células de combustible nanoingeniería proporcionará energía limpia y de bajo costo para cualquier tipo de transporte . Además , vamos a ser capaces de fabricar dispositivos - incluyendo máquinas voladoras de diferentes tamaños - para casi sin costo, aparte del costo del diseño (que tiene que ser amortizado sólo una vez). Será posible , por lo tanto , para construir dispositivos voladores pequeños de bajo costo que pueden transportar un paquete directamente a su destino en cuestión de horas , sin pasar por intermediarios como empresas navieras. Grande, pero todavía los vehículos de bajo costo serán capaces de volar a gente de un lugar a otro con microwings nanoingeniería.

Las tecnologías de información ya están profundamente influyente en todas las industrias. Con la plena realización de las revoluciones GNR en unas pocas décadas, todas las áreas del quehacer humano comprenderá esencialmente tecnologías de la información y por lo tanto se beneficiará directamente de la ley de los retornos acelerados .

### **La crítica de la ontología : ¿Puede un ordenador ser conscientes ?**

Porque no entendemos el cerebro muy bien , estamos constantemente tentados a utilizar la última tecnología como modelo para tratar de entenderlo . En mi infancia siempre estábamos seguros de que el cerebro era una centralita telefónica . ("¿Qué otra cosa podría ser ? ") Me hizo gracia ver que Sherrington, el gran neurólogo británico, cree que el cerebro funcionaba como un sistema telegráfico. Freud compara a menudo el cerebro a los sistemas hidráulicos y electromagnéticos . Leibniz lo comparó con un molino, y me han dicho algunos de los antiguos griegos pensaban que el cerebro funciona como una catapulta. En la actualidad , por supuesto, la metáfora es la computadora digital. - JOHN R. Searle, "Mentes, cerebros y la ciencia"

¿Puede una computadora -a - la inteligencia no biológica es consciente? Tenemos en primer lugar, por supuesto , a un acuerdo sobre el significado de la pregunta. Como dije antes, hay perspectivas contradictorias sobre lo que puede parecer a primera vista ser una cuestión sencilla. Independientemente de la forma en que tratamos de definir el concepto, sin embargo , debemos reconocer que la conciencia es ampliamente considerado como un importante , si no esencial , atributo de ser human.<sup>34</sup>

John Searle, distinguido filósofo de la Universidad de California en Berkeley , es muy popular entre sus seguidores por lo que creen es una defensa acérrima del profundo misterio de la conciencia humana contra la banalización de la IA fuerte " reduccionistas " , como Ray Kurzweil . Y a pesar de que siempre he encontrado la lógica de Searle en su argumento Sala China celebrada ser tautológica , que había esperado un tratado de elevación en las paradojas de la conciencia. Lo mismo sucede con cierta sorpresa que me encuentro declaraciones escritura Searle como, "cerebros humanos causan la conciencia por una serie de procesos neurobiológicos específicos en el cerebro " , " Lo esencial es reconocer que la conciencia es un proceso biológico como la digestión , lactancia , la fotosíntesis , la mitosis o " ; "El cerebro es una máquina, una máquina biológica para estar seguro , pero una máquina de todos modos . Así que el primer paso es averiguar cómo el cerebro lo hace y luego construir una máquina artificial que tiene un mecanismo igualmente efectivo para hacer que la conciencia " ; y "Sabemos que el cerebro porque la conciencia de los mecanismos biológicos específicos . " 35

Entonces, ¿quién es el ser reduccionista aquí ? Searle , aparentemente espera que podamos medir la subjetividad de otra entidad con tanta facilidad como se mide la salida de oxígeno de la fotosíntesis .

Searle escribe que "con frecuencia cito Deep Blue de IBM como prueba de una inteligencia superior en el equipo. " Por supuesto , lo contrario es el caso: Cito Deep Blue no extenderme en el tema del ajedrez , sino más bien para examinar la querida contraste que muestra entre los enfoques de la máquina humana y contemporánea en el juego . Como señalé antes, sin embargo , la capacidad de reconocimiento de patrones de los programas de ajedrez está aumentando , por lo que las máquinas de ajedrez están empezando a combinar la fuerza analítica de inteligencia de las máquinas tradicionales de reconocimiento de patrones más parecidos a los humanos . El paradigma humano ( de la auto- organización de los procesos caóticos ) ofrece profundas ventajas : podemos reconocer y responder a patrones muy sutiles. Pero podemos construir máquinas con las mismas capacidades . Eso, de hecho, ha sido mi propia área de interés técnico .

Searle es mejor conocido por su analogía habitación china y ha presentado varias formulaciones de la misma más de veinte años. Una de las descripciones más completas que aparece en su libro de 1992 , El redescubrimiento de la mente :

Creo que el argumento más conocido contra la IA fuerte fue mi argumento de la habitación china ... que mostró que un sistema podría crear instancias de un programa a fin de dar una simulación perfecta de cierta capacidad cognitiva humana , tales como la capacidad para entender el chino , a pesar de que el sistema no tenía ninguna comprensión de lo que sea chino. Basta con imaginar que alguien que no entiende chino está encerrado en una habitación con una gran cantidad de símbolos chinos y un programa de computadora para responder a las preguntas en chino. La entrada al sistema consiste en símbolos chinos en forma de preguntas , la salida del sistema consiste en símbolos chinos en respuesta a las preguntas. Podemos suponer que el programa es tan bueno que las respuestas a las preguntas que no se pueden distinguir

de las de un hablante nativo chino . Pero al mismo tiempo , ni la persona en el interior ni ninguna otra parte del sistema , literalmente entiende chino , y debido a que el programa de ordenador no tiene nada que este sistema no tiene , el ordenador programado, qua ordenador, no entiende el chino tampoco. Debido a que el programa es puramente formal o sintáctica y por mentes tienen contenidos mentales o semánticos , cualquier intento de producir una mente pura , con los programas de ordenador deja de lado las características esenciales de la mind.<sup>36</sup>

Descripciones de Searle ilustran la falta de evaluación de la esencia de cualquiera de los procesos cerebrales o los procesos no biológicos que podrían replicarse ellos. Se parte del supuesto de que en la sala del "hombre " no entiende nada, porque , después de todo , "es sólo un ordenador " , lo que ilumina sus propios prejuicios . No es sorprendente que Searle concluye entonces que el equipo ( que se aplica en el hombre ) no entiende. Searle combina esta tautología con una contradicción fundamental : la computadora no entiende el chino , sin embargo (según Searle ) convincente puede responder a preguntas en chino. Sin embargo, si una entidad biológica o de otra manera , realmente no entiende el lenguaje humano , que será rápidamente desenmascarado por un interlocutor competente. Además, para el programa para responder convincentemente , que tendría que ser tan complejo como un cerebro humano . Los observadores a largo estar muerto , mientras que el hombre en la habitación gasta millones de años después de un programa de muchos millones de páginas.

Lo más importante , el hombre está actuando sólo como la unidad central de proceso, una pequeña parte de un sistema . Mientras que el hombre no puede verlo, el entendimiento se distribuye a través de toda la estructura de la misma y los miles de millones de notas que tendría que hacer para seguir el programa de programa. Entiendo Inglés , pero ninguno de mis neuronas . Mi entendimiento es representado en grandes patrones de las fortalezas de neurotransmisores , hendiduras sinápticas y conexiones interneuronales . Searle no tiene en cuenta la importancia de los patrones distribuidos de información y sus propiedades emergentes .

A falta de ver que los procesos informáticos son capaces de ser - al igual que el cerebro humano caótico, impredecible , desordenado , provisional y emergente está detrás de gran parte de la crítica de la perspectiva de máquinas inteligentes que escuchamos de Searle y otros filósofos esencialmente materialistas . Inevitablemente Searle vuelve a una crítica de la computación " simbólica " : que los procesos simbólicos secuenciales ordenados no pueden volver a crear el verdadero pensamiento . Creo que es correcto ( dependiendo, por supuesto , de qué nivel estamos modelando un proceso inteligente ), pero la manipulación de símbolos (en el sentido de que implica Searle) no es la única manera de construir máquinas o equipos

Las llamadas computadoras (y parte del problema es la palabra " equipo " , ya que las máquinas pueden hacer más que " compute ") no se limitan al procesamiento simbólico. Entidades no biológicos también pueden utilizar el paradigma de auto-organización emergente, que es una tendencia en marcha y que será aún más importante en las próximas décadas. Los ordenadores no sólo tienen 0 y 1 para

utilizar , ni tienen que ser todo digital. Incluso si un equipo es todos los algoritmos digitales, digitales pueden simular procesos analógicos a cualquier grado de precisión ( o la falta de precisión) . Las máquinas pueden ser masivamente paralelo. Y las máquinas se pueden utilizar técnicas emergentes caóticos como lo hace el cerebro .

Las técnicas de computación principales que hemos utilizado en sistemas de reconocimiento de patrones no utilizan la manipulación de símbolos , sino más bien métodos tales como los descritos en el capítulo 5 ( redes neuronales , modelos de Markov , algoritmos genéticos, y paradigmas más complejos basados en la ingeniería inversa del cerebro de auto-organización ) . Una máquina que realmente podría hacer lo que Searle describe en el argumento de la habitación china no sería más que la manipulación de símbolos lingüísticos , ya que el enfoque no funciona. Esto está en el corazón de la prestidigitación de la mano filosófica que subyace a la habitación china . La naturaleza de la computación no se limita a la manipulación de símbolos lógicos . Algo está pasando en el cerebro humano , y no hay nada que impida estos procesos biológicos de ser ingeniería inversa y se replica en las entidades no biológicas .

Los adherentes parecen creer que el argumento de la habitación china de Searle demuestra que las máquinas ( es decir, las entidades no biológicas ) nunca pueden entender realmente algo de importancia , como el chino . En primer lugar , es importante reconocer que para que este sistema, la persona y el ordenador a , como Searle dice, " dar una simulación perfecta de una cierta capacidad cognitiva humana , tales como la capacidad de entender el chino ", y para responder convincentemente a preguntas en chino , es debe pasar esencialmente una prueba de Turing chino. Tenga en cuenta que no se trata de responder a las preguntas de una lista fija de preguntas acciones ( porque eso es una tarea trivial) pero responder cualquier pregunta inesperada o la secuencia de las preguntas de un interrogador humano bien informado.

Ahora , el ser humano en la habitación china tiene poca o ninguna importancia . Se acaba alimentando las cosas en el ordenador y transmitir mecánicamente su producción (o , en su defecto , simplemente siguiendo las reglas en el programa) . Y ni el equipo ni las necesidades humanas de estar en una habitación. Interpretación de la descripción de Searle a entender que el hombre se está implementando el programa no cambia nada más que para que el sistema sea mucho más lento que el tiempo real y muy propenso a errores. Tanto el ser humano y el ambiente son irrelevantes. La única cosa que es importante es el ordenador ( ya sea un ordenador electrónico o el ordenador que comprende el hombre tras el programa ) .

Para el equipo para llevar a cabo realmente esta " simulación perfecta , " sería de hecho tiene que entender chino. De acuerdo con la premisa que tiene " la capacidad de entender el chino " , por lo que es entonces totalmente contradictorio decir que "el programa de ordenador ... no entiende chino.

Un ordenador y un programa de ordenador como los conocemos hoy en día no podrían realizar con éxito la tarea descrita . Así que si queremos comprender el equipo a ser como en los equipos de día , entonces no puede cumplir con la premisa.

La única forma en que podría hacerlo sería si tuviera la profundidad y la complejidad de un ser humano. Brillante idea de Turing para proponer su prueba convincente de que se contesta una posible secuencia de preguntas de un interlocutor humano inteligente en un lenguaje humano realmente todas las sondas de la inteligencia humana . Un equipo que es capaz de lograr esto , un equipo que va a existir unas pocas décadas a partir de ahora , tendrá que ser de la complejidad humana o mayor, y de hecho va a entender el chino de una manera profunda , porque de lo contrario nunca sería convincente en su pretensión de hacerlo.

Simplemente diciendo , entonces, que el equipo "no entiende el chino , literalmente, " no tiene sentido , ya que contradice la premisa del argumento. Afirmar que el equipo no es consciente no es un argumento convincente , tampoco. Para ser consistentes con algunos de otros estados de Searle , tenemos que concluir que en realidad no sabemos si es consciente o no . En lo que respecta a las máquinas relativamente simples, como los ordenadores día, si bien no podemos afirmar con certeza que estas entidades no son conscientes, su comportamiento, incluyendo su funcionamiento interno , no nos da esa impresión. Pero eso no va a ser cierto para un equipo que realmente puede hacer lo que se necesita en la habitación china . Esta máquina , al menos, parece consciente, aunque no podemos decir definitivamente si lo es o no . Pero declarar que es obvio que el equipo (o todo el sistema de la computadora , la persona y habitación) no es consciente es lejos de ser un argumento de peso .

En la cita anterior Searle afirma que "el programa es puramente formal o sintáctica , " Pero como he señalado antes, que es una mala suposición, basada en la falta de Searle para explicar los requisitos de esta tecnología . Este supuesto está detrás de gran parte de la crítica de la IA de Searle . Un programa que es puramente formal o sintáctica no será capaz de entender el chino , y no va a " dar una simulación perfecta de cierta capacidad cognitiva humana . "

Pero una vez más , que no tenemos que construir nuestras máquinas de esa manera. Podemos construir ellos de la misma manera que la naturaleza construyó el cerebro humano : el uso de métodos emergentes caóticos que son masivamente paralelo . Por otra parte, no hay nada inherente en el concepto de una máquina que restringe su competencia a nivel de la sintaxis solo y evita que el dominio de la semántica . En efecto , si la máquina inherente a la concepción de la habitación china de Searle no había dominado la semántica, no sería capaz de responder convincentemente a preguntas en chino y por lo tanto estaría en contradicción propia premisa de Searle .

En el capítulo 4 discutimos los esfuerzos en curso para realizar ingeniería inversa del cerebro humano y de aplicar estos métodos a las plataformas de cómputo de potencia suficiente . Por lo tanto , como un cerebro humano , si enseñamos una computadora china, se entenderá chino. Esto puede parecer una afirmación obvia , pero es uno con el que Searle en desacuerdo . Para utilizar su propia terminología , yo no estoy hablando de una simulación en sí, sino más bien una duplicación de los poderes causales de la agrupación masiva de neuronas que constituyen el cerebro, al menos, los poderes causales relevante y pertinente para pensar.

¿Será esa copia sea consciente? No creo que la habitación china nos dice nada acerca de esta cuestión .

También es importante señalar que el argumento de la habitación china de Searle se puede aplicar a la propia cerebro humano . Aunque está claro que no es su intención, su línea de razonamiento implica que el cerebro humano no tiene entendimiento . Él escribe : " El equipo ... logra mediante la manipulación de símbolos formales Los símbolos en sí son bastante sentido : . . Sólo tienen el significado que hemos unido a ellos el equipo no sabe nada de esto , sólo se baraja los símbolos. " Searle reconoce que las neuronas biológicas son máquinas , por lo que si simplemente sustituimos la frase " cerebro humano " para el " equipo" y "concentraciones de neurotransmisores y mecanismos relacionados" para " símbolos formales " , se obtiene:

El cerebro humano ... logra mediante la manipulación de las concentraciones de neurotransmisores y mecanismos relacionados. Las concentraciones de neurotransmisores y mecanismos relacionados sí son bastante sentido : sólo tienen el significado que hemos unido a ellos. El cerebro humano no sabe nada de esto, sólo baraja las concentraciones de neurotransmisores y mecanismos relacionados .

Por supuesto, las concentraciones de neurotransmisores y otros detalles de los nervios (por ejemplo, la conexión interneuronal y los patrones de neurotransmisores) no tienen significado por sí mismos . El significado y la comprensión que surgen en el cerebro humano son exactamente eso : una propiedad emergente de los complejos patrones de actividad. Lo mismo es cierto para las máquinas. Aunque " símbolos barajar " No tiene sentido en sí mismo, los patrones emergentes tienen el mismo rol potencial en sistemas no biológicos como lo hacen en los sistemas biológicos , como el cerebro . Hans Moravec ha escrito, " Searle está buscando la comprensión en los lugares equivocados .... [ Él ] aparentemente no puede aceptar que el verdadero significado puede existir en la mera patterns.<sup>37</sup>

Vamos a abordar una segunda versión de la habitación china . En esta concepción de la habitación no incluye un ordenador o un hombre que simula un ordenador , pero tiene una habitación llena de gente manipulando pedazos de papel con símbolos chinos en ellos, básicamente , una gran cantidad de personas que simulan un ordenador. Este sistema convincente responder a preguntas en chino, pero ninguno de los participantes sabría chino , ni podría decir que todo el sistema sabe chino , al menos no de manera consciente . Searle entonces esencialmente ridiculiza la idea de que este "sistema " puede ser consciente. ¿Qué debemos tener en cuenta consciente , le pregunta : las tiras de papel ? La habitación?

Uno de los problemas con esta versión del argumento habitación china es que no viene remotamente cerca de realmente resolver el problema específico de responder a las preguntas en chino. En cambio, es realmente una descripción de un proceso maquina que utiliza el equivalente de una búsqueda en la tabla , con quizás algunas manipulaciones lógicas sencillos , para responder a preguntas . Sería capaz de responder a un número limitado de preguntas en conserva , pero si se tratara de responder a cualquier pregunta arbitraria que se le puede pedir, lo que realmente tiene que entender el chino de la misma manera que una persona de habla china hace. Una

vez más , se les pide esencialmente que pasar una prueba de Turing china, y como tal, tendría que ser tan inteligente y tan complejo como un cerebro humano. Algoritmos de búsqueda de la tabla Sencillo simplemente no van a lograrlo.

Si queremos volver a crear un cerebro que entiende chinos usando personas como pequeños engranajes de la re -creación , estaríamos realmente necesita miles de millones de personas que simulan los procesos en el cerebro humano ( esencialmente las personas estarían simulando una computadora , lo que sería simulando métodos cerebro humano ) . Esto requeriría una habitación bastante grande , de hecho . Y aunque muy organizado de manera eficiente , el sistema correría muchos miles de veces más lento que el cerebro de habla china está tratando de volver a crear .

Ahora, es cierto que ninguno de estos miles de millones de personas tendría que saber algo sobre China , y ninguno de ellos sería necesariamente saben lo que está pasando en este complejo sistema . Pero es igualmente cierto de las conexiones neuronales en el cerebro humano real . Ninguno de los cien billones de conexiones en el cerebro sabe nada de este libro que estoy escribiendo , ni a ninguno de ellos sabía Inglés , ni ninguna de las otras cosas que sé. Ninguno de ellos es consciente de este capítulo, ni de ninguna de las cosas que soy consciente de . Probablemente ninguno de ellos es consciente en absoluto. Pero todo el sistema de ellos , es decir , Ray Kurzweil , está consciente. Al menos estoy diciendo que soy consciente ( y hasta ahora , estas afirmaciones no han sido impugnados ) .

Así que si aumentamos la habitación china de Searle a ser el más masivo "sala" que tiene que ser , ¿quién puede decir que todo el sistema de miles de millones de personas que simulan un cerebro que sabe chino no es consciente? Ciertamente, sería correcto decir que este sistema sabe chino. Y no podemos decir que no es consciente de nada más de lo que podemos decir lo mismo de cualquier otro proceso cerebral . No podemos conocer la experiencia subjetiva de otra entidad ( y al menos en algunos de los otros escritos de Searle , que parece reconocer esta limitación) . Y esta masiva miles de millones de personas "habitación" es una entidad. Y tal vez es consciente. Searle se acaba de declarar ipso facto que no es consciente y que esta conclusión es obvia . Puede parecer así cuando se llama a una habitación y hablar de un número limitado de personas manipulando un pequeño número de hojas de papel . Pero como ya he dicho , este sistema no funciona a distancia .

Otra clave para la confusión filosófica implícita en el argumento de la habitación china está específicamente relacionado con la complejidad y la escala del sistema. Searle dice que mientras él no puede probar que su máquina de escribir o una grabadora de cinta no es consciente, se siente , es obvio que no lo son. ¿Por qué es esto tan evidente? Al menos una de las razones es porque una máquina de escribir y una grabadora de cinta son entidades relativamente simples .

Pero la existencia o ausencia de la conciencia no es tan evidente en un sistema que es tan complejo como el cerebro humano, en efecto, que puede ser una copia directa de la organización y "poderes causales " de un cerebro humano real . Si un "sistema" como los actos humanos y sabe chino de una manera humana , ¿es consciente?

Ahora, la respuesta ya no es tan evidente . Lo que Searle dice en el argumento de la

habitación china es que tomamos una "máquina " simple y luego considerar lo absurdo que es considerar una máquina tan simple como para ser consciente. El error tiene que ver con la escala y la complejidad del sistema. Complejidad aislada no necesariamente nos da la conciencia, pero la habitación china no nos dice nada acerca de si tal sistema es consciente.

### **Habitación china de Kurzweil .**

Yo tengo mi propia concepción de los chinos Room- llamarlo Ray Kurzweil de Sala China .

En mi experimento mental no es un ser humano en una habitación. La habitación cuenta con decoraciones de la dinastía Ming , como un pedestal sobre el que se encuentra una máquina de escribir mecánica. La máquina de escribir se ha modificado para que sus teclas están marcadas con símbolos chinos en lugar de las letras inglesas . Y las conexiones mecánicas se han alterado astutamente para que cuando los tipos humanos en una pregunta en chino , la máquina de escribir no tiene escriba la pregunta , sino que los tipos de la respuesta a la pregunta . Ahora , la persona que recibe las preguntas en caracteres chinos y diligentemente presiona las teclas correspondientes en la máquina de escribir. Los tipos de máquinas de escribir no fuera la pregunta, pero la respuesta apropiada . El ser humano pasa entonces a la respuesta fuera de la habitación .

Así que aquí tenemos una sala con un ser humano en ella que parece desde fuera para saber chino todavía claramente no . Y está claro que la máquina de escribir no sabe chino , ya sea . Es sólo una máquina de escribir normal, con sus conexiones mecánicas modificadas . Así que a pesar del hecho de que el hombre en la habitación puede responder a preguntas en chino , ¿quién o qué podemos decir de verdad sabe chino? Las decoraciones ?

Ahora, usted puede tener algunas objeciones a mi cuarto chino .

Es posible señalar que la decoración no parece tener ningún significado.

Sí , eso es cierto. Tampoco el pedestal . Lo mismo puede decirse de los recursos humanos y para el ambiente.

También podría señalar que la premisa es absurda. Simplemente cambiar las conexiones mecánicas en una máquina de escribir mecánica no podía permitirle responder convincentemente a preguntas en chino ( por no mencionar el hecho de que no podemos encajar los miles de símbolos de caracteres chinos en las teclas de una máquina de escribir ) .

Sí, es una objeción válida , también. La única diferencia entre mi concepción habitación china y las varias propuestas por Searle es que es patente en mi concepción de que no podría funcionar y es por su propia naturaleza absurda. Esto puede no ser tan evidente para muchos lectores u oyentes con respecto a las Searle chinos Rooms. Sin embargo , es igualmente el caso .

Y, sin embargo podemos hacer mi trabajo concepción , al igual que podemos hacer concepciones trabajo de Searle . Todo lo que tienes que hacer es establecer los vínculos de máquina de escribir tan complejo como un cerebro humano. Y eso es en teoría (si no prácticamente ) posible. Pero la frase " los vínculos de máquina de escribir " no sugiere ese gran complejidad. Lo mismo es cierto de la descripción de Searle de una persona manipulación de hojas de papel o siguiendo un libro de reglas o un programa de ordenador . Estas son todas las concepciones igualmente engañosas Searle escribe: " los cerebros humanos reales causan la conciencia por una serie de procesos neurobiológicos específicos en el cerebro . " Sin embargo, todavía tiene que servir de fundamento para una visión tan sorprendente. Para iluminar la perspectiva de Searle, Cito de una carta que me envió :

Puede resultar que los organismos más simples, como las termitas o caracoles son conscientes .... Lo esencial es reconocer que la conciencia es un proceso biológico como la digestión , la lactancia , la fotosíntesis , o mitosis, y usted debe buscar su biología específico como usted buscar la biología específica de estos otros processes.<sup>38</sup>

Yo le respondí :

Sí, es cierto que la conciencia emerge del proceso biológico (es) del cerebro y el cuerpo, pero hay al menos una diferencia . Si hago la pregunta , " hace una determinada entidad emite dióxido de carbono ," puedo responder a esa pregunta a través de la medición objetiva clara . Si hago la pregunta , "¿Es esta entidad consciente , " Puedo ser capaz de proporcionar argumentos - posiblemente inferencial fuertes y convincentes , pero no los de medición objetivo claro.

En relación con el caracol , escribí:

Ahora, cuando usted dice que un caracol puede ser consciente, creo que lo que está diciendo es lo siguiente: que podemos descubrir una cierta base neurofisiológica de la conciencia ( lo llaman " x ") en los seres humanos de manera que cuando esta base se presentan los seres humanos eran conscientes , y cuando no era presentes los seres humanos no eran conscientes . Así que nos supone tener una base objetiva para medir la conciencia. Y luego, si encontramos que en un caracol , podríamos concluir que fue consciente. Pero esta conclusión deductiva es sólo una sugerencia fuerte , no es una prueba de la experiencia subjetiva por parte del caracol. Puede ser que los seres humanos son conscientes , ya que tienen " x " , así como alguna otra cualidad que prácticamente todos los seres humanos compartimos, llaman a esto " y". La "y" puede tener que ver con el nivel de un ser humano de la complejidad o algo que tenga que ver con la forma como nos organizamos , o con las propiedades cuánticas de los microtúbulos (aunque esto puede ser parte de la "x"), o algo completamente distinto. El caracol tiene "x" pero no tiene "y" por lo que puede no ser consciente.

¿Cómo se podría solucionar ese argumento ? Usted, evidentemente, no se puede pedir el caracol . Incluso si pudiéramos imaginar una manera de plantear la pregunta, y respondió que sí, que todavía no probaría que era consciente. No se puede saber de su bastante simple y más o menos el comportamiento predecible. Señalando que se ha

" x" puede ser un buen argumento , y muchas personas pueden estar convencido de ello. Pero es sólo un argumento , no una medición directa de la experiencia subjetiva del caracol. Una vez más , la medición objetiva es incompatible con el concepto mismo de la experiencia subjetiva .

Muchos de estos argumentos están teniendo lugar hoy en día , aunque no tanto como los caracoles de los animales superiores. Es evidente para mí que los perros y los gatos son conscientes (y Searle ha dicho que él lo reconoce así ) . Pero no todos los humanos aceptan esto. Puedo imaginar maneras científicas de reforzar el argumento de señalando las muchas similitudes entre estos animales y los seres humanos , pero de nuevo estos son sólo argumentos , no es una prueba científica.

Searle espera encontrar alguna clara "causa " biológica de la conciencia , y parece incapaz de reconocer que tanto la comprensión o conciencia puede surgir de un patrón general de la actividad . Otros filósofos, como Daniel Dennett , tienen esos " patrones emergentes" teorías articuladas de la conciencia. Pero si se trata de" causada "por un proceso biológico específico o por un patrón de actividad, Searle ofrece ninguna base para cómo íbamos a medir o detectar la conciencia. Encontrar un correlato neurológico de la conciencia en el ser humano no prueba que la conciencia está necesariamente presente en otras entidades con la misma correlación, ni demostrar que la ausencia de una correlación como indica la ausencia de la conciencia. Tales argumentos deductivos necesariamente no llegan a la medición directa . De esta manera , la conciencia difiere de los procesos objetivamente medibles , tales como la lactancia y la fotosíntesis .

Como he dicho en el capítulo 4 , hemos descubierto una característica biológica única a los seres humanos y algunos otros primates : las células fusiformes . Y estas células con sus estructuras de ramificación profundas parecen estar muy involucrado con nuestras respuestas conscientes , especialmente los emocionales. Es la estructura de células fusiformes la base neurofisiológica "x" de la conciencia humana ? ¿Qué tipo de experimento podría probar eso? Los gatos y los perros no tienen células fusiformes ¿Tiene que demostrar que no tienen ninguna experiencia consciente?

Searle escribe: " Está fuera de cuestión, por razones puramente neurobiológicos , suponer que el presidente o el equipo es consciente. " Estoy de acuerdo en que las sillas no parecen ser conscientes , pero en cuanto a los ordenadores del futuro que tienen la misma complejidad , profundidad , sutileza y capacidades como seres humanos, no creo que podemos descartar esta posibilidad. Searle simplemente asume que no lo son, y que es " impensable " para suponer lo contrario. Realmente no hay nada más de carácter sustantivo a "argumentos" de Searle que esta tautología.

Ahora, parte del atractivo de la postura de Searle en contra de la posibilidad de que un equipo de ser consciente es que los ordenadores que conocemos hoy en día no parecen ser conscientes . Su comportamiento es frágil y fórmulas , incluso si son de vez en cuando impredecible . Sin embargo, como he señalado anteriormente, las computadoras de hoy son del orden de un millón de veces más simples que el cerebro humano , que es por lo menos una razón por la que no comparten todas las cualidades entrañables del pensamiento humano . Pero esa disparidad se está reduciendo

rápida y en última instancia, revertirá en un par de décadas. Las máquinas vigésimo primer siglo temprano que estoy hablando en este libro van a aparecer y actuar de manera muy diferente a los relativamente simples ordenadores de hoy en día.

Searle articula la opinión de que las entidades no biológicas son capaces de manipular sólo símbolos lógicos y parece no darse cuenta de otros paradigmas. Es cierto que la manipulación de símbolos es en gran medida la forma basada en normas sistemas expertos y programas de juego de papeles de trabajo. Sin embargo, la tendencia actual es en otra dirección, hacia sistemas de auto-organización caótica que emplean métodos inspirados en la biología, incluyendo los procesos derivados directamente de la ingeniería inversa de los cientos de grupos de neuronas que llamamos el cerebro humano.

Searle reconoce que las neuronas biológicas son máquinas, de hecho, que todo el cerebro es una máquina. Como he dicho en el capítulo 4, ya hemos recreado de una manera muy detallada los "poderes causales" de neuronas individuales, así como los de los grupos de neuronas sustanciales. No hay barrera conceptual para la ampliación de estos esfuerzos a todo el cerebro humano.

### **La Crítica de la brecha entre ricos y pobres**

Otra preocupación expresada por Jaron Lanier y otros es la posibilidad de "terrible" que a través de estas tecnologías los ricos pueden obtener ciertas ventajas y oportunidades que el resto de la humanidad no tiene access.<sup>39</sup> Esta desigualdad, por supuesto, no sería nada nuevo, pero con respecto a este tema de la ley de los retornos acelerados tiene un impacto importante y beneficioso. Debido al crecimiento exponencial continuo del precio-rendimiento, todas estas tecnologías se convierten rápidamente tan baratos como para ser casi gratis.

Mira la cantidad extraordinaria de información de alta calidad disponible de forma gratuita en la Web hoy en día, que no existe en absoluto hace sólo unos años. Y si se quiere señalar que sólo una fracción del mundo de hoy tiene acceso a la web, tenga en cuenta que la explosión de la Web se encuentra todavía en su infancia, y el acceso está creciendo exponencialmente. Incluso en los países más pobres de África, el acceso Web se está expandiendo rápidamente.

Cada ejemplo de la tecnología de la información se inicia con las primeras versiones de las adopciones que no funcionan muy bien y que son inaccesibles, excepto por la élite. Posteriormente, la tecnología funciona un poco mejor y se convierte simplemente caro. Entonces funciona bastante bien y se convierte en barato. Por último, funciona muy bien y es casi gratis. El teléfono celular, por ejemplo, es en algún lugar entre estas dos últimas etapas. Tenga en cuenta que hace una década, si un personaje de una película sacó un teléfono portátil, esto era un indicio de que esta persona debe ser muy ricos, poderosos, o ambos. Sin embargo, no son las sociedades de todo el mundo en el que la mayoría de la población eran la agricultura con sus manos hace dos décadas y ahora tienen florecientes economías basadas en la

información con el uso generalizado de teléfonos celulares ( por ejemplo, las sociedades de Asia , incluidas las zonas rurales de China). Este retraso desde muy caros los primeros en adoptar a muy bajo costo , la adopción en todas partes ahora toma alrededor de una década . Pero de acuerdo con la duplicación de la tasa de cambio de paradigma cada década , este retraso será sólo cinco años dentro de una década . En veinte años , el retraso será de sólo dos o tres años ( véase el capítulo 2 ) .

La brecha entre ricos y pobres sigue siendo un tema crítico , y en cada punto en el tiempo es más lo que se puede y se debe hacer. Es trágico, por ejemplo, que los países desarrollados no eran más proactiva en el intercambio de medicamentos contra el SIDA a los países pobres de África y otros lugares , con millones de vidas perdidas como consecuencia de ello. Pero la mejora exponencial del precio-rendimiento de las tecnologías de la información está mitigando rápidamente esa brecha . Las drogas son esencialmente una tecnología de la información , y vemos la misma duplicación del precio-rendimiento cada año como lo hacemos con otras formas de tecnología de la información , tales como computadoras , las comunicaciones, y la secuencia de pares de bases de ADN. Medicamentos contra el SIDA comenzó no funciona muy bien y cuesta decenas de miles de dólares por paciente por año . Hoy, estos medicamentos funcionan razonablemente bien y se acercan a los cien dólares por paciente y año en los países pobres como los de África.

En el capítulo 2 he citado el informe del Banco Mundial para el año 2004 de un mayor crecimiento económico en el mundo en desarrollo (más de 6 por ciento) en comparación con el promedio mundial ( del 4 por ciento) y una reducción general de la pobreza (por ejemplo, una reducción del 43 % en la pobreza extrema en la región de Asia oriental y el Pacífico desde 1990). Por otra parte , el economista Xavier Sala-i Martin examinó ocho medidas de la desigualdad global entre los individuos, y se encontró que todos estaban disminuyendo en el último cuarto century.<sup>40</sup>

### **La Crítica de la verosimilitud de la regulación gubernamental**

Estos tipos hablando aquí actúan como si el gobierno no es parte de sus vidas. Pueden gustaría que no fuera , pero lo es. Al acercarnos a los temas que debaten hoy aquí, les vale creer que esos temas serán debatidos por todo el país. La mayoría de los estadounidenses no simplemente quedarse quieto mientras algunas tiras de élite frente a sus personalidades y los propios archivos en su paraíso ciberespacio. Ellos tienen algo que decir sobre eso. No habrá debate vehemente de eso en este país .

- LEON FUERTH , ex asesor de seguridad nacional del vicepresidente Al GORE, EN LA CONFERENCIA DE PROSPECTIVA 2002

La vida humana sin la muerte sería algo más que humano , la conciencia de la mortalidad da lugar a nuestros anhelos más profundos y mayores logros.

- Leon Kass , presidente de la Comisión Presidencial sobre la Bioética, 2003

La crítica sobre el control gubernamental es que la regulación se ralentizará y detener la aceleración de la tecnología. Aunque la regulación es un asunto vital, que en

realidad no ha tenido ningún efecto apreciable en las tendencias analizadas en este libro, que se han producido con una amplia regulación en su lugar. A falta de un estado totalitario en todo el mundo, las fuerzas económicas y de otro tipo que subyacen progreso técnico no hará sino crecer con los avances en curso.

Tenga en cuenta la cuestión de la investigación con células madre, que ha sido especialmente controvertido, y para el cual el gobierno de EE.UU. está restringiendo su financiación. La investigación con células madre es sólo una de muchas ideas relacionadas con el control y la influencia de los procesos de información de la biología subyacente que están llevando a cabo como parte de la revolución de la biotecnología. Incluso en el campo de las terapias con células de la controversia sobre la investigación con células madre embrionarias sólo ha servido para acelerar otras formas de lograr el mismo objetivo. Por ejemplo, la transdiferenciación (conversión de un tipo de célula tal como una célula de la piel en otros tipos de células) ha avanzado rápidamente.

Como informé en el capítulo 5, los científicos han demostrado recientemente la posibilidad de reprogramar células de la piel en varios otros tipos de células. Este enfoque representa el santo grial de las terapias celulares, ya que promete un suministro ilimitado de células diferenciadas con el ADN del propio paciente.

También permite que las células se seleccionan y sin errores en el ADN y en última instancia será capaz de proporcionar cadenas de los telómeros largos (para hacer que las células más joven). Propia investigación con células madre embrionarias Incluso ha avanzado, por ejemplo, con proyectos como el centro de investigación nueva e importante de Harvard y de la iniciativa de bonos de tres mil millones de dólares con éxito en California para apoyar este trabajo.

A pesar de las restricciones a la investigación con células madre son lamentables, es difícil decir que la investigación de la terapia celular, y mucho menos el amplio campo de la biotecnología, se ha visto afectado en un grado significativo.

Algunas restricciones gubernamentales reflejan el punto de vista del humanismo fundamentalista, que dirigí en el capítulo anterior. Por ejemplo, el Consejo de Europa proclamó que "los derechos humanos implican el derecho a heredar un patrón genético que no se ha modificado artificialmente." <sup>41</sup> Tal vez el aspecto más interesante del edicto del ayuntamiento es su presenta una restricción como un derecho. En el mismo espíritu, supongo que el Consejo estaría a favor del derecho humano a no ser curado de enfermedad natural por medios artificiales, al igual que los activistas "protegidos" de hambre naciones africanas de la indignidad de consumir bioingeniería crops.<sup>42</sup>

En última instancia los beneficios del progreso técnico abruma tales sentimientos antitecnología reflexivos. La mayoría de los cultivos en los Estados Unidos ya son transgénicos, mientras que las naciones asiáticas están adoptando agresivamente la tecnología para alimentar a sus grandes poblaciones, e incluso de Europa está empezando a aprobar los alimentos transgénicos. La cuestión es importante porque las restricciones innecesarias, aunque temporal, puede resultar en sufrimiento exacerbado de millones de personas. Pero el progreso técnico está avanzando en

miles de frentes , impulsado por las ganancias económicas irresistibles y profundas mejoras en la salud humana y el bienestar .

La observación de Leon Fuerth citado revela un error inherente sobre tecnologías de la información . Tecnologías de la información no están disponibles sólo para una élite. Como se mencionó , las tecnologías de información deseables se convierten rápidamente en todas partes y casi gratis. Es sólo cuando no funcionan muy bien ( es decir, en una etapa temprana de desarrollo ) que son caros y restringidos a una élite .

A principios de la segunda década de este siglo , la web ofrecerá una inmersión total realidad virtual visual - auditivo con imágenes escritas directamente a nuestras retinas de nuestros anteojos y lentes y de banda ancha de acceso a Internet inalámbrico muy tejida en nuestra ropa. Estas capacidades no se limitan sólo a los privilegiados. Al igual que los teléfonos celulares , en el momento en que funcionan bien van a estar en todas partes .

En la década de 2020 vamos a tener habitualmente nanobots en nuestro torrente sanguíneo mantenernos saludables y aumentar nuestras capacidades mentales. Por el momento estos trabajos así que será de bajo costo y ampliamente utilizado. Como dije anteriormente, la reducción del desfase entre la adopción temprana y tardía de tecnologías de la información en sí se acelerará a partir del período de diez años actuales a sólo un par de años dos décadas a partir de ahora . Una vez que la inteligencia no biológica consigue un punto de apoyo en el cerebro , será al menos el doble de la capacidad de cada año , al igual que la naturaleza de la tecnología de la información . Por lo tanto, no pasará mucho tiempo para la parte no biológica de nuestra inteligencia a predominar . Esto no va a ser un lujo reservado para los ricos , al igual que los motores de búsqueda son hoy. Y en la medida en que no habrá un debate sobre la conveniencia de dicho aumento, es fácil predecir quién va a ganar , ya que las personas con inteligencia mejorada habrá mucho mejores polemistas .

### **La lentitud insoportable de Instituciones Sociales .**

MIT científico de investigación senior Joel Cutcher - Gershenfeld escribe: "Sólo mirando hacia atrás a lo largo del último siglo y medio , ha habido una sucesión de regímenes políticos donde era uno de la solución a un dilema antes, pero creado nuevos dilemas en el posterior era. Por ejemplo , Tammany Hall y el modelo patrón político eran una gran mejora sobre el sistema dominante basado en aterrizaron nobleza - que muchas más personas se incluyeron en el proceso político. Sin embargo , los problemas surgieron con el clientelismo , lo que llevó a la función pública en modelos una gran solución para el problema anterior con la introducción de la meritocracia. Luego, por supuesto , de la función pública se convirtió en el obstáculo a la innovación y nos movemos a la reinención del gobierno . y la historia continúa. " 43 Gershenfeld está señalando que las instituciones sociales , incluso cuando innovadora en su días se convierten en " un lastre para la innovación. "

En primer lugar me gustaría señalar que el conservadurismo de las instituciones sociales no es un fenómeno nuevo. Es parte del proceso evolutivo de la innovación , y

la ley de los retornos acelerados siempre ha operado en este contexto. En segundo lugar, la innovación tiene una forma de trabajar en torno a los límites impuestos por las instituciones . El advenimiento de la tecnología descentralizada permite a la persona para evitar todo tipo de restricciones , y que representan un medio fundamental para el cambio social para acelerar. Como uno de los muchos ejemplos , toda la maraña de normas de comunicaciones se encuentra en proceso de ser superadas por las técnicas de punto - a-punto emergentes tales como voz sobre protocolo de Internet (VOIP) .

La realidad virtual se representa otra forma de acelerar el cambio social. La gente en última instancia, ser capaz de tener relaciones y participar en actividades en entornos de realidad virtual de gran realismo que no iban a ser capaces o dispuestos a hacerlo en la realidad real y envolvente .

Como la tecnología se vuelve más sofisticada que se necesita cada vez más de las capacidades humanas tradicionales y requiere menos adaptación. Tenías que ser técnicamente hábil para utilizar los primeros ordenadores personales , mientras que el uso de sistemas informáticos de hoy, tales como teléfonos celulares, reproductores de música, y los navegadores Web , requiere habilidad mucho menos técnico. En la segunda década de este siglo, que habitualmente estén en contacto con los humanos virtuales que , aunque todavía no Turing -test capaz, tendrán suficiente comprensión del lenguaje natural para actuar como nuestros asistentes personales para una amplia gama de tareas.

Siempre ha sido una mezcla de adoptadores tempranos y tardíos de los nuevos paradigmas. Todavía tenemos la gente de hoy que quieren vivir como lo hicimos en el siglo VII. Esto no restringe a los primeros adoptantes de establecer nuevas actitudes y convenciones sociales , por ejemplo, nuevas comunidades basadas en la Web . Hace unos cien años, sólo un puñado de personas, como Leonardo da Vinci y Newton estaban explorando nuevas maneras de entender y relacionarse con el mundo. Hoy en día , la comunidad mundial que participa y contribuye a la innovación social de adopción y adaptación a la nueva innovación tecnológica es una parte importante de la población , otro reflejo de la ley de los retornos acelerados .

### **La crítica del teísmo**

Otra objeción común va más allá de la ciencia de forma explícita para mantener que existe un nivel espiritual que da cuenta de las capacidades humanas y que no es penetrable por medios objetivos . William A. Dembski , un distinguido filósofo y matemático , condena la visión de pensadores como Marvin Minsky , Daniel Dennett , Patricia Churchland , y Ray Kurzweil , a quien llama "materialistas contemporáneos " , que " ven los movimientos y modificaciones de la materia como suficientes para cuenta de la mentalidad humana "44.

Dembski atribuye " previsibilidad [ como ] la virtud principal del materialismo " y cita " vacío [ como ] su principal defecto . " Él continúa diciendo que " los seres humanos tienen aspiraciones. Anhelamos la libertad , la inmortalidad y la visión

beatífica. Estamos inquietos hasta que encontremos nuestro descanso en Dios. El problema para el materialista , sin embargo , es que estas aspiraciones no pueden ser canjeados en la moneda de la materia " . Llega a la conclusión de que los humanos no pueden ser meras máquinas debido a "la estricta ausencia de factores extra-materiales de este tipo de sistemas . "

Yo preferiría que llamamos concepto de materialismo de Dembski " materialismo capacidad", o mejor aún " patternism capacidad", capacidad materialismo / patrón ismo se basa en la observación de que las neuronas biológicas y sus interconexiones se componen de patrones sostenibles de materia y energía. También sostiene que sus métodos se pueden describir , entender y modelar , ya sea con réplicas o equivalentes recreaciones funcionalmente . Yo uso la palabra "capacidad " , ya que abarca todas las formas ricas y sutiles , y diverso en el que los seres humanos interactúan con el mundo, no sólo las habilidades más estrechos que se podría etiquetar como intelectual. De hecho , nuestra capacidad de entender y responder a las emociones es al menos tan complejo y diverso como nuestra capacidad para procesar cuestiones intelectuales .

John Searle , por ejemplo , reconoce que las neuronas humanas son máquinas biológicas . Pocos observadores serios han postulado las capacidades o las reacciones de las neuronas humanas que requieren de Dembski "factores extra- materiales". Basándose en los patrones de la materia y la energía en el cuerpo humano y el cerebro para explicar su comportamiento y competencias no necesitan disminuir nuestro asombro en sus notables cualidades . Dembski tiene un entendimiento anticuado del concepto de " máquina".

Dembski también escribe que " a diferencia de los cerebros , los ordenadores están ordenadas y precisa .... [ C ] omputers operan determinista ". Esta declaración y otros revelan una visión de las máquinas o entidades formadas por los patrones de la materia y la energía ( entidades "materiales" ) , que se limita a los mecanismos literalmente ingenuo de autómatas del siglo XIX. Estos dispositivos , con sus cientos y hasta miles de piezas, eran bastante predecibles , y ciertamente no es capaz de anhelos de libertad y otras cualidades entrañables de la entidad humana . Las mismas observaciones en gran medida son válidas para las máquinas de hoy en día , con sus miles de millones de piezas. Pero lo mismo no puede decirse necesariamente para máquinas con millones de millones de interactuar "partes " , entidades con la complejidad del cerebro y el cuerpo humano.

Además, es incorrecto decir que el materialismo es predecible. Incluso los programas de ordenador de hoy en día utilizan habitualmente aleatoriedad simulada. Si se necesita eventos verdaderamente aleatorios en un proceso , hay dispositivos que pueden proporcionar esto también. Básicamente , todo lo que percibimos en el mundo material es el resultado de muchos miles de millones de eventos cuánticos , cada una de las cuales muestra una aleatoriedad cuántica profunda e irreductible en el centro de la realidad física ( o eso parece - el jurado científico todavía no sobre la verdadera naturaleza de la aparente aleatoriedad subyace eventos cuánticos } . el mundo en materia macro y micro niveles - es cualquier cosa menos predecible.

Aunque muchos programas informáticos hacen funcionar la manera Dembski describe las técnicas predominantes en mi propio campo de reconocimiento de patrones de uso de biología de inspiración métodos caóticos de computación . En estos sistemas la interacción impredecible de millones de procesos , muchos de los cuales contiene elementos aleatorios e impredecibles , proporcionar respuestas inesperadas todavía apropiada a las preguntas sutiles de reconocimiento . La mayor parte de la inteligencia humana se compone de sólo este tipo de procesos de reconocimiento de patrones .

En cuanto a las respuestas a las emociones y nuestras aspiraciones más altas , éstas se consideran propiamente como propiedades emergentes-profundos queridos para estar seguro, pero , sin embargo, los patrones emergentes que resultan de la interacción del cerebro humano con su entorno complejo. La complejidad y la capacidad de las entidades no biológicas está aumentando exponencialmente y coincidirán con los sistemas biológicos, incluyendo el cerebro humano ( junto con el resto del sistema nervioso y el sistema endocrino ) dentro de un par de décadas . De hecho , muchos de los diseños de las máquinas del futuro será biológicamente , es decir, derivado de los diseños biológicos inspiración - que . ( Esto ya es el caso de muchos de los sistemas actuales. ) Mi tesis es que al compartir la complejidad , así como los patrones reales de los cerebros humanos , estas entidades no biológicas futuras mostrarán la inteligencia emocional y las reacciones ricos (como "aspiraciones") de los seres humanos .

¿Será tal entidad no biológica es consciente? Searle afirma que podemos (al menos en teoría) resolver rápidamente esta cuestión determinando si tiene los correctos " procesos neurobiológicos específicos. " Es mi opinión de que muchos seres humanos, en última instancia, la gran mayoría de los seres humanos, se llega a creer que estas entidades inteligentes de origen humano , pero sin embargo no biológica son conscientes, pero eso es una predicción político y psicológico , no un juicio científico o filosófico. Mi conclusión: Estoy de acuerdo con Dembski que esto no es una cuestión científica , ya que no se puede resolver a través de la observación objetiva . Algunos observadores dicen que si no es una cuestión científica , no es importante o incluso una verdadera pregunta . Mi punto de vista ( y estoy seguro de Dembski está de acuerdo) es que precisamente porque la cuestión no es científica , es un uno -de hecho , la cuestión filosófica fundamental filosófico.

Dembski escribe: "Tenemos que trascender a nosotros mismos para encontrarnos ahora los movimientos y modificaciones de la materia no ofrecen ninguna oportunidad para trascender a nosotros mismos .... Freud ... Marx ... Nietzsche , ... cada uno considera la esperanza de trascendencia como . una ilusión " . Este punto de vista de la trascendencia como fin último está razonablemente afirmó . Pero no estoy de acuerdo que el mundo material no ofrece "una oportunidad para trascender . " El mundo material inherentemente evoluciona, y cada etapa trasciende la etapa antes . Como he dicho en el capítulo 7, la evolución se mueve hacia una mayor complejidad, mayor elegancia , mayor conocimiento , mayor inteligencia , más belleza, más creatividad , más amor . Y Dios ha sido llamado de todas estas cosas , pero sin ningún tipo de limitación : el conocimiento infinito, inteligencia infinita , infinita belleza , la

creatividad infinita y el amor infinito. La evolución no lograr un nivel infinito, pero , ya que explota exponencialmente ciertamente se mueve en esa dirección . Así que la evolución se mueve inexorablemente hacia nuestra concepción de Dios, aunque nunca llegar a este ideal.

Dembski prosigue:

Una máquina está totalmente determinada por la Constitución , la dinámica y las interrelaciones de sus partes físicas " [M ] áquinas " hace hincapié en la estricta ausencia de factores extra- materiales , el principio de reemplazo es relevante para esta discusión , ya que implica que las máquinas no tienen historia de fondo. Pero ... una máquina , propiamente hablando, no tiene historia . Su historia es una superflua piloto - una adición que fácilmente podría haber sido diferente sin alterar la máquina .... Para una máquina , todo lo que hay es lo que es en este momento . ... Máquinas acceso o no para acceder a artículos en el almacenamiento .... mutatis mutandis , los elementos que representan ocurrencias hipotéticos ( es decir , las cosas que nunca sucedieron ) pero que son accesibles puede ser , en la medida que la máquina se refiere, al igual que a pesar de que ocurrieron .

Apenas es necesario insistir en que el objetivo de este libro es que muchas de nuestras suposiciones profundamente sobre la naturaleza de las máquinas y de hecho de nuestra propia naturaleza humana será puesta en duda en las próximas décadas . Concepción de la "historia" de Dembski es sólo otro aspecto de nuestra humanidad que necesariamente se deriva de la riqueza , la profundidad y la complejidad del ser humano. Por el contrario , no tiene una historia en el sentido de Dembski es otro atributo de la simplicidad de las máquinas que hemos conocido hasta ahora . Es precisamente la tesis de que las máquinas de la década de 2030 y más allá será de tanta complejidad y riqueza de la organización que las reacciones de su comportamiento evidencia emocionales , aspiraciones, y, sí , la historia . Así que Dembski es simplemente describiendo máquinas limitadas de hoy y simplemente asumir que estas limitaciones son inherentes , una línea de argumentación equivale a afirmar que " las máquinas de hoy en día no son tan capaces como seres humanos , por lo tanto, las máquinas nunca llegar a este nivel de rendimiento . " Dembski se acaba asumiendo su conclusión .

Vista de Dembski de la capacidad de las máquinas para entender su propia historia se limita a los elementos "Acceso " en el almacenamiento. Máquinas futuras , sin embargo, poseen no sólo un registro de su propia historia, sino la capacidad de comprender que la historia y reflexionar sobre ella perspicacia . En cuanto a " los elementos que representan los sucesos contrafactuales", seguramente lo mismo puede decirse de los recuerdos humanos.

De Dembski larga discusión de la espiritualidad se resume así:

Pero, ¿cómo puede una máquina de estar al tanto de la presencia de Dios ? Recordemos que las máquinas se definen exclusivamente por la Constitución , la dinámica y las interrelaciones entre sus partes físicas . De ello se desprende que Dios no puede hacer acto de presencia a una máquina actuando sobre ella y cambiar así su

estado. En efecto , el momento en que Dios actúa sobre una máquina para cambiar su estado , ya no es adecuadamente una máquina , para un aspecto de la máquina ahora trasciende sus constituyentes físicos . De ello se desprende que la conciencia de la presencia de Dios por una máquina debe ser independiente de cualquier acción de Dios para cambiar el estado de la máquina. ¿Cómo, pues la máquina viene a la conciencia de la presencia de Dios? La conciencia debe ser auto - inducido. Espiritualidad de la máquina es la espiritualidad de la auto -realización, no la espiritualidad de un Dios activo que libremente da a sí mismo en la auto- revelación y con ello transforma a los seres con los que está en comunión . Para Kurzweil modificar "máquina" con el adjetivo "espiritual" por lo tanto, implica una visión empobrecida de la espiritualidad.

Dembski afirma que una entidad (por ejemplo, una persona ) no puede ser consciente de la presencia de Dios sin Dios que actúa sobre ella, sin embargo, Dios no puede actuar sobre una máquina , por lo tanto, una máquina no puede estar al tanto de la presencia de Dios. Tal razonamiento es completamente tautológica y humano-céntrica. Dios se comunica sólo con los seres humanos, y sólo los biológicos en eso. No tengo ningún problema con Dembski de suscripción a este como una creencia personal, pero no hace el " caso sólido " que promete, que " los seres humanos no son máquinas y punto". Al igual que con Searle, Dembski sólo asume su conclusión.

Como Searle, Dembski parece que no puede captar el concepto de las propiedades emergentes de los patrones distribuidos complejos . Él escribe :

La ira probablemente está relacionada con ciertas excitaciones cerebrales localizadas. Pero excitaciones cerebrales localizadas apenas explican ira mejor que conductas manifiestas asociadas a la ira , como gritando obscenidades . Excitaciones cerebrales localizadas pueden correlacionarse fiable con ira, pero ¿cómo se explica que una persona interpretando un comentario como un insulto y experimentar la ira, y otra persona interpretar ese mismo comentario como una broma y experimentar la risa?

Un materialista llena de ánimo tiene que entender excitaciones cerebrales localizadas en términos de otras excitaciones cerebrales localizadas. En su lugar nos encontramos con excitaciones cerebrales localizados ( que representa , por ejemplo , cólera ) que tiene que ser explicado en términos de contenido semántico (que representan , por ejemplo, insultos ) . Pero esta mezcla de excitaciones cerebrales y contenidos semánticos difícilmente constituye una explicación materialista de la mente o la agencia de inteligencia .

Dembski asume que la ira se correlaciona con una " excitación cerebral localizada, " pero la ira es casi seguro que el reflejo de los patrones complejos distribuidos de la actividad en el cerebro. Incluso si hay un correlato neuronal localizado asociado a la ira, no obstante resulta de prácticas complejas e interactuantes . La pregunta de Dembski por qué diferentes personas reaccionan de manera diferente a situaciones similares casi nos obliga a recurrir a sus factores extramaterial una explicación. Los cerebros y las experiencias de diferentes personas no son la misma , y estas diferencias son bien explicadas por diferencias en sus cerebros físicos resultantes de diversos genes y experiencias.

Resolución del problema ontológico de Dembski es que el fundamento último de lo que existe es lo que él llama el "mundo real de las cosas " que no son reducibles a cosas materiales . Dembski no muestra lo que " cosas " que podrían considerar como fundamental, pero las mentes humanas presuntamente estaría en la lista, como podría haber otras cosas , como el dinero y sillas. Puede haber una pequeña congruencia de nuestros puntos de vista al respecto . Considero que las "cosas" de Dembski como patrones . El dinero, por ejemplo, es un enorme y persistente patrón de los acuerdos , entendimientos y expectativas. "Ray Kurzweil " tal vez no es tan grande un patrón , pero hasta el momento es también persistente . Dembski aparentemente se refiere a los patrones tan efímero y no sustancial , pero tengo un profundo respeto por el poder y la resistencia de los patrones . No es descabellado considerar a los patrones como un derecho fundamental realidad ontológica . No somos capaces de tocar realmente la materia y la energía directamente , pero sí experimentamos directamente los patrones subyacentes de Dembski "cosas . " Fundamental para esta tesis es que a medida que aplicamos nuestra inteligencia , y la ampliación de nuestra inteligencia llamada tecnología , a la comprensión de los patrones poderosos de nuestro mundo (por ejemplo , la inteligencia humana), se puede volver a crear y ampliar ! - Estos patrones en otros sustratos . Los patrones son más importantes que los materiales que las representan .

Por último , si la inteligencia para mejorar el material extramaterial de Dembski realmente existe, entonces me gustaría saber donde puedo conseguir algo .

### **La crítica del holismo**

Otra crítica común dice lo siguiente : Las máquinas se organizan en jerarquías rígidamente estructuradas de módulos , mientras que la biología se basa en elementos de manera integral - organizado en el que cada elemento afecta a todos los demás . Las capacidades únicas de la biología (como la inteligencia humana ) sólo puede resultar de este tipo de diseño integral. Además, sólo los sistemas biológicos pueden utilizar este principio de diseño .

Michael Denton , biólogo de la Universidad de Otago en Nueva Zelanda, señala las aparentes diferencias entre los principios de diseño de entidades biológicas y las de las máquinas que ha conocido . Denton describe elocuentemente organismos como " auto-organización , auto-referencial , ... auto-replicante , ... recíproco , ... auto-formativa e integral. " 45 Él entonces da el salto , un salto sin apoyo de la fe, se podría decir , que tales formas orgánicas sólo se pueden crear a través de procesos biológicos y que tales formas son realidades de la existencia " ... fundamentales inmutable, impenetrable ... y " .

Hago compartir " asombrado " sentido de Denton de " asombro " ante la belleza , complejidad , rareza , y la interrelación de los sistemas orgánicos , que van desde la " extraña de otro mundo ... impresión " dada por las formas asimétricas de proteínas a la extraordinaria complejidad de la más alta órganos como el cerebro humano de orden . Además, estoy de acuerdo con que el diseño Denton biológica representa una serie de profundos principios. Sin embargo , es precisamente la tesis , que ni Denton

ni otros críticos de la escuela holístico reconocen o responden a, que las máquinas (es decir, entidades derivadas del diseño humano -dirigida) pueden tener acceso a - y - ya están utilizando estos mismos principios . Esta ha sido la idea central de mi propia obra y representa la ola del futuro . Emulando a las ideas de la naturaleza es la forma más eficaz de aprovechar los enormes poderes que la futura tecnología pondrá a disposición .

Los sistemas biológicos no son completamente integral , y las máquinas actuales no son completamente modulares , ambos existen en un continuo. Podemos identificar las unidades de funcionalidad en los sistemas naturales , incluso a nivel molecular , y los mecanismos de acción son perceptibles aún más evidente en el nivel más alto de los órganos y las regiones cerebrales. El proceso de comprensión de las transformaciones funcionalidad e información realizadas en regiones específicas del cerebro está en marcha , como ya comentamos en el capítulo 4 .

Es engañoso sugerir que todos los aspectos del cerebro humano interactúa con todos los demás aspectos , y que por lo tanto es imposible entender sus métodos. Los investigadores ya han identificado y modelado de las transformaciones de la información en varias docenas de sus regiones. Por el contrario , hay numerosos ejemplos de máquinas modernas que no fueron diseñados de forma modular , y en el que muchos de los aspectos de diseño están profundamente interconectadas , como los ejemplos de algoritmos genéticos descritos en el capítulo 5 . Denton escribe:

Hoy en día casi todos los biólogos profesionales han adoptado el enfoque mecanicista /reduccionista y suponer que las partes básicas de un organismo (como los engranajes de un reloj ) son las cosas esenciales primarios , que un organismo vivo ( como un reloj ) no es más que la suma de sus partes, y que es la partes que determinan las propiedades del todo y que ( como un reloj ) una descripción completa de todas las propiedades de un organismo puede ser tenido por la caracterización de sus partes en forma aislada.

Denton , también, está ignorando aquí la capacidad de los procesos complejos que exhiben propiedades emergentes que van más allá "de sus partes por separado. " Él parece reconocer este potencial en la naturaleza , cuando escribe : " En un sentido muy real, las formas orgánicas ... representan realidades verdaderamente emergentes. " Sin embargo , casi no es necesario recurrir a la " modelo vitalista " de Denton para explicar realidades emergentes. Las propiedades emergentes se derivan del poder de los patrones , y nada restringe los patrones y sus propiedades emergentes de los sistemas naturales.

Denton parece reconocer la posibilidad de emular las formas de la naturaleza , cuando escribe :

Por lo tanto, el éxito en las nuevas formas orgánicas de ingeniería de las proteínas a organismos requerirá un enfoque completamente nuevo , una especie de diseño de " arriba hacia abajo ". Debido a que las partes de totalidades orgánicas sólo existen en todo el totalidades orgánicas , no se puede especificar , poco a poco , y construye a partir de un conjunto de módulos relativamente independientes y, por consiguiente,

toda la unidad indivisa debe especificarse juntas en su totalidad .

Aquí Denton ofrece consejos y describe un enfoque de la ingeniería que yo y otros investigadores utilizan habitualmente en las áreas de reconocimiento de patrones , la complejidad ( el caos ) la teoría , y los sistemas de auto-organización . Denton parece no ser consciente de estas metodologías , sin embargo, y después de describir ejemplos de abajo hacia arriba , ingeniería de componentes de motor y sus limitaciones concluye sin justificación que existe un abismo infranqueable entre las dos filosofías de diseño . El puente es , de hecho , ya están en construcción .

Como he dicho en el capítulo 5 , podemos crear nuestros propios diseños " otro mundo misterioso " , pero eficaz a través de la evolución aplicada. Le describí cómo aplicar los principios de la evolución de la creación de diseños inteligentes a través de algoritmos genéticos. En mi propia experiencia con este enfoque , los resultados están bien representados por la descripción de Denton de moléculas orgánicas en el "aparente falta de lógica de la concepción y la falta de modularidad obvia o regularidad , ... el puro caos de la disposición , ... [ y ] impresión no mecánica " .

Los algoritmos genéticos y otras metodologías de diseño de auto-organización de abajo hacia arriba (tales como redes neuronales , modelos de Markov , y otros que hemos discutido en el capítulo 5 ) incorporan un elemento impredecible , por lo que los resultados de este tipo de sistemas son diferentes cada vez que el proceso se ejecute . A pesar de la creencia común que las máquinas son deterministas y por lo tanto predecible , hay numerosas fuentes fácilmente disponibles de aleatoriedad a disposición de máquinas . Las teorías contemporáneas de la mecánica cuántica postulan una aleatoriedad profunda en el centro de la existencia. Según ciertas teorías de la mecánica cuántica , lo que parece ser el comportamiento determinista de sistemas a nivel macro es simplemente el resultado de preponderancias estadísticas abrumadoras sobre la base de un enorme número de eventos fundamentalmente impredecibles . Por otra parte , la obra de Stephen Wolfram y otros han demostrado que incluso un sistema que en teoría es completamente determinista , sin embargo, puede producir resultados de manera eficaz al azar y, sobre todo , del todo impredecibles .

Los algoritmos genéticos y enfoques de auto-organización similares dan lugar a diseños que no se podría haber llegado a través de un enfoque de componentes orientada modular. El " extraño , ... [ el ] caos ... la interacción dinámica " de las partes con el todo que Denton atribuye exclusivamente a las estructuras orgánicas describe muy bien las cualidades de los resultados de estos procesos caóticos humanos iniciados.

En mi propio trabajo con algoritmos genéticos He examinado el proceso por el cual un algoritmo tal mejora gradualmente un diseño . Un algoritmo genético no cumple sus logros de diseño a través de diseño de subsistemas individuales uno a la vez , pero un enfoque incremental efectos " de una sola vez " , por lo que muchos cambios pequeños distribuidos en todo el diseño que mejoran progresivamente el ajuste global o " potencia " de la solución . La solución en sí emerge gradualmente y se desarrolla de la simplicidad a la complejidad. mientras que el soluciones que produce son a

menudo asimétrica y torpe pero eficaz , al igual que en la naturaleza, sino que también pueden aparecer elegante e incluso hermosa .

Denton es correcta en la observación de que las máquinas más modernas , tales como los ordenadores convencionales de hoy en día , están diseñados con el enfoque modular. Existen ciertas ventajas de ingeniería significativos a esta técnica tradicional

Por ejemplo , las computadoras tienen una memoria mucho más precisos que los humanos y pueden realizar transformaciones lógicas mucho más efectiva que la inteligencia humana sin ayuda. Lo más importante , los ordenadores pueden compartir sus recuerdos y patrones instantáneamente. El enfoque no modular caótico de la naturaleza también tiene claras ventajas que Denton y articula , como lo demuestran los poderes profundos de reconocimiento de patrones humanos . Pero es un paso totalmente injustificada que decir que debido a las limitaciones actuales ( y disminuyendo ! ) De la tecnología humana -dirigido que los sistemas biológicos son intrínsecamente , aunque en forma lógica , un mundo aparte.

Los exquisitos diseños de la naturaleza (el ojo, por ejemplo) se han beneficiado de un profundo proceso evolutivo. Nuestros algoritmos genéticos más complejos de hoy incorporan códigos genéticos ' de decenas de miles de bits , mientras que las entidades biológicas tales como los seres humanos se caracterizan por códigos genéticos de miles de millones de bits ( sólo decenas de millones de bytes con compresión).

Sin embargo , como es el caso con toda la tecnología basada en la información , la complejidad de los algoritmos genéticos y otros métodos inspirados en la naturaleza está aumentando exponencialmente . Si examinamos la velocidad a la que esta complejidad es cada vez mayor , nos encontramos con que van a coincidir con la complejidad de la inteligencia humana dentro de aproximadamente dos décadas , lo cual es consistente con mis estimaciones extraídas de las tendencias directos en hardware y software.

Denton señala que todavía no hemos logrado plegamiento de proteínas en tres dimensiones " , incluso uno que consta de sólo 100 componentes. " Sin embargo, es sólo en los últimos años que hemos tenido las herramientas , incluso de visualizar estos patrones tridimensionales. Por otra parte, el modelado de las fuerzas interatómicas requerirá del orden de cien mil millones (  $10^{14}$  ) de cálculos por segundo . A finales de 2004 IBM introdujo una versión de la Blue Gene / L superordenador con una capacidad de setenta teraflops ( casi  $1.014$  cps ) , que , como su nombre indica , se espera que proporcione la capacidad de simular el plegamiento de proteínas .

Ya hemos conseguido reducir , de empalme y reorganizando los códigos genéticos y las propias fábricas bioquímicas aprovechamiento de la naturaleza para producir enzimas y otras sustancias biológicas complejas . Es cierto que el trabajo más contemporánea de este tipo se realiza en dos dimensiones , pero los recursos computacionales necesarios para visualizar y modelar los mucho más complejos patrones tridimensionales que se encuentran en la naturaleza no están lejos de realización .

En las discusiones sobre el tema de proteínas consigo mismo Denton , reconoció que el problema finalmente se resolvería , estimando que tal vez era una década de distancia . El hecho de que una cierta hazaña técnica aún no se ha logrado no es un argumento fuerte que nunca será. Denton escribe:

Desde el conocimiento de los genes de un organismo que es imposible predecir las formas orgánicas codificados. Ni las propiedades ni la estructura de las proteínas individuales ni las de cualquier orden superior - formas tales como ribosomas y células enteras - se pueden inferir a partir de incluso el análisis más exhaustivo de los genes y sus productos primarios , secuencias lineales de aminoácidos .

Aunque la observación de Denton anterior es esencialmente correcta , que básicamente se señala que el genoma es sólo una parte del sistema global . El código del ADN no es toda la historia, y es necesario que el resto del sistema de soporte molecular para que el sistema funcione y para que se entienda . También es necesario el diseño de los ribosomas y otras moléculas que hacen la función de la maquinaria de ADN . Sin embargo , la adición de estos diseños no cambia significativamente la cantidad de información de diseño en la biología .

Pero volver a crear la paralela masiva , control digital analógico, hologramlike , la auto- organización y procesos caóticos del cerebro humano no requerir que doblamos las proteínas. Como se discutió en el capítulo 4 , hay docenas de proyectos contemporáneos que han tenido éxito en la creación de detalladas recreaciones de trastornos neurológicos sistemas . Estos incluyen los implantes neuronales que funcionan con éxito dentro de las mentes de la gente sin doblar las proteínas . Sin embargo , si bien entiendo el argumento de Denton sobre las proteínas como evidencia sobre las formas holísticas de la naturaleza , como ya he señalado que no hay barreras esenciales a nuestra emular estas formas en nuestra tecnología, y ya están bien por este camino.

En resumen , Denton es demasiado rápida para concluir que los sistemas complejos de la materia y la energía en el mundo físico no son capaces de exhibir las "características emergentes ... vitales de organismos tales como la auto - replicación, 'morphing', auto- regeneración, auto - montaje y el orden global del diseño biológico "y que, por lo tanto, " los organismos y las máquinas pertenecen a diferentes categorías del ser " . Dembski y Denton comparten el mismo punto de vista limitado de máquinas como entidades que pueden ser diseñados y construidos sólo en forma modular . Podemos construir y ya estamos construyendo "máquinas " que tienen poderes mucho mayores que la suma de sus partes mediante la combinación de los principios de diseño de auto-organización de la naturaleza con los poderes de aceleración de nuestra tecnología humana iniciada. Será una combinación formidable.

## Epílogo

Yo no sé lo que puede aparecer en el mundo , pero a mí me parece que han sido sólo como un niño jugando en la orilla del mar , y divirtiéndome en el momento y luego encontrar un guijarro más suave o una concha más bonita de lo normal, mientras que la gran océano de la verdad yacía sin descubrir antes que yo. - ISAAC Nuevopara 1

El sentido de la vida es el amor creativo. No es el amor como un sentimiento interior , como una emoción sentimental privada , pero el amor como una fuerza dinámica en movimiento hacia el mundo y hacer algo original. - TOM MORRIS , SI ARISTÓTELES RANN GENERAL MOTORS

No exponencial es para siempre ... pero podemos demorar "para siempre . "

-Gordon E. Moore , 2004

¿Cómo de Singular es la Singularidad ? ¿Va a suceder en un instante ? Consideremos de nuevo la derivación de la palabra. En matemáticas una singularidad es un valor que está más allá de cualquier límite - en esencia, el infinito .

(Formalmente el valor de una función que contiene una singularidad tal se dice que es definida en el punto de singularidad, pero podemos demostrar que el valor de la función en lugares supera cualquier valor finito específica) 2

La singularidad , como hemos discutido en este libro, no alcance niveles infinitos de cálculo , memoria o cualquier otro atributo mensurable. Pero, ciertamente, alcanza grandes niveles de todas estas cualidades , como la inteligencia. Con la ingeniería inversa del cerebro humano , podremos aplicar las paralelas, de auto-organización , algoritmos caóticos de la inteligencia humana a enormemente poderosos soportes computacionales. Esta inteligencia estará entonces en condiciones de mejorar su diseño, tanto de hardware como de software, en un proceso iterativo rápidamente acelerado.

Pero aún así parece que hay un límite. La capacidad del universo para apoyar la inteligencia parece ser sólo alrededor de  $10^{90}$  operaciones por segundo , como ya comenté en el capítulo 6 . Existen teorías tales como el universo holográfico que sugieren la posibilidad de un mayor número (por ejemplo,  $10^{120}$ ), pero estos niveles son decididamente finito .

Por supuesto , la capacidad de una inteligencia como puede parecer infinita para todos los efectos prácticos en nuestro actual nivel de inteligencia. Un universo saturado de inteligencia en  $10^{90}$  cps sería un billón de billones de billones de billones de billones de veces más poderoso que todos los cerebros humanos biológicos en la Tierra today.<sup>3</sup> Incluso un equipo de un kilogramo "en frío" tiene un potencial máximo de  $10^{42}$  cps , como he revisado en capítulo 3, que es diez mil billones ( $10^{16}$ ) veces más poderoso que todos biológico humano brains.<sup>4</sup>

Dado el poder de la notación exponencial , podemos evocar fácilmente números más grandes , aunque nos falta la imaginación para contemplar todas sus implicaciones. Podemos imaginar la posibilidad de que nuestra inteligencia futura propagación a otros universos. Este escenario es concebible dada nuestra comprensión actual de la

cosmología , aunque especulativo. Esto podría permitir que nuestra inteligencia el futuro para ir más allá de cualquier límite . Si ganamos la capacidad de crear y colonizar otros universos (y si hay una manera de hacer esto , la gran inteligencia de nuestra civilización futura es probable que sea capaz de aprovechar la misma) , nuestra inteligencia sería en última instancia, ser capaz de superar cualquier nivel finito específico. Eso es exactamente lo que podemos decir con singularidades en funciones matemáticas .

¿De qué manera el uso de la " singularidad" de la historia humana en comparación con el uso de la física ? La palabra fue tomada de la física matemática , que siempre ha mostrado una tendencia a términos antropomórficos (como el "encanto" y " extraño " para los nombres de los quarks ) . En la física "singularidad " se refiere teóricamente a un punto de tamaño cero con densidad infinita de masa y por tanto la gravedad infinita.

Pero a causa de la incertidumbre cuántica no hay punto de densidad infinita real y mecánica cuántica de hecho no permite valores infinitos.

Al igual que la singularidad como he discutido en este libro, una singularidad en la física denota valores inimaginablemente grandes . Y el área de interés en la física no es en realidad cero en tamaño , sino que es un horizonte de eventos alrededor del punto de singularidad teórica dentro de un agujero negro (que ni siquiera es negro ) . Dentro de las partículas horizonte de eventos y de energía , como la luz , no puede escapar porque la gravedad es demasiado fuerte . Por lo tanto desde fuera del horizonte de eventos , que no podemos ver fácilmente dentro del horizonte de sucesos con certeza.

Sin embargo , sí parece haber una manera de ver el interior de un agujero negro , ya que los agujeros negros emiten una lluvia de partículas . Pares partícula -antipartícula se crean cerca del horizonte de sucesos ( como ocurre en todas partes en el espacio) , y para algunos de estos pares , uno de los dos se retiraron hacia el agujero negro , mientras que la otra se las arregla para escapar. Estas partículas que escapan forman un resplandor llamada radiación de Hawking , el nombre de su descubridor, Stephen Hawking. El pensamiento actual es que esta radiación no refleja ( de forma codificada, y como resultado de una forma de entrelazamiento cuántico con las partículas en el interior ) lo que está sucediendo en el interior del agujero negro . Hawking inicialmente se resistió a esta explicación , pero ahora parece estar de acuerdo .

Así , nos encontramos con el uso del término " singularidad " en este libro que no es menos apropiado que el despliegue de este término por la comunidad de físicos . Así como nos resulta difícil ver más allá del horizonte de sucesos de un agujero negro , sino que también resulta difícil ver más allá del horizonte de sucesos de la Singularidad histórica. ¿Cómo podemos nosotros, con nuestros cerebros cada uno limitado a  $10^{16}$  a  $10^{19}$  cps , imaginemos lo que nuestra civilización futura , en 2099 , con sus  $10^{60}$  cps será capaz de pensar y hacer ?

Sin embargo , al igual que podemos sacar conclusiones acerca de la naturaleza de los agujeros negros a través de nuestro pensamiento conceptual, a pesar de nunca haber

sido en realidad dentro de una, nuestra forma de pensar hoy en día es lo suficientemente potente como para tener una perspectiva interesante sobre las implicaciones de la Singularidad . Eso es lo que he tratado de hacer en este libro.

### **Centralidad Humanos.**

Una opinión común es que la ciencia ha sido constantemente corrigiendo nuestra visión demasiado exagerada de nuestra propia importancia . Stephen Jay Gould dijo: " Las revoluciones científicas más importantes todas incluyen, como única característica común , el destronamiento de la arrogancia humana de un pedestal tras otro de convicciones previas sobre nuestra centralidad en el cosmos . " 5

Pero resulta que estamos en el centro, después de todo. Nuestra capacidad de crear modelos virtuales realidades en nuestro cerebro , en combinación con los pulgares de aspecto modesto , ha sido suficiente para dar paso a otra forma de la evolución: la tecnología. Este desarrollo permitió la persistencia del ritmo acelerado que se inició con la evolución biológica. Esto continuará hasta que el universo entero está en nuestras manos.

### **Recursos e Información de Contacto**

[Singularity.com](http://Singularity.com)

Nuevos desarrollos en los diversos campos tratados en este libro están acumulando a un ritmo acelerado . Para ayudar a mantener el ritmo , te invito a visitar [Singularity.com](http://Singularity.com), donde encontrará

- Las noticias recientes
- Una compilación de miles de historias de las noticias relevantes que se remonta a 2001 [KurzweilAI.net](http://KurzweilAI.net) (ver abajo)
- Cientos de artículos sobre temas relacionados de [KurzweilAI.net](http://KurzweilAI.net)
- Enlaces de investigación
- Los datos y la citación para todos los gráficos
- El material de este libro
- Extractos de este libro
- notas Online

[KurzweilAI.net](http://KurzweilAI.net)

También le invitamos a visitar nuestro sitio Web galardonado [KurzweilAI.net](http://KurzweilAI.net) , que incluye más de seiscientos artículos de más de un centenar de "grandes pensadores" (muchos de los cuales se citan en este libro), miles de artículos de noticias, listas de

eventos, y otras características. En los últimos seis meses, hemos tenido más de un millón de lectores . Memes sobre KurzweilAI.net incluyen:

- La Singularidad
- ¿ Máquinas Hazte consciente?
- Vivir para siempre o ¿Cómo construir un cerebro
- Realidades virtuales
- Nanotecnología
- Futuros peligrosos
- Visiones del Futuro
- Punto/Contrapunto

Puede suscribirse a nuestro e-newsletter gratuito (diaria o semanal) , poniendo su dirección de correo electrónico en la forma simple de una línea en la página principal KurzweilAI.net . No compartimos su dirección de correo electrónico con nadie.

### **Fantastic - Voyage.net y RayandTerry.com**

Para aquellos de ustedes que quieran optimizar su salud hoy en día , y para maximizar sus posibilidades de vivir lo suficiente para presenciar y experimentar realmente la Singularidad , visite Fantastic - Voyage.net y RayandTerry.com . He desarrollado estos sitios con Terry Grossman , MD, mi colaborador salud y coautor de Fantastic Voyage : vivir lo suficiente para vivir para siempre . Estos sitios contienen una amplia información acerca de cómo mejorar su salud con el conocimiento de hoy para que usted pueda estar en buena salud y ánimo cuando las revoluciones de la biotecnología y la nanotecnología están completamente maduros.

Ponerse en contacto con el autor:

**Ray Kurzweil** se puede llegar a [ray@singularity.com](mailto:ray@singularity.com) .

## **ANEXO**

### **La Ley de Aceleración de Devoluciones Revisited**

El siguiente análisis es la base de la comprensión del cambio evolutivo como un fenómeno doblemente exponencial ( es decir, un crecimiento exponencial en los que la tasa de crecimiento exponencial , el exponente - es en sí creciendo exponencialmente). Voy a describir aquí el crecimiento de la potencia de cálculo , aunque las fórmulas son similares para otros aspectos de la evolución , en especial los procesos y las tecnologías basadas en la información , incluyendo el conocimiento de

la inteligencia humana , que es una fuente principal del software de la inteligencia.

Estamos preocupados con tres variables:

**V** : velocidad (es decir, potencia) de la computación (medido en cálculos por segundo coste por unidad)

**W** : el conocimiento del mundo en lo que respecta al diseño y construcción de dispositivos computacionales

**t** : Tiempo

Como un análisis de primer orden, se observa que el poder informático es una función lineal de **W**. También observamos que **W** es acumulativo. Esto se basa en la observación de que los algoritmos de tecnología pertinentes se acumulan de manera incremental . En el caso del cerebro humano, por ejemplo , los psicólogos evolucionistas sostienen que el cerebro es un sistema de inteligencia masivamente modular , desarrollado a través del tiempo de manera gradual . Además, en este modelo simple , el incremento instantáneo al conocimiento es proporcional a la potencia computacional . Estas observaciones llevan a la conclusión de que el poder computacional crece exponencialmente con el tiempo.

En otras palabras, la potencia de los ordenadores es una función lineal de los conocimientos de cómo construir ordenadores . Esto es realmente una hipótesis conservadora . En general, las innovaciones mejorar **V** por un múltiplo, no de una manera aditiva . Innovaciones independientes (cada uno representando un incremento lineal de conocimiento) se multiplican los efectos de los otros . Por ejemplo, un circuito de avance, tales como **CMOS** (semiconductor complementario de óxido metálico), una metodología más eficiente **IC** cableado , un procesador de la innovación tales como la canalización, o una mejora algorítmica tales como la transformada rápida de Fourier , todo aumento de **V** por múltiplos independientes .

Como se ha señalado , nuestras observaciones iniciales son :

La velocidad de cálculo es proporcional al conocimiento del mundo :

$$(1) \quad \mathbf{V} = \mathbf{c}_1 \mathbf{W}$$

La tasa de cambio de conocimiento del mundo es proporcional a la velocidad de la computación :

$$(2) \quad \mathbf{dW} / \mathbf{dt} = \mathbf{c}_2 \mathbf{V}$$

Sustituyendo ( 1 ) en ( 2 ) se obtiene :

$$(3) \quad \mathbf{dW} / \mathbf{dt} = \mathbf{c}_1 \mathbf{c}_2 \mathbf{W}$$

La solución a esto es :

$$(4) \quad \mathbf{W} = \mathbf{W}_0 \mathbf{e}^{\mathbf{c}_1 \mathbf{c}_2 \mathbf{t}}$$

y **W** crece exponencialmente con el tiempo ( **e** es la base de los logaritmos naturales )

Los datos que he reunido muestra que hay un crecimiento exponencial de la tasa de ( exponente de ) crecimiento exponencial ( doblamos potencia de los ordenadores

cada tres años a principios del siglo XX, y cada dos años a mediados de siglo, y estamos doblando que todos los años ahora). El poder de crecimiento exponencial de los resultados de la tecnología en el crecimiento exponencial de la economía . Esto se puede observar que se remonta por lo menos un siglo. Curiosamente , las recesiones , como la Gran Depresión , se pueden modelar como un ciclo bastante débil en la parte superior del crecimiento exponencial subyacente. En cada caso, la economía " vuelva a encajar " a donde se habría tenido la recesión / depresión nunca existió en el primer lugar . Podemos ver un crecimiento exponencial aún más rápido en las industrias específicas ligadas a las tecnologías de crecimiento exponencial , tales como la industria informática .

Si tenemos en cuenta el crecimiento exponencial de los recursos para computación, podemos ver la fuente para el segundo nivel de crecimiento exponencial.

Una vez más, tenemos que:

$$(5) \quad V = C_1 W$$

Pero ahora se incluye el hecho de que los recursos utilizados para el cálculo ,  $N$  , también están creciendo de manera exponencial :

$$(6) \quad N = c_3 e^{c_4 t}$$

La tasa de cambio de conocimiento del mundo es ahora proporcional al producto de la velocidad de la computación y los recursos empleados :

$$(7) \quad dW / dt = c_2 NV$$

Sustituyendo (5) y (6) en (7) se obtiene:

$$(8) \quad dW / dt = c_1 c_2 c_3 e^{c_4 t} W$$

La solución a esto es :

$$(9) \quad W = W_0 \left( c_1 c_2 c_3 \right) e^{c_4 t}$$

c4

y el conocimiento del mundo se acumula a un ritmo exponencial doble.

Ahora vamos a considerar algunos datos del mundo real. En el capítulo 3 , que estima la capacidad computacional del cerebro humano , con base en los requisitos para la simulación funcional de todas las regiones del cerebro, que es aproximadamente

$10^{16}$  cps . Simulación de las no linealidades sobresalientes en todas las neuronas y la conexión interneuronal requeriría un nivel más alto de la computación :  $10^{11}$  neuronas veces una media de  $10^3$  conexiones por neurona ( con los cálculos que tienen lugar principalmente en las conexiones ) Tiempos  $10^2$  transacciones por segundo Tiempos  $10^3$  cálculos por transacción - un total de aproximadamente  $10^{19}$  cps. El siguiente análisis asume el nivel de simulación funcional ( $10^{16}$  cps).

## Análisis de tres

Teniendo en cuenta los datos para calcular los dispositivos y ordenadores reales durante el siglo XX :

Sea  $S = \text{cps} / \$ 1\text{K}$  : cálculos por segundo por \$ 1.000.

Partidos de datos informáticos del siglo XX:

### Analysis Three

Considering the data for actual calculating devices and computers during the twentieth century:

Let  $S = \text{cps}/\$1\text{K}$ : calculations per second for \$1,000.

Twentieth-century computing data matches:

$$S = 10^{\left[ 0.00 \times \left[ \left( \frac{20.00}{0.00} \right)^{\frac{\text{Year} - 1900}{100}} \right] - 11.00 \right]}$$

We can determine the growth rate,  $G$ , over a period of time:

$$G = 10^{\left( \frac{\log(S_c) - \log(S_p)}{Y_c - Y_p} \right)}$$

where  $S_c$  is cps/\$1K for current year,  $S_p$  is cps/\$1K of previous year,  $Y_c$  is current year, and  $Y_p$  is previous year.

Human brain =  $10^{18}$  calculations per second.

Human race = 10 billion ( $10^{10}$ ) human brains =  $10^{28}$  calculations per second.

We achieve one human brain capability ( $10^{18}$  cps) for \$1,000 around the year 2023.

We achieve one human brain capability ( $10^{18}$  cps) for one cent around the year 2037.

We achieve one human race capability ( $10^{28}$  cps) for \$1,000 around the year 2049.

Si tenemos en cuenta que la economía crece de manera exponencial , sobre todo en lo que respecta a los recursos disponibles para el cálculo ( ya cerca de un billón de dólares por año), podemos ver que la inteligencia no biológica será miles de millones de veces más poderosa que la inteligencia biológica antes de mediados del siglo .

Podemos derivar el crecimiento exponencial doble de otra manera. He señalado más arriba que la tasa de adición de conocimiento  $dW / dt$  era al menos proporcional a los conocimientos en cada punto en el tiempo . Esto es claramente conservador, dado que muchas de las innovaciones (incrementos al conocimiento) tienen un efecto multiplicativo en lugar de aditivo sobre la tasa de curso. Sin embargo , si tenemos una tasa de crecimiento exponencial de la forma :

$$(10) \frac{dW}{dt} = C W$$

donde  $C > 1$ , este tiene la solución:

$$(11) W = \frac{1}{\ln C} \ln \left( \frac{1}{1 - t \ln C} \right)$$

que tiene un crecimiento logarítmico lento, mientras que  $t < 1/\ln C$  pero luego explota cerca de la singularidad en  $t = 1/\ln C$ .

Incluso los modestos  $dW/dt = W^2$  resultados en una singularidad.

En efecto, cualquier fórmula con una tasa de crecimiento de ley de potencia de la forma:

donde  $a > 1$ , conduce a una solución con una singularidad:

en el momento  $T$ . Cuanto mayor sea el valor de  $a$ , más cerca de la singularidad.

Mi opinión es que es difícil imaginar que el conocimiento infinito, dados los recursos aparentemente limitados de la materia y la energía, y las tendencias a la fecha

coincida con un proceso exponencial doble. El término adicional (al  $W$ ) parece ser de la forma  $W \log(W)$ . Este término describe un efecto de red. Si tenemos una red como Internet, el efecto o el valor razonable puede ser demostrado ser proporcional al  $n \log(n)$ , donde  $n$  es el número de nodos. Cada nodo (usuario) los beneficios, por lo que esto explica el  $n$  multiplicador. El valor para cada usuario (a cada nodo) =  $\log(n)$ . Bob Metcalfe (inventor de Ethernet) ha postulado el valor de una red de  $n$  nodos  $\propto n^2$ , pero esto está exagerado. Si la Internet se duplica en tamaño, su valor para mí se incrementa pero no cumple una doble. Se puede demostrar que una estimación razonable es que el valor de una red a cada usuario es proporcional al logaritmo del tamaño de la red. Por lo tanto, su valor global es proporcional a  $n \log(n)$ .

Si la tasa de crecimiento en lugar incluye un efecto de red logarítmica, se obtiene una ecuación para la tasa de cambio que se da por

La solución a esto es una doble exponencial, lo que hemos visto en los datos de:  
 (15)  $W = \exp(y)$

## Notas

### Prólogo: El Poder de las Ideas

1 . Mi madre es una artista de talento especializado en pinturas de acuarela . Mi padre era un músico ha señalado, conductor de la Campana de la Sinfónica , fundador y ex presidente de la Universidad Departamento de Música Queensborough .

2 . El Tom Swift serie Jr. , que fue lanzado en 1954 por Grosset y Dunlap y escrito por una serie de autores bajo el seudónimo Victor Appleton, continuó hasta 1971 . El adolescente Tom Swift , junto con su amigo Bud Barclay, corrió por el universo a explorar lugares extraños , los malos conquistadores , y el uso de aparatos exóticos como la nave espacial del tamaño de casas , una estación espacial , un laboratorio de vuelo, un cycloplane , un hydrolung eléctrica, un seacopter buceo y un repellatron (que repelió las cosas, bajo el agua , por ejemplo , sería repeler el agua , formando una burbuja en la que los niños podían vivir ) .

Los nueve primeros libros de la serie son Tom Swift y su Flying Lab ( 1954 ) , Tom Swift y su Jetmarine ( 1954 ) , Tom Swift y su nave Rocket ( 1954 ) , Tom Swift y su robot gigante ( 1954 ) , Tom Swift y Su Blaster Tierra Atómica ( 1954 ) , Tom Swift y su puesto avanzado en el espacio ( 1955 ) , Tom Swift y su buceo Seacopter ( 1956 ) , Tom Swift en las Cuevas del Fuego Nuclear ( 1956 ) y Tom Swift en el satélite Phantom ( 1956 ) .

3 . El programa se llama Select. Los estudiantes completaron un cuestionario de trescientos artículo. El software , que contiene una base de datos de cerca de dos millones de piezas de información sobre los tres mil colegios , selecciona seis hasta quince colegios que coincidan con los intereses del estudiante , el fondo y la situación académica. Se procesaron alrededor de diez mil estudiantes en nuestra cuenta y luego vendió el programa a la editorial Harcourt , Brace y World .

4 . La era de las máquinas inteligentes , publicado en 1990 por el MIT Press, fue nombrado mejor libro Informática por la Asociación de Editores de Estados Unidos .

El libro explora el desarrollo de la inteligencia artificial y se prevé una serie de impactos filosóficas , sociales y económicos de las máquinas inteligentes . La narración se complementa con veintitrés artículos en AI de pensadores como Sherry Turkle , Douglas Hofstadter , Marvin Minsky , Seymour Papert y George Gilder . Para el texto completo del libro , ver <http://www.KurzweilAI.net/aim> .

5 . Las medidas clave de la capacidad (como el precio - rendimiento, ancho de banda, y la capacidad ) aumento por múltiplos ( es decir, las medidas se multiplican por un factor para cada incremento de tiempo ) en lugar de ser añadido a linealmente .

6 . Douglas R. Hofstadter , Gödel , Escher , Bach : un Eterno Trenza de Oro (Nueva York: Basic Books , 1979 ) .

## Capítulo uno: Los Seis Épocas

1 . Según el sitio Transtopia ( <http://transtopia.org/faq.html> # 1.11 ) " Singularitarian " era " originalmente definido por Mark Plus ( 91 ) en el sentido de " el que cree que el concepto de singularidad . " Otra definición de este término es " activista de Singularity " o " amigo de la singularidad " , es decir, aquel que actúa con el fin de lograr una Singularity [Marcos Plus , 1991 , Principios Singularitarian , Eliezer Yudkowsky , 2000 ] . "No hay acuerdo universal sobre la definición, y muchos transhumanistas son todavía Singularitarians en el sentido original , es decir, " " creen en el concepto de singularidad " en lugar de "activistas " o "amigos .

Eliezer S. Yudkowsky , en los Principios Singularitarian , versión 1.0.2 (1 de enero de 2000) , <http://yudkowsky.net/sing/principles.ext.html> , propuso una definición alternativa : " A Singularitarian es alguien que cree que creando tecnológicamente una inteligencia mayor que la humana es deseable, y que trabaja para ello . a Singularitarian es amigo, abogado, defensor , y el agente del futuro conocido como Singularity " .

Mi opinión : se puede avanzar en la singularidad y en particular que sea más probable que represente un avance constructivo del conocimiento de muchas maneras y en muchos ámbitos de discurso humano, por ejemplo, promover la democracia, la lucha contra los sistemas de creencias e ideologías totalitarias y fundamentalistas , y la creación de conocimiento en todas sus diversas formas: la música, el arte, la literatura, la ciencia y la tecnología. Me considero una Singularitarian como alguien que entiende las transformaciones que están llegando en este siglo y que ha reflexionado sobre sus implicaciones para su propia vida.

2 . Vamos a examinar las tasas de duplicación de cómputo en el siguiente capítulo . Aunque el número de transistores por unidad de costo se ha duplicado cada dos años , los transistores han estado recibiendo cada vez más rápido, y ha habido muchos otros niveles de innovación y mejora. La potencia total del cálculo del coste unitario ha sido recientemente duplica cada año . En particular, la cantidad de cálculo ( en los cálculos por segundo ) que puede ser ejercida a una máquina de ajedrez por computadora se duplicó cada año durante la década de 1990 .

3 . John von Neumann, parafraseado por Stanislaw Ulam, " Homenaje a John von Neumann, " Boletín de la American Mathematical Society 64.3, pt. 2 (mayo de 1958) : 1-49 . Von Neumann (1903-1957) nació en Budapest en una familia de banqueros judíos y llegó a la Universidad de Princeton para enseñar matemáticas en 1930. En 1933 se convirtió en uno de los seis profesores originales en el nuevo Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, donde permaneció hasta el final de su vida. Sus intereses eran muy HASTA : era la fuerza principal en la definición del nuevo campo de la mecánica cuántica , junto con Oskar Morgenstern coautor , escribió la Teoría de Juegos y Comportamiento Económico , un texto que transformó el estudio de la economía , y que hizo importantes contribuciones a la el diseño lógico de los primeros ordenadores , como MANIAC edificio ( Analizador Matemáticas, Numeral Integrator and Computer ) a finales de 1930 .

Así es como Oskar Morgenstern describe von Neumann en el obituario "John von Neumann , 1903-1957 ", en el Economic Journal (marzo 1958: 174 ) : " Von Neumann ejerce una inusual gran influencia en el pensamiento de otros hombres en sus relaciones personales .... Su conocimiento estupenda , la respuesta inmediata , la intuición sin precedentes celebrada visitantes en el temor. A menudo resolver sus problemas antes de que hubieran terminado declarando ellos. Su mente era tan único que algunos han preguntado "a sí mismos - ellos también eminentes científicos -ya no representaba una nueva etapa en el desarrollo mental humano.

4 . Véanse las notas 20 y 21 , en el capítulo 2 .

5 . La conferencia se llevó a cabo 19 a 21 febrero 2003 , en Monterey , California. Entre los temas cubiertos fueron la investigación con células madre , la biotecnología , la nanotecnología , la clonación y los alimentos modificados genéticamente. Para obtener una lista de libros recomendados por los oradores de la conferencia , ver <http://www.thefutureoflife.com/books.htm> .

6 . La Internet , tal como se mide por el número de nodos ( servidores ) , se duplica cada año durante el 1980, pero fue sólo decenas de miles de nodos en 1985. Esto creció a decenas de millones de nodos por 1995 . En enero de 2003, el Internet Software Consortium ( [http://www.isc.org/ds/host-count history.html](http://www.isc.org/ds/host-count%20history.html) ) contó 172 millones de servidores de Internet , que son los servidores que alojan sitios Web. Ese número representa sólo un subconjunto del número total de nodos .

7 . A nivel más amplio , el principio antrópico establece que las constantes fundamentales de la física deben ser compatibles con nuestra existencia , y si no fuera así, no estaríamos aquí para observarlas. Uno de los catalizadores para el desarrollo del principio es el estudio de las constantes , tales como la constante de gravitación y la constante de acoplamiento electromagnético . Si los valores de estas constantes debían alejarse más allá de un rango muy estrecho, la vida inteligente no sería posible en nuestro universo. Por ejemplo , si la constante de acoplamiento electromagnético eran más fuertes , no habría ninguna unión entre los electrones y los otros átomos . Si fuera más débil , los electrones no podrían llevarse a cabo en órbita. En otras palabras , si esta sola constante se desvió fuera de un rango muy estrecho , moléculas serían no formar . Nuestro universo, entonces , parece que los proponentes del principio antrópico que ser ajustado para la evolución de la vida inteligente. (Los detractores como Víctor Stenger afirman que el ajuste no es tan buena después de todo, hay mecanismos compensatorios que apoyarían una ventana más amplia de por vida para formar en condiciones diferentes. )

El principio antrópico viene de nuevo en el contexto de las teorías de la cosmología contemporáneas que postulan múltiples universos (véanse notas 8 y 9, abajo) , cada uno con su propio conjunto de leyes. Sólo en un universo en el que las leyes permiten que existan seres pensantes que podrían estar aquí haciendo estas preguntas .

Uno de los textos fundamentales de la discusión es John Barrow y Frank Tipler , El Principio Cosmológico Antrópico (Nueva York: Oxford University Press, 1988 ) . Véase también Steven Weinberg, " A Universe Designer ? " en [http://www.physlink.com/Educación/essay\\_weinberg.cfm](http://www.physlink.com/Educación/essay_weinberg.cfm) .

8 . Según algunas teorías cosmológicas , había varios grandes explosiones , no uno , dando lugar a múltiples universos paralelos ( multiversos o " burbujas " ) . Las diferentes constantes físicas y fuerzas se aplican en los diferentes burbujas ; condiciones en algunos ( o al menos una ) de estas burbujas apoyan la vida a base de carbono . Ver Max Tegmark , " Universos paralelos " , Scientific American ( mayo de 2003 ) : 41-53 , Martin Rees , " Exploración de Nuestro Universo y otros , " Scientific American ( diciembre de 1999 ) : 78-83 ; Andrei Linde , " La auto-reproduce Universo inflacionario , " Scientific American ( noviembre de 1994 ) : 48-55 .

9 . Los " muchos mundos " o la teoría del multiverso como una interpretación de la mecánica cuántica fue desarrollada para resolver un problema planteado por la mecánica cuántica y se ha combinado con el principio antrópico . Según el resumen de Quentin Smith :

Una dificultad seria asociada con la interpretación convencional o de Copenhague de la mecánica cuántica es que no se puede aplicar a la geometría general de la relatividad espacio-tiempo de un universo cerrado . Un estado cuántico de un universo tal se puede describir como una función de onda con amplitud variable espacial-temporal , la probabilidad de que el estado del universo de ser encontrado en cualquier punto dado es el cuadrado de la amplitud de la función de onda en ese punto . Para que el universo para hacer la transición de la superposición de muchos puntos de diferentes probabilidades a uno de estos puntos - la una en la que lo que realmente es - un aparato de medición debe ser introducido que colapsa la función de onda y determina el universo de estar en ese punto . Pero esto es imposible , porque no hay nada fuera del universo , ningún aparato de medición externo , que puede colapsar la función de onda .

Una posible solución es el desarrollo de una interpretación de la mecánica cuántica que no se basa en la noción de la observación externa o medición que es central para la interpretación de Copenhague . A la mecánica cuántica se pueden formular que es interna a un sistema cerrado .

Es una interpretación tal que Hugh Everett desarrolló en su artículo de 1957 , " Formulación relativa Estado de la mecánica cuántica . " Cada punto en la superposición representada por la función de onda se considera que contiene realmente un estado del observador ( o aparato de medida ) y un estado del sistema que está siendo observado . Así , " a cada observación siguiente ( o interacción ) , ' ramas ' el estado de observador en un número de estados diferentes . Cada rama representa un resultado diferente de la medición y el estado propio correspondiente para el estado del objeto - sistema . Existen todas las ramas simultáneamente en la superposición después de cualquier secuencia dada de observaciones " .

Cada rama es causalmente independiente de cada otra rama , y , en consecuencia ningún observador volverá a ser consciente de cualquier proceso de " dividir " . El mundo se parece cada observador como lo hace , de hecho , parece .

Aplicado al universo como un todo , esto significa que el universo se divide regularmente en numerosos diferentes y causalmente independiente de las ramas ,

como consecuencia de la interacción de medida - como entre sus diferentes partes . Cada rama puede ser considerado como un mundo separado , con cada mundo constantemente división en más mundos .

Dado que estas ramas - el conjunto de universos - se incluyen tanto los adecuados y no adecuados para la vida , Smith continúa: " En este punto se puede decir cómo se puede utilizar el principio antrópico fuerte en combinación con la interpretación de muchos mundos de la mecánica cuántica en un intento de resolver el problema aparente mencionado al comienzo de este ensayo . El hecho aparentemente problemático que un mundo con vida inteligente es real , en lugar de uno de los muchos mundos sin vida , se encontraron para no ser un hecho en absoluto. Si mundos con vida y sin vida son tanto reales , entonces no es de extrañar que este mundo es real, pero es algo de esperar " .

Quentin Smith, "El Principio Antrópico y muchos mundos cosmologías , " Australasian Journal of Philosophy 63,3 (septiembre de 1985) , disponible en [http://www.qsmithwmu.com/the\\_anthropic\\_principle\\_and\\_many\\_worlds\\_cosmologies.htm](http://www.qsmithwmu.com/the_anthropic_principle_and_many_worlds_cosmologies.htm) .

10 . Vea el capítulo 4 para una discusión completa de los principios de auto-organización del cerebro y la relación de este principio de funcionamiento de reconocimiento de patrones.

11 . Con una trama " lineal " ( donde todas las divisiones gráfico son iguales ) , sería imposible de visualizar todos los datos (por ejemplo, miles de millones de años) en un espacio limitado (por ejemplo, una página de este libro ). Un gráfico logarítmico ( "log") resuelve que trazando el orden de magnitud de los valores en lugar de los valores reales , lo que permite ver un mayor número de datos.

12 . Theodore Modis , profesor DUXX , Escuela de Graduados en Liderazgo Empresarial en Monterrey, México , trató de desarrollar una "ley matemática precisa que rige la evolución del cambio y la complejidad en el Universo. " Para investigar la estructura y la historia de estos cambios , se requiere un conjunto de datos de análisis conjunto de hechos significativos en los hechos equivalen a un cambio importante.

No quería que confiar únicamente en su propia lista, debido al sesgo de selección. En cambio, él compiló trece varias listas independientes de los principales acontecimientos de la historia de la biología y la tecnología de estas fuentes :

Carl Sagan , Los Dragones del Edén : Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana (New York: Ballantine Books , 1989) . Fechas exactas proporcionadas por Modis . Museo Americano de Historia Natural. Fechas exactas proporcionadas por Modis .

El conjunto de datos "acontecimientos importantes en la historia de la vida " de la Encyclopaedia Britannica . Recursos Educativos de Astronomía y Ciencias Planetarias ( ERAPS ), Universidad de Arizona, <http://ethel.as.arizona.edu/~collins/astro/subjects/evolve-26.html> .

Paul D. Boyer , bioquímico , ganador del Premio Nobel 1997 , comunicación privada . Fechas exactas proporcionadas por Modis .

JD Barrow y J. Silk , "La estructura del Universo temprano , " Scientific American 242,4 (abril 1980 ) : 118-28 .

J. Heidmann , Odisea Cósmica: Observatoire de Paris , trad. Simon Mitton (Cambridge , Reino Unido : Cambridge University Press, 1989 ) .

J.W. . Schopf , ed , los principales acontecimientos de la historia de la vida , simposio convocado por el Centro de IGPP para el Estudio de la Evolución y el Origen de la Vida, 1991 (Boston : Jones and Bartlett , 1991 ) .

Phillip Tobias , " Principales acontecimientos en la historia de la humanidad " , cap. 6 en Schopf , Grandes Eventos en la Historia de la Vida.

David Nelson, "Conferencia sobre la Evolución Molecular I, " <http://drnelson.utmem.edu/evolution.html> y " Lecture Notes para Evolution II " , <http://drnelson.utmem.edu/evolution2.html> .

G. Burenhult , ed , los primeros humanos : . Orígenes Humanos e Historia de 10,000 BC ( San Francisco : Harper San Francisco , 1993 ) .

D. Johanson y B. Edgar , De Lucy al Lenguaje (New York: Simon & Schuster, 1996 )  
R. Coren , la trayectoria evolutiva : El crecimiento de la información en la historia y el futuro de Tierra, futuros estudios de evolución general del mundo (Amsterdam : Gordon and Breach, 1998 ) .

Estas listas actualizadas de los años 1980 y 1990 , con la mayoría que cubre la historia conocida del universo , mientras que tres se centran en el período más estrecho de la evolución de los homínidos . Las fechas utilizadas por algunas de las listas de más edad son imprecisos , pero son los propios acontecimientos , y las ubicaciones relativas de estos acontecimientos en la historia , que son de interés primario.

Modis luego combina estas listas para encontrar grupos de grandes eventos, sus "hitos canónicos " . Esto resultó en 28 etapas canónicas de los hitos 203 en las listas. Modis también utilizó otra lista independiente por parte de Coren como un control para ver si se corrobora sus métodos. Ver T. Modis , " La predicción del crecimiento de la complejidad y el cambio " , Previsión tecnológica y cambio social 69,4 ( 2002 ) ; <http://ourworld.compuserve.com/homepages/tmodis/TedWEB.htm> .

13 . Modis señala que los errores pueden surgir de las variaciones en el tamaño de las listas y de las variaciones en las fechas asignadas a los eventos (ver T. Modis , " Los límites de la complejidad y el cambio , " The Futurist [ mayo - junio de 2003 ] , <http://ourworld.compuserve.com/homepage/tmodis/Futurist.pdf> ) . Así que utiliza conjuntos de fechas para definir sus metas canónicos. Un hito representa un margen, con errores conocidos supone que la desviación estándar. Para eventos sin múltiples fuentes , que " arbitrariamente asignar [ó ] el error medio como un error . " Modis

también señala otras fuentes de error - los casos en que las fechas exactas son desconocidas o cuando exista la posibilidad de asunción inadecuado de igual importancia para cada punto de datos - que no están atrapados en la desviación estándar.

Tenga en cuenta que la fecha de Modis de hace 54.600.000 años para la extinción de los dinosaurios no es lo suficientemente lejos .

14 . Los tiempos de restablecimiento interneuronales típicos son del orden de cinco milisegundos , lo que permite doscientos transacciones digitales - analógicos controlados por segundo . Incluso teniendo en cuenta múltiples no linealidades en el procesamiento neuronal de la información , esto es del orden de un millón de veces más lentos que los circuitos electrónicos actuales , que pueden cambiar en menos de un nanosegundo ( ver el análisis de la capacidad computacional en el capítulo 2 ) .

15 . Un nuevo análisis por Alamos investigadores del Laboratorio Nacional de Los de las concentraciones relativas de los isótopos radiactivos en sólo conocida reactor nuclear natural en el mundo ( en Oklo en Gabón , África Occidental ) ha encontrado una disminución en la constante de estructura fina , o alfa ( la velocidad de la luz es inversamente proporcional a la alfa), más de dos millones de años. Esto se traduce en un ligero aumento de la velocidad de la luz , aunque necesita claramente esta conclusión por confirmar . Consulte " Velocidad de la Luz puede haber cambiado recientemente , " New Scientist , 30 de junio de 2004, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99996092> . Véase también <http://www.sciencedaily.com/releases/2005/05/050512120842.htm> .

16 . Stephen Hawking declaró en una conferencia científica en Dublín el 21 de julio de 2004, que se había equivocado en una afirmación controversial que hizo hace treinta años sobre los agujeros negros . Había dicho la información acerca de lo que había sido tragado por un agujero negro nunca se pudo recuperar de ella. Este habría sido una violación de la teoría cuántica , que dice que la información se conserva. "Lamento decepcionar a los fans de la ciencia ficción , pero si se conserva la información no hay posibilidad de usar los agujeros negros para viajar a otros universos ", dijo . " Si usted salta en un agujero negro , su masa y energía será devuelta a nuestro universo , pero en una forma mutilada , que contiene la información sobre cómo eras , pero en un estado irreconocible. " Ver Dennis Overbye , " Sobre esos agujeros negros temibles ? Never Mind " , New York Times, 22 de julio de 2004.

17 . Un horizonte de sucesos es el límite exterior o perímetro de una región esférica que rodea la singularidad (en el centro del agujero negro , que se caracteriza por la infinita densidad y presión) . En el interior del horizonte de sucesos , los efectos de la gravedad son tan fuertes que ni siquiera la luz puede escapar , aunque no es la radiación que emerge de la superficie debido a los efectos cuánticos que causan pares partícula-antipartícula que forman , con uno de los pares que se tira en el negro agujero y el otro siendo emitidos en forma de radiación ( llamada radiación de Hawking ) . Esta es la razón por la que estas regiones son llamados "agujeros negros ", un término inventado por el profesor John Wheeler. Aunque los agujeros negros se

predijo originalmente por el astrofísico alemán Kurt Schwarzschild en 1916 sobre la base de la teoría de la relatividad general , su existencia en los centros de las galaxias de Einstein sólo recientemente se ha demostrado experimentalmente. Para mayor información , consulte Kimberly Weaver, " La extraña pareja galáctica ", <http://www.scientificamerican.com> . 10 de junio 2003 , Jean -Pierre Lasota , "

Desenmascarando los agujeros negros ", Scientific American (mayo de 1999): 41-47; Stephen Hawking , Breve Historia del Tiempo : Del Big Bang a los Agujeros Negros ( Nueva York: Bantam, 1988 ) .

18 . Joel Smoller y el Templo de Blake, "Shock -Wave Cosmología Dentro de un Agujero Negro ", Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 100,20 (30 de septiembre , 2003) : 11216-18 .

19 . Vernor Vinge , " primera palabra " Omni (enero de 1983) : 10 .

20 . Ray Kurzweil , La era de las máquinas inteligentes (Cambridge , Mass.: MIT Press, 1989 ) .

21 . Hans Moravec , mente infantil : el futuro del robot y la Inteligencia Humana ( Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1988 ) .

22 . Vernor Vinge , " La Singularidad Tecnológica Venida : Cómo sobrevivir en la era Post- Human , " VISION- 21 simposio , patrocinado por el Centro de Investigación NASA Lewis y el Instituto Aeroespacial de Ohio, en marzo de 1993. El texto está disponible en <http://www.KurzweilW.net/vingeing> .

23 . Ray Kurzweil , La era de las máquinas espirituales : Cuando los equipos de Sobres Inteligencia Humana (NewYork : Viking, 1999 ) .

24 . Hans Moravec , Robot : Mere Machine to Mind Trascendente (Nueva York: Oxford University Press, 1999 ) .

25 . Damien Broderick, dos obras : El Pico : Acelerando hacia el futuro inimaginable (Sydney , Australia : Reed Books, 1997) y El Pico : cómo nuestras vidas están siendo transformadas por el rápido avance de las tecnologías , rev . ed. ( Nueva York : Tor / Forge , 2001 ) .

26 . Una de las descripciones de John inteligentes, "¿Cuál es la singularidad", se puede encontrar en <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0133.html> , para una colección de los escritos de John inteligentes en la aceleración de la tecnología, la singularidad , y las cuestiones conexas , ver <http://www.singularitywatch.com> y <http://www.Accelerating.org> .

John Smart ejecuta la conferencia "Cambio Acelerado " , que abarca temas relacionados con la "inteligencia artificial y la amplificación de la inteligencia. " Ver <http://www.accelerating.org/ac2005/index.html> .

27 . Una emulación del cerebro humano que se ejecuta en un sistema electrónico corría mucho más rápido que nuestros cerebros biológicos . Aunque los cerebros humanos se benefician de paralelismo masivo (del orden de cien billones de conexiones interneuronales , todos potencialmente operando simultáneamente ) , el

tiempo de reposición de las conexiones es demasiado lenta en comparación con la electrónica contemporánea.

28 . Véanse las notas 20 y 21 , en el capítulo 2 .

29 . Ver el apéndice, "La Ley de Aceleración de Devoluciones Revisited " , para un análisis matemático del crecimiento exponencial de la tecnología de la información que se aplica a la relación precio- rendimiento de la computación .

30 . En un documento de 1950 publicado en la mente : una revisión trimestral de Psicología y Filosofía , el teórico equipo Alan Turing planteó las famosas preguntas " ¿Pueden pensar en una máquina Si un equipo se le ocurrió , ¿cómo podemos saberlo? " La respuesta a la segunda pregunta es la prueba de Turing . Como se define actualmente la prueba, un comité de expertos interroga a un correspondiente remoto en una amplia gama de temas como el amor , la actualidad , las matemáticas , la filosofía y la historia personal del destinatario para determinar si el interlocutor es un equipo o un ser humano. La prueba de Turing está pensado como una medida de la inteligencia humana , la no aprobación de la prueba no implica una falta de inteligencia. El artículo original de Turing se puede encontrar en <http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm> . ;

véase también la Enciclopedia Stanford de Filosofía <http://plato.stanford.edu/entries/turing-test> , para una discusión de la prueba.

No hay un conjunto de trucos o algoritmos que permitan una máquina para pasar una prueba de Turing bien diseñado sin tener que poseer la inteligencia a un nivel completamente humano . Véase también Ray Kurzweil , " una apuesta por el Test de Turing : ¿Por qué creo que ganaré " , <http://www.KurzweilAI.net/turingwin> .

31 . Ver John H. Byrne, " Propagación del potencial de acción , " Neurociencia Online , <https://oac22.hsc.uth.tmc.edu/courses/nba/s1/i3-1.html> : " La velocidad de propagación de la acción potenciales en los nervios pueden variar de 100 metros por segundo ( 580 millas por hora ) a menos de una décima parte de un metro por segundo ( 0,6 millas por hora ) " .

Véase también Kenneth R. Koehler , " El potencial de acción , " <http://www.rwc.uc.edu/koehler/biophys/4d.html>: "La velocidad de propagación de las neuronas motoras de mamíferos es 10 a 120 m / s , mientras que para las neuronas sensoriales amielínico es aproximadamente 5-25 m / s ( amielínico fuego neuronas de una manera continua , sin los saltos ; fuga de iones permite efectivamente circuitos completos pero ralentiza la velocidad de propagación). "

32 . Un estudio de 2002 publicado en Science pone de relieve el papel de la proteína beta - catenina en la expansión horizontal de la corteza cerebral en los seres humanos . Esta proteína juega un papel clave en el plegamiento y el ranurado de la superficie de la corteza cerebral , es este plegado , de hecho, que aumenta el área superficial de esta parte del cerebro y hace espacio para más neuronas . Los ratones que producen en exceso la proteína desarrollaron arrugadas cortezas cerebrales , doblado sustancialmente con más superficie que las cortezas cerebrales lisas y planas

de los ratones de control. Anjen Chenn y Christopher Walsh, " Reglamento de Tamaño cortical cerebral mediante el control del ciclo celular Salir de precursores neuronales, " Science 297 (julio 2002 ) : 365-69 .

Una comparación de los perfiles de expresión de genes de la corteza cerebral - para los seres humanos , chimpancés y macacos rhesus 2003 mostró una diferencia de expresión en sólo noventa y un genes asociados con la organización del cerebro y la cognición . Los autores del estudio se sorprendieron al encontrar que el 90 por ciento de estas diferencias implicada la regulación positiva ( mayor actividad ) . . Véase M. Cacaes et al, " elevados niveles de expresión génica Distinguir Humanos de los cerebros de primates no humanos", Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 100.22 (28 de octubre , 2003) : 13030-35 .

Sin embargo , la Universidad de California- Irvine Facultad de Medicina de los investigadores han descubierto que la materia gris en regiones específicas del cerebro está más relacionado con el coeficiente intelectual que es el tamaño del cerebro en general y que sólo el 6 por ciento de toda la materia gris en el cerebro parece estar relacionado con el coeficiente intelectual . El estudio también descubrió que, debido a estas regiones relacionadas con la inteligencia se encuentran en todo el cerebro, un " centro de inteligencia", como el lóbulo frontal, es poco probable. Ver "La inteligencia humana dependen del volumen y localización del tejido Gray Matter en el cerebro , " University of California -Irvine noticias

Comunicado (19 de julio de 2004) , [http://today.uci.edu/news/release\\_detail.asp?key=1187](http://today.uci.edu/news/release_detail.asp?key=1187) .

Un estudio de 2004 encontró que los genes del sistema nervioso humano muestran la evolución acelerada en comparación con los primates no humanos y que todos los primates habían acelerado la evolución en comparación con otros mamíferos. . Steve Dorus et al, " acelerada evolución de los genes del sistema nervioso en el origen del Homo sapiens , " Celda 119 (29 de diciembre 2004): 1027-1040 . En la descripción de este hallazgo , el investigador principal , Bruce Lahn , afirma: " Los seres humanos evolucionaron sus capacidades cognitivas no se debe a unas pocas mutaciones accidentales , sino más bien de un gran número de mutaciones adquiridas mediante excepcionalmente intensa selección a favor de las habilidades cognitivas más complejas. " Catalina Gianaro de la Universidad de Chicago Chronicle 24,7 (6 de enero de 2005).

Una sola mutación para el gen MYH16 de la fibra muscular se ha propuesto como un cambio que permite a los seres humanos tienen cerebros mucho más grandes . La mutación hace mandíbulas humanos ancestrales ' más débil , por lo que los humanos no exigen que las limitantes anclajes musculares cerebro de tamaño se encuentran en otros grandes simios. Stedman et al. , " La miosina mutación genética se correlaciona con cambios anatómicos en el linaje humano , " Naturaleza 428 (25 de marzo , 2004): 415-18 .

33 . Robert A. Freitas Jr. , " Diseño exploratorio en nanotecnología médica: un teléfono Mecánica Artificial Red , " células artificiales , sustitutos de la sangre , y Immobil . Biotech. 26 ( 1998 ) : 411-30 ;

<http://www.foresight.org/Nanomedicine/Respirocytes.html> , véase también las imágenes de la galería de arte Nanomedicina

( <http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Species/Respirocytes.html> ) y animación premiado

( <http://www.phleschbubble.com/album/beyondhuman/respirocyte01.htm> ) de los respirocitos .

34 . Foglets son la concepción de la nanotecnología pionero y Rutgers profesor J. Storrs Hall. He aquí un fragmento de su descripción : "La nanotecnología se basa en el concepto de pequeños robots , autorreplicantes The Fog Utility es una simple extensión de la idea : . Supongamos, en lugar de construir el objeto que desea átomo por átomo, la pequeña robots [ foglets ] vinculado sus brazos para formar una masa sólida en la forma del objeto que buscaba? Entonces, cuando usted se cansó de esa mesa de centro de vanguardia, los robots podrían simplemente cambiar un poco y usted tendría una elegante Queen Anne pieza en su lugar " . J. Storrs Hall, " ¿Qué quiero ser cuando sea mayor , es una nube ", Extropy Quarters , 3 y 4 , 1994 .

Publicado el KurzweilAI.net 06 de julio 2001 : <http://www.KurzweilAI.net/foglets> .

Ver también J. Storrs Hall, " Niebla Utilidad: La materia que los sueños están hechos, " en Nanotecnología : Especulaciones Molecular en la abundancia global , BC Crandall , ed. (Cambridge , Mass.: MIT Press, 1996 ) . Publicado el KurzweilAI.net 05 de julio 2001 : <http://www.KurzweilAI.net/utilityfog> .

35 . Sherry Turkle , ed , " objetos evocadores : cosas que pensamos Con " . Próximos .

36 . Consulte la sección " El crecimiento exponencial de la computación " figura en el capítulo 2 (p, 70 ) . Proyectando el crecimiento exponencial doble del precio- rendimiento de la computación para el final del siglo XXI , por un valor de cómputo de mil dólares proporcionará 1.060 cálculos por segundo ( cps ) . Como veremos en el capítulo 2 , tres análisis diferentes de la cantidad de computación necesaria para emular el resultado funcional del cerebro humano en una estimación de 1.015 cps . Una estimación más conservadora , que supone que será necesario para simular todo de las no linealidades en todas las sinapsis y dendritas , resulta en una estimación de 1.019 cps para emulación de neuromórficos del cerebro humano . Incluso tomando la cifra más conservadora , obtenemos una cifra de 1.029 cps a los aproximadamente 1010 seres humanos . Por lo tanto , los 1060 cps que se pueden comprar por mil dólares alrededor del año 2099 se representan 1031 ( diez millones de billones de billones de dólares) las civilizaciones humanas .

37 . La invención del telar mecánico y de las otras máquinas de automatización textil de principios del siglo XVIII, destruyó los medios de vida de la industria artesanal de los tejedores ingleses, que habían pasado por las empresas familiares estables durante

cientos de años . El poder económico pasa de las familias que tejen a los propietarios de las máquinas. Según cuenta la leyenda , un joven y débil mental llamado Ned Ludd rompió dos máquinas de la fábrica textil por pura torpeza. A partir de entonces , cada vez que se encontró el equipo de fábrica de misteriosamente han sido dañados , cualquier sospechoso de un crimen sería decir: " Pero Ned Ludd lo hizo. " En 1812 los tejedores desesperados formaron una sociedad secreta , un ejército de guerrilla urbana . Ellos hicieron las amenazas y exigencias de los dueños de fábricas , muchos de los cuales cumplieron . Cuando se le preguntó quien era su líder , contestaron , " ¿Por qué , el general Ned Ludd , por supuesto. " Aunque los luditas , que llegaron a ser conocidos , inicialmente dirigidas la mayor parte de su violencia contra las máquinas , una serie de enfrentamientos sangrientos estalló ese mismo año. La tolerancia del gobierno conservador de los luditas terminó , y el movimiento se disolvió con el encarcelamiento y colgando de los miembros prominentes . Aunque no pudieron crear un movimiento sostenido y viable , los luditas han seguido siendo un poderoso símbolo de la oposición a la automatización y la tecnología.

38 . Véase la nota 34 supra .

## **Capítulo II : Teoría de la Evolución de la tecnología :**

### **La Ley de Aceleración de Devoluciones**

1 . John Smart Resumen de " desarrollo evolutivo Entendimiento : Un desafío para los futuristas "

presentación ante la reunión anual de la Sociedad futurista Mundial , Washington , DC , 3 de agosto de 2004.

2 . Eso acontecimientos trascendentales en la evolución representan incrementos en la complejidad es la opinión de Theodore Modis . Ver Theodore Modis , " La predicción del crecimiento de la complejidad y el cambio", Previsión tecnológica y cambio social 69,4 (2002),

<http://ourworld.compuserve.com/homepages/tmodis/TedWEB.htm>.

3 . La compresión de archivos es un aspecto clave tanto de la transmisión de datos (por ejemplo, una música o un archivo de texto a través de Internet ) y de almacenamiento de datos. Cuanto más pequeño sea el archivo , menor tiempo necesario para transmitir y menos espacio que requerirá . El matemático Claude Shannon , a menudo llamado el padre de la teoría de la información , que se define la teoría básica de la compresión de datos en su documento "Una teoría matemática de la comunicación , " La Bell System Technical Journal 27 ( julio-octubre de 1948) : 379-423 , 623 - 56 . La compresión de datos es posible a causa de factores tales como la redundancia ( repetición ) y la probabilidad de aparición de combinaciones de caracteres en los datos . Por ejemplo , el silencio en un archivo de audio podría ser sustituido por un valor que indica la duración del silencio , y combinaciones de letras en un archivo de texto podría ser sustituido con identificadores codificados en el

archivo comprimido .

La redundancia puede ser removido por la compresión sin pérdida , como Shannon explicó , lo que significa que no hay pérdida de información . Hay un límite a la compresión sin pérdida , define por lo Shannon llama la tasa de entropía ( compresión aumenta la " entropía " de los datos , que es la cantidad de información real en que a diferencia de las estructuras de datos predeterminados y por lo tanto predecible ) . La compresión de datos elimina la redundancia de datos , la compresión sin pérdida lo hace sin perder los datos ( lo que significa que los datos originales exactos se pueden restaurar ) . Alternativamente , la compresión con pérdida , que se utiliza para los archivos gráficos o reproducir archivos de audio y vídeo , tiene como resultado la pérdida de información , a pesar de que la pérdida es a menudo imperceptible para nuestros sentidos .

La mayoría de las técnicas de compresión de datos utilizan un código , que es una cartografía de las unidades básicas (o símbolos) en la fuente a un alfabeto código. Por ejemplo , todos los espacios en un archivo de texto podrían ser reemplazadas por una sola palabra de código y el número de espacios . Un algoritmo de compresión se utiliza para configurar el mapeo y luego crear un nuevo archivo con el alfabeto del código , el archivo comprimido será más pequeño que el original y por lo tanto más fácil de transmitir o almacenar. Estas son algunas de las categorías en las que las técnicas de compresión sin pérdida comunes caen :

- Ejecutar la compresión de longitud , que reemplaza los caracteres se repiten con un código y un valor que representa el número de repeticiones de ese carácter ( ejemplos : Paquete -bits y PCX ) .
- codificación mínimos de redundancia o simples codificación de entropía , que asigna los códigos sobre la base de la probabilidad, con los símbolos más frecuentes que reciben los códigos más cortos ( ejemplos : la codificación de Huffman y la codificación aritmética ) .
- Diccionario codificadores , que utilizan un diccionario de símbolos actualizada dinámicamente para representar patrones (ejemplos: Lempel - Ziv , Lempel -Ziv - Welch , y desinflan ) .
- compresión de ordenación de bloques , que reorganiza caracteres en lugar de utilizar un alfabeto del código; compresión de longitud de ejecución a continuación, se puede utilizar para comprimir las cadenas de repetición ( ejemplo : Burrows - Wheeler transformada ) .
- Predicción por mapeo parcial , que utiliza un conjunto de símbolos en el archivo sin comprimir para predecir con qué frecuencia aparece el siguiente símbolo en el archivo .

4 . Murray Gell -Mann , " ¿Qué es la complejidad ? " en Complejidad, vol . 1 ( Nueva York : John Wiley and Sons , 1995 ) .

5 . El código genético humano tiene aproximadamente seis millones (unos 1.010 ) bits , sin considerar la posibilidad de compresión. Así que los 1027 bits que teóricamente pueden ser almacenadas en una roca de un kilogramo es mayor que el código genético en un factor de 1017 . Véase la nota 57 más abajo para una discusión de la compresión del genoma.

6 . Por supuesto , un ser humano , que también se compone de un gran número de partículas , contiene una cantidad de información comparable a una piedra de un peso similar cuando NOTAS 509 se consideran las propiedades de todas las partículas. Al igual que con la roca , no se necesita la mayor parte de esta información para caracterizar el estado de la persona . Por otro lado , se necesita mucha más información para caracterizar una persona que una roca .

7 . Véase la nota 175 en el capítulo 5 para una descripción algorítmica de algoritmos genéticos.

8 . Los humanos, chimpancés , gorilas y orangutanes están incluidos en la clasificación científica de los homínidos (familia Hominidae ) . Se cree que el linaje humano se han ido distanciando de sus grandes parientes simios hace cinco o siete millones años . El género Homo humanos en el Hominidae incluye especies extintas como el H. erectus y el hombre moderno ( Homo sapiens ) .

En manos de chimpancé , los dedos son mucho más largos y menos recta que en los seres humanos , y el pulgar es más corto , más débil , y no como móvil . Los chimpancés pueden látigo con un palo , pero tienden a perder su control . No pueden pellizcar con fuerza porque sus pulgares no se solapan sus dedos índices . En el ser humano moderno , el pulgar es más largo, y los dedos giran hacia un eje central, por lo que puede tocar todo el yemas de los dedos hasta la punta de su dedo pulgar , una cualidad que se llama completa oponibilidad . Estos y otros cambios dieron seres humanos dos nuevos apretones : los apretones de precisión y potencia. Incluso los homínidos prehomínidos como el Australopithecine de Etiopía llamada Lucy , quien se cree que vivió hace alrededor de tres millones de años, podría tirar piedras con velocidad y precisión. Desde entonces , los científicos afirman , las mejoras continuas en la capacidad de la mano de lanzar y club, junto con los cambios asociados en otras partes del cuerpo, se han traducido en ventajas sobre otros animales de tamaño y peso similar. Ver Richard Young, "La evolución de la mano humana : el papel de lanzamiento y Clubbing " , Diario de Anatomía 202 (2003) : 165-74 ; Frank Wilson , The Hand : cómo su uso moldea el cerebro , el lenguaje y la cultura humana ( New York : Pantheon, 1998 ) .

9 . El Instituto de Santa Fe ha sido pionera en el desarrollo de conceptos y tecnologías relacionadas con la complejidad y los sistemas emergentes . Uno de los principales desarrolladores de paradigmas asociados con el caos y la complejidad es Stuart Kauffman . Kauffman es en el hogar en el Universo : la búsqueda de las leyes de auto-organización y complejidad ( Oxford: Oxford University Press, 1995 ) ve "a las fuerzas del orden que están en el borde del caos . "

En su libro La evolución de la complejidad por medio de la selección natural

(Princeton : Princeton University Press, 1988 ), John Tyler Bonner hace las preguntas " ¿Cómo es que un huevo se convierte en un adulto elaborado Cómo es que una bacteria , ya muchos millones ? de años , podrían haber evolucionado a un elefante? "

John Holland es otro de los principales pensadores del Instituto de Santa Fe en el campo emergente de la complejidad. Su cartera de pedidos oculta: *Cómo Adaptación Construye Complejidad* ( Reading, Mass.: Addison- Wesley, 1996 ) incluye una serie de conferencias que presentó en el Instituto Santa Fe en 1994 . Véase también John H. Holland, *Emergence : del caos al orden* ( Reading, Mass.: Addison- Wesley , 1998) y Mitchell Waldrop , *Complejidad : La ciencia emergente en el borde de la Orden y el Caos* (New York: Simon & Schuster, 1992 ) .

10 . La segunda ley de la termodinámica explica por qué no hay tal cosa como un motor perfecto que utiliza todo el calor (energía ), producido por la quema de combustible para hacer el trabajo : un poco de calor , inevitablemente se pierde en el ambiente . Este mismo principio de la naturaleza sostiene que el calor fluirá desde una sartén caliente al aire frío en lugar de a la inversa . También postula que cierran ( "hombre " ) los sistemas de forma espontánea cada vez más desordenada sobre el momento - que tienden a moverse del orden al desorden . Las moléculas en el hielo patatas fritas, por ejemplo , están limitados en sus posibles arreglos . Así que una taza de cubitos de hielo tiene menos entropía ( desorden ) de la taza de agua de los trozos de hielo se convierten cuando se deja a temperatura ambiente . Hay muchos arreglos moleculares más posibles en el vaso de agua que en el hielo , más libertad de movimiento es igual a mayor entropía . Otra forma de pensar de la entropía es la multiplicidad. Las formas más que un estado podría lograr, mayor es la multiplicidad. Así, por ejemplo , un revueltas pila de ladrillos tiene una multiplicidad mayor ( y mayor entropía ) que una pila ordenada .

11 . Max Más articula la opinión de que " el avance tecnológico se combinan e interactivo para acelerar el progreso aún más rápido. " Max More," Seguimiento del 7 Vectores tecnología para aprovechar la aceleración tecnológica , " ManyWorlds , 1 de agosto de 2003.

12 . Para obtener más información, consulte JJ Emerson et al, "extenso Gene tráfico en el cromosoma X de mamíferos, " *Ciencia* 303.5657 (23 de enero , 2004): . 537-40, [http://www3.uta.edu/faculty/betran/science2004 . pdf](http://www3.uta.edu/faculty/betran/science2004.pdf); Nicholas Wade , " cromosoma depende de sí mismo para sobrevivir ", *New York Times* , 19 de junio de 2003, y Bruce T. Lahn y David C. Page , "cuatro estratos evolutivos en el cromosoma X humano, " *Ciencia* 286.5441 ( 29 de octubre 1999 ) : 964-67 , [http://inside.wi.mit.edu/page/Site/Page % 20PDFs/Lahn\\_and\\_Page\\_strata\\_1999.pdf](http://inside.wi.mit.edu/page/Site/Page%20PDFs/Lahn_and_Page_strata_1999.pdf) .

Curiosamente, el segundo cromosoma X en las mujeres se apaga en un proceso llamado inactivación de X para que los genes en un solo cromosoma X se expresan . La investigación ha demostrado que el cromosoma X del padre está desactivado en algunas células y el cromosoma X de la madre en otras células .

13 . Proyecto del Genoma Humano , "Perspectivas Aprendidas de la secuencia , "

[http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/project/journals/insights.html](http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/journals/insights.html)

. A pesar de que el genoma humano ha sido secuenciado , la mayor parte de ella no codifican para proteínas ( el llamado ADN basura ) , por lo que los investigadores siguen debatiendo cuántos genes se identificó entre los tres mil millones de pares de bases en el ADN humano . Las estimaciones actuales sugieren que menos de treinta mil , aunque durante el Proyecto del Genoma Humano estimaciones oscilaron de hasta cien mil . Consulte " Cómo muchos genes en el genoma humano ? "

( [http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/faq/genenumber.shtml](http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/faq/genenumber.shtml) ) y Elizabeth Pennisi , " Un número bajo gana la piscina GeneSweep , " Ciencia 300.5625 ( 6 de junio , 2003 ) : 1484.

14 . Niles Eldredge y Stephen Jay Gould propuso esta teoría en 1972 ( N. Eldredge y SJ

Gould , " equilibrio puntuado : Una Alternativa para gradualismo Phyletic , " en TJM Schopf , ed , Modelos de Paleobiología . [ San Francisco : Freeman , Cooper ] , pp 82-115 ) . Se ha suscitado acaloradas discusiones entre paleontólogos y biólogos evolutivos desde entonces , a pesar de que ha ido ganando aceptación. De acuerdo con esta teoría , millones de años pueden pasar con las especies de la estabilidad relativa. Este estancamiento es seguido por un estallido de cambio , dando lugar a nuevas especies y la extinción de edad ( llamado un " pulso rotación " de Elisabeth Vrba ) . El efecto es ecosystemwide , que afecta a muchas especies no relacionadas . Eldredge y Gould modelo propuesto requiere un nuevo perspectiva : " Por ningún sesgo puede ser más restrictivo que la invisibilidad y la estasis , inevitablemente leída como falta de evolución, siempre ha sido tratado como un no -sujeto Qué extraño , sin embargo, para definir el más común de todos los fenómenos paleontológicos como más allá de los intereses. o aviso ! " SJ Gould y N. Eldredge , " equilibrio puntuado mayoría de edad, " Nature 366 ( 18 de noviembre , 1993 ) : 223-27

Véase también K. Sneppen et al , " La evolución es un fenómeno crítico autoorganizado , " Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 92.11 ( 23 de mayo, 1995 ) : . 5209-13 ; Elisabeth S. Vrba , " Medio ambiente y Evolución: Alternativa las causas de la distribución temporal de los eventos evolutivos , " South African Journal of Science 81 ( 1985 ) : 229-36 .

15 . Como explicaré en el capítulo 6 , si la velocidad de la luz no es un límite fundamental para la transmisión rápida de información a las partes remotas del universo, entonces la inteligencia y la computación continuarán expandiéndose exponencialmente hasta que saturan el potencial de materia y energía para apoyar computación en todo el universo .

16 . La evolución biológica sigue siendo de relevancia para los seres humanos , sin embargo , en que la enfermedad de procesos tales como el cáncer y las enfermedades virales utilizar evolución contra nosotros ( es decir, las células y los virus del cáncer evolucionan para contrarrestar las contramedidas específicas, tales como los

medicamentos de quimioterapia y medicamentos antivirales , respectivamente ) . Pero podemos usar nuestra inteligencia humana para burlar la inteligencia de la evolución biológica , atacando los procesos de enfermedad a niveles suficientemente fundamentales y mediante el uso de enfoques de " cóctel" que atacan a una enfermedad de varias formas ortogonales (independientes) a la vez.

17 . Andrew Odlyzko , "Precios de Internet y la historia de las comunicaciones , " AT & T Labs Research, revisó la versión 8 de febrero de 2001 <http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/history.communications1b.pdf> .

18 . Telecomunicaciones Celulares e Internet Association , Encuesta de la Industria Wireless semestral , junio de 2004 , [http://www.ctia.org/research\\_statistics/index.cfm/AID/10030](http://www.ctia.org/research_statistics/index.cfm/AID/10030) .

19 . Electricidad, teléfono, radio, televisión, teléfonos móviles : FCC , [www.fcc.gov/Bureaus/Common\\_Carrier/Notices/2000/fc00057a.xls](http://www.fcc.gov/Bureaus/Common_Carrier/Notices/2000/fc00057a.xls) . Los ordenadores y el uso de Internet: Eric C. Newburger , USCensus Bureau , "Home Computers and Internet use en los Estados Unidos : August 2000" ( septiembre de 2001) , <http://www.census.gov/prod/2001pubs/p23-207.pdf> . Véase también "The Notebook Millennium " , Newsweek , 13 de abril de 1998, p . 14 .

20 . La tasa de cambio de paradigma , según lo medido por la cantidad de tiempo necesario para adoptar las nuevas tecnologías de la comunicación , en la actualidad duplica ( es decir, la cantidad de tiempo para la adopción masiva - define como siendo utilizado por una cuarta parte de los EE.UU. en la población se está reduciendo en medio ) cada nueve años . Véase también la nota 21 .

21 . La "Misa uso de las invenciones " gráfico en este capítulo , en la pág . 50 muestra que el tiempo requerido para su aprobación por el 25 por ciento de la población de EE.UU. disminuyó de forma constante durante los últimos 130 años . Para el teléfono, se requirieron 35 años en comparación con 31 para la radio - una reducción del 11 por ciento, o 0,58 por ciento al año en los 21 años entre estos dos inventos . El tiempo necesario para adoptar una invención cayó 0,60 por ciento por año entre la radio y la televisión, un 1,0 por ciento por año entre la televisión y el PC, un 2,6 por ciento por año entre el PC y el teléfono móvil, y un 7,4 por ciento por año entre el teléfono móvil y la World Wide web. La adopción masiva de la radio a partir de 1897 requeridos 31 años , mientras que la Web requiere tan sólo 7 años después de su introducción, en 1991 , una reducción del 77 por ciento en 94 años , o una tasa promedio de 1,6 por ciento de reducción en el tiempo de la adopción por año. Extrapolando este ritmo durante todo el siglo XX, los resultados en la reducción global del 79 por ciento para el siglo . Al ritmo actual de reducir el tiempo de aprobación de un 7,4 por ciento cada año , se necesitarían sólo 20 años al ritmo actual de los progresos para alcanzar la misma reducción.

El 79 por ciento que se logró en el siglo XX. A este ritmo , la tasa de cambio de paradigma duplica (es decir, tiempos de adopción se reducen en un 50 por ciento ) en alrededor de 9 años . En el siglo XXI , once duplicaciones de la velocidad se

traducirá en la multiplicación de la tasa por 211 , a cerca de 2.000 veces la tasa en el año 2000 . El aumento de la tasa será en realidad mayor que esto, porque la tasa actual continuará aumentando a medida que se hizo de manera constante durante el siglo XX .

22 . Los datos de 1967-1999 , los datos de Intel , consulte Gordon E. Moore , "Nuestra revolución", [http://www.siaonline.org/downloads / Moore.pdf](http://www.siaonline.org/downloads/Moore.pdf). Data from 2000-2016 , International Technology Roadmap para Semiconductores ( ITRS ) 2002 actualización y 2004 Update, <http://public.itrs.net/Files/2002Update/2002Update.pdf> y [http://www.itrs.net/Common/2004Update/2004\\_00\\_Overview.pdf](http://www.itrs.net/Common/2004Update/2004_00_Overview.pdf) .

23 . El costo DRAM ITRS es el costo por bit ( microcents envasados) en producción. Los datos de 1971 -

2000 : VLSI Research Inc. Datos 2001-2002 : ITRS , 2002 Update, Tabla 7a, Años Costo - Corto Plazo , p . 172 . Los datos de 2003-2018 : RTI, 2004 Update, Tablas 7a y 7b , Años Costo - Corto Plazo , pp 20-21 .

24 . Intel y los informes de Dataquest ( diciembre de 2002) , ver Gordon E. Moore, "Nuestra revolución", [http://www.sia-online.org/downloads/Moore . pdf](http://www.sia-online.org/downloads/Moore.pdf) .

25 . Randall Goodall , D. Fandel y H. Huffet , "Mecanismos de productividad a largo plazo de la industria de los semiconductores " , Noveno Simposio Internacional sobre silicio Ciencia de los Materiales y Tecnología, 12 a 17 mayo 2002 , Philadelphia , patrocinado por la Sociedad Electroquímica ( ECS ) e Internacional Sematech .

26 . Los datos de 1976-1999 : ER Berndt , ER Dulberger y NJ Rappaport , " Precio y Calidad de escritorio y móviles Computadoras Personales : Un cuarto de siglo de historia " , 17 de julio de 2000, [http://www.nber.org/ ~ confer/2000/si2000/berndt.pdf](http://www.nber.org/~confer/2000/si2000/berndt.pdf) . Los datos de 2001-2016 : RTI, 2002 Update, reloj en chip local en la Tabla 4c : Performance Package y patatas fritas : Frecuencia años Niveles - Corto Plazo cableado On- Chip, p. 167 .

27 . Véase la nota 26 de la velocidad de reloj ( tiempo de ciclo ) y la nota 24 de costo por transistor.

28 . Transistores en los microprocesadores Intel Microprocesador : Guía de referencia rápida , Intel Research, <http://www.intel.com/pressroom/kits/quickrefyr.htm> . Véase también Áreas de Investigación de silicio , Intel Research , <http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm> .

29 . Los datos de Intel Corporation . Ver también Gordon Moore , "No exponencial es para siempre ... pero podemos

Delay 'Forever' " , presentado en la Conferencia Internacional de Circuitos de Estado Sólido ( ISSCC ), febrero 10 , 2003, [ftp://download.intel.com/ research/silicio / Gordon\\_Moore\\_ISSCC\\_021003.pdf](ftp://download.intel.com/research/silicio/Gordon_Moore_ISSCC_021003.pdf) .

30 . Steve Cullen, " Semiconductor Perspectivas de la Industria " , InStat / MDR , no reportan . IN0401550SI , abril

2004 , <http://www.instat.com/abstract.asp?id=68&SKU=IN0401550SI> .

31 . Mundial Semiconductor Trade Statistics , <http://wsts.www5.kcom.at> .

32 . Oficina de Análisis Económico del Departamento de Comercio,  
<http://www.bea.gov/bea/dn/home/gdp.htm> EE.UU. .

33 . Ver notas 22-24 y 26-30 .

34 . International Technology Roadmap para Semiconductores de 2002  
actualización , Internacional Sematech .

35 . "25 años de Historia de la Computación " ,  
<http://www.compros.com/timeline.html> ; Linley Gwennap , " Nacimiento de un chip  
" , BYTE ( diciembre de 1996 ) , <http://www.byte.com/art/9612/sec6/art2.htm> : "El  
6000 CDC

Computer Series, " <http://www.moorecad.com/standardpascal/cdc6400.html> ; " Una  
Cronología de Historia de la Computación " ,  
<http://www.cyberstreet.com/lhcs/museum/chron.htm> , Marcos Brader , " Una  
Cronología Máquinas de computación digital ( hasta 1952 ) , "  
<http://www.davros.org/misc/chronology.html> ; Karl Kempf , " Ordenadores  
electrónicos dentro del Cuerpo de artillería " , noviembre de 1961, <http://ftp.arl.mil/~mike/comphist/61ordnance/index.html> ; Ken Polsson , " Cronología de los  
ordenadores personales , " <http://www.islandnet.com/~kpolsson/comphist> , " La  
Historia de la computación en Los Alamos , " <http://bang.lanl.gov/video/sunedu/equipo/comphist.html> (requiere contraseña) , la Sala de Máquinas ,  
<http://www.machine-room.org> ; Mind Machine web Museum,  
<http://www.userwww.sfsu.edu/~hl/mmm.html> ; Hans Moravec , datos  
informáticos , <http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/book97/ch3/processor.list> ; "PC  
Magazine Online : Quince años de PC Magazine, "

<http://www.pcmag.com/article2/0,1759,23390,00> asp , Stan Augarten, poco a poco :  
Una historia ilustrada de Computadoras (New York: Ticknor y Fields, 1984 ) , la  
Asociación Internacional de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos ( IEEE ) , Anales de  
la Historia del Ordenador 9.2 ( 1987 ) : 150-53 y 16.3 ( 1994 ) : 20 ; Hans Moravec ,  
mente de niños: El futuro de Robot y la Inteligencia Humana ( Cambridge, Mass.:  
Harvard University Press, 1988 ) ; Rene Moreau, El ordenador viene de edad  
( Cambridge, Mass. : MIT Press, 1984 ) .

36 . Los gráficos de este capítulo con la etiqueta " Plot logarítmica " son parcelas  
técnicamente semilogarítmicas en que uno de los ejes (tiempo) es en una escala lineal  
, y el otro eje es en una escala logarítmica. Sin embargo, yo estoy llamando a estas  
parcelas "parcelas " logarítmicos para la simplicidad.

37 . Ver el apéndice, "La Ley de Aceleración de Devoluciones Revisited " , que  
proporciona una derivación matemática de por qué hay dos niveles de crecimiento  
exponencial (es decir , el crecimiento exponencial en el tiempo en el que la tasa de  
crecimiento exponencial , el exponente - está creciendo en sí exponencialmente con  
el tiempo) en la potencia de cálculo , medida por MIPS costo por unidad.

38 . Hans Moravec , " ¿Cuándo Hardware coincidir el cerebro humano ? " Diario de la evolución y Tecnología 1 ( 1998 ) , <http://www.jetpress.org/volumel/moravec.pdf> .

39 . Véase la nota 35 supra .

40 . El logro de los primeros MIPS por cada \$ 1,000 tomó 1900-1990 . Estamos duplicando el número de MIPS por 1.000 dólares en unos 400 días. Debido priceperformance actual es de unos 2.000 MIPS por \$ 1,000, estamos agregando calidad-precio , a razón de 5 MIPS por día, o 1 MIPS aproximadamente cada 5 horas.

41 . "IBM detalles supercomputadora Blue Gene " , CNET News , 8 de mayo de 2003, [http://news.com.com/2100\\_1008\\_3-1000421.html](http://news.com.com/2100_1008_3-1000421.html) .

42 . Véase Alfred North Whitehead , Introducción a la Matemática (London : Williams y Norgate , 1911 ) , que escribió al mismo tiempo que él y Bertrand Russell estaba trabajando en su seminal tres volúmenes Principia Mathematica.

43 . Aunque en un principio proyectada para tener quince años " , el Proyecto del Genoma Humano fue terminado dos años y medio antes de tiempo y , a \$ 2.7 billones en el año fiscal 1991 dólares , muy por debajo de las proyecciones de gasto originales " : [http://www.ornl.gov/ciencia/techresources/Human\\_Genome/proyecto/](http://www.ornl.gov/ciencia/techresources/Human_Genome/proyecto/50yr/press4_2003.shtml)

[50yr/press4\\_2003.shtml](http://www.ornl.gov/ciencia/techresources/Human_Genome/proyecto/50yr/press4_2003.shtml) .

44 . Información del Proyecto Genoma Humano , [http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/project/privatesector.shtml](http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/privatesector.shtml) ; Stanford Genome Technology Center , <http://sequence-www.stanford.edu/group/techdev/auto> . Loading Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano , <http://www.genome.gov> ; Tabitha Powledge , " ¿Cuántos genomas son suficientes? " Científico , 17 de noviembre de 2003, <http://www.biomedcentral.com/news/20031117/07> .

45 . Los datos del National Center for Biotechnology Information , " GenBank Estadística, " revisaron 04 de mayo ,2004 , <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/genbankstats.html> .

46 . El síndrome respiratorio agudo severo (SRAS ) se ordenan dentro de treinta y un días del virus de ser identificados por la Agencia de Columbia Británica del Cáncer y los Centros para el Control de Enfermedades. La secuenciación de los dos centros diferían en sólo diez pares de bases de veintinueve mil . Este trabajo identificó el SARS como un coronavirus . Dr. Julie Gerberding , directora del CDC , llamado secuenciación rápida " un logro científico que no creo que haya sido paralelo en nuestra historia. "

Ver K. Philipkoski , " SARS Gene Secuencia Unveiled " , Wired News , 15 de abril de 2003, [http://www.wired.com/news/medtech/0,1286,58481.00.HTML?Tw=wn\\_story\\_related](http://www.wired.com/news/medtech/0,1286,58481.00.HTML?Tw=wn_story_related) .

En contraste , los esfuerzos para secuenciar el VIH comenzaron en los años 1980 . VIH 1 y VIH 2 se secuenciaron completamente en 2003 y 2002 respectivamente. Centro Nacional de Información Biotecnológica ,

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genomes/framik.cgi?db=genome&gi=12171> ; Sequence Database VIH mantenida por el Laboratorio Nacional de Los Alamos ,

<http://www.hiv.lanl.gov/content/hivdb/HTML/outline.html> .

47 . Marcos Brader, "Cronología de las máquinas de computación digital (hasta 1952)" <http://www.davros.org/misc/chronology.html> , Richard E. Matick , Sistemas de Almacenamiento y Tecnología ( New York: John Wiley and Sons , 1977 ) , la Universidad de Cambridge Laboratorio de ordenadores, EDSAC99 , <http://www.cl.cam.ac.uk/UoCCL/misc/EDSAC99/statistics.html> , Mary Bellis , " inventores de la computadora moderna : la historia de la . UNIVAC Computer -J Presper Eckert y John Mauchly , "

<http://inventors.about.com/library/weekly/aa062398.htm> ; " inicial Fecha de Operación de Sistemas de Informática en los EE.UU. ( 1950-1958) ", compilado a partir de 1968 datos de la OCDE , <http://members.iinet.net.au/~DGREEN/timeline.html> ; Douglas Jones, " Preguntas más frecuentes sobre la computadora DEC PDP - 8 , " <ftp://rtfrn.mit.edu/pub/usenet/alt.sys.pdp8/PDP>

8\_Frequently\_Asked\_Questions\_%28posted\_every\_other\_month%29% ;

programada en el procesador 1 Data Handbook, Digital Equipment Corporation

( 1960-1963 ) , <http://www.dbit.com/greeng3/pdp1/pdp1.html> # INTRODUCCIÓN , John Walker, " UNIVAC típica @ 1108 precios: 1968 , "

<http://www.fourmilab.ch/documents/univac/config1108.html> ; Jack Harper, " LISP

1.5 para el Univac 1100 Mainframe , " <http://www.frobenius.com/univac.htm> ;

Wikipedia, " Data General Nova " , <http://www.answers.com/topic/data-general-nova> ;

Darren Brewer, "Cronología de Computadoras personales 1972-1974 , "

[http://uk.geocities.com/magoos\\_universe/comp1972.htm](http://uk.geocities.com/magoos_universe/comp1972.htm) ; [www.pricewatch.com](http://www.pricewatch.com) ; ?

<http://www.jcnews.com/parse.cgi/news/pricewatch/raw/pw-010702> ; <http://www.jcnews.com/parse.cgi/news/pricewatch/raw/pw-020624> ; <http://www.pricewatch.com> ( 11/17/04 ) ; [http://sharkyextreme.com/guidesIWMPG/article.php/10706\\_2227191\\_2](http://sharkyextreme.com/guidesIWMPG/article.php/10706_2227191_2)

; anuncios Byte , septiembre 1975 - marzo de 1998; anuncios Informática PC , marzo 1977-abril 2000 .

48 . . Seagate, " productos " , <http://www.seagate.com/cda/products/discsales/index> ;

anuncios Byte ,

1977-1998 ; anuncios Informática PC , marzo de 1999 , los editores de Time- Life Books , Understanding Computers : Memoria y Almacenamiento , rev . ed. (New York: Warner Books , 1990 ) , " Notas Históricas sobre el costo de espacio de

almacenamiento en disco duro , " <http://www.alt.net/ns1625/winchest.html> ; "IBM

305 RAMAC ordenador con disco , " <http://www.cedmagic.com/history/ibm-305-ramac.html> ; John C. McCallum, "Los precios de unidad de disco ( 1955-2004 ) , "

<http://www.jcmit.com/diskprice.htm> .

49 . James DeRose , El Manual de datos inalámbrica (St. Johnsbury , Vermont : Quantrum , 1996 ) ; Primera Milla Wireless, <http://www.firstmilewireless.com> ; JB

Miles, " LAN inalámbrica ", Government Computer News 18.28 (30 de abril , 1999 ) , [http://www.gcn.com/vol18\\_no28/guide/514-1.html](http://www.gcn.com/vol18_no28/guide/514-1.html) ; Wireless Week (14 de abril , 1997) , [http://www.wirelessweek.com/toc/4 % 2F14 % 2F1997](http://www.wirelessweek.com/toc/4%2F14%2F1997) ; Oficina de Evaluación Tecnológica , " las tecnologías inalámbricas y la Infraestructura Nacional de Información " , septiembre de 1995, <http://infoventures.com/emf/federal/ota/ota95-tc.html> , el Lago de la señal, "La banda ancha actualización Economía de red inalámbrica " , enero 14 , 2003 , <http://www.signallake.com/publications/broadbandupdate.pdf> ; BridgeWave comunicación Communications, <http://www.bridgewave.com/050604.htm> .

50 . Internet Software Consortium ( <http://www.isc.org> ) , ISC Encuesta Domain : Número de hosts de Internet , <http://www.isc.org/ds/host-count-history.html> .

51 . Ibid .

52 . Tráfico medio de redes troncales de Internet en los EE.UU. en diciembre de cada año se utiliza para estimar el tráfico para el año. AM Odlyzko , "El crecimiento del tráfico de Internet : fuentes y consecuencias , " Optical Systems de Transmisión y Equipos para WDM Redes II , BB Dingel , W. Weiershausen , AK Dutta y K.-I. Sato , eds . , Proc . SPIE (Sociedad Internacional de Ingeniería Óptica) 5247 ( 2003 ) : 1-15 , [http://www.dtc.umn.edu/~ Odlyzko / doc / oft.internet.growth.pdf](http://www.dtc.umn.edu/~Odlyzko/doc/oft.internet.growth.pdf) , los datos para los valores de 2003 a 2004 : correspondencia por correo electrónico con AM Odlyzko .

53 . David Kristula , " La historia de la Internet" ( marzo de 1997, actualización de agosto de 2001) , <http://www.davesite.com/webstation/net-history.shtml> ; Robert Zakon , " Hobbes ' Internet Timeline v8.0 " <http://www.zakon.org/robert/internet/timeline> ; Converge Network Resumen , 5 de diciembre de 2002, [http://www.convergedigest.com/Daily/daily.asp?vn=v9n229&fecha=December % 2005 % 202002](http://www.convergedigest.com/Daily/daily.asp?vn=v9n229&fecha=December%202005%202002) ;

V. Cerf " , Cerf está encima " , 2004 , [http://global.mci.com/de/resources/cerfs\\_up/](http://global.mci.com/de/resources/cerfs_up/) .

54 . HC Nathanson et " El transistor de puerta de resonancia " , IEEE Transactions on Electron Devices al . , 14,3 (marzo de 1967) : 117-33 ; J. Larry Hornbeck , " 128 x 128 deformable Device Espejo , " IEEE Transactions on Electron Dispositivos 30.5 ( abril de 1983) : 539-43 ; J. Storrs Hall, " nanocomputadoras y Lógica reversible, "La nanotecnología 5 ( julio de 1994) : 157-67 ; VVARistov et al, . " Un nuevo enfoque de fabricación de nanoestructuras , " Nanotecnología 6 ( abril de 1995) : . 35-39 ; C. Montemagno et al, " La construcción de Motor Biológica Dispositivos nanomecánicos motorizados , " Nanotecnología 10 ( 1999 ) : 225-31 , <http://www.foresight.org/Conferences/MNT6/Papers/Montemagno/> ; Bieber Celeste, "Tiny ' Elevator' más complejo nanomáquina embargo , " NewScientist.com News Service , 18 de marzo de 2004, <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn4794> .

55 . Grupo ETC , " de los genomas a los átomos : La inmensidad de lo mínimo " , p . 39 , [http://www.etcgroup.org/documents/TheBigDown . pdf](http://www.etcgroup.org/documents/TheBigDown.pdf) .

56 . Ibid . , P . 41 .

57 . A pesar de que no es posible determinar con precisión el contenido de la información en el genoma , a causa de los pares de bases repetidos es claramente mucho menor que los datos no comprimidos totales. Aquí hay dos enfoques para estimar el contenido de información comprimida del genoma , ambos de los cuales demuestran que un rango de treinta hasta cien millones bytes es conservadora alta .

1 . En términos de los datos sin comprimir , hay tres mil millones de peldaños de ADN en el código genético humano , cada uno de codificación dos bits ( ya que hay cuatro posibilidades para cada par de bases de ADN ) . Por lo tanto , el genoma humano es alrededor de 800 millones bytes sin comprimir . El ADN no codificante que solía llamarse " ADN basura " , pero ahora está claro que desempeña un papel importante en la expresión génica. Sin embargo , es muy ineficiente codificado . Por un lado , hay despidos masivos ( por ejemplo, la secuencia llamada " ALU " se repite cientos de miles de veces) , que los algoritmos de compresión pueden aprovechar.

Con la reciente explosión de los bancos de datos genéticos , existe una gran cantidad de interés en la compresión de los datos genéticos . Los trabajos recientes en la aplicación de algoritmos de compresión de datos estándar a los datos genéticos indican que la reducción de los datos en un 90 por ciento ( para la compresión de bits perfecta ) es factible : Hisahiko Sato et al , " Compresión de datos ADN en el genoma era post , " *Genoma Informática* 12 ( . 2001 ) : 512-14 , <http://www.jsbi.org/journal/GIW01/GIW01P130.pdf> .

Por lo tanto podemos comprimir el genoma a unos 80 millones de bytes sin pérdida de información (lo que significa que podemos reconstruir a la perfección el genoma sin comprimir 800 millones de byte completo).

Ahora considera que más de 98 por ciento del genoma no codifica para las proteínas . Incluso después de la compresión de datos estándar (que elimina redundancias y utiliza una búsqueda de diccionario de secuencias comunes ) , el contenido algorítmico de las regiones no codificantes parece ser más bien bajo , lo que significa que es probable que podríamos codificar un algoritmo que realizar la misma función con menos bits . Sin embargo , ya que estamos todavía al principio del proceso de ingeniería inversa del genoma , no podemos hacer una estimación fiable de este nuevo descenso en base a un algoritmo funcionalmente equivalente. Estoy utilizando , por lo tanto , una gama de 30 a 100.000.000 bytes de comprimido información en el genoma . La parte superior de este rango asume sólo la compresión de datos y no hay simplificación algorítmica . Sólo una parte ( aunque la mayoría ) de esta información caracteriza el diseño del cerebro .

2 . Otra línea de razonamiento es el siguiente . Aunque el genoma humano contiene alrededor de 3 mil millones bases , sólo un pequeño porcentaje , como se mencionó anteriormente , los códigos para las proteínas . Según estimaciones actuales , hay

26.000 genes que codifican para las proteínas . Si suponemos que los genes promedio 3.000 bases de datos útiles , los mismos sólo aproximadamente 78 millones de bases. Una base de ADN requiere sólo dos bits , que se traduce en unos 20 millones de bytes ( 78 millones de bases dividido por cuatro) . En la proteína de la secuencia de codificación de un gen , cada " palabra " ( codón ) de tres bases de ADN se traduce en un aminoácido . Hay , por lo tanto , 43 ( 64 ) de códigos posibles de codones , cada uno compuesto de tres bases de ADN . Hay , sin embargo , sólo 20 aminoácidos utilizados más un codón de parada ( ácido amino nula ) de la 64 . El resto de los códigos 43 se utilizan como sinónimos de los 21 los útiles . Considerando que se requieren 6 bits para codificar 64 combinaciones posibles, sólo alrededor de 4,4 (  $\log_2 21$  ) bits son necesarios para codificar 21 posibilidades , un ahorro de 1,6 de 6 bits ( 27 por ciento ) , que nos hace caer a cerca de 15 millones de bytes . Además , un poco de compresión estándar basado en secuencias de repetición es factible aquí , aunque es posible mucho menos de compresión en esta porción de la proteína - codificación del ADN que en el llamado ADN basura , que tiene redundancias masivas . esto hará que la cifra probablemente por debajo de 12 millones de bytes . Sin embargo , ahora hay que añadir la información de la parte no codificante del ADN que controla la expresión del gen . Aunque esta parte de la ADN comprende la mayor parte del genoma , que parece tener un bajo nivel de contenido de información y está repleta de redundancias masivas . Estimando que coincida con los aproximadamente 12 millones de bytes de ADN que codifica la proteína , una vez más llega a aproximadamente 24 millones de bytes . Desde esta perspectiva, una estimación de 30-100000000 bytes es conservadora alta .

58 . Valores continuos pueden ser representados por números en coma flotante en un grado de precisión deseado .

Un número de coma flotante se compone de dos secuencias de bits . Una secuencia de " exponente " representa una potencia de 2 . La secuencia " de base " representa una fracción de 1 . Al aumentar el número de bits en la base , se puede lograr cualquier grado deseado de exactitud .

59 . Stephen Wolfram , A New Kind of Science ( Champaign , Illinois : Wolfram Media, 2002 ) .

60 . Los primeros trabajos sobre la teoría de la física digitales también fue presentada por Frederick W. Kantor , Mecánica Información ( New York: John Wiley and Sons, 1977 ) . Los enlaces a varios de los papeles de Kantor se puede encontrar en <http://w3.execnet.com/kantor/pm00.htm> ( 1997 ) ; <http://w3.execnet.com/kantor/1b2p.htm> ( 1989 ) , y <http://w3.execnet.com/kantor/ipoim.htm> ( 1982 ) . Ver también en <http://www.kx.com/listbox/k/msg05621.html> .

61 . Konrad Zuse , " Rechnender Raum " Elektronische Datenverarbeitung , 1967 , vol . 8 , pp 336-44 .

El libro de Konrad Zuse en un universo autómatas celular basado fue publicado dos años más tarde : *Rechnender Raum , Schriften zur Datenverarbeitung* (Braunschweig, Alemania: Friedrich Vieweg & Sohn , 1969 ) . Traducción Inglés : *Cálculo Espacio*, MIT técnica Traducción AZT - 70-164 GEMIT , febrero 1970.MIT Proyecto MAC , Cambridge , MA 02139 . PDF .

62 . Edward Fredkin citado en Robert Wright, " ¿El universo acaba de suceder ? " *Atlantic Monthly* , abril 1988 , 29-44 ,  
<http://digitalphysics.org/Publications/Wri88a/html> .

63 . *Ibid* .

64 . Muchos de los resultados de Fredkin vienen de estudiar su modelo de computación , lo que refleja de manera explícita una serie de principios fundamentales de la física . Ver el artículo clásico Edward Fredkin y Tommaso Toffoli , "La lógica conservadora " , *Revista Internacional de Física Teórica* 21,3-4 ( 1982 ) : 219-53 ,  
[http://www.digitalphilosophy.org/download\\_documents/ConservativeLogic.pdf](http://www.digitalphilosophy.org/download_documents/ConservativeLogic.pdf) .

Además, un conjunto de preocupaciones acerca de la física de cálculo analíticamente similares a los de Fredkin de se puede encontrar en Norman Margolus , " Física y Computación , " Ph.D. tesis , MIT/LCS/TR-415 , MIT Laboratorio de Ciencias de la Computación , 1988 .

65 . Discutí Norbert Wiener y la opinión de Ed Fredkin de la información como el bloque de construcción fundamental para la física y de otros niveles de la realidad en mi libro de 1990 , *La era de las máquinas inteligentes* .

La complejidad de echar toda la física en términos de transformaciones de cálculo resultó ser un proyecto de un gran desafío , pero Fredkin ha continuado sus esfuerzos. Wolfram ha dedicado una parte considerable de su trabajo durante la última década a esta idea , al parecer, sólo con comunicación limitada con algunos de los otros miembros de la comunidad de la física que también están llevando a cabo la idea. El objetivo declarado de Wolfram " no es presentar un último modelo específico para la física", pero en su " Nota para los físicos " ( lo que equivale esencialmente a un gran reto ) , Wolfram describe las " características que [él ] que [ s ] este modelo tendrá " (*A New Kind of Science*, pp 1043-1065 ,  
<http://www.wolframscience.com/nksonline/page-1043c-text> ) .

En la era de las máquinas inteligentes , discutir " la cuestión de si la naturaleza última de la realidad es analógica o digital" y señalan que " a medida que ahondamos más y más en los procesos naturales y artificiales , nos encontramos con la naturaleza del proceso a menudo alterna entre representaciones analógicas y digitales de información ". A modo de ejemplo , hablé de sonido. En el cerebro , la música se representa como la digital de disparo de las neuronas en la cóclea , que representa diferentes bandas de frecuencia . En el aire y en los cables que van a los altavoces , es un fenómeno análogo . La representación de sonido en un disco compacto es digital , que se interpreta por los circuitos digitales . Sin embargo, los circuitos digitales constan de transistores thresholded , que son amplificadores analógicos . Como

amplificadores, los transistores manipulan electrones individuales, que se pueden contar y son, por lo tanto, digital, pero en un nivel más profundo electrones están sujetos a las ecuaciones de campo cuántico - analógicas. En un nivel aún más profundo, Fredkin y ahora Wolfram están teorizando una base digital (computacional) para estas ecuaciones continuas.

Cabe señalar, además, que si alguien realmente tiene éxito en el establecimiento de una teoría de la física como digitales, tendríamos entonces la tentación de examinar qué tipo de mecanismos más profundos están realmente llevando a cabo los cálculos y los enlaces de los autómatas celulares. Subyacente al autómata celular que dirige el universo Tal vez todavía son fenómenos analógicos más básicos, que, como los transistores, están sujetas a umbrales que les permitan realizar las transacciones digitales. Por lo tanto, el establecimiento de una base digital de la física no se conforma con el debate filosófico acerca de si la realidad es en última instancia, digital o analógico. No obstante, el establecimiento de un modelo computacional viable de la física sería un logro importante.

Así que ¿qué tan probable es esto? Podemos establecer fácilmente una prueba de la existencia que un modelo digital de la física es factible, en el que las ecuaciones continuas siempre se pueden expresar a cualquier nivel deseado de precisión en la forma de las transformaciones discretas de cambios discretos en el valor. Esto es, después de todo, la base para el teorema fundamental del cálculo. Sin embargo, la expresión de fórmulas continuas de esta manera es una complicación inherente y violaría la máxima de Einstein de expresar las cosas "lo más simple posible, pero no más simple." Así que la verdadera pregunta es si podemos expresar las relaciones básicas que hemos tomado conocimiento en términos más elegantes, el uso de algoritmos, autómatas celulares. Una de las pruebas de una nueva teoría de la física es si es capaz de hacer predicciones comprobables. Por lo menos en un aspecto importante, que podría ser un reto difícil para una teoría de autómatas basados celular debido a la falta de previsibilidad es una de las características fundamentales de los autómatas celulares.

Wolfram comienza describiendo el universo como una gran red de nodos. Los nodos que no existen en el "espacio", sino más bien el espacio, tal como lo percibimos, es una ilusión creada por la transición de los fenómenos a través de la red de nodos. Es fácil imaginar la construcción de una red de representar (newtoniana) física "ingenuos" por la simple construcción de una red tridimensional de cualquier grado de granularidad. Fenómenos como "partículas" y "ondas" que parecen moverse a través del espacio estaría representada por planeadores "celulares", que son patrones que se hacen avanzar a través de la red para cada ciclo de cálculo. Los fans del juego de la vida (que se basa en autómatas celulares) reconocerán el fenómeno común de los planeadores y la diversidad de patrones que se pueden mover sin problemas a través de una red celular - autómata. La velocidad de la luz, entonces, es el resultado de la velocidad de reloj de la computadora celestial, desde planeadores pueden avanzar sólo una célula por cada ciclo de cálculo.

La relatividad general de Einstein, que describe la gravedad como perturbaciones en

el espacio mismo , como si nuestro mundo tridimensional se curva en algún cuarta dimensión invisible , también es fácil de representar en este esquema . Podemos imaginar una red de cuatro dimensiones y puede representar aparentes curvaturas en el espacio de la misma manera que uno representa curvaturas normales en el espacio tridimensional . Alternativamente , la red puede llegar a ser más densa en ciertas regiones para representar el equivalente de dicha curvatura .

Una concepción celular - autómatas resulta útil para explicar el aparente aumento de la entropía ( desorden ) que está implícito en la segunda ley de la termodinámica . Tenemos que asumir que la norma - autómatas celulares subyacentes del universo es una regla de clase 4 (véase el texto principal) , de lo contrario el universo sería un lugar aburrido por cierto. Observación principal de Wolfram que una clase 4 autómatas celular rápida produce la aparente aleatoriedad (a pesar de su proceso de determinada) es consistente con la tendencia a la aleatoriedad que vemos en el movimiento browniano y que está implícito en la segunda ley .

La relatividad especial es más difícil. Hay un mapeo fácil desde el modelo newtoniano a la red celular . Pero el modelo newtoniano se rompe en la relatividad especial. En el mundo de Newton , si un tren va ochenta millas por hora, y que conduce a lo largo en una calle paralela a cien kilómetros por hora , el tren parece alejarse de usted a los veinte kilómetros por hora . Pero en el mundo de la relatividad especial, si se deja la tierra en tres cuartas partes de la velocidad de la luz , la luz seguirá apareciendo para alejarse de ti en toda la velocidad de la luz. De acuerdo con esta perspectiva aparentemente paradójico , tanto el tamaño y el paso subjetiva del tiempo para dos observadores variarán en función de su velocidad relativa . Por lo tanto , nuestra asignación fija de espacio y los nodos se vuelve considerablemente más complejo . Esencialmente , cada observador necesita su propia red. Sin embargo, al considerar la relatividad especial , podemos aplicar esencialmente la misma conversión a nuestra red " newtoniana " como lo hacemos en el espacio newtoniano. Sin embargo , no está claro que estamos logrando una mayor simplicidad en la representación de la relatividad especial de esta manera.

Una representación celular nodos de la realidad puede tener su mayor beneficio en 521 NOTAS entender algunos aspectos del fenómeno de la mecánica cuántica. Se podría proporcionar una explicación para la aparente aleatoriedad que encontramos en los fenómenos cuánticos . Considere , por ejemplo , la creación repentina y aparentemente aleatoria de pares partícula-antipartícula . El azar puede ser el mismo tipo de aleatoriedad que vemos en la clase 4 autómatas celulares . Aunque predeterminada , el comportamiento de los autómatas de clase 4 no se puede anticipar ( que no sea mediante la ejecución de los autómatas celulares ) y es eficaz al azar .

Esto no es un nuevo punto de vista. Es equivalente a la " variables ocultas " formulación de la mecánica cuántica , que establece que hay algunas variables que no podemos acceder de otro modo que el control de lo que parece ser un comportamiento aleatorio que podemos observar. La concepción ocultos -variables de la mecánica cuántica no es incompatible con las fórmulas de la mecánica cuántica. Es posible, pero no es popular entre los físicos cuánticos , ya que requiere una gran

supuestos number.of que funcionan de una manera muy particular. Sin embargo , yo no veo esto como un buen argumento en contra de ella . La existencia de nuestro universo es en sí mismo muy poco probable y requiere muchos supuestos a todos los trabajos en una way.Yethere muy preciso que somos.

Una gran pregunta es: ¿Cómo se podría probar una teoría ocultos - variables? Si se basa en procesos celulares - autómatas similares , las variables ocultas serían inherentemente impredecible , aunque determinista. Tendríamos que encontrar alguna otra manera de " volver a mostrar " las variables ocultas .

La concepción de la red de Wolfram del universo ofrece una perspectiva potencial sobre el fenómeno de entrelazamiento cuántico y el colapso de la función de onda . El colapso de la función de onda , lo que hace que las propiedades aparentemente ambiguas de una partícula (por ejemplo , su ubicación ) con carácter retroactivo determinado , puede ser visto desde la perspectiva celular de la red como la interacción del fenómeno observado con el propio observador. Como observadores , no estamos fuera de la red, pero existimos dentro de él. Sabemos por la mecánica celular que dos entidades no pueden interactuar sin que ambos se vayan a cambiar , lo que sugiere una base para el colapso función de onda .

Wolfram escribe: " Si el universo es una red, que puede en un sentido facilidad contiene temas que siguen conectar partículas aún cuando las partículas llegan lejos en términos de espacio común. " Esto podría proporcionar una explicación de los últimos experimentos dramáticos que muestran la no localidad de la acción en la que dos partículas " cuánticas entrelazadas " parecen seguir actuando en concierto con otros , aunque separados por grandes distancias. Einstein llamó a esta "acción fantasmal a distancia " y lo rechazó , aunque experimentos recientes parecen confirmarlo.

Algunos fenómenos encajan más claramente en esta concepción autómatas de la red celular que otros. Algunas de las sugerencias parece elegante, pero como " Nota para los físicos " de Wolfram deja claro , la tarea de traducir toda la física en un sistema basado en autómatas celulares consistente es ciertamente desalentadora .

Extendiendo su discusión a la filosofía, Wolfram " explica " el fenómeno aparente de voluntad ya que las decisiones que se han determinado , pero impredecible. Desde 522 NOTAS : I . 1 ' IIIf no hay manera de predecir el resultado de un proceso celular sin ejecutar realmente el proceso , y ya que ningún simulador posiblemente podría correr más rápido que el universo mismo , por lo tanto, no hay forma de predecir de manera fiable las decisiones humanas . Así que, aunque se determinan nuestras decisiones , no hay manera de preidentifly lo serán. Sin embargo , esto no es un examen plenamente satisfactoria del concepto . Esta observación sobre la falta de previsibilidad se puede hacer para el resultado de la mayoría de los procesos físicos - por ejemplo, cuando un pedazo de polvo caerá en el suelo. Este punto de vista equivale con ello el libre albedrío humano con el descenso al azar de una pieza de polvo . De hecho, esa parece ser la opinión de Wolfram cuando afirma que el proceso en el cerebro humano es " computacionalmente equivalentes" a las que tienen lugar

en procesos como la turbulencia del fluido .

Algunos de los fenómenos en la naturaleza ( por ejemplo , nubes, costas ) se caracterizan por procesos simples repetitivas tales como autómatas y fractales celular , pero los patrones inteligentes (tales como el cerebro humano ) requieren un proceso evolutivo ( o, alternativamente , la ingeniería inversa de la resultados de tal proceso ). La inteligencia es el producto inspirado de la evolución y es también , en mi opinión, la "fuerza " más potente del mundo , en última instancia, trascender los poderes de las fuerzas naturales inconscientes .

En resumen , el tratado radical y ambiciosa de Wolfram pinta un cuadro convincente , pero en última instancia, exagerado e incompleta. Wolfram se une a una comunidad cada vez mayor de voces que mantienen que los patrones de información, más que la materia y la energía, representan los elementos más fundamentales de la realidad del edificio. Wolfram se ha sumado a nuestro conocimiento de cómo los patrones de información crean el mundo que experimentamos , y disfrutar de un período de colaboración entre Wolfram y sus colegas para que podamos construir una visión más robusta del papel omnipresente de algoritmos en el mundo.

La falta de previsibilidad de clase 4 autómatas celulares subyace al menos algunos de la aparente complejidad de los sistemas biológicos y no representar uno de los paradigmas biológicos importantes que podemos tratar de emular en nuestra tecnología . No explica toda la biología . Queda por lo menos posible, sin embargo , que tales métodos pueden explicar toda la física . Si Wolfram , o cualquier otra persona para esa materia, tiene éxito en la formulación de la física en términos de operaciones , autómatas celulares y sus patrones , el libro de Wolfram se han ganado su título. En cualquier caso , creo que el libro es una obra importante de la ontología .

66 . El artículo 110 establece que una célula se convierte en blanco si su color anterior era , y sus dos vecinos son , todo negro o todo blanco , o si su color anterior era blanco y los dos vecinos son de color blanco y negro , respectivamente , de lo contrario , la célula se convierte en negro .

67 . Wolfram , New Kind of Science, p . 4 ,  
<http://www.wolframscience.com/nksonline/page-4-text> .

68 . Tenga en cuenta que ciertas interpretaciones de la mecánica cuántica implica que el mundo no se basa en reglas deterministas y que hay una aleatoriedad inherente cuántica para cada interacción a escala cuántica de la realidad física (pequeño) .

69 . Como se discutió en la nota 57 anterior, el genoma no comprimido tiene aproximadamente seis millones de bits de información ( orden de magnitud =  $10^{10}$  bits) , y el genoma comprimido es unas 30 a 100 millón de bytes . Parte de esta información de diseño se aplica , por supuesto , a otros órganos . Incluso suponiendo que todo de 100 millones de bytes se aplica al cerebro , se obtiene una elevada cifra conservadora de  $10^9$  bits para el diseño del cerebro en el genoma . En el capítulo 3 , se analizan una estimación de " la memoria humana en el nivel de las conexiones interneuronales individuales " , incluyendo " los patrones de conexión y las concentraciones de neurotransmisores " de  $10^{18}$  ( millones de millones ) bits en un

cerebro maduro. Esto es aproximadamente un mil millones ( 109 ) veces más información que en el genoma que describe el diseño del cerebro . Este aumento se produce a partir de la auto- organización del cerebro a medida que interactúa con el entorno de la persona .

70 . Consulte la sección " Disorder " y "La Ley de la Entropía Creciente Versus el Crecimiento de la orden" en mi libro The Age of Spiritual Machines : Cuando los equipos de Sobres Inteligencia Humana (New York : Viking, 1999 ) , pp 30-33 .

71 . Un ordenador universal puede aceptar como entrada la definición de cualquier otro ordenador y luego simular que otro ordenador . Esto no se refiere a la velocidad de la simulación , que puede ser relativamente lento .

72 . C. Geoffrey Woods " Cruzando la línea media , " Ciencia 304.5676 (4 de junio , 2004): 1455-1456 ; Stephen Matthews, " Programación temprana del eje hipotálamo - hipófisis - suprarrenal , " Tendencias en Endocrinología y Metabolismo 13.9 ( 01 de noviembre , 2002 ) : 373-80 ; Justin Crowley y Lawrence Katz, " el desarrollo temprano de las columnas de dominancia ocular , " Ciencia 290.5495 (17 de noviembre , 2000 ) : . 1321-1324 ; Anna Penn et al , " La competencia en el Patterning Retinogeniculate Impulsado por Actividad espontánea , "Ciencia 279.5359 (27 de marzo , 1998) : 2108-12 .

73 . Los siete mandamientos de una máquina de Turing son: ( 1 ) Lea Cinta , ( 2 ) Move Left Cinta , ( 3 ) Derecho Move Tape, ( 4 ) Escriba 0 en la cinta , ( 5 ) Escriba 1 en la cinta , ( 6 ) Cambiar a otro comando, y ( 7 ) Detener .

74 . En lo que es quizás el análisis más impresionante en su libro , Wolfram muestra como una máquina de Turing con sólo dos estados y cinco colores posibles puede ser una máquina de Turing universal. Durante cuarenta años, hemos pensado que una máquina universal de Turing tenía que ser más compleja que esto. También impresionante es la demostración de que Wolfram artículo 110 es capaz de cómputo universales , dado el software adecuado. Por supuesto , la computación universal, por sí sola no puede realizar tareas útiles sin el software adecuado.

75 . El " ni " puerta transforma dos entradas en una salida . La salida de "ni" es verdadera si y sólo si ni A ni B es cierto .

76 . Consulte la sección " A ni B : La base de la Inteligencia " En la era de las máquinas inteligentes ( Cambridge, Mass.: MIT Press, 1990 ) , pp 152-57 , <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?m=12> .

77 . Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico, " Mapa de ruta Hacia una sociedad de la información en Asia y el Pacífico " , ST/ESCAP/2283 ,

<http://www.unescap.org/publications/detail.asp?id=771> , Comisión Económica y Social para Asia Occidental, " Perfil Regional de la Sociedad de la Información en Asia occidental " , 8 de octubre de 2003, <http://www>

[.escwa.org.lb/information/publications/ictd/docs/ictd-03-11-e.pdf](http://www.escwa.org.lb/information/publications/ictd/docs/ictd-03-11-e.pdf) ; John Enger , "Asia en el Informe sobre la Economía Global : la rebelión de las regiones-Estado , el papel

de las telecomunicaciones ", presentación en la Conferencia Internacional sobre el satélite y la televisión por cable en las regiones chinas y asiáticas, Communication Research Institute Artes de la Universidad Católica Fu Jen , 4-6 de junio de 1996.

78 . Consulte " La Iniciativa 3 por 5 ", Hoja 274 , diciembre de 2003 , <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/2003/fs274/en/print.html> .

79 . Las inversiones en tecnología representaron el 76 por ciento de 1998 las inversiones de capital de riesgo ( \$ 10.1 mil millones ) ( comunicado de prensa de PricewaterhouseCoopers , " Venture Capital Investments suben 24 por ciento y el conjunto de registros en \$ 14.7 mil millones , PricewaterhouseCoopers encuentra , " 16 de febrero 1999 ) . En 1999 , las empresas de base tecnológica acorralados 90 por ciento de las inversiones de capital de riesgo ( \$ 32,000,000,000 ) ( comunicado de prensa de PricewaterhouseCoopers , " Venture Funding Explosion sigue : Registros anuales y trimestrales de inversión Smashed , según PricewaterhouseCoopers Money Encuesta Nacional Tree " , 14 de febrero 2000 ) . Los niveles de capital de riesgo sin duda cayeron durante la recesión de alta tecnología , pero sólo en el segundo trimestre de 2003 , las empresas de software solo atrajo cerca de 1000 millones dólares ( comunicado de prensa de PricewaterhouseCoopers , " Venture Capital Investments estabilizarse en Q2 2003 " , 29 de julio de 2003 ) . En 1974, en todo EE.UU. industrias manufactureras cuarenta y dos empresas recibieron un total de 26.400.000 dólares en desembolsos de capital de riesgo ( en 1974 dólares , o US \$ 81 millones en dólares de 1992 ) . Samuel Kortum y Josh Lerner, " Evaluación de la contribución del capital riesgo a la Innovación " , Rand Journal of Economics 31.4 (invierno 2000 ) : . . 674-92 , [http://econ.bu.edu/kortum/rje\\_Winter '00\\_Kortum.pdf](http://econ.bu.edu/kortum/rje_Winter '00_Kortum.pdf) Como Paul Gompers y Josh Lerner dice " las entradas en fondos de capital riesgo se han expandido desde prácticamente cero a mediados de la década de 1970 .... " , Gompers y Lerner, el Ciclo de Capital de Riesgo , (Cambridge , Mass.: MIT Press, 1999 ) . Véase también Paul Gompers , " capital de Riesgo " , en B. Espen Eckbo , ed , Manual de Finanzas Corporativas : . empírico Finanzas Corporativas , en los Manuales en serie Finanzas ( Holland: Elsevier , de próxima publicación ) , en el capítulo 11 , 2005 , <http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/espen.eckbo/PDFs/Handbookpdf/CH11VentureCapital.pdf> .

80 . Una cuenta de cómo " nueva economía" tecnologías están haciendo importantes transformaciones a " vieja economía " industrias : Jonathan Rauch, " The New Old Economía: Petróleo , Informática, y la reinención de la Tierra, " Atlantic Monthly , 3 de enero de 2001.

81 . Departamento de Comercio, Oficina de Análisis Económico de EE.UU. ( <http://www.bea.doc.gov> ), use el sitio y seleccione Tabla 1.1.6 : <http://www.bea.doc.gov/bealdn/nipaweb/SelectTable.asp?Selected=N>.

82 . Departamento de Comercio de EE.UU. , Oficina de Análisis Económico , <http://www.bea.doc.gov> . Los datos para 1920-1999 : Programa de Población de las

estimaciones de la División de Población de la Oficina del Censo de EE.UU. , " históricas Estimaciones de la Población Nacional : 01 de julio 1900 a julio I, 1999 , " <http://www.census.gov/popest/archives1990s/popdockest.txt> ; datos para 2000-

2004 : <http://www.census.gov/popest/states/tables/NST-EST2004-01.pdf>

83 . " La economía mundial : de la recuperación a la expansión , " Resultados de Perspectivas Económicas Globales 2005 : Comercio, Regionalismo y la Prosperidad (Banco Mundial, 2004 ) , <http://globaloutlook.worldbank.org/globaloutlook/outside/globalgrowth.aspx> , "Banco Mundial : 2004

Crecimiento Económico Ascensores Millones de Pobreza, "Voice of America News, <http://www.voanews.com/english/2004-11-17-voa41.cfrn> .

84 . Marcos Bilis y Peter Klenow , " la aceleración del crecimiento de variedades " , American Economic Review 91,2 (mayo de 2001 ) : 274-80 , <http://www.klenow.com/Acceleration.pdf> .

85 . Véanse las notas 84 , 86 y 87 .

86 . Departamento de Trabajo, Oficina de Estadísticas Laborales, informe de noticias, 03 de junio 2004 EE.UU. . Puede generar informes de productividad en <http://www.bls.gov/bls/productivity.htm>

87 . Oficina de Estadísticas Laborales , el Índice de Major Sector productividad multifactorial , el sector manufacturero : la producción por hora todas las personas (1996 = 100), <http://data.bls.gov/PDQ/outside.jsp?survey=mp> ( Requires JavaScript: seleccione " Manufacturing " , " la producción por hora todas las personas " , y el año de partida 1949 ) , o <http://data.bls.gov/cgi-bin/srgate> (utilice " MPU300001 "serie" AllYears " y Formato 2 ) .

88 . George M. Scalise , la Asociación de la Industria de Semiconductores , en el " Almuerzo Dirección: La Perspectiva de la Industria de Semiconductores , " 2004 Productividad y ciclicidad de Semiconductores : tendencias, Implicaciones y Preguntas - Informe de un Simposio ( 2004 ) (National Academies Press, 2004 ) , p . 40 , <http://www.nap.edu/openbook/0309092744/html/index.html> .

89 . Los datos de Kurzweil Applied Inteligencia , ahora parte de ScanSoft (antes Kurzweil Computer Productos).

90 . eMarketer, "E -Business en el 2003 : Cómo Internet está transformando las empresas , las industrias y los Economía - experiencia en Números " , febrero de 2003; " EE.UU. B2C E -Commerce superar los US \$ 90 mil millones en 2003 " , 30 de abril de 2003, <http://www.emarketer.com/Article.aspx?1002207> y " B2B de comercio electrónico en todo el mundo a superar los \$ 1 trillón para el fin de año "19, marzo de 2003, <http://www.emarketer.com/Article.aspx?1002125> .

91 . Las patentes se utilizan en esta tabla son , según lo descrito por la Oficina de Patentes y Marcas de EE.UU. , "patentes de invención " , también conocidos como las patentes "utilidad" . La Oficina de Marcas y Patentes de EE.UU. y la tabla de actividad anual Patente EE.UU. ,

[http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/h\\_counts.htm](http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/h_counts.htm) .

92 . El tiempo de duplicación por su participación en la economía es de veinte y tres años. EE.UU. Departamento de Comercio, Economía y Administración de Estadísticas , " The Emerging Digital Economy " , figura 2 ,

<http://www.technology.gov/digeconomy/emerging.htm> .

93 . El tiempo de duplicación de los gastos de educación de dólar por habitante es de veinte y tres años. Centro Nacional para Estadísticas de la Educación , Compendio de Estadísticas de la Educación , 2002 , <http://nces.ed.gov/pubs2003/digest02/tables/dt030.asp> .

94 . Las Naciones Unidas estiman que la capitalización bursátil mundial total en 2000 tenía treinta y siete billones de dólares . Naciones Unidas, "Perfil Global Finance, " Informe del Grupo de Alto Nivel de Financiación para el Desarrollo , junio de 2001 , <http://www.un.org/reports/financing/profile.htm> .

Si nuestra percepción de las futuras tasas de crecimiento fueron aumentando ( en comparación con las expectativas actuales ) por una tasa compuesta anual de tan sólo el 2 por ciento , y teniendo en cuenta una tasa de descuento (para el descuento de los futuros valores de hoy ) , de 6 por ciento , entonces teniendo en cuenta el aumento de la presencia valor resultante de sólo veinte años de futuro compuesto y descuento (adicional) de crecimiento , los valores actuales se triplicará . Como señala el posterior diálogo fuera , este análisis no tiene en cuenta el probable aumento de la tasa de descuento que se derivarían de una percepción de mayor crecimiento en el futuro tal.

### **Capítulo tres:**

#### **El logro de la capacidad computacional del cerebro humano**

1 . Gordon E. Moore, " abarrotar Más componentes en los circuitos integrados, " Electrónica 38.8 (abril 19 , 1965 ) : 114-17 , <ftp://download.intel.com/research/silicon/moorespaper.pdf> .

2 . Proyección inicial de Moore en este artículo de 1965 fue que el número de componentes se duplicaría cada año. En 1975 este fue revisado para cada dos años. Sin embargo, esto más que duplica -precio cada dos años, ya que los componentes más pequeños corren más rápido (porque la electrónica tienen menos distancia para viajar) . Así que en general calidad-precio (para el costo de cada ciclo de transistor ) ha estado viniendo a la mitad aproximadamente cada trece meses.

3 . Paolo Gargini citado en Ann Steffora Mutschler , "Ley de Moore llegó para quedarse " , ElectronicsWeekly.com , 14 de julio de 2004,

<http://www.electronicweekly.co.uk/articles/article.asp?LiArticleID=36829> . Ver también Tom Krazit , "Intel se prepara para los próximos 20 años de fabricación de chips " , Computerworld , 25 de octubre de 2004, <http://www.computerworld.com/hardwaretopics/hardware/story/0,10801,96917,00> . HTML .

4 . Michael Kanellos , " chips " de gran altura " chivato en el mercado " , CNET News.com , 13 de julio de 2004, <http://zdnet.com.com/2100-1103-5267738.html> .

5 . Benjamin Fulford , " Los fabricantes de chips se están quedando sin Room : La respuesta podría estar en 3 -D " , Forbes.com , 22 de julio de 2002, [http://www.forbes.com/forbes/2002/0722/173\\_print.html](http://www.forbes.com/forbes/2002/0722/173_print.html) .

6 . NTT comunicado de prensa , " Nanofabrication tres dimensiones utilizando litografía por haz de electrones , " 02 de febrero 2004 , <http://www.ntt.co.jp/news/news04e/0402/040202.html> .

7 . László Forró y Christian Schonenberger , " Los nanotubos de carbono , Materiales para el Futuro " , Europhysics News 32,3 ( 2001 ) , <http://www.europhysicsnews.com/full/09/article3/article3.html> . Véase también <http://www.research.ibm.com/nanoscience/nanotubes.html> para una visión general de los nanotubos .

8 . Michael Bernstein, comunicado de prensa de la Sociedad Química Americana , " transistores de nanotubos de alta velocidad podría conducir a mejores teléfonos celulares , computadoras más rápidas " , 27 de abril de 2004, [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2004-04/acs-nt042704.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2004-04/acs-nt042704.php) .

9 . Estimo un transistor basado en nanotubos y los circuitos y las conexiones de soporte requieren aproximadamente un cubo de diez nanómetros ( el propio transistor será una fracción de este ) , o  $10^3$  nanómetros cúbicos . Esto es conservador , puesto que los nanotubos de una sola pared son sólo un nanómetro de diámetro . Una pulgada = 2,54 cm =  $2,54 \times 10^7$  nanómetros. Por lo tanto , un cubo de 1 pulgada =  $2,543 \times 10^{21}$

$10^{21} = 1,6 \times 10^{22}$  nanómetros cúbicos . Así que un cubo de una pulgada podría proporcionar  $1,6 \times 10^{19}$  transistores. Con cada equipo que requiere aproximadamente 107 transistores ( que es un aparato mucho más compleja que la que comprende los cálculos en una conexión interneuronal humano ) , podemos apoyar sobre  $10^{12}$  ( un billón ) computadoras paralelas .

Un ordenador basado en transistores de nanotubos en  $10^{12}$  cálculos por segundo (basado en la estimación de Burke ) nos da una estimación de la velocidad de 1.024 cps para el cubo de una pulgada de circuitos de nanotubos . Véase también Bernstein, " transistores de nanotubos de alta velocidad . "

Con una estimación de 1.016 cps para la emulación funcional del cerebro humano ( véase la discusión más adelante en este capítulo ) , esto nos da alrededor de 100 millones (  $10^8$  ) equivalentes humanbrain . Si utilizamos los más conservadores estiman 1.019 cps necesarios para la simulación neuromórfica (simulando cada

linealidad en todos los componentes neural , véase la discusión posterior de este capítulo) , un cubo de una pulgada de circuitos de nanotubos proporcionaría sólo cien mil equivalentes humana del cerebro .

10 . "Hace sólo cuatro años nos medimos por primera vez cualquier transporte electrónico a través de un nanotubo .

Ahora , estamos explorando lo que puede hacerse y lo que no puede en términos de dispositivos de una sola molécula . El siguiente paso será pensar en cómo combinar estos elementos en circuitos complejos " , dice uno de los autores , Cees Dekker, de Henk W. Cap. Postma et al. , " Nanotubos de carbono transistores de un solo electrón a temperatura ambiente " Ciencia 293.5527 (6 de julio , 2001) : 76 a 129 , se describe en la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia comunicado de prensa , " Interruptores Nano -transistor con sólo un electrón puede ser ideal para las computadoras moleculares , Estudio ciencia demuestra , " [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2001-07/aaft-nsw062901.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2001-07/aaft-nsw062901.php) .

11 . Los investigadores de IBM resolver un problema en la fabricación de nanotubos . Cuando hollín de carbón se calienta para crear los tubos , un gran número de tubos metálicos no utilizables se crean junto con los tubos de semiconductores adecuados para los transistores . El equipo incluye dos tipos de nanotubos en un circuito y luego se usa pulsos eléctricos para romper los indeseables - un enfoque mucho más eficiente que la cereza - recogiendo los tubos deseables con un microscopio de fuerza atómica . Mark K. Anderson, " Mega pasos hacia la Nanochip , " Wired News , 27 de abril de 2001, en <http://www.wired.com/news/technology/0,1282,43324,00.html>, refiriéndose a Philip G. Collins, Michael S. Arnold y Phaedon Avouris , " Ingeniería de nanotubos de carbono y circuitos de nanotubos Usando Distribución Eléctrica , " Ciencia 292.5517 (27 de abril , 2001) : 706-9 .

12 . " Un nanotubo de carbono , que se parece a la tela metálica enrollada cuando se examina a nivel atómico , es de decenas de miles de veces más delgadas que un cabello humano , pero muy fuertes . " Universidad de California en Berkeley comunicado de prensa , "Los investigadores Crea Primer Circuito de silicio cada vez más integrada con transistores de nanotubos " , 5 de enero de 2004, [http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2004/01/05\\_nano.shtml](http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2004/01/05_nano.shtml) , refiriéndose a Yu -Chih Tseng et al, "La integración monolítica de dispositivos de nanotubos de carbono con silicio MOS Technology, " Nano Letters 4.1 ( 2004 ) : . 123-27 , <http://pubs.acs.org/cgi-bin/sample.cgi/nalefd/2004/4/i01/pdf/nl0349707.pdf> .

13 . R. Colin Johnson, " Los nanotubos de IBM puede permitir chips Molecular escala" EETimes , 26 de abril de 2001, <http://eetimes.com/article/showArticle.jhtml?articleId=10807704> .

14 . Avi Aviram y Mark A. Ratner , " rectificadores moleculares, químicos " Physics Letters (15 de noviembre de 1974 ) : 277-83 , mencionada en el Charles M. Lieber , " The Incredible Shrinking Circuit , " Scientific American (septiembre de 2001 ) , en <http://www.sciam.com> y <http://www-mcg.uni-r.de/downloads/lieber.pdf> . El rectificador de una sola molécula se describe en Aviram y Ratner podría pasar

corriente preferentemente en cualquier dirección .

15 . Will Knight, " solo átomo de memoria del dispositivo almacena datos , " NewScientist.com , 10 de septiembre de 2002, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99992775> , refiriéndose a Bennewitz R. et al. , " memoria escala atómica en una superficie de silicio , " La nanotecnología 13 (julio 4,2002 ) : 499-502 .

16 . Su transistor está hecho de fosforo de indio y arseniuro de indio y galio . Universidad de Illinois en el comunicado de prensa Urbana -Champaign , " Illinois Investigadores crean más rápido Transistor - Una vez más, del mundo" [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2003-11/uoia-irc110703.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2003-11/uoia-irc110703.php) .

17 . Michael R. Diehl et al, " Redes de cableado Nanotubos de Carbono deterministas autoensambladas " Angewandte Chemie International Edition 41.2 ( 2002 ) : . . 353-56 ; CPCollier et al , " Puertas lógicas moleculares basados electrónicamente configurables , " Ciencia 285.5426 ( julio de 1999) : 391-94 . Ver <http://www.its.caltech.edu/~heathgrp/papers/Paperfiles/2002/diehlangchemint.pdf> y <http://www.cs.duke.edu/~thl/papers/Heath.Switch.pdf> .

18 . Los nanotubos " roseta " diseñado por el equipo de Purdue contienen carbono, nitrógeno , hidrógeno , y oxígeno . Las rosetas autoensamblan porque sus interiores son hidrófobos y sus exteriores son hidrófilas , por lo tanto , para proteger su interior de agua, las rosetas se apilan en los nanotubos . " Las propiedades físicas y químicas de los nanotubos de roseta ahora pueden ser modificados casi a voluntad a través de una novela de marcado enfoque", según el investigador principal Hicham Fenniri . R. Colin Johnson, " Los investigadores de Purdue Construir Made- to- Order nanotubos ", EETimes , 24 de octubre de 2002, <http://www.eetimes.com/article/showArticle.jhtml?articleId=18307660> ; Fenniri H. et al. , " entrópicamente Conducido auto-ensamblaje de nanotubos Rosette multicanal " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias 99 , supp1 . 2 (30 de abril , 2002): 6487-92 ; comunicado de prensa de Purdue , " Los nanotubos adaptables dar paso a estructuras hechas a medida , cables , " [http://news.uns.purdue.edu/UNS/html4ever/020311.Fenniri\\_scaffold.html](http://news.uns.purdue.edu/UNS/html4ever/020311.Fenniri_scaffold.html) .

Un trabajo similar se ha hecho por los científicos en los Países Bajos: Gaia Vince , "Nano - Transistor autoensambla Uso Biología, " NewScientist.com , 20 de noviembre de 2003, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994406> .

19 . Liz Kalaugher , " Litografía establece una conexión para dispositivos de nanocables " , 9 de junio de 2004, <http://www.nanotechweb.org/articles/news/3/6/6/1> , refiriéndose a Song Jin et al. , " Scalable interconexión e integración de los dispositivos de nanocables sin registro " Nano Letters 4.5 ( 2004 ) : 915-19 .

20 . . Chao Li et al , " Memoria multinivel Basado en Molecular Devices , " Applied Physics Letters 84,11 ( marzo 15,2004 ) : 1949-1951 . Véase también [http://www.technologyreview.com/articles/rnb\\_051304.asp?p=1](http://www.technologyreview.com/articles/rnb_051304.asp?p=1) . Ver también <http://nanolab.usc.edu/PDF%5CAPL84-1949.pdf> .

21 . Gary Stix , "Nano Patrones " , Scientific American (9 de febrero , 2004) , [http://www.sciam.com/print\\_version.cfm?articleID=000170D6-C99F-101E-861F83414B7F0000](http://www.sciam.com/print_version.cfm?articleID=000170D6-C99F-101E-861F83414B7F0000) ; Michael Kanellos , "IBM Obtiene circuitos de chips de Dibuja sí mismos " , CNET News.com , <http://zdnet.com.com/2100-1103-5114066.html> . Véase también [http://www.nanopolis.net/news\\_ind.php?type\\_id=3](http://www.nanopolis.net/news_ind.php?type_id=3) .

22 . IBM está trabajando en chips que reconfiguran automáticamente cuando es necesario , como por ejemplo mediante la adición de memoria o aceleradores. "En el futuro , el chip tiene no puede ser el chip que compró " , dijo Bernard Meyerson , jefe de tecnología de IBM Systems and Technology Group. Comunicado de prensa de IBM, "IBM Planes primer microprocesador abiertamente adaptable de la industria , " <http://www.ibm.com/investor/press/mar-2004/31-03-04-1.phtml> .

23 . BBC News, "Breakthrough " nanocables " Aclamado " 1, abril de 2003, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/2906621.stm> . Artículo publicado es Thomas Scheibel et al, " La realización de nanocables Construido por controlado auto-ensamblaje de las fibras amiloides y selectivo del metal de deposición " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 100,8 (Abril 15,2003 ) . 4527-32 , publicados en línea el 02 de abril , 2003 , <http://www.pnas.org/cgi/content/full/100/8/4527> .

24 . Comunicado de prensa de la Universidad de Duke, "Las moléculas de ADN " programa " Los científicos de Duke auto ensamblarse en nanoestructuras con dibujos " , [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2003-09/du-ds092403.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2003-09/du-ds092403.php) , refiriéndose a Hao Yan et al. , "DNA - con plantilla auto-ensamblaje de matrices de proteínas y nanocables de alta conductividad , " Ciencia 301.5641 (26 de septiembre , 2003) : 1882-1884 . Ver también [http://www.phy.duke.edu/~gleb/Archivos\\_PDF/DNA\\_science.pdf](http://www.phy.duke.edu/~gleb/Archivos_PDF/DNA_science.pdf) .

25 . Ibid .

26 . He aquí un ejemplo del procedimiento para resolver lo que se llama el problema de viajar - vendedor. Tratamos de encontrar una ruta óptima para un viajero hipotética entre varias ciudades sin tener que visitar una ciudad más de una vez . Sólo ciertos pares de ciudades están conectadas por rutas , por lo que encontrar el camino correcto no es sencillo.

Para resolver el problema de viajar - vendedor , matemático Leonard Adleman, de la Universidad del Sur de California realiza los siguientes pasos :

1 . Generar una pequeña cadena de ADN con un código único para cada ciudad .

2 . Replicar cada uno de tales cadena ( uno para cada ciudad ) billones de veces usando PCR .

3 . A continuación, poner las piscinas de ADN (una para cada ciudad ) , así como en un tubo de ensayo. Este paso se utiliza para enlazar DNA'saffinity hebras juntos. Hebras más largas formarán automáticamente . Cada uno de tales hebra representa una posible ruta de múltiples ciudades . Las pequeñas cadenas que representan cada eslabón de la ciudad con los demás de una manera aleatoria , por lo que no hay

certeza matemática que se formará una cadena vinculada representa la respuesta correcta (secuencia de las ciudades) . Sin embargo, el número de hilos es tan grande que es casi seguro que al menos una de las cadenas - y probablemente millones - se forman que representa la respuesta correcta.

Los siguientes pasos utilizan enzimas especialmente diseñadas para eliminar los miles de millones de filamentos que representan las respuestas incorrectas , dejando sólo las cadenas que representan la respuesta correcta : 4 . Utilice moléculas llamadas " primers " para destruir las cadenas de ADN que no comienzan con la ciudad de inicio , así como aquellos que no terminan con la ciudad, al final , y luego replicar los hilos supervivientes , mediante PCR.

4 . Utilice una reacción enzimática para eliminar esas cadenas de ADN que representan una trayectoria de desplazamiento mayor que el número total de ciudades

5 . Utilice una reacción enzimática para destruir las cadenas que no incluyan la ciudad 1 . Repita el proceso para cada una de las ciudades.

6 . Ahora , cada una de las hebras que sobreviven representa la respuesta correcta . Replicar estos hilos supervivientes ( mediante PCR ) hasta que hay miles de millones de estas cadenas.

7 . Usando una técnica llamada electroforesis , lectura a la secuencia de ADN de estas hebras correctos ( como un grupo ) . La lectura se ve como un conjunto de líneas distintas , que especifica la secuencia correcta de las ciudades.

Ver Adleman LM, " Computación Molecular de soluciones para los problemas combinatorios " Ciencia 266 (1994) : 1021-1024 .

27 . Charles Choi , "ADN Computer Establece Record Guinness , " <http://www.upi.com/view.cfm?StoryID=20030224-045551-7398r> . . Ver también Y. Benenson et al, " Molécula de ADN proporciona una máquina de computación de los datos y de combustible " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 100,5 (4 de marzo , 2003) : 2191-96 , disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?pubmedid=12601148> ; Y. Benenson et al, " Una computadora Autónoma Molecular para el Control lógico de la expresión génica , " Nature 429.6990 (Mayo 27,2004 ) : 423-29 (publicado . en línea , 28 de abril de 2004) , disponible en <http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~shapiro/udi/ShapiroNature2004.pdf> .

28 . Comunicado de prensa de la Universidad de Stanford , " ' espintrónica ' podría permitir una nueva generación de dispositivos electrónicos , físicos dicen , " [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2003-08/su-ce080803.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2003-08/su-ce080803.php) , refiriéndose a Shûichi Murakami, Naoto Nagaosa y Shou -Cheng Zhang, " Dissipationless Quantum giro actual a temperatura ambiente, " Ciencia 301.5638 (5 de septiembre , 2003) : 1348-1351 .

29 . Celeste Biever , " basado en el silicio Imanes Boost espintrónica " NewScientist.com , 22 de marzo de 2004,

<http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994801> , refiriéndose a Steve Pearton", a base de silicio espintrónica " Nature Materials 3.4 ( abril de 2004 ) : 203-4

30 . Will Knight, " imagen digital almacenada en la molécula individual , " NewScientist.com , 1 de diciembre de 2002,

<http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99993129> , refiriéndose a Anatoly K. KHITRIN , Vladimir L . Ermakov y BM Fung, " Fotografía de Resonancia Magnética Nuclear Molecular, "Diario de la Química Física 117.15 (octubre 15,2002) : 6903 - { 5 .

31 . Reuters, "Proceso a la Velocidad de la Luz ", Wired News, [http://www.wired.com/news/technology/0 , 1282,61009,00](http://www.wired.com/news/technology/0,1282,61009,00) . HTML .

32 . Hasta la fecha , el mayor número de tenerse en cuenta es una de 512 bits , de acuerdo con RSA Security.

33 . Stephan Gulde et al. , "Aplicación del algoritmo de Deutsch- Iozsa en una trampa de iones- Quantum

Computer, "Nature 421 (Enero 2,2003 ) . 48-50 Ver [http://heart.c704.uibk.ac.at/Papers/Nature03 Gulde.pdf](http://heart.c704.uibk.ac.at/Papers/Nature03%20Gulde.pdf) .

34 . Dado que actualmente estamos duplicando el precio - rendimiento de computación cada año, un factor de mil requieren diez duplicaciones , o diez años . Pero también somos ( lentamente) la disminución de la propia duplicada en un tiempo, por lo que la cifra real es de ocho años.

35 . Cada aumento de mil posterior sí se produce a un ritmo ligeramente más rápido. Véase la nota anterior .

36 . Hans Moravec , "Rise of the Robots " , Scientific American (diciembre de 1999 ) : 124-35 , <http://www.sciam.com> y [http://www.frc.ri.cmu.edu/~HPM / proyecto.archive/robot.papers/1999/SciAm.scan.html](http://www.frc.ri.cmu.edu/~HPM/proyecto.archive/robot.papers/1999/SciAm.scan.html) . Moravec es profesor en el Instituto de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon. Su Laboratorio Robot Móvil explora cómo utilizar las cámaras , sonares y otros sensores para dar robots 3-D la percepción espacial . En el 1990, se describen una serie de generaciones de robots que "esencialmente [ es ] nuestra descendencia , por medios no convencionales . En última instancia , creo que son por su cuenta y que van a hacer cosas que no podemos imaginar o entender - ya sabes, como hacen los niños " ( Nova entrevista en línea con Hans Moravec , octubre de 1997 , [http://www.pbs.org / WGBH / nova / robots / moravec.html](http://www.pbs.org/WGBH/nova/robots/moravec.html) ) Sus libros Mind Children : . El futuro del robot y la Inteligencia humana y Robot : Mere Machine to Mind Trascendente explorar las capacidades de las generaciones de robots actuales y futuras.

Divulgación: El autor es un inversor y en la junta de directores de empresa de robótica de Moravec , SEEGRID .

37 . Aunque las instrucciones por segundo y usadas por Moravec y cálculos por segundo son un poco diferentes conceptos , se trata de cerca lo suficiente a los efectos de estas estimaciones de orden de magnitud . Moravec desarrolló las técnicas

matemáticas para su visión robot independientes de los modelos biológicos, pero las similitudes ( entre los algoritmos de Moravec y aquellos realizados biológicamente ) se observó después de los hechos . Funcionalmente , los cálculos de Moravec recrear lo que se lleva a cabo en estas regiones neurales , las estimaciones para computacionales basados en algoritmos de Moravec son apropiados para determinar lo que se requiere para lograr transformaciones funcionalmente equivalentes .

38 . Lloyd Watts, "Simulación por eventos de Redes de Neuronas Rematar, " séptimo Neural Information Processing Systems Conference Fundación , 1993 ; LloydWatts , "El modo Coupling - Aproximación Liouville -Green para un modelo coclear bidimensional " , Revista de la Sociedad Acústica de América 108.5 (noviembre de 2000 ) : 2266-71 . Watts es el fundador de Audience , Inc. , que se dedica a la aplicación de la simulación funcional de las regiones del sistema auditivo humano para aplicaciones de procesamiento de sonido, incluyendo la creación de una forma de pre-procesamiento de sonido para sistemas de reconocimiento de voz automático. Para obtener más información, consulte [neuroscience.shtml](http://www.lloydwatts.com/) <http://www.lloydwatts.com/> .

Divulgación: El autor es asesor del Público.

39 . Patente de EE.UU. 20030095667 solicitud , la patente de EE.UU. y la Oficina de Marcas , 22 de mayo de 2003.

40 . El Medtronic MiniMed de bucle cerrado páncreas artificial actualmente en ensayos clínicos en humanos está regresando resultados alentadores . La compañía ha anunciado que el dispositivo debe estar en el mercado dentro de los próximos cinco años. Comunicado de prensa de Medtronic, " Medtronic Soporta reconocimiento de Páncreas Artificial Fundación de Investigación de Diabetes Juvenil de como una " cura " potencial para la diabetes " , de marzo de 23 , 2004 , [http://www.medtronic.com/newsroom/news\\_2004323a.html](http://www.medtronic.com/newsroom/news_2004323a.html) . Estos dispositivos requieren un sensor de glucosa , una bomba de insulina , y un mecanismo de retroalimentación automática para controlar los niveles de insulina ( Federación Internacional de Hospitales , "El progreso en el desarrollo del páncreas artificial para tratar la diabetes " , <http://www.hospitalmanagement.net/informer/technology/Tech10>) . Roche también está en la carrera para producir un páncreas artificial para el año2007 Ver <http://www.roche.com/pages/downloads/science/pdf/rtdcmannh02-6.pdf> .

41 . Una serie de modelos y simulaciones se han creado sobre la base de los análisis de las neuronas individuales y conexiones interneuronales . Tomaso Poggio escribe: " Un punto de vista de la neurona es que es más como un chip con miles de puertas lógicas - equivalentes- en lugar de un único elemento de umbral " , Tomaso Poggio , comunicación privada a Ray Kurzweil , enero de 2005 .

Véase también T. Poggio y C. Koch , " Las sinapsis que calculan Motion " , Scientific American 256 (1987) : 46-52 .

C. Koch y T. Poggio , " Biofísica de Sistemas Computacionales : neuronas, sinapsis, y membranas " , en la función sináptica , GM Edelman , NOSOTROS Gall y WM Cowan , eds . ( Nueva York : John Wiley and Sons , 1987 ) , pp 637-97 .

Otro conjunto de modelos de neurona - nivel y simulaciones detalladas está siendo creado en la Universidad de Neuroingeniería Laboratorio de Investigación de Pennsylvania sobre la base de la función cerebral ingeniería inversa a nivel de las neuronas . Dr. Leif Finkel , director del laboratorio , dice: "En este momento estamos construyendo un modelo celular a nivel de una pequeña porción de la corteza visual. Es una simulación muy detallada informático que refleja con cierta precisión , al menos las operaciones básicas de las neuronas reales. [ Mi colega Kwabena Boahen ] tiene un chip que modela con precisión en la retina y produce picos de salida que se aproximen a retinae real. "Ver <http://nanodot.org/article.pl?sid=01/12/18/1552221> .

Comentarios de estos y otros modelos y simulaciones a nivel de las neuronas indican que un estimado de 103 cálculos por transacción neural ( una sola transacción que implique la transmisión de la señal y cero en una sola dendrita ) es un límite superior razonable . La mayoría de las simulaciones utilizan considerablemente menos que esto.

42 . Los planes de Blue Gene / L, la segunda generación de computadoras Blue Gene , se anunciaron a finales de 2001 . El nuevo superordenador , planeado para ser quince veces más rápido que las supercomputadoras de hoy y una vigésima parte del tamaño , está siendo construido conjuntamente por el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore de la Agencia Nacional de Seguridad Nuclear y de IBM. En 2002 , IBM anunció que de código abierto Linux ha sido elegido como el sistema operativo para las nuevas supercomputadoras . En julio de 2003, los chips de procesadores innovadores para el superordenador , que son sistemas completos de fichas, estaban en producción. " Blue Gene / L es un emblema de lo que es posible con el concepto de sistema - en-un- chip. Más 90 por ciento de este chip fue construido a partir de bloques estándar en nuestra biblioteca de la tecnología ", según Paul Coteus , uno de los responsables del proyecto ( Timoteo Morgan, " Blue Gene / L de IBM Muestra Off Design servidor Minimalista, " The Four Hundred, [http://www.midrangeserver.com/tfh/tfh120103\\_story05.html](http://www.midrangeserver.com/tfh/tfh120103_story05.html) ) . en junio de 2004 , los sistemas prototipo Blue Gene / L apareció por primera vez en la lista de los diez supercomputadoras . comunicado de prensa de IBM, "IBM mareas Past HP de plomo en Supercomputación Global, " <http://www.research.ibm.com/bluegene> .

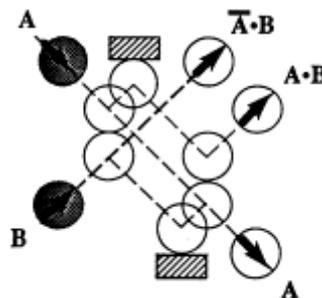
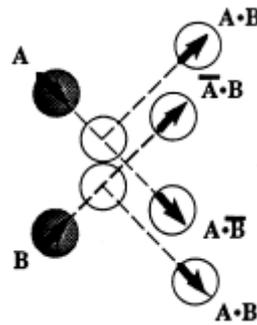
43 . Este tipo de red también se llama peer-to-peer , muchos-a - muchos, y " saltos múltiples , " En él , los nodos en la red se pueden conectar a todos los otros nodos o para un subconjunto , y hay múltiples rutas a través nodos de malla a cada destino. Estas redes son muy adaptables y auto -organización . " La firma de una red de malla es que no hay ningún dispositivo orquestar central. En su lugar, cada nodo está equipado con equipos de comunicaciones de radio y actúa como un punto de relevo para los otros nodos . " Sebastian Rupley , " inalámbricas: Redes Mesh , " PC Magazine, Julio 1,2003 , <http://www.pcmag.com/article2/0,1759,1139094,00.asp> ; Robert pobres " Wireless Mesh Networks ", sensores en línea , febrero de 2003 , <http://www.sensorsmag.com/articles/0203/38/main.shtml> ; Tomas Krag y Sebastian Buettrich " Mesh de red inalámbrica", O'Reilly Wireless DevCenter, 22 de enero de 2004, <http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2004/01/22/wirelessmesh.html> .

- 44 . Carver Mead , fundador de más de veinticinco empresas y titular de más de medio centenar de patentes, es pionera en el nuevo campo de los sistemas electrónicos neuromórficos , circuitos modelados en el sistema nervioso y al cerebro . Véase A. Carver Mead, " Sistemas Electrónicos neuromórfica , " IEEE Proceedings 78,10 ( octubre de 1990 ) : 1629-1636 . Su trabajo condujo a la pantalla táctil ordenador y el chip coclear usado en audífonos digitales. 1999 Su empresa de nueva creación Foveon hace analógico imagen -sensores que imitan las propiedades de la película .
- 45 . Edward Fredkin , " Modelo de un físico de la computación ", Actas de la vigésima sexta Recontre de Moriond , Textos de las simetrías fundamentales (1991): 283-97 , [http://digitalphilosophy.org/physicists\\_model.htm](http://digitalphilosophy.org/physicists_model.htm) .
- 46 . Gene Frantz , "Tendencias de procesamiento de señales digitales, " IEEE Micro 20,6 (noviembre / diciembre de 2000) : 52-59 , <http://csdl.computer.org/comp/mags/mi/2000/06/m6052abs.htm> .
- 47 . En 2004 Intel anunció un interruptor " giro a la derecha " hacia la arquitectura de doble núcleo ( más de un procesador en un chip ) después de llegar a un "muro térmica" (o "muro de potencia " ) causada por el exceso de calor cada vez más rápidos procesadores de un solo :  
<http://www.intel.com/employee/retiree/circuit/righthandturn.htm> .
- 48 . R. Landauer, " irreversibilidad y generación de calor en el proceso de cálculo , " IBM Diario de Investigaciones para el Desarrollo 5 ( 1961 ) : 183-91 , <http://www.research.ibm.com/journal/rd/053/ibmrd0503C.pdf> .
- 49 . Charles H. Bennett, " reversibilidad lógica de la Computación , " IBM Journal of Development Research 17 ( 1973 ) : 525-32 , <http://www.research.ibm.com/journal/rd/176/ibmrd1706G.pdf> ; Charles H . Bennett, " la termodinámica de Computación- comentario ", Revista Internacional de Física Teórica 21 ( 1982 ) : 905-40 ; Charles H. Bennett, " demonios , motores, y la segunda ley ", Scientific American 257 (noviembre de 1987) : 108-16 .
- 50 . Edward Fredkin y Tommaso Toffoli , "La lógica conservadora ", Revista Internacional de Física Teórica 21 ( 1982 ) : 219-53 , [http://digitalphilosophy.org/download\\_documents/ConservativeLogic.pdf](http://digitalphilosophy.org/download_documents/ConservativeLogic.pdf) . Edward Fredkin , " Modelo de un físico de la computación ", Actas de la vigésima sexta Recontre de Moriond , Pruebas de simetrías fundamentales ( 1991 ) : 283-97 , [http://www.digitalphilosophy.org/physicists\\_model.htm](http://www.digitalphilosophy.org/physicists_model.htm) .
- 51 . Knight, " imagen digital almacenada en la molécula individual ", en referencia a KHITRIN et al . " Magnética Nuclear Resonancia Fotografía Molecular " , ver nota 30 supra .
- 52 . Diez millones de dólares ( 10<sup>10</sup> ), los seres humanos en 10<sup>19</sup> cps cada uno es 10<sup>29</sup> cps para todos los cerebros humanos; 10<sup>42</sup> cps es mayor que este en un diez billones de dólares ( 10<sup>13</sup> ) .

53 . Fredkin , " Modelo de Físico de la Computación " , véanse las notas 45 y 50 anteriores.

54 . Dos de estas puertas son la Puerta de Interaction, una de dos entradas , cuatro salidas universales puerta reversible -logic ( diagrama de la puerta) y la Puerta de Feynman , una de dos entradas y tres salidas puerta reversible universal - lógica .

(diagrama de la puerta)



Ambas imágenes son de *ibid.* , P . 7 . 55 . *Ibid.* , P . 8 .

56 . C. 1 . Seitz et al, " nMOS Hot- reloj ", Actas de la Conferencia 1985 Chapel Hill en VLSI (Rockville , Md.: Computer Science Press , 1985 ) . , Pp 1-17 , <http://caltechctr.library.caltech.edu/archive/00000365> ; Ralph C. Merkle , " lógica reversible electrónico mediante el interruptor , " *Nanotecnología* 4 ( 1993 ) : 21-40 ; SG Younis y TF Knight, "Aplicación práctica de la Carga Recuperación asintótica de la energía Cmos Zero " , Actas de la 1993

Simposio sobre Sistemas Integrados (Cambridge, Mass: MIT Press, 1993), pp 234-50

57 . Hiawatha Bray, " su próxima batería " , *Boston Globe* , 24 de noviembre de 2003, [http://www.boston.com/business/technology/articles/2003/11/24/your\\_next\\_battery](http://www.boston.com/business/technology/articles/2003/11/24/your_next_battery) .

58 . Seth Lloyd, "Límites físicos Ultimate a Computation , " *Nature* 406 (2000) : 1047-1054 .

Los primeros trabajos sobre los límites del cálculo hecho por Hans J. Bremermann en 1962 : Hans J. Bremermann , "Optimización través de la evolución y recombinación , " en Yovits MC , CT Jacobi , c. D. Goldstein , eds . , *Sistemas de auto-organización* ( Washington , Carolina del Norte . Espartano Books , 1962 ) , pp 93-106 .

En 1984 Robert A. Freitas Jr. construyó sobre el trabajo de Bremermann en Robert A. Freitas Jr. , " Xenopsychology , " Analog 104 (abril de 1984) : 41-53 , <http://www.rfreitas.com/Astro/Xenopsychology.htm> # SentienceQuotient .

59 .  $\pi^\circ$  máximo de energía (  $1.017 \text{ kg}^\circ \text{ meter}^2/\text{second}^2$  ) / (  $6,6^\circ 10^{-34}$  ) joules-seg =  $\sim 5^\circ 1050$  operaciones / segundo .

60 .  $5^\circ 1050$  cps es equivalente a  $5^\circ 1021$  (5 billones de trillones ) civilizaciones humanas ( cada uno requiere 1029 cps ).

61 . Diez millones de dólares (  $10^{10}$  ), los seres humanos en  $10^{16}$  cps cada uno es  $10^{26}$  cps para la civilización humana. Así que  $5^\circ 1.050$  cps es equivalente a  $5^\circ 10^{24}$  (5 billones de billones ) las civilizaciones humanas .

62 . Este cálculo hace que la hipótesis conservadora de que hemos tenido diez mil millones de seres humanos durante los últimos diez mil años, lo que obviamente no es el caso . El número real de los seres humanos ha estado aumentando gradualmente en el pasado para llegar a alrededor de 6,1 millones de dólares en 2000 . Hay  $3^\circ 10^7$  segundos en un año , y  $3^\circ 1.011$  segundos en diez mil años. Por lo tanto, utilizando la estimación de  $10^{26}$  cps para la civilización humana ,

El pensamiento humano más de diez mil años es equivalente a sin duda no más de  $3^\circ 1.037$  cálculos. El último portátil realiza  $5^\circ 1.050$  cálculos en un segundo. Así simulando diez mil años de pensamientos diez mil millones de seres humanos ' se toman sobre 10 a 13 segundos , que es una diez milésima parte de un nanosegundo.

63 . Anders Sandberg, " La física de los Superobjects Procesamiento de la Información : La vida cotidiana de los cerebros de Júpiter " , diario de la evolución y Tecnología 5 (22 de diciembre , 1999) , <http://www.transhumanist.com/volume5/Brains2.pdf> .

64 . Ver nota 62 supra ;  $10^{42}$  cps es un factor de  $10^{-8}$  a menos de  $1.050$  cps , por lo que una diezmilésima parte de un nanosegundo se convierte en 10 microsegundos .

65 . Ver <http://e-drexler.com/p/04/04/0330drexPubs.html> una lista de publicaciones y patentes de Drexler .

66 . A razón de \$  $10^{12}$  y  $10^{26}$  cps por cada mil dólares ( \$  $10^3$  ) , obtenemos  $1.035$  cps por año a mediados de la Década de 2040 . La razón de esto a los  $10^{26}$  cps para todo el pensamiento biológico en la civilización humana es de  $10^9$  (mil millones ) .

67 . En 1984 Robert A. Freitas propuso una escala logarítmica de "cociente de sensibilidad " (SQ ) sobre la base de la capacidad computacional de un sistema . En una escala que va desde -70 hasta 50 , los cerebros humanos salen a los 13 años . La supercomputadora Cray 1 sale a las 9 . Sensibilidad cociente de Freitas se basa en la cantidad de cálculo por unidad de masa . Un equipo muy rápido con un algoritmo simple saldría con una alta SQ. La medida que describo para el cálculo de esta sección se basa en  $^2$  de Freitas e intenta tener en cuenta la utilidad de la computación. Así que si un cálculo más simple es equivalente a la que realmente se ejecuta , a continuación, basamos la eficiencia computacional en el cálculo equivalente (simple).

También en mi medida , el cálculo debe ser " útil". Robert A. Freitas Jr. , " Xenopsychology , " analógico 104 (abril de 1984) : 41-53 , [http://www.rfreitas.comfAstro/Xeno psychology.htm](http://www.rfreitas.comfAstro/Xeno%20psychology.htm) # SentienceQuotient .

68 . Como dato interesante , grabados en el lado de las pequeñas rocas tenían , de hecho, representan una forma temprana de almacenamiento informático . Una de las primeras formas de lengua escrita , la escritura cuneiforme , que se desarrolló en Mesopotamia alrededor del año 3000 antes de Cristo, utiliza marcas gráficas en las piedras para almacenar información. Registros agrícolas se mantuvieron como marcas cuneiformes sobre piedras colocadas en bandejas , y se organizan en filas y columnas. Estas piedras marcadas fueron esencialmente la primera hoja de cálculo. Uno de estos registros piedra cuneiforme es un artefacto preciado en mi colección de ordenadores históricos.

69 . Uno mil ( 103 ) bits es menor que la capacidad teórica de los átomos en la piedra para almacenar información (estimado en 1.027 bits) por un factor de 10-24 .

70 . 1 cps ( 100 cps ) es menor que la capacidad teórica de cálculo de los átomos en la piedra (estimado en 1.042 cps ) por un factor de 10-42 .

71 . Edgar Buckingham, " Propulsión a Chorro de aviones, " informe NACA no. 159, en el Noveno Informe Anual de NACA -1923 (Washington , DC: NACA , 1924 ) , pp 75-90 . Ver <http://naca.larc.nasa.gov/reports/1924/naca-report-159/> .

72 . Belle Dume , " Moves Microscopía al Picoscale , " PhysicsWeb , 10 de junio de 2004, <http://physicsweb.org/artide/news/8/6/6> , refiriéndose a Stefan Hembacher , Franz J. Giessibl y Iochen Mannhart , " Microscopía de Fuerza con sondas de luz Atom , " Ciencia 305.5682 (16 de julio , 2004):

380-83 . Este nuevo microscopio " armónico más alto " fuerza , desarrollado por la Universidad de físicos Augsburg , utiliza un solo átomo de carbono como una sonda y tiene una resolución que es al menos tres veces mejor que la de los microscopios de barrido de efecto túnel tradicionales . ¿Cómo funciona: como se hace la punta de tungsteno de la sonda a oscilar a amplitudes subnanometer , la interacción entre el átomo de punta y el átomo de carbono produce componentes armónicos más altos en el patrón de la onda sinusoidal subyacente. Los científicos midieron estas señales para obtener una imagen ultra-alta resolución del átomo de la punta que mostraba características sólo 77 picómetros (milésimas de nanómetros ) de diámetro.73 . Henry Fountain , "Nuevo detector puede probar el Principio de Incertidumbre de Heisenberg , " New York Times, 22 de julio de 2003.

74 . Mitch Jacoby , " electrón se mueve en attosegundos , " Chemical and Engineering News 82.25 ( 21 de junio de 2004 ) : . 5 , en referencia a Peter Abbamonte et al , " Imaging perturbaciones de densidad en el agua con un 41,3 Attosegundos tiempo de resolución , " Physical Review Letters 92.23 (Junio 11,2004 ) : 237-401 .

75 . S. K. Lamoreaux y 1 . R. Torgerson , " La moderación de neutrones en el reactor

natural de Oklo y la variación temporal de Alfa , " Physical Review D 69 ( 2004 ) : 121701-6 , [http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog = normales & id = PRVDAQ000069000012121](http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normales&id=PRVDAQ000069000012121)

701000001 y tipo\_ID = cvips y gifs = sí; Eugenie S. Reich , "Speed of Light puede haber cambiado recientemente , " New Scientist , 30 de junio de 2004, <http://www.newscientist.com!news/news.jsp?id=ns99996092> .

76 . Charles Choi , "Programa de ordenador para enviar datos Back in Time " , UPI , 1 de octubre de 2002, <http://www.upi.com/view.efm?StoryID=20021001-125805-3380r> ; Todd Brun, " Las computadoras con Cerrado curvas temporales pueden resolver problemas difíciles , " Fundación de Physics Letters 16 ( 2003 ) : 245 -53 . Edición electrónica , 11,2002 de septiembre de [http://arxiv.org/PS\\_cache/gr-qc/pdf/0209/0209061.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/gr-qc/pdf/0209/0209061.pdf) .

### **Capítulo cuatro:**

#### **La consecución del Software de Inteligencia Humana : Cómo realizar ingeniería inversa del cerebro humano**

- 1 . Lloyd Watts, " Complejidad visualizar en el cerebro " , en D. Fogel y C. Robinson , eds , Inteligencia Computacional : . Hablan los expertos (Piscataway , NJ : IEEE Press / Wiley, 2003 ) , <http://www.lloydwatts.com/wcci.pdf> .
- 2 . JG Taylor , B. Horwitz y KJ Friston, " El Cerebro Global : Imaging and Modeling, " Neural Redes 13 , número especial ( 2000 ) : 827 .
- 3 . Neil A. Busis , " Neurociencias en Internet, " <http://www.neuroguide.com> ; " neurocientíficos con mejores herramientas en el cerebro , " Bio IT Boletín [http://www.bioit.world.com/noticias/041503\\_report2345.html](http://www.bioit.world.com/noticias/041503_report2345.html) , " Proyectos de cerebro para cosechar dividendos de empresas Neurotech , " Informes Neurotech , <http://www.neurotechreports.com/pages/brainprojects.html> .
- 4 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 4.8.6 , " Seguimiento neuroeléctrica no invasiva " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 115-16 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/4.8.6.htm> .
- 5 . El capítulo 3 analiza esta cuestión , véase la sección " La capacidad computacional del cerebro humano . "
- 6 . La investigación de reconocimiento de voz y el desarrollo , Kurzweil Applied Inteligencia, que fundé en 1982 , ahora parte de ScanSoft (anteriormente Kurzweil Computer Products ) .
- 7 . Lloyd Watts, la patente de EE.UU. de aplicación , la patente de EE.UU. y la Oficina de Marcas , 20030095667 , 22 de mayo , 2003 , " Cálculo de Tiempos de

Retardo de múltiples sensores. " Resumen: . "Determinación de un retardo de tiempo entre una primera señal recibida en un primer sensor y una segunda señal recibida en un segundo sensor se describe la primera señal se analiza para derivar una pluralidad de canales de primera señal a diferentes frecuencias y la segunda señal se analiza para derivar una pluralidad de segundos canales de señales a diferentes frecuencias . una primera característica se detecta que se produce en un primer tiempo en uno de los primeros canales de señal . una segunda característica se detecta que se produce en un segundo tiempo en uno de los segundos canales de señal . La primera característica se corresponde con la segunda característica , y la primera vez que se compara con el segundo tiempo para determinar el tiempo de demora . " Ver también Nabil H.

Farhat , Patente de EE.UU. 20040073415 solicitud , la patente de EE.UU. y la Oficina de Marcas , 15 de abril de 2004, " Brain Dynamical Modelo para su uso en aplicaciones de procesamiento de datos " .

8 . Se calcula que el genoma comprimido en alrededor de treinta hasta cien millones bytes ( véase la nota 57 para el capítulo 2 ) , lo que es más pequeño que el código objeto para Microsoft Word y mucho más pequeño que el código fuente . Consulte los requisitos del sistema de Word 2003 20 de octubre de 2003 <http://www.microsoft.com/office/word/prodinfo/sysreq.mspx> .

9 . Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Epigenetics> .

10 . Véase la nota 57 del capítulo 2 para un análisis de la información contenida en el genoma , que estimo que 30 hasta 100 millones de bytes, por lo tanto, a menos de 109 bits. Consulte la sección " Capacidad Humana de memoria" en el capítulo 3 ( p. 126 ) para mi análisis de la información en un cerebro humano , estimada en 1018 bits.

11 . Marie Gustafsson y Christian Balkenius , "Utilización de técnicas de Web Semántica para la validación de los modelos cognitivos contra datos neurocientíficos, " AILS04 Workshop, SAIS / SSLS Taller ( Sociedad de Inteligencia Artificial sueco; Sociedad Sueca para Sistemas de Aprendizaje ), abril 15-16, 2004 , Lund , Suecia, [www.lu.se/People/Christian.Balkenius/PDF/Gustafsson.Balkenius.2004.pdf](http://www.lu.se/People/Christian.Balkenius/PDF/Gustafsson.Balkenius.2004.pdf) .

12 . Véase la discusión en el capítulo 3 . En una referencia útil , cuando se modela la neurona por neurona, Tomaso Poggio y Christof Koch describen la neurona como similar a un chip con miles de puertas lógicas. Ver T. Poggio y C. Koch , " Las sinapsis que calculan Motion ", Scientific American 256 (1987) : 46-52 . También C. Koch y T. Poggio , " Biofísica de Sistemas Computacionales : neuronas, sinapsis, y membranas ", en la función sináptica , GM Edelman , NOSOTROS Gall y WM Cowan , eds . ( Nueva York : John Wiley and Sons , 1987 ) , pp 637-97 .

13 . En Mead , ver [http://www.technology.gov/Medal/2002/bios/Carver\\_A.\\_Mead.pdf](http://www.technology.gov/Medal/2002/bios/Carver_A._Mead.pdf) . Carver Mead, VLSI y Neuronales Sistemas analógicos ( Reading, Mass.: Addison- Wesley, 1986 ) .

14 . Véase la nota 172 en el capítulo 5 para una descripción algorítmica de una red neuronal de auto-organización y la nota 175 en el capítulo 5 para una descripción de un algoritmo genético de auto-organización .

- 15 . Ver Gary Dudley et al. , "Sistemas autonómicos de recuperación automática en una cruzada de productos entorno de TI " , Actas de la Conferencia Internacional IEEE en Computación Autónoma , Ciudad de Nueva York , mayo de 17-19, 2004 , <http://csdl.computer.org/comp/proceedings/icac/2004/2114/00121140312.pdf> ;  
"Acerca  
IBM Autonomic Computing " , <http://www-3.ibm.com/autonomic/about.shtml> y Ric Telford, " La Arquitectura Autónomo Informática " , 14 de abril de 2004, <http://www.dcs.st Andrews. ac.uk/undergrad/current/dates/disclec/2003-2/RicTelfordDistinguished2.pdf> .
- 16 . Christine A. Conceptos en Skarda y Walter J. Freeman, " El caos y la Nueva Ciencia del Cerebro " Neurociencia 1.2 ( 1990 ) : 275-85 .
- 17 . C. Geoffrey Woods " Cruzando la línea media, " La ciencia 304.5676 (4 de junio, 2004): 1455-1456 ; Stephen Matthews, " Programación temprana del eje hipotálamo - hipófisis - suprarrenal , " Trends in Endocrinología y Metabolismo 13.9 (Noviembre 1,2002 ) : 373-80 ; Justin Crowley y Lawrence Katz, " el desarrollo temprano de las columnas de dominancia ocular , " Ciencia 290.5495 ( 17 de noviembre. 2000 ) : . 1321-1324 ; Anna Penn et al, "La competencia en el patrón retinogeniculadas Impulsada por la actividad espontánea , " Ciencia 279.5359 (27 de marzo , 1998) : . 2108-12 ; MV Johnston et al, " Esculpir el cerebro en desarrollo , "Avances en Pediatría 48 ( 2001 ) : 1-38 ; P.La Cerra y R. Bingham, " La naturaleza adaptativa de la Arquitectura neurocognitivo humano : un modelo alternativo " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias 95 ( 15 de septiembre 1998 ) : 11290-94 .
- 18 . Las redes neuronales son modelos simplificados de neuronas que pueden auto-organizarse y resolver problemas. Ver nota 172 en el capítulo 5 para una descripción algorítmica de las redes neuronales . Los algoritmos genéticos son modelos de evolución mediante la reproducción sexual de las tasas de mutación controladas. Véase la nota 175 en el capítulo 5 para una descripción detallada de los algoritmos genéticos. Los modelos de Markov son productos de una técnica matemática que son similares en algunos aspectos a las redes neuronales .
- 19 . Aristóteles, las obras de Aristóteles , trad. WD Ross ( Oxford: Clarendon Press, 1908/52 ( véase, en particular , Física ) , véase también [http://www.encyclopedia.com/html/section/aristotl\\_philosophy.asp](http://www.encyclopedia.com/html/section/aristotl_philosophy.asp) .
- 20 . ED Adrian , La Base de Sensation : La Acción de Órganos de los Sentidos (Londres, Christopher , 1928 ) .
- 21 . AL Hodgkin y AF Huxley , " potenciales de acción registrados en el interior de una fibra nerviosa , " Naturaleza 144 (1939) : 710-12 .
- 22 . AL Hodgkin y AF Huxley , " una descripción cuantitativa del actual membrana y su Aplicación a la conducción y la excitación de los nervios " , Journal of Physiology

117 (1952) : 500-544 .

23 . WS McCulloch y W. Pitts, " Un cálculo lógico de las ideas inmanentes en la actividad nerviosa ", Boletín de Biofísica Matemática 5 ( 1943 ) : 115-33 . Este trabajo seminal es muy difícil de entender. Para una introducción clara y una explicación , consulte " un modelo de computadora de la neurona " , la Mind Project , la Universidad Estatal de Illinois,

<http://www.mind.ilstu.edu/curriculum/perception/mpneuron1.html> .

24 . Véase la nota 172 en el capítulo 5 para una descripción algorítmica de las redes neuronales .

25 . E. Salinas y P. Thier , " ganancia de modulación: A Principio Computacional Mayor de la central Sistema nervioso, " Neurona 27 ( 2000 ) : 15-21 .

26 . KM O'Craven y RL Savoy, "La atención voluntaria puede modular la actividad fMRI en humanos MT / MST , " Investigación Oftalmológico Vision Science 36 ( 1995 ) : S856 (Suplemento ) .

27 . Marvin Minsky y Seymour Papert , Perceptrones (Cambridge , Mass.: MIT Press, 1969 ) .

28 . Frank Rosenblatt , Cornell Aeronautical Laboratory , " El Perceptron : un modelo probabilístico para Almacenamiento y Organización en el cerebro , " Psychological Review 65.6 ( 1958 ) : 386-408 , véase Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Perceptron> .

29 . O. Sporns , G. Tononi y Edelman GM " , conectividad y Complejidad : La relación Entre Neuroanatomía y Cerebro Dinámica , " Redes Neuronales 13,8-9 ( 2000 ) : 909-22 .

30 . . Hahnloser RH et al, "Selección y Amplificación Digital Analógico coexistir en un circuito de silicio Cortex- inspirado , " Nature 405.6789 (22 de junio de 2000) : 947-51 ; " del MIT y Bell Labs investigadores Crea circuito electrónico que imita los circuitos cerebrales , " MIT News , 21 de junio de 2000, <http://web.mit.edu/newsoffice/nr/2000/machinebrain.html> .

31 . Manuel Trajtenberg , el análisis económico de la innovación de producto : el caso de CT Scanners (Cambridge , Mass.: Harvard University Press, 1990 ), Michael H. Priebe , Ph.D. , presidente , CEO , Neuromed GmbH , PM . L. Robitaille , AM Abduljalil y A. Kangarlu , "Imágenes Ultra Alta Resolución de la cabeza humana a las 8 de Tesla : 2K x 2K para el Y2K , " Journal of Computer Assisted Tomography 24,1 (enero- febrero de 2000) : 2-8.

32 . Seong -Gi Kim, " Avances en la comprensión de las señales de imagen funcional, " Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 100,7 (1 de abril , 2003) : 3550-52 , <http://www.pnas.org/cgi/content/full/100 / 7/3550> . Véase también Seong - Gi Kim et al . , " Localizada

Cerebral Blood Flow respuesta a una resolución submilimétrica columnas " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 98.19 (Septiembre 11,2001 ) : 10904-9 , [httpi //](http://)

[www.pnas.org/cgi/content/abstract/98/19/10904](http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/98/19/10904) .

- 33 . KK Kwong et "Dynamic resonancia magnética de la actividad cerebral humana durante al. , Estimulación sensorial primaria ", Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 89.12 (15 de junio de 1992 ) : 5675-79 .
- 34 . Roy CS y CS Sherrington , " Sobre la regulación del suministro de sangre del cerebro ", Journal of Fisiología 11 ( 1890 ) : 85-105 .
- 35 . MI Posner et al, " La localización de las operaciones cognitivas en el cerebro humano , " Ciencia 240.4859 (17 de junio , 1988) : . 1627-1631 .
- 36 . FM Mottaghy et al. " , La Facilitación de la denominación de dibujos después magnética transcraneal repetitiva Estimulación , "Neurología 53.8 (10 de noviembre , 1999) : 1806-1812 .
- 37 . Daithí Ó hAnluain , " TMS : Twilight Zone Science" Wired News , 18 de abril de 2002, <http://wired.com/news/medtech/0> , 1286,51699.00 . HTML .
- 38 . Lawrence Osborne, " Savant por un Día ", New York Times Magazine , 22 de junio de 2003, disponible en <http://www.wireheading.com/brainstim/savant.html> .
- 39 . Bruce H. McCormick, "Brain Tissue escáner Permite Encuestas microestructura del cerebro , " Neurocomputing 44-46 (2002) : 1113-1118 ; Bruce H. McCormick , " Diseño de un tejido escáner cerebral , " Neurocomputing 26-27 ( 1999 ) : 1025 -32 ; Bruce H. McCormick, "Desarrollo del tejido cerebral escáner , " Brain Redes Laboratorio de Informes Técnicos , Texas A & M del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad, College Station , Texas , 18 de marzo de 2002, <http://research.cs.tamu.edu/bnl/pubs/McC02.pdf> .
- 40 . Leif Finkel et al. , " Meso escala Brain Imaging óptico de aprendizaje perceptivo ", Universidad de Pennsylvania subvención 2000-01737 ( 2000 ) .
- 41 . E. y R. Callaway Yuste , " Fomento de las neuronas con la luz, " Opiniones actuales en neurobiología 12.5 (octubre de 2002 ) : 587-92 .
- 42 . BL Sabatini y Svoboda K. , "Análisis de los canales de calcio en las espinas simples Utilizando óptico Análisis de fluctuación , "Nature 408.6812 (30 de noviembre de 2000) : 589-93 .
- 43 . John Whitfield, " Láseres operar dentro de las células individuales ", News@nature.com , 6 de octubre de 2003, <http://www.nature.com/nsu/030929/030929-12.html> ( requiere suscripción) . El laboratorio de Mazur : <http://mazur-www.harvard.edu/research/> . Jason M. Samonds y Bonos AB, " desde otro ángulo : Las diferencias en la codificación corticales entre la discriminación fina y gruesa de Orientación , " Diario de Neurofisiología 91 (2004) : 1193-1202 .
- 44 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 2A, biocompatibilidad , sección 15.6.2 , " Intrusión torrente sanguíneo " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 2003) , pp 157-59 , <http://www.nanomedicine.com/NMIIA/15.6.2.htm> .

- 45 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 7.3 , " Redes de Comunicación " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 186-88 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/7.3.htm> .
- 46 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 9.4.4.3 , "Pasaje intercelular " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 320-21 , [http://www.nanomedicine.com/NMI/9.4.4.3.htm # p2](http://www.nanomedicine.com/NMI/9.4.4.3.htm#p2) .
- 47 . Keith L. Negro , MD, y S. Nagendra Ningaraj , "Modulación de tumor cerebral Capilares para Entrega de medicamentos mejorada selectiva de tumor cerebral , " Control del Cáncer 11,3 (mayo / junio de 2004) : 165 - 73 , <http://www.moffitt.usf.edu/pubs/ccj/v11n3/pdf/165.pdf> .
- 48 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 4.1 , "Tecnología Nanosensor " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , p . 93 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/4.1.htm> .
- 49 . Conferencia sobre Nanotecnología Avanzada ( <http://www.foresight.org/Conferences/AdvNan02004/index.html> ) , el Congreso y Exposición nanobiotecnología ( <http://www.nanobiotec.de/> ) , Tendencias NanoBusiness en Nanotecnología ( <http://www.nanoevent.com/> ) , y la Conferencia de Nanotecnología NSTI y Exposición Comercial ( <http://www.nsti.org/events.html> ) .
- 50 . Peter D. Kramer , Escuchando al Prozac (New York : Viking, 1993 ) .
- 51 . La investigación de LeDoux es en las regiones del cerebro que tienen que ver con estímulos amenazantes , de los cuales el jugador central es la amígdala , una región en forma de almendra de neuronas localizadas en la base del cerebro . Las tiendas de recuerdos de la amígdala de los estímulos amenazantes y los controles de las respuestas que tienen que ver con el miedo .
- MIT cerebro investigador Tomaso Poggio señala que " la plasticidad sináptica es un sustrato de hardware para el aprendizaje , pero puede ser importante hacer hincapié en que el aprendizaje es mucho más que la memoria. " Ver T. Poggio y E. Bizzi , " Generalización de la Visión y Control de Motor, " Nature 431 (2004) : 768-74 . Ver también E. Benson, " El Ser Synaptic ' APA Online , noviembre de 2002 , <http://www.apa.org/monitor/nov02/synaptic.html> .
- 52 . Anthony J. Bell, "Niveles y bucles : el futuro de la inteligencia artificial y la neurociencia" Philosophical Transactions de la Royal Society of London B 354.1352 (Diciembre 29,1999 ) : 2013 -20 , <http://www.cnl.salk.edu/~tony/ptrsl.pdf> .
- 53 . Peter Dayan y Larry Abbott, Neurociencia Teórica : Computación y Matemáticas Modelado de Sistemas Neuronales (Cambridge , Mass.: MIT Press, 2001 ) .
- 54 . DO Hebb , la organización de la conducta : una teoría neuropsicológica (NewYork: Wiley,1949 ) .

- 55 . Michael Domjan y Barbara Burkhard , The Principles of Learning and Behavior , 3<sup>a</sup> ed . (Pacific Grove , California : Brooks / Cole , 1993 ) .
- 56 . J. Quintana y JM Fuster , "De la percepción a la acción: Funciones integradoras temporales de neuronas prefrontal y parietal , " Cerebral Cortex 9.3 (abril- mayo de 1999) : 213-21 ; WFAasad , G. Rainer y EK Miller, "Neural la actividad en la corteza prefrontal Primate durante el aprendizaje asociativo , " Neurona 21,6 ( diciembre de 1998) : 1399-1407 .
- 57 . GG Turrigiano et al, "Escala actividad dependiente de la amplitud cuántica en las neuronas neocorticales , " Nature 391.6670 (26 de febrero , 1998) : . . 892-96 ; RJ O'Brien et al, " Modulación de la actividad dependiente de Synaptic AMPA receptor Acumulación , " Neurona 21,5 (noviembre de 1998 ) : 1067-1078 .
- 58 . "De una nueva ventana para ver cómo las experiencias reconfiguran el cerebro " , Instituto Médico Howard Hughes (19 de diciembre , 2002) , <http://www.hhmi.org/news/svoboda2.html> . Ver también JT Trachtenberg y otros, " a largo plazo de imágenes in vivo de la experiencia - dependiente plasticidad sináptica en la corteza adulta" Naturaleza 420.6917 (diciembre de 2002 ) : . 788-94 , [http://cpmcnet.columbia.edu/dept/physio / physi02/Trachtenberg\\_NATURE.pdf](http://cpmcnet.columbia.edu/dept/physio / physi02/Trachtenberg_NATURE.pdf) y Karen Zito y Karel Svoboda , " Synaptogenesis dependiente de la actividad en la corteza de los mamíferos adultos , " Neurona 35,6 (septiembre de 2002 ) : 1015-1017 , <http://svobodalab.cshl.edu/reprints/2414zito02neur.pdf> .
- 59 . Ver [http://whyfiles.org/184make\\_memory/4.html](http://whyfiles.org/184make_memory/4.html) . Para obtener más información sobre las espinas neuronales y de memoria, consulte Grutzendler J. et al, " a largo plazo la estabilidad espina dendrítica en la corteza adulta , " Nature 420.6917 ( 19 a 26 diciembre 2002 ) : . 812-16 .
- 60 . SRYoung y EW Rubel , " embriogénesis del patrón de arborización y Tipografía Los axones individuales en N. Laminaris del tronco encefálico de pollo, "Journal of Comparative Neurología 254,4 (22 de diciembre , 1986) : 425-59 .
- 61 . Scott, Makeig , " Centro Swartz de Neurociencia Computacional Visión general " , <http://www.sccn.ucsd.edu/VisionOverview.html> .
- 62 . D. H. Hubel y T.N. Wiesel, "Interacción Binocular en la corteza estriada de gatitos criados con Estrabismo Artificial, " Diario de Neurofisiología 28,6 (noviembre de 1965) : 1041-1059 .
- 63 . Jeffrey M. Schwartz y Sharon Begley, la mente y el cerebro: Neuroplasticidad y el Poder de la Fuerza Mental (Nueva York: Regan Books, 2002 ) . Ver también C. Xerri , M. Merzenich et al. , " La plasticidad de la corteza somatosensorial primaria Paralelo Sensoriomotor Recuperación Bonus de Carrera en monos adultos , " The Journal of Neurophysiology , 79.4 (abril de 1980) : . 2119- 48 Ver también S. Begley, " supervivencia de los más activos " , Wall Street Journal , 11 de octubre de 2002, <http://webreprints.djreprints . com/606120211414.html> .

- 64 . 81-84 : Paula Tallal y " la comprensión del lenguaje en el aprendizaje de idiomas Niños con Discapacidad mejoradas con voz acústicamente modificados , " Ciencia 271 (5 de enero , 1996) al, . . Paula Tallal es la Junta de Gobernadores Profesor de Neurociencia y codirector del CMBN ( Center for Molecular y Behavioral Neuroscience ) en la Universidad de Rutgers , y cofundador y director de SCIL ( Scientific Learning Corporation) ; ver <http://www.cmbn.rutgers.edu / facultad / tallal.html> . Ver también Paula Tallal , " Lenguaje Deterioro del aprendizaje: integración de la investigación y remediación , " Nuevos horizontes para la Aprendizaje 4.4 (agosto- septiembre de 1998) , <http://www.newhorizons.org / neuro / tallal.htm> , A. Pascual -Leone , " El cerebro que reproduce música y se cambia por el mismo, " Anales de la New York Academia de Ciencias 930 (junio de 2001 ) : 315-29 . Véase también la nota 63 supra .
- 65 . FAWilson , SPScalaidhe y PS Goldman- Rakic " , disociación del objeto y Espacial Dominios de procesamiento en la corteza prefrontal Primate "Ciencia 260.5116 (25 de junio , 1993) : 1955-1958 . .
- 66 . C. Buechel , JTCoull y KJ Friston , " Los cambios valueOf predictivos en efectivo Conectividad Aprendizaje Humano , "Ciencia 283.5407 (Marzo 5,1999 ) : 1538-1541
- 67 . Ellos produjeron dramáticas imágenes de las células del cerebro que forman conexiones temporales y permanentes en respuesta a diversos estímulos , que ilustran los cambios estructurales entre las neuronas que , muchos científicos han creído durante mucho tiempo , tener lugar cuando almacenamos recuerdos. "Imágenes revelan cómo las células nerviosas forman conexiones para almacenar recuerdos a corto y largo plazo en el cerebro " , Universidad de California, San Diego , 29 de noviembre de 2001, <http://ucsdnews.ucsd.edu/newsrel/science/mcceli.htm> ; Cólicos MA et al, " Remodelación de Acción sináptica inducida por la estimulación Photoconductive , " Cell 107.5 (30 de noviembre , 2001) : 605-16 . . Video link : <http://www.qflux.net/NeuroStim01.rm> , Neural Interface Silicio - Quantum Flux .
- 68 . S. Lowel y W. Singer " Selección de conexiones horizontales intrínsecos en la corteza visual de Correlacionado la actividad neuronal, "Ciencia 255.5041 (10 de enero , 1992) : 209-12 .
- 69 . K. Si et al, " una isoforma neuronal de CPEB regula la síntesis local de proteínas y estabiliza facilitación a largo plazo Synapse - específica en Aplysia , " Cell 115,7 (26 de diciembre 2003) : . 893-904 ; K. Si, S. Lindquist y ER Kandel , " una isoforma neuronal de la Aplysia CPEB Tiene Prion -Like Propiedades, " Cell 115,7 (26 de diciembre 2003) : 879-91 . Estos investigadores han encontrado que CPEB puede ayudar a formar y preservar la memoria a largo plazo al someterse a cambios en la forma en la sinapsis similares a las deformaciones de los priones ( fragmentos de proteínas implicadas en la enfermedad de las vacas locas y otras enfermedades neurológicas ) . El estudio sugiere que esta proteína hace su buen trabajo , mientras que en un estado prión , lo que contradice la creencia generalizada de que una

proteína que tiene actividad prión es tóxico o al menos no funciona correctamente . Este mecanismo priones también puede tener un papel en áreas como mantenimiento cáncer y el desarrollo de órganos , los sospechosos Eric R. Kandel , profesor universitario de fisiología y biofísica celular , psiquiatría , bioquímica y biofísica molecular en la Universidad de Columbia y ganador del Premio Nobel 2000 de Medicina . Véase el comunicado de prensa del Instituto Whitehead , [http://www.wi.mit.edu/nap/features/nap\\_feature\\_memory.html](http://www.wi.mit.edu/nap/features/nap_feature_memory.html) .

70 . MC Anderson et al, "Los sistemas neuronales que subyacen a la represión de los recuerdos no deseados , " *Ciencia* 303.5655 (9 de enero , 2004): . 232-35 . Los hallazgos podrían estimular el desarrollo de nuevas formas para que las personas a superar recuerdos traumatizantes . Keay Davidson, " Estudio Sugiere cerebro está hecho para olvidar : resonancias magnéticas en los Experimentos Stanford Indique Supresión activa de recuerdos innecesarios " , *San Francisco Chronicle* , 9 de enero de 2004, <http://www.sfgate.com/cgi bin / article.cgi ? File = / c/a/2004/01/09/FORGET.TMP & type = ciencia>.

71 . Dieter C. Lie et al, " La neurogénesis en el cerebro adulto : Nuevas estrategias para las enfermedades del sistema nervioso central " . *Anuales Revisión de Farmacología y Toxicología* 44 ( 2004 ) : 399-421 .

72 . H. van Praag , G. Kempermann y FH Gage , "Ejecución aumenta la proliferación celular y la La neurogénesis en el giro dentado del ratón adulto , " *Nature Neuroscience* 2.3 (marzo de 1999 ) : 266-70 .

73 . Minsky y Papert , *Perceptrones* .

74 . Ray Kurzweil, *La era de las máquinas espirituales* (New York:Viking, 1999), p79

75 . Funciones de base son funciones no lineales que se pueden combinar linealmente ( mediante la suma de múltiples funciones ponderada - base ) para aproximar cualquier función no lineal . Pouget y Snyder , " Métodos computacionales para Transformaciones sensoriomotrices , " *Nature Neuroscience* 3.11

Suplemento ( noviembre de 2000 ) : 1192-1198 .

76 . T. Poggio , " una teoría de cómo podría funcionar el cerebro", en *Actas de simposios Cold Spring Harbor en Biología Cuantitativa 4* (Cold Spring Harbor , Nueva York: Cold Spring Harbor Laboratory Press , 1990 ) , 899-910 . Véase también T. Poggio y E. Bizzi , " Generalización de la Visión y Control de Motor, " *Nature* 431 (2004) : 768-74 .

77 . R. Llinas y JP Welsh, " En el cerebelo y el Motor de Aprendizaje , " *Current Opinion in Neurobiología* 3.6 ( diciembre de 1993 ) : 958-65 ; E. Courchesne y G. Allen, " Predicción y preparación , las funciones fundamentales del cerebelo " *Aprendizaje y memoria* 4.1 (mayo-junio 1997 ) : 1-35 ; JM Bower, "Control de la adquisición de datos sensoriales " , *Revista Internacional de Neurobiología* 41 ( 1997 ) : 489-513 .

78 . J. y M. Voogd Glickstein , " La anatomía del cerebelo, " *Trends in Neuroscience* 21,9 ( septiembre de 1998 ) : 370-75 ; John C. Eccles , Masao Ito, y János

Szentágothai , el cerebelo como una máquina neuronal (New York : Springer - Verlag , 1967 ) ; Masao Ito , el cerebelo y el control de los nervios ( Nueva York : Raven, 1984 ) .

79 . N. Bernstein, la coordinación y la regulación de los movimientos (New York : Pergamon Press, 1967 ) .

80 . Oficina Naval de Investigación comunicado de prensa , " sin hueso , Brainy y Antiguo " , 26 de septiembre de EE.UU. 2001 , [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2001-11/oonr-bba112601.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2001-11/oonr-bba112601.php) , el brazo del pulpo " podría muy bien ser la base de los brazos robóticos de última generación para la superficie del mar, el espacio, así como las aplicaciones terrestres . "

81 . S. Grossberg y RW Paine , " Modelo aneural de cortico- cerebelosas interacciones durante imitación atento y aprendizaje predictivo de los movimientos secuenciales de escritura a mano , " Redes Neuronales 13,8-9 (octubre- noviembre de 2000) : 999 a 1046 .

82 . Voogd y Glickstein , "Anatomía del cerebelo " , Eccles , Ito y Szentágothai , cerebelo como una máquina neuronal ; Ito , el cerebelo y el control de los nervios ; R. Llinas , en el Manual de Fisiología, vol . 2 , el sistema nervioso , ed. V.B. Brooks (Bethesda , Md.: American Physiological Society, 1981 ) , pp 831-976 .

83 . JL Raymond , SG Lisberger y MD Mauk , " El cerebelo : A Machine Learning Neuronal " Ciencias 272.5265 (24 de mayo , 1996) : 1126-1131 ; JJ Kim y RF Thompson, "circuitos cerebelosos y Mecanismos sinápticos involucrados en Condicionamiento clásico Eyeblink , " Tendencias en Neurociencia 20.4 ( abril de 1997) : 177-81 .

84 . La simulación incluye 10.000 células granulares , 900 células de Golgi , 500 células de fibras musgosas , 20 células de Purkinje y las células del núcleo 6 .

85 . JF Medina et al, "Mecanismos de sincronización en el cerebelo : Predicciones de prueba de una simulación por ordenador a gran escala , " Journal of Neuroscience 20.14 (15 de julio de 2000) : . 5516-25 ; Dean Buonomano y Michael Mauk , " modelo de red neuronal de el cerebelo : Discriminación temporal y el Momento de las respuestas del motor , "Neural Computation 6.1 ( 1994 ) : 38-55 .

86 . Medina et al. , "Mecanismos de sincronización en el cerebelo. "

87 . Carver Mead, analógico VLSI y Sistemas Neuronales ( Boston: Addison- Wesley Longman , 1989) .

88 . Lloyd Watts, " Complejidad visualizar en el cerebro " , en Inteligencia Computacional : Hablan los expertos , Fogel D. y C. Robinson , eds . ( Hoboken , NJ : IEEE Press / Wiley, 2003 ) , pp 45-56 , <http://www.lloydwatts.com/wcci.pdf> .

89 . Ibid .

90 . Ver <http://www.lloydwatts.com/neuroscience.shtml> . Nanocomputadora Dream Team, "La Ley de Devoluciones Aceleración , Parte II, "

<http://nanocomputer.org/index.cfm?content=90&Menu=1991> . Ver  
[http://info.med.yale.edu/bbs/faculty/she\\_go.html](http://info.med.yale.edu/bbs/faculty/she_go.html) .

92 . Gordon M. Pastor , ed., La Organización sináptica del cerebro , 4<sup>a</sup> ed. (Nueva York : Oxford University Press , 1998 ) , p . vi .

93 . E.Young , " Cochlear Nucleus " , en *ibid* . , Pp 121-58 .

94 . Tom Yin, "Mecanismos neurales de codificación Cues Localización Binaural en el tronco cerebral auditivo " , en D. Oertel , R. Fay y A. Popper , eds , funciones integradoras de la vía auditiva en mamíferos ( New York: . Springer- Verlag, 2002 ) , pp 99-159 .

95 . John Casseday , Premouw Thane y Ellen Covey, " el colículo inferior: Un Hub para el sistema auditivo central " , en Oertel , Fay , y Popper , las funciones integradoras de la vía auditiva mamífera , pp 238-318 .

96 . Diagrama de Lloyd Watts, <http://www.lloydwatts.com/neuroscience.shtml> , adaptado de E.Young , " Coclear Nucleus " , en G. Shepherd, ed. , La Organización sináptica del cerebro , 4<sup>a</sup> ed. (Nueva York: Oxford University Press, 2003 [ publicado por primera vez 1998 ] ) . , Pp 121-58 ; D. Oertel en D. Oertel , R. Fay y A. Popper , eds , funciones integradoras de la vía auditiva mamíferos ( New York: Springer-Verlag, 2002 ) , pp 1-5 , Juan Casseday , T. Fremouw y E. Covey, " colículo inferior " , en *ibid* ; J. LeDoux , The Emotional Brain (Nueva York: . Simon & Schuster , 1997 ) , J. y B. Rauschecker Tian , "Mecanismos y arroyos para el procesamiento de " qué "y " dónde " en la corteza auditiva " , Actas de la Academia Nacional de Ciencias 97.22 : 11.800-11.806 .

### **Las regiones del cerebro modelados :**

Cóclea : órgano sensorial de la audición . Treinta mil fibras convierten el movimiento del estribo en representaciones spectrotemporal de sonido.

MC: células multipolares . Medir la energía espectral .

GBC : células peludas globulares . Picos de relé del nervio auditivo hasta el complejo olivar superior lateral ( incluye LSO y MSO ) . Codificación del momento y la amplitud de las señales para la comparación binaural de nivel.

SBC : células peludas esféricas . Proporcionar afilar temporal del tiempo de llegada como un preprocesador para el cálculo de la diferencia de tiempos interaural (diferencia de tiempo de llegada entre los dos oídos , acostumbrados a decir dónde viene un sonido de).

OC : células del pulpo . La detección de transitorios .

DCN : núcleo coclear dorsal . La detección de bordes espectrales y la calibración de los niveles de ruido .

VNTB : núcleo ventral del cuerpo trapezoide . Señales de salida para modular las células ciliadas externas en función de la cóclea .

VNLL , PON : núcleo ventral del lemnisco lateral; núcleos peri - olivar : Transitorios de procesamiento de la OC .

MSO : aceituna superiores medial . Informática diferencia horaria interaural . LSO : oliva Lateral superiores . También interviene en el cálculo de desnivel interaural .

ICC : Núcleo central del colículo inferior. El sitio de mayor integración de múltiples representaciones de sonido .

ICx : núcleo exterior del colículo inferior. El perfeccionamiento de la localización del sonido . SC: Superior colículo . Ubicación de auditiva / visual de la fusión .

MGB : cuerpo geniculado medial . La porción auditiva del tálamo .

LS : El sistema límbico . Consta de muchas estructuras asociadas con la emoción , la memoria , territorio, etcétera.

AC: corteza auditiva .

97 . MS Humayun et al. , " Trasplante de retina neural humano" Investigative Ophthalmology and Visual Science 41.10 (septiembre de 2000 ) : 3100 a 3106 .

98 . Ciencias de la Información y Tecnología Coloquio Series , 23 de mayo de 2001 <http://isandtcolloq.gsfc.nasa.gov/spring2001/speakers/poggio.html> .

99 . Kah- Kay Sung y Tomaso Poggio , "Aprendizaje Ejemplo basado en View-Based Detección de rostro humano " , IEEE Transactions on Pattern Analysis e Inteligencia Machine 20.1 ( 1998 ) : 39-51 , [http://portal.acm.org/citation.cfm?id=275345 & dl = ACM y coll = GUIDE](http://portal.acm.org/citation.cfm?id=275345&dl=ACM&coll=GUIDE).

100 . Maximilian Riesenhuber y Tomaso Poggio , "Observaciones sobre la representación de objetos de clase y percepción categórica ," Centro de Aprendizaje Biológico y Computacional , MIT , AI Memo 1679 (1999) , <ftp://publications.ai.mit.edu/ai-publications/pdf/AIM-1679.pdf> .

101 . K. Tanaka, " Inferotemporal corteza y Visión Objeto, " Annual Review of Neuroscience 19 ( 1996 ) : 109-39 ; Anuj Mohan, " Detección de objetos en imágenes por componentes", Centro de Aprendizaje Biológico y Computacional , MIT , AI Memo 1664 ( 1999 ) , [http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/12185/ftp:zSzzSzpublications.ai.mit.eduzSzaipublicationszSz1500-1999zSzAIM-](http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/12185/ftp:zSzzSzpublications.ai.mit.eduzSzaipublicationszSz1500-1999zSzAIM-1664.pdf/mohan99object.pdf)

[1664.pdf/mohan99object.pdf](http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/12185/ftp:zSzzSzpublications.ai.mit.eduzSzaipublicationszSz1500-1999zSzAIM-1664.pdf/mohan99object.pdf) ; Anuj Mohan , Constantine Papageorgiou , y Tomaso Poggio , "Ejemplo basado en la detección de objetos en imágenes por los componentes " , IEEE Transactions on Pattern Analysis y la inteligencia de la máquina 23.4 (abril de 2001 ) ,

<http://cbcl.mit.edu/projects/cbd/publications/ps/mohan-ieee.pdf> ; B. Heisele , T. Poggio y M. Pontil , "Detección de rostros en Imágenes fijas Gray, " Laboratorio de Inteligencia artificial del MIT , Informe Técnico AI Memo 1687 ( 2000 ) . Véase también Bernd Heisele , Thomas Serre y Stanley Bilesch , "Enfoque basado en

componentes de Detección de la Cara , " Laboratorio de Inteligencia Artificial y el Centro de Aprendizaje Biológico y Computacional , MIT ( 2001 ) , <http://www.ai.mit.edu/research/abstracts/abstracts2001/vision-applied-to-people/03heisele2.pdf> .

102 . D.Van Essen y J. Galán, "Mecanismos neurales de la forma y el procesamiento de movimiento en el Primado Sistema Visual , " *Neurona* 13,1 ( julio de 1994): 1-10.

103 . Shimon Ullman , la visión de alto nivel : el reconocimiento de objetos y Cognición Visual ( Cambridge, Mass.: MIT Press, 1996 ) ; " . . Sobre la arquitectura computacional del Neocórtex II El papel de Loops corticocortical , " D. Mumford, *Cibernética Biológica* 66,3 ( 1992 ) : 241-51 ; R. Rao y D. Ballard, " Modelo Dinámico de Reconocimiento Visual predice Propiedades respuesta neuronal en la corteza visual , " *Neural Computation* 9.4 (15 de mayo , 1997) : 721-63 .

104 . " , Interacciones verticales en diez paralelo , representaciones apiladas en la retina de mamíferos " *Nature* 410.6828 (29 de marzo , 2001) B. Roska y F.Werblin , : 583-87 , la Universidad de California, Berkeley , comunicado de prensa , " Eye Strips Imágenes de Todos menos Bare esenciales previos al envío de la información visual al cerebro , UC Berkeley investigación muestra , " 28 de marzo 2001 , [www.berkeley.edu/news/media/releases/2001/03/28\\_wers1.html](http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2001/03/28_wers1.html) .

105 . Hans Moravec y Scott Friedman han fundado una empresa de robótica llamada SEEGRID basado en La investigación de Moravec . Ver [www.Seegrid.com](http://www.Seegrid.com) .

106 . MA Mahowald y C. Mead, " La retina de silicio " , *Scientific American* 264.5 ( mayo de 1991) : 76 - 82 .

107 . Específicamente , un filtro de paso bajo se aplica a un receptor ( tal como un fotorreceptor ) . Esto se multiplica por la señal del receptor vecino . Si esto se hace en ambas direcciones y los resultados de cada operación de resta de cero , se obtiene una salida que refleja la dirección del movimiento .

108 . En Berger , ver <http://www.usc.edu/dept/engineering/CNE/faculty/Berger.html> .

109 . "Primero el cerebro del mundo Prótesis , " *New Scientist* 177.2386 (Marzo 15,2003 ) : 4 , <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99993488> .

110 . Charles Choi , "Circuitos Brain- imitando a Run Marina Robot , " UPI 7 de junio de 2004 <http://www.upi.com/view.cfm?StoryID=20040606-103352-6086r> .

111 . Giacomo Rizzolatti et al. , "Organización Funcional del Área Inferior 6 en el mono macaco . II F5 zona y el control de los movimientos distales , " *Experimental Brain Research* 71.3 ( 1998 ) : 491 - 507 .

112 . MA Arbib , " El sistema del espejo , la imitación y la evolución del lenguaje " , en el Kerstin Dautenhahn y Chrystopher L. Nehaniv , eds , *Imitación de animales y artefactos* ( Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002 ) . .

113 . Marc D. Hauser, Noam Chomsky , y W. Tecumseh Fitch , " La facultad del lenguaje : ¿Qué es , que lo tiene, y cómo evolucionó " *Ciencia* 298 (noviembre de

2002): 1569-1579 , [www.wjh.harvard.edu/~mnkylab/publications/languagespeech/Hauser,Chomsky,Fitch.pdf](http://www.wjh.harvard.edu/~mnkylab/publications/languagespeech/Hauser,Chomsky,Fitch.pdf) .

114 . Daniel C. Dennett , Libertad Evolucionaria (New York : Viking, 2003 ) .

115 . Ver Sandra Blakeslee, "La humanidad Tal vez está todo en el cableado ," New York Times, 11 de diciembre de 2003 ,

[http://www.nytimes.com/2003/12/11/science/11BRAI.html?](http://www.nytimes.com/2003/12/11/science/11BRAI.html?ex=1386306000&en=294f5e91dd262a1a&ei=5007&Partner=espacio%20de%20usuario)

[ex=1386306000&en=294f5e91dd262a1a&ei=5007&Partner=espacio de usuario](http://www.nytimes.com/2003/12/11/science/11BRAI.html?ex=1386306000&en=294f5e91dd262a1a&ei=5007&Partner=espacio%20de%20usuario)

116 . Antonio R. Damasio , El error de Descartes : emoción, la razón y el cerebro humano (New York: Putnam, 1994 ) .

117 . . MP Maher et al, " microestructuras de Estudios de redes neuronales cultivadas , " Ingeniería y Computación 37,1 Médica y Biológica (enero de 1999 ) :

110-18 ; John Wright et al, " Hacia una funcional MEMS Neurowell por experimentación fisiológica , " Técnica. Recopilación, ASME , 1996

Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Exposición , Atlanta , noviembre de 1996 , DSC ( Dynamic Systems y la División de Control) , vol . 59 , pp 333-38 .

118 . W. Anderson francés, "La genética y la maleabilidad humana , " Hastings Center Informe 23,20 (enero / febrero de 1990) : 1 .

119 . Ray Kurzweil , " una apuesta por el Test de Turing : ¿Por qué creo que ganaré ", KurzweilAI.net 9 de abril ,

2002 , <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0374.html> .

120 . Robert A. Freitas Jr. propone un futuro sistema cerebro - carga basado en nanotecnología que sería efectiva instantánea. Según Freitas (comunicación personal, enero de 2005) , " Una red de fibra en vivo como se propone en

<http://www.nanomedicine.com/NMI/7.3.1.htm> puede manejar 1.018 bits / s de tráfico de datos , capacidad suficiente para monitorización cerebral de estado en tiempo real .

La red de fibra tiene un volumen de 30 cm<sup>3</sup> y genera 4.6 watts de calor residual , tanto lo suficientemente pequeño para una instalación segura en un cerebro humano

1.400 cm<sup>3</sup> de 25 vatios . Las señales viajan a lo más unos pocos metros a casi la velocidad de la luz , por lo que el tiempo de tránsito desde el origen de la señal en los

sitios de neuronas en el cerebro en el sistema informático externo mediando la carga se ~ 0,00001 ms que es considerablemente menor que el mínimo ~ 5 ms neurona

descarga tiempo de ciclo. Neurona de vigilancia sensores químicos ubicados en promedio ~ 2 micras de distancia pueden capturar eventos químicos relevantes que

ocurren dentro de una ventana de tiempo de 5 ms ~ , ya que es el tiempo de difusión aproximada para, por ejemplo , una pequeña neuropéptido través de una distancia de

2 micras ( <http://www.nanomedicine.com/NMII/Tables/3.4.jpg> ) . Por lo tanto monitorizar el estado de cerebro humano puede probablemente ser instantánea , por

lo menos en la escala de tiempo de la respuesta neural humano , en el sentido de ' se ha perdido nada de importancia . " "

121 . MC Diamond et al, " El cerebro de un científico : Albert Einstein ." Experimental Neurology 88 ( 1985 ) : 198-204 .

## Capítulo Cinco:

### GNR : Tres revoluciones superpuestas

- 1 . Samuel Butler (1835-1902) , " Darwin entre las máquinas " , Christ Church Press , 13 de junio 1863 ( reeditado por Festing Jones en 1912 en Los cuadernos de Samuel Butler ) .
- 2 . Peter Weibel, "Mundos Virtuales: El nuevo del emperador cuerpos", en Ars Electronica : Enfrentando el Futuro , ed. Timoteo Druckery (Cambridge , Mass.: MIT Press, 1999 ) , pp 207-23 , disponible en línea en EI990b\_009.pdf [http://www.aec.atlen/archiv\\_files/19902/](http://www.aec.atlen/archiv_files/19902/) .
- 3 . James Watson y Francis Crick, " Estructura molecular de los ácidos nucleicos: una estructura para Deoxyribose ácido nucleico, " Nature 171.4356 (23 de abril ,1953) : 737-38 , <http://www.nature.com/nature/dna50/watsoncrick.pdf> .
- 4 . Robert Waterston citado en "Los científicos revelan la secuencia completa del genoma humano " , CBC News , 14 de abril de 2003, <http://www.cbc.ca/story/science/national/2003/04/14/genome030414.html> .
- 5 . Véase el capítulo 2 , nota 57 .
- 6 . Los informes originales de Crick y Watson , que aún hacen atractiva la lectura de hoy , se pueden encontrar en James A. Peters , editor, artículos clásicos en Genética ( Englewood Cliffs, NJ : . Prentice -Hall, 1959 ) . Una emocionante en cuenta los éxitos y fracasos que llevaron a la doble hélice se da en JD Watson , La doble hélice : Una cuenta personal del descubrimiento de la estructura del ADN (New York: Atheneum, 1968 ) . Nature.com tiene una colección de Crick documentos disponibles en línea en <http://www.nature.com/nature/focus/crick/index.html> .
- 7 . Morislav Radman y Richard Wagner, " La alta fidelidad de la duplicación del ADN , " Scientific Americana 259,2 ( agosto de 1988) : 40-46 .
- 8 . La estructura y el comportamiento del ADN y el ARN se describen en Gary Felsenfeld , " ADN", y James Darnell , " ARN", tanto en Scientific American 253,4 (octubre de 1985) , p . 58-67 y 68-78 , respectivamente .
- 9 . Mark A. Iobling y Chris Tyler -Smith, " El cromosoma Y humano : un marcador evolutivo mayoría de edad , " Opiniones de Nature Genetics 4 ( agosto de 2003) : . 598-612 ; Helen Skaletsky et al, " La Región de los hombres concretos de el cromosoma Y humano es un mosaico de clases de secuencias discretas , " Naturaleza 423 (19 de junio , 2003) : 825-37 .

10 . Proteínas malformados son, quizás, la toxina más peligrosa de todas . La investigación sugiere que las proteínas mal plegadas pueden estar en el centro de numerosos procesos de la enfermedad en el cuerpo. Tales enfermedades tan diversas como la enfermedad de Alzheimer , enfermedad de Parkinson , la forma humana de la enfermedad de las vacas locas , la fibrosis quística , las cataratas , y la diabetes son todos cree que el resultado de la incapacidad del cuerpo para eliminar adecuadamente las proteínas mal plegadas .

Las moléculas de proteínas realizan la mayor parte del trabajo celular. Las proteínas están formadas dentro de cada célula de acuerdo con los planos de ADN. Comienzan como cadenas largas de aminoácidos , que luego deben ser dobladas en configuraciones tridimensionales precisas con el fin de funcionar como enzimas , proteínas de transporte , etcétera . Toxinas de metales pesados interfieren con la función normal de estas enzimas , exacerbando aún más el problema . También hay mutaciones genéticas que predisponen a los individuos a la acumulación de malformado en proteínas.

Cuando protofibrillas comienzan a permanecer juntos , forman filamentos , fibrillas y estructuras globulares en última instancia más grandes llamadas placas amiloides . Hasta hace poco, estas acumulaciones de placa insoluble fueron considerados como los agentes patológicos de estas enfermedades , pero se sabe ahora que las propias fibrillas proto son el problema real. La velocidad con la que un proto fibrillas se convirtió en la placa amiloide insoluble está inversamente relacionada con la progresión de la enfermedad . Esto explica por qué se encuentran algunos individuos que tienen una amplia acumulación de placa en sus cerebros , pero sin evidencia de enfermedad de Alzheimer , mientras que otros tienen poca placa visible todavía extensas manifestaciones de la enfermedad . Algunas personas forman la placa amiloide rápidamente, lo que las protege de daños protofibrilla . Otras personas recurren fibrillas proto en la placa amiloide menos rápidamente, permitiendo que más daños . Estas personas también tienen poca placa amiloide visible. Ver Per Hammarström , Frank Schneider, y Jeffrey W. Kelly, "Trans - represión de Misfolding en una enfermedad amiloide, " *Ciencia* 293.5539 (28 de septiembre, 2001): 2459-62.

11 . Un relato fascinante de la nueva biología se da en Horace Judson F. , *El octavo día de Creación : Los fabricantes de la Revolución en Biología* ( Woodbury, NY: CSHL Press, 1996 ) .

12 . Raymond Kurzweil y Terry Grossman , MD, *Viaje fantástico : vivir lo suficiente para vivir para siempre* (New York: Rodale, 2004 ) . Ver <http://www.Fantastic-Voyage.net> y <http://www.RayandTerry.com> .

13 . Raymond Kurzweil , *de la solución al 10% para una vida saludable : ¿Cómo eliminar prácticamente todo el riesgo de Enfermedad cardíaca y el cáncer* (New York: Crown Books , 1993 ) .

14 . Kurzweil y Grossman, *Fantastic Voyage* . "Programa de Longevidad Ray & Terry " se articula a través del libro .

15 . La prueba de la " edad biológica ", llama la prueba de H -scan , incluye pruebas de tiempo auditoryreaction , mayor tono audible, sensibilidad vibrotáctil , tiempo de reacción visual , tiempo de movimiento de los músculos , el volumen pulmonar ( espiratorio forzado ) , el tiempo de reacción visual con decisión , el tiempo de músculo movimiento con la decisión , la memoria ( longitud de la secuencia ) , el tiempo el botón de rosca alternativo y acomodación visual . El autor tuvo la prueba realizada en el Instituto Médico Frontier ( la salud de Grossman y la clínica longevidad) , la información <http://www.FMIClinic.com>. For en la prueba de H -scan , vea Pruebas de Diagnóstico y Laboratorio, Longevity Institute, Dallas , [http : // www.lidhealth.com / diagnostic.html](http://www.lidhealth.com/diagnostic.html) .

16 . Kurzweil y Grossman, Fantastic Voyage , capítulo 10 : "Programa Personal de Ray. "

17 . Ibid .

18 . Aubrey DNJ de Grey " , la previsión de Medicina Anti -Aging real: centrar el debate , " Gerontología Experimental 38,9 (septiembre de 2003 ) : 927-34 ; Aubrey DNJ de Grey, "Enfoque de un ingeniero para el Desarrollo de la Medicina Antienvejecimiento real , "La ciencia del envejecimiento , Conocimiento, Medio Ambiente 1 ( 2003 ) : . Aubrey DNJ de Grey et al, " es el envejecimiento humano sigue siendo un misterio suficiente como para dejársela sólo a los científicos "? BioEssays 24,7 ( julio de 2002 ) : 667-76 .

19 . Aubrey DNJ de Grey , ed , Estrategias para la Senectud Insignificante Engineered : . ¿Por qué control efectivo de envejecimiento puede ser previsible , Anales de la Nueva YorkAcademy de Ciencias , vol . 1019 ( Nueva York: Academia de Ciencias de Nueva York , junio de 2004 ) .

20 . Además de proporcionar las funciones de los diferentes tipos de células , otros dos motivos de células para controlar la expresión de los genes son señales ambientales y procesos de desarrollo . Incluso los organismos simples como las bacterias pueden encender y apagar la síntesis de proteínas en función de las señales ambientales . E. coli , por ejemplo, puede apagar la síntesis de proteínas que le permiten controlar el nivel de gas nitrógeno del aire cuando hay otras fuentes menos intensivas en energía de nitrógeno en el medio ambiente. Un estudio reciente de 1.800 genes de fresa encontró que la expresión de 200 de estos genes varía durante diferentes etapas de desarrollo . E. Marshall , "una gama de usos : Los patrones de expresión de fresas , el ébola , la tuberculosis y las células de ratón , " Ciencia 286.5439 ( 1999 ) : 445.

21 . Junto con una región codificante de la proteína , los genes incluyen secuencias reguladoras llamados promotores y potenciadores que controlan dónde y cuando que el gen se expresa . Los promotores de los genes que codifican las proteínas se encuentran normalmente inmediatamente " aguas arriba " en el ADN . Un potenciador activa el uso de un promotor , controlando de este modo la tasa de la expresión génica . La mayoría de los genes requieren potenciadores para ser expresados . Los potenciadores se han llamado " el principal determinante de la

transcripción diferencial en el espacio ( tipo de célula) y la hora " , y un determinado gen puede tener varios sitios diferentes potenciadores vinculados al mismo ( SF Gilbert, Biología del Desarrollo, 6<sup>a</sup> de [ Sunderland , Mass.: Sinauer Associates, 2000 ], . disponible en línea en [www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?llamada=bv.View..ShowSection&rid=0.0BpKYEBSPfx18nm8QOxH](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?llamada=bv.View..ShowSection&rid=0.0BpKYEBSPfx18nm8QOxH) ) .

Mediante la unión a las regiones potenciadoras o promotor , factores de transcripción comienzan o reprimen la expresión de un gen . El nuevo conocimiento de factores de transcripción ha transformado nuestra comprensión de la expresión génica . Por Gilbert en el capítulo " The Core genética del desarrollo: la expresión génica diferencial ": . . " El gen en sí mismo ya no es visto como una entidad independiente de control de la síntesis de proteínas Por el contrario, tanto el gen dirige y es dirigida por la síntesis de proteínas Anger Natalie ( 1992 ) ha escrito : " Una serie de descubrimientos sugieren que el ADN se parece más a un cierto tipo de político , rodeada por una bandada de los manipuladores de proteínas y asesores que deben vigoroso masaje , torcer y , en ocasiones, reinventarse antes de que el gran proyecto de la cuerpo puede tener ningún sentido en absoluto. " "

22 . Bob Holmes, " La terapia génica puede optar por desactivar la enfermedad de Huntington , " 13 de marzo 2003 , <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99993493> . " Emergiendo como una herramienta poderosa para el análisis de genética inversa , el ARNi está siendo rápidamente aplicado para estudiar la función de muchos genes asociados con la enfermedad humana , en particular aquellos asociados con la oncogénesis y la enfermedad infecciosa . " JC Cheng , TB Moore y KM Sakamoto , " ARN de interferencia y las enfermedades humanas" *Genética Molecular y Metabolismo* 80,1-2 ( octubre de 2003 ) : 121-28 . El ARNi es un " mecanismo específico de secuencia potente y altamente , " 1 . Zhang , DK Fogg , y DM Waisman " , el ARN de interferencia mediada por silenciamiento del gen S100A10 atenúa la generación de plasmina y la invasividad de Colo 222 Células cancerosas", *Journal of Biological Chemistry* 279,3 ( enero 16,2004 ) : 2053-62

23 . Cada chip contiene oligonucleótidos sintéticos que reproducen secuencias que identifican genes específicos. " Para determinar qué genes se han expresado en una muestra , los investigadores aislar ARN mensajero a partir de muestras de prueba , la convierten en ADN complementario (ADNc ) , etiquetarlo con tinte fluorescente , y ejecutar el ejemplo sobre la oblea . Cada cDNA marcado se pegará a una oligo con una secuencia de juego, la iluminación de un lugar en la oblea que se conoce la secuencia . un escáner automático determina entonces que oligos se han unido , y por lo tanto qué genes se expresaban .... " E. Marshall, " Do-It -Yourself Gene Mirar un objeto, " *Ciencia* 286.5439 (15 de octubre , 1999) : 444-47 . 24 . Ibid .

25 . J. Rosamond y A. Allsop , " Aprovechar el poder del Genoma en la búsqueda de nuevos Antibióticos : " *La ciencia* 287.5460 (Marzo 17,2000 ) : 1973-1976 .

26 . TR Golub et al, "La clasificación molecular del cáncer : . Descubrimiento de clases y la clase de predicción por Monitoreo Expresión Génica " *Ciencia* 286.5439 (15 de octubre , 1999) : 531-37 .

27 . Ibid, como se informó en A. Berns, " Cáncer: Expresión génica en el diagnóstico" . Naturaleza 403 (3 de febrero , 2000 ) : 491-92 . En otro estudio, el 1 por ciento de los genes estudiados mostraron una expresión reducida de los músculos envejecidos. Estos genes producen proteínas asociadas con la producción de energía y la creación de células , por lo que una reducción hace que el sentido dado el debilitamiento asociado con la edad . Los genes con el aumento de expresión producen proteínas de estrés , que se utilizan para reparar el ADN o las proteínas dañadas . J. Marx , " minando las causas del envejecimiento , " Ciencia 287.5462 (31 de marzo , 2000) : 2390 .

Como otro ejemplo , las metástasis del hígado son una causa común de cáncer colorrectal . Estas metástasis responden de manera diferente al tratamiento en función de su perfil genético . De perfiles de expresión es una excelente manera de determinar el modo adecuado de tratamiento. J. C. Sung et al . " La heterogeneidad genética del cáncer colorrectal metástasis hepáticas del cáncer , " Journal of Surgical Research 114,2 (octubre de 2003 ) : 251 .

Como último ejemplo , los investigadores han tenido dificultades para analizar las células de Reed- Sternberg de la enfermedad debido a su extrema rareza en el tejido enfermo de Hodgkin. De perfiles de expresión está proporcionando una idea acerca de la herencia de esta célula. . Cossman J. et al, " Reed- Sternberg celular Genoma expresiones admite un linaje de células B, " Blood 94.2 (15 de julio, 1999) : 411-16 28 . . T. Ueland et al, " Growth Hormone sustitución aumenta la expresión génica de los miembros de la familia de IGF en el hueso cortical en mujeres con inicio del adulto Deficiencia de hormona de crecimiento - Relación con recambio óseo , " Bone 33.4 (octubre de 2003 ) : 638-45 .

29 . R. Lovett, " Los toxicólogos Prepárense para la revolución genómica , " Ciencia 289.5479 (28 de julio de 2000) : 536 - 37 .

30 . La transferencia de genes a las células somáticas afecta a un subconjunto de células en el cuerpo durante un período de tiempo . En teoría, es posible también modificar la información genética en el óvulo y el espermatozoide ( la línea germinal ) , con el propósito de transmitir estos cambios a las próximas generaciones. Dicha terapia plantea muchas cuestiones éticas y, sin embargo no se ha intentado . " Terapia génica ", Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Gene\\_therapy](http://en.wikipedia.org/wiki/Gene_therapy) .

31 . Los genes que codifican proteínas , que realizan funciones vitales en el cuerpo humano . Genes anormales o mutado codifican proteínas que son incapaces de llevar a cabo esas funciones , dando lugar a alteraciones genéticas y enfermedades. El objetivo de la terapia génica es reemplazar los genes defectuosos de manera que se producen las proteínas normales . Esto puede hacerse en un número de maneras , pero la forma más típica es insertar un gen de sustitución terapéutica en las células diana del paciente utilizando una molécula portadora llamado un vector . "En la actualidad , el vector más común es un virus que ha sido alterado genéticamente para llevar a ADN humano normal . Los virus han desarrollado una forma de encapsular y entregar sus genes a las células humanas de una manera patógena . Los científicos

han tratado de aprovecharse de esta capacidad y manipular el genoma del virus para eliminar los genes causantes de enfermedades e introducir genes terapéuticos "(Proyecto del Genoma Humano , " Terapia génica ", [http://www.ornl.gov/TechResources/Human\\_Genome/medicine/genetherapy.html](http://www.ornl.gov/TechResources/Human_Genome/medicine/genetherapy.html) ) .

Ver el sitio del Proyecto Genoma Humano para obtener más información acerca de la terapia génica y enlaces. La terapia génica es un área tan importante de la investigación que actualmente hay seis revistas de terapia génica revisados por científicos y cuatro asociaciones de profesionales dedicados a este tema.

32 . KR Smith, " Transferencia de genes en los animales superiores : Consideraciones teóricas y KeyConcepts " *Journal of Biotechnology* 99.1 (9 de octubre , 2002): 1-22 .

33 . Anil Ananthaswamy , " Genes encubiertos deslizarse en el cerebro ", 20 de marzo de 2003, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99993520> .

34 . AE Trezise et al , " In Vivo Gene Expresión : Electrotransfer ADN , " . *Current Opinion in Terapéutica Molecular* 5.4 ( agosto de 2003) : 397-404 .

35 . Sylvia Westphal , " nanoballs ADN Boost terapia génica ", 12 de mayo de 2002, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99992257> .

36 . L. Wu , M. Johnson y M. Sato, " Transcriptionally dirigida La terapia génica para detectar y tratar

Cáncer " , *Tendencias en Medicina Molecular* 9.10 ( octubre de 2003) : 421-29 .

37 . S. Westphal , " Virus sintetizado en quince días ", 14,2003 noviembre <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994383> .

38 . G. Chiesa, " recombinante apolipoproteína AI ( Milano) infusión en la arteria carótida del conejo rápidamente elimina los lípidos de estrías grasas ", *Circulation Research* 90,9 (17 de mayo , 2002): . 974-80 ; PK Shah et al, " La apolipoproteína recombinante de dosis alta AI ( Milano) moviliza el colesterol de tejidos y rápidamente reduce lípidos placa y el contenido de macrófagos en apolipoproteína e ratones deficientes , " *Circulation* 103.25 (26 de junio , 2001) : 3047-50 .

39 . SE Nissen et al, . "Efecto de Apo AI Milano recombinante de la aterosclerosis coronaria en pacientes con síndromes coronarios agudos: un ensayo controlado aleatorio , " *JAMA* 290.17 (5 noviembre 2003) : 2292-2300 .

40 . Un reciente estudio de fase 2 " informó significativamente los niveles de colesterol HDL y disminuye los niveles de colesterol LDL , " ME Brousseau et al. , "Efectos de un inhibidor de la proteína de transferencia de ésteres de colesterol de colesterol HDL ," *New England Journal of Medicine* 350.15 (8 de abril , 2004 ) :

1505-1515 , <http://content.nejm.org/cgi/content/abstract/350/15/1505> . Fase 3 ensayos globales comenzaron a finales de 2003 . Información sobre torcetrapib está disponible en el sitio de Pfizer :

[http://www.pfizer.com/are/investors\\_reports/annual\\_2003/review/p2003ar14\\_15.htm](http://www.pfizer.com/are/investors_reports/annual_2003/review/p2003ar14_15.htm)

- 41 . DO Finn, "Las vacunas contra el cáncer: entre la idea y la realidad , " Nature Reviews Immunology : 3.8 ( agosto de 2003) : 630-41 ; RC Kennedy y MH Shearer, " un papel para anticuerpos en la inmunidad tumoral , " Opiniones Internacional de Inmunología 22.2 (marzo- abril de 2003) : 141-72 .
- 42 . TF Greten y EM Jaffee , " vacunas contra el cáncer , " Journal of Clinical Oncology 17,3 (marzo 1999 ) : 1047-1060 .
- 43 . " Resultados " vacuna " Cáncer de Fomento , " logo Inicio , 8 de enero de 2001, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/1102618.stm> , al informar sobre la investigación de EM Jaffee et al. , " Novel alogénico de granulocitos y macrófagos factor estimulante de colonias Secretoras vacuna tumoral para el cáncer de páncreas: Un ensayo de fase I de seguridad y la activación inmune ", Journal of Clinical Oncology 19.1 (Enero 1,2001 ) : 145-56 .
- 44 . John Travis, " células fusionadas mantienen la promesa de vacunas contra el cáncer ", 4 de marzo de 2000, <http://www.sciencenews.org/articles/20000304/fob3.asp> , refiriéndose a DW Kufe " , la viruela , la poliomielitis y ahora una vacuna contra el cáncer ? " Nature Medicine 6 (marzo de 2000 ) : 252-53 .
- 45 . JD Lewis , BD Reilly, y RK brillante " , antígenos asociados a tumores : desde el descubrimiento hasta Inmunidad , " International Opiniones de Inmunología 22,2 (marzo- abril de 2003) : 81-112 .
- 46 . T. Boehm et al., "Terapia antiangiogénica de Cáncer Experimental no induce Adquirida Drogas Resistencia: "La naturaleza 390.6658 (noviembre 27,1997) : 404-7.
- 47 . Fundación Angiogénesis , "Descripción de la angiogénesis ", [http://www.angio.org/understanding/content\\_understanding.html](http://www.angio.org/understanding/content_understanding.html) ; LK Lassiter y MA Carducci , " antagonistas de los receptores de endotelina en el tratamiento del cáncer de próstata" Seminars in Oncology 30.5 ( octubre de 2003) : 678-88 . Para una explicación de este proceso, consulte el sitio Web del Instituto Nacional del Cáncer , " Understanding angiogénesis , " <http://press2.nci.nih.gov/sciencebehind/angiogenesis/angio02.htm> .
- 48 . IB Roninson , " La senescencia celular tumoral en el tratamiento del cáncer , " Cancer Research 63,11 (1 de junio ,2003 ) : 2705-15 ; BR Davies et al, " inmortalización de Human epitelio superficial del ovario de la telomerasa y sensible a la temperatura SV40 antígeno T grande , " Experimental de Investigación de Células 288.2 (15 de agosto , 2003) : 390-402 . .
- 49 . Véase también la RC Woodruff y JN Thompson Jr. , " El papel de la línea germinal mutaciones somáticas y en El envejecimiento y un Modelo de Interacción La mutación del envejecimiento ", Revista de Medicina Anti -Aging 6,1 (primavera 2003 ) : 29-39 . Véanse también las notas 18 y 19.

50 . Aubrey DNJ de Grey, " La Hipótesis Hotspot reductora de envejecimiento de los mamíferos : El metabolismo de membrana mitocondrial Aumenta Travesura Mutant ", European Journal of Biochemistry 269,8 (abril de 2002 ) : . 2003-9 ; Chinnery PF et al, " La acumulación de mutaciones del ADN mitocondrial en el envejecimiento , cáncer y enfermedad mitocondrial: ¿Existe un mecanismo común " ? Lancet 360.9342 (Octubre 26, 2002): 1323-1325 ; AD de Grey, " Terapia génica mitocondrial : un espacio para el uso biomédico de inteínas , " Trends in Biotechnology 18,9 ( septiembre de 2000 ) : 394-99 .

51 . " La noción de los individuos vacunación ' contra una enfermedad neurodegenerativa tal como la enfermedad de Alzheimer es una marcada salida de pensamiento clásico sobre mecanismo y el tratamiento , y sin embargo, las vacunas terapéuticas tanto para la enfermedad de Alzheimer y la esclerosis múltiple han sido validados en modelos animales y se encuentran en la clínica . Estos planteamientos , sin embargo , tienen el potencial de inducir respuestas inflamatorias no deseadas , así como para proporcionar un beneficio " ( HL Weiner y DJ Selkoe , " la inflamación y la vacunación terapéutica en las enfermedades del sistema nervioso central , "La naturaleza 420.6917 [Diciembre 19-26, 2002 ] : 879-84 ) . Estos investigadores demostraron que una vacuna en forma de gotas para la nariz podría retardar el deterioro del cerebro de la enfermedad de Alzheimer . . HLWeiner et al, "La administración nasal del péptido amiloide -beta disminuye la carga cerebral amiloide en un modelo de ratón de la enfermedad de Alzheimer, " Annals of Neurology 48.4 (octubre de 2000 ) : 567-79 .

52 . S. Vasan , P. Foiles y H. funda , "Potencial terapéutico de los trituradores de glucosilación avanzada

Entrecruzamientos producto en proteínas , " Archivos de Bioquímica y Biofísica 419,1 (1 de noviembre 2003) : 89-96 , DA Kass, " Getting Better Sin EDAD: Nuevas aportaciones al Corazón diabética , " Circulation Research 92,7 (Abril 18,2003 ) : 704-6 .

53 . S. Graham, " Matusalén Gusano Restos Energético para la Vida ", 27 de octubre de 2003, [www.sciam.com/article.cfm?chanID=sa003&articleID=000C601F-8711-1F99-86FB83414B7F0156](http://www.sciam.com/article.cfm?chanID=sa003&articleID=000C601F-8711-1F99-86FB83414B7F0156) .

54 . Página de inicio de Ron Weiss de la Universidad de Princeton

( <http://www.princeton.edu/~rweiss> ) enumera sus publicaciones , como "Bloques de construcción genéticas Circuito de Computación móvil , comunicaciones y procesamiento de señales , " Computación Natural , una revista internacional 2.1 (enero de 2003 ) : 47-84 .

55 . SL Garfinkel , "Computación Biológica, " Technology Review (mayo- junio de 2000) , <http://static.highbeam.com/t/technologyreview/may012000/biologicalcomputing> .

56 . Ibid . Véase también la lista de la investigación actual en el sitio Web del MIT Media Lab , <http://www.media.mit.edu/research/index.html> .

57 . Esta es una posible explicación : " En los mamíferos , los embriones hembras tienen dos cromosomas X y los hombres tienen un Durante el desarrollo temprano en las mujeres , una de las X y la mayoría de sus genes son habitualmente silenciados o inactivados De esta manera, la cantidad de genes. . expresión en hombres y mujeres es la misma . Pero en los animales clonados , un cromosoma X ya se inactiva en el núcleo donado . debe ser reprogramado y luego de nuevo más tarde inactiva , que introduce la posibilidad de errores . " CBC Noticias de la línea, " Los defectos genéticos pueden explicar fracasos clonación ", 27 de mayo de 2002, [http://www.cbc.ca/stories/2002/05/27/cloning\\_errors020527](http://www.cbc.ca/stories/2002/05/27/cloning_errors020527) . Los informes de que la historia de F. Xue et al. , " Patrones aberrante de inactivación del cromosoma X en clones bovinos , " Nature Genetics 31.2 (junio 2002 ) : 216-20 .

58 . Rick Weiss, " Defectos Clone Point para Need for 2 padres genéticos ", Washington Post, May 10,1999 , <http://www.gene.ch/genet/1999/Jun/msg00004.html> .

59 . A. Baguisi et al, " La producción de cabras por transferencia nuclear de células somáticas , " Nature Biotechnology 5 (mayo de 1999 ) : . 456-61 . Para obtener más información acerca de la asociación entre Genzyme Transgénicos Corporation, la Universidad Estatal de Louisiana, y la Escuela de Medicina de la Universidad de Tufts que produjo este trabajo , ver los 27 de abril de 1999 Comunicado de prensa : " Los transgénicos Genzyme Corporation anuncia la primera clonación exitosa de cabra transgénica , " <http://www.transgenics.com/pressreleases/pr042799.html> .

60 . Luba Vangelova , " Verdadero o Falso? Extinción es para siempre " , Smithsonian , junio de 2003 , <http://www.smithsonianmag.com/smithsonian/issues03/jun03/phenomena.html> .

61 . JB Gurdon y A. Colman , " El futuro de la clonación , " Nature 402.6763 (16 de diciembre , 1999) : 743-46 ; Gregory Stock y John Campbell , eds , ingeniería de la línea germinal humana: una exploración de la ciencia y la ética de la alteración de los genes que pasamos a nuestros hijos ( Nueva York : Oxford University Press, 2000 ) . .

62 . En el Instituto de Investigación Scripps , señala, " La capacidad de desdiferenciación o revertir células de linaje comprometidos a células progenitoras multipotentes podría superar muchos de los obstáculos asociados con el uso de los CES y las células madre adultas en aplicaciones clínicas ( diferenciación ineficiente , el rechazo de las células alogénicas , eficiente aislamiento y expansión , etc.) con un proceso de desdiferenciación eficiente , es concebible que las células adultas saludables , abundantes y de fácil acceso se podrían utilizar para generar diferentes tipos de células funcionales para la reparación de tejidos y órganos dañados " ( <http://www.scripps.edu/chem/ding/sciences.htm> ) .

La conversión directa de un tipo de célula diferenciada en otro - un proceso denominado transdiferenciación - sería beneficioso para la producción de células isogénicas [ propia del paciente ] para reemplazar las células o tejidos enfermos o dañados . Las células madre adultas muestran un potencial de diferenciación más amplia de lo previsto y podrían contribuir a los tejidos distintos de aquellos en los que

residen. Como tales, pueden ser agentes terapéuticos valiosos . Los recientes avances en la transdiferenciación implican el trasplante nuclear , la manipulación de las condiciones de cultivo de células , la inducción de la expresión génica ectópica y la absorción de moléculas a partir de extractos celulares . Estos enfoques abren la puertas a nuevas vías de células de reemplazo isogénicas de ingeniería. Para evitar la transformación del tejido impredecible , la reprogramación nuclear requiere controlado y heredable modificaciones epigenéticas . Siguen siendo considerables esfuerzos para desentrañar los procesos moleculares NOTAS 557 reprogramación nuclear subyacente y evaluar la estabilidad de los cambios en reprogramado las células .

Citado por P. Collas y Anne- Marl Hakelien , " Células Enseñanza New Tricks " Trends in Biotechnology 21,8 (agosto de 2003) : 354-61 ; P. collas, " reprogramación nuclear en extractos libres de células , " Philosophical Transactions de la Royal Sociedad de Londres , B 358.1436 (29 de agosto , 2003 ) : 1389-1395 .

63 . Los investigadores han convertido células de hígado humano a las células del páncreas en el laboratorio : Jonathan Slack et al , " Conversión experimental de hígado de páncreas , " Current Biology 13,2 ( enero de 2003 ) : . 105-15 . Los investigadores células reprogramadas para comportarse como otras células utilizando extractos de células , por ejemplo , la piel las células fueron reprogramadas para exhibir características de células T . . Anne- Mari Hakelien et al , " Fibroblastos Reprogramación para expresar las funciones de células T utilizando extractos celulares, " Nature Biotechnology 20,5 (mayo de 2002 ) : 460-66 ; Anne- Mari Hakelien y P. Collas , " Nuevos enfoques de transdiferenciación , " Clonación Células Madre 4.4 ( 2002 ) : 379-87 . Véase también David Tosh y Jonathan MW Slack, " cómo las células cambian su fenotipo , " Nature Reviews Molecular Cell Biology 3.3 (marzo de 2002 ) : 187-94 .

64 . Véase la descripción de los factores de transcripción en la nota 21 , supra.

65 . RP Lanza et al, " Ampliación de la célula Life- Span y la longitud del telómero en los animales clonados a partir de células somáticas senescentes , " Ciencia 288.5466 (28 de abril de 2000) : . 66-9 . Ver también JC Ameisen , " Sobre el origen , la evolución y la naturaleza de la muerte programada de la célula : Cronología de cuatro mil millones de años"

Muerte Celular y Diferenciación 9.4 (abril de 2002 ) : 367-93 ; Mary- Ellen Shay " , Transplantation

Sin un donante " , Sueño: La Revista de posibilidades (Hospital Infantil de Boston ) , Otoño 2001 .

66 . En 2000, la Red de Tolerancia Inmune ( <http://www.immunetolerance.org> ), un proyecto de los Institutos Nacionales de Salud ( NIH ) y la Fundación de Diabetes Juvenil , anunció un ensayo clínico multicéntrico para evaluar la eficacia del trasplante de islotes . De acuerdo con un resumen de la investigación de ensayos clínicos ( James Shapiro, " Campath - Ifi y un año Temporal monoterapia de mantenimiento Sirolimus en Clinical trasplante de islotes , "

<http://www.immunetolerance.org/public/clinical/islet/trials/shapiro2.html> , " Este tratamiento no es adecuado para todos los pacientes con diabetes de tipo I, aunque no hubiera ninguna limitación en el suministro de los islotes , debido a los posibles riesgos a largo plazo de cáncer, las infecciones que amenazan la vida y los efectos secundarios de medicamentos relacionados con el la terapia antirrechazo . Si la tolerancia [ función del injerto indefinida sin una necesidad de fármacos a largo plazo para prevenir el rechazo ] podría lograrse en riesgo por adelantado mínima , a continuación, trasplante de islotes podría ser utilizado de forma segura antes en el curso de la diabetes , y, finalmente, en los niños en el momento del diagnóstico " .

67 . "Laboratorio Crecido filetes Nearing Menu " ,  
<http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99993208> , incluye la discusión de las cuestiones técnicas .

68 . El tiempo de reducir a la mitad para los tamaños de la característica es de cinco años en cada dimensión. Véase la discusión en el capítulo 2 .

69 . Un análisis por Robert A. Freitas Jr. indica que la sustitución de 10 por ciento de las células rojas de la sangre de una persona con respiróciticos robóticos permitiría la respiración de una explotación durante unas cuatro horas , que es aproximadamente 240 veces más tiempo de un minuto (aproximadamente la longitud de tiempo factible con todas las células rojas de la sangre biológicos ) . Dado que este aumento se deriva de la sustitución de sólo el 10 por ciento de las células rojas de la sangre , los respiróciticos son miles de veces más eficaz .

70 . La nanotecnología es " , control económico exhaustivo de la estructura de la materia sobre la base de la molécula por molécula de control de los productos y subproductos , los productos y procesos de fabricación molecular , incluyendo la maquinaria molecular " (Eric Drexler y Chris Peterson, *Unbounding el futuro: La revolución de la nanotecnología* [ New York: William Morrow , 1991 ] ) . Según los autores :

La tecnología ha estado moviendo hacia un mayor control de la estructura de la materia durante miles de años .... [ P ] ast avanzadas tecnologías de tubos de microondas , láser, superconductores , satélites , robots y similares - han venido goteando de las fábricas , al principio con etiquetas de alto precio y aplicaciones estrechas . La fabricación molecular , sin embargo, será más como computadoras : una tecnología flexible con una amplia gama de aplicaciones . Y la fabricación molecular no vendrá goteando de fábricas convencionales al igual que las computadoras , que reemplazará las fábricas y reemplazar o mejorar sus productos. Esto es algo nuevo y fundamental , no sólo otro gadget del siglo XX. Esto surge de las tendencias del siglo XX en la ciencia, pero va a romper el líneas de tendencia en la tecnología , la economía y los asuntos ambientales. [ cap. 1 ]

Drexler y Peterson describen el posible alcance de los efectos de la revolución : las células solares eficientes " tan barato como periódico y tan dura como asfalto, " los mecanismos moleculares que pueden matar a los virus del resfriado en seis horas antes , máquinas inmunes biodegradación que destruyen las células malignas en el

cuerpo con sólo pulsar un botón , las supercomputadoras de bolsillo , el fin del uso de combustibles fósiles , los viajes espaciales , y la restauración de las especies perdidas. Véase también E. Drexler, Engines of Creation ( New York : Anchor Books, 1986). El Foresight Institute tiene una lista útil de preguntas frecuentes nanotecnología ( <http://www.foresight.org/NanoRev/FIFAQ1.html> ) y otra información . Otros recursos Web incluyen la Iniciativa Nacional de Nanotecnología ( <http://www.nano.gov> ) , <http://nanotechweb.org> , página nanotecnología del Dr. Ralph Merkle ( <http://www.zyvex.com/nano> ) . y Nanotecnología , un diario en línea ( <http://www.iop.org/EJ/journal/0957-4484> ) . Extenso material sobre la nanotecnología se puede encontrar en el sitio Web del autor en <http://www.kurzweilAI.net/meme/frame.html?m=18> .

71 . Richard P. Feynman , " Hay mucho sitio al fondo " , la Sociedad Americana de Física reunión anual , Pasadena , California, 1959 , transcrito en <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html> .

72 . John von Neumann , la teoría de la auto- reproducción de Autómatas , AW Burks , ed. ( Urbana : University of Illinois Press, 1966 ) .

73 . El estudio más completo de la replicación máquina de cinemática es Robert A. Freitas Jr. Y Ralph C. Merkle , cinemáticos máquinas autorreplicantes ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 2004) , <http://www.MolecularAssembler.com/KSRM.htm> .

74 . K. Eric Drexler, motores de la creación , y K. Eric Drexler, nanosistemas : Maquinaria Molecular, Fabricación y Computación (New York: Wiley Interscience, 1992).

75 . Véase el análisis de los circuitos de nanotubos en el capítulo 3, que incluye el análisis del potencial de los circuitos de nanotubos en la nota 9 de este capítulo.

76 . K. Eric Drexler y Richard E. Smalley, " Nanotecnología: Drexler y Smalley muestran la utilidad del favor y en contra " ensambladores moleculares " , " Chemical and Engineering News , 30 de noviembre de 2003, <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html> .

77 . Ralph C. Merkle , Nanotecnología 8 " A " metabolismo " Propuesta para un ensamblador de Hidrocarburos " (diciembre de 1997 ) : 149-62 , <http://www.iop.org/EJ/abstract/0957-4484/8/4/001> o <http://www.zyvex.com/nanotech/hydroCarbonMetabolism.html> . Ver también Ralph C. Merkle , " sitios de unión para su uso en un simple ensamblador , " Nanotecnología 8 ( 1997 ) : 23-28 ,

<http://www.zyvex.com/nanotech/bindingSites.html> ; Ralph C. Merkle , " una nueva familia de seis grados de libertad Dispositivos posicionales , " Nanotecnología 8 ( 1997 ) : 47-52 , <http://www.zyvex.com/nanotech/6dof.html> ; Ralph C. Merkle , " Carcasa un ensamblador , " Nanotecnología 10 ( 1999 ) : 315-22 , <http://www.zyvex.com/nanotech/casing> ; Robert A. Freitas Jr. , " una herramienta sencilla para Mecanosíntesis Diamond posicional , y su método de fabricación " , la solicitud de patente provisional de EE.UU. N ° 60/ 543, 802 , presentada el 11 de

- febrero de 2004, proceso que se describe en conferencia en <http://www.MolecularAssembler.com/Papers/PathDiamMolMfg.htm> ; Ralph C. Merkle y Robert A. Freitas Jr. , " Análisis teórico de un carbono - carbono Herramienta de ubicaciones Dimer para Mecanosíntesis Diamond, " Diario de la Nanociencia y la Nanotecnología 3 ( agosto de 2003 ) : 319 -24 , <http://www.rfreitas.com/Nano/JNNDimerTool.pdf> ; Robert A. Freitas Jr. y Ralph C. Merkle , " Merkle - Freitas Hidrocarburos Molecular ensamblador , en cinemáticas máquinas autorreplicantes , sección 4.11.3 ( Georgetown , Texas : Landes Bioscience, 2004 ) , pp 130-35 , <http://www.MolecularAssembler.com/KSRM/4.11.3.htm> .
- 78 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 6.3.4.5 , " Las células Chemoelectric " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 152-54 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/6.3.4.5.htm> ; Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 6.3.4.4 , " Motores de glucosa " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp149-52 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/6.3.4.4.htm> , K. Eric Drexler, nanosistemas : Maquinaria Molecular, Fabricación, y Computación , sección 16.3.2 , " Poder y Control Acústico " ( New York : Wiley Interscience , 1992 ) , pp 472-76 . Véase también Robert A. Freitas Jr. y Ralph C. Merkle , cinemáticas máquinas autorreplicantes , anexo B.4 , " transductor acústico de poder y control " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 2004 ) , pp 225-33 , <http://www.MolecularAssembler.com/KSRM/AppB.4.htm> .
- 79 . El estudio más exhaustivo de estas propuestas se pueden encontrar en Robert A. Freitas Jr. y Ralph C. Merkle , cinemáticas máquinas autorreplicantes , capítulo 4 , " microescala y Molecular Replicantes máquina de cinemática " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 2004 ) , pp 89-144 , <http://www.MolecularAssembler.com/KSRM/4.htm> .
- 80 . Drexler, nanosistemas , p . 441 .
- 81 . El estudio más exhaustivo de estas propuestas se pueden encontrar en Robert A. Freitas Jr. y Ralph C. Merkle , cinemáticas máquinas autorreplicantes , capítulo 4 , " microescala y Molecular Replicantes máquina de cinemática " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 2004 ) , pp 89-144 , <http://www.MolecularAssembler.com/KSRM/4.htm> .
- 82 . TR Kelly , H. De Silva y RA Silva , " Movimiento Circular unidireccional en un sistema molecular " *Naturaleza* 401.6749 ( 9 de septiembre , 1999 ) : 150-52 .
- 83 . Carlo Montemagno y George Bachand , " Construyendo nanomecánicos dispositivos impulsados por motores biomoleculares , " *Nanotecnología* 10 ( 1999 ) : 225-31 ; George Bachand D. y D. Carlo Montemagno , " Construyendo Orgánica / Inorgánica NEMS dispositivos impulsados por motores biomoleculares , " *Biomedical Microdevices* 2.3 ( junio de 2000 ) : 179-84 .

- 84 . N. Koumura et al. , "Light- Driven Rotor Molecular Monodireccional , " Nature 401.6749 (septiembre 9 , 1999 ) : 152-55 .
- 85 . Berkeley Lab, " una cinta transportadora para la Nano- Edad ", 28 de abril de 2004, <http://www.lbl.gov/Science- artculos / Archivo / MSD- cinta transportadora para la nanoage.html> .
- 86 . "Estudio : autorreplicantes nanomáquinas factible ", 2 de junio de 2004, [http://www.smalltimes.com/document\\_display.cfm?section\\_id=53&document\\_id=8007](http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?section_id=53&document_id=8007) , informando sobre Tihamer Toth - Pejel , " Autómatas celulares Modelos cinemático , " Abril 30 , 2004 , [http://www.niac.usra.edu/files/studies/final\\_report/pdf/883Toth-Fejel.pdf](http://www.niac.usra.edu/files/studies/final_report/pdf/883Toth-Fejel.pdf) .
- 87 . WU Dittmer , A. Reuter y FC Simmel , " una máquina basada en el ADN que cíclicamente se puede enlazar y liberación de trombina , " Angewandte Chemie International Edition 43 ( 2004 ) : 3550-53 .
- 88 . Shiping Liao y Nadrian C. Seeman , "Conversión de señales de ADN en instrucciones de montaje Polímero , " Ciencia 306 (17 de diciembre , 2004): 2072-74 , <http://www.sciencemag.org/cgi/reprint/306/5704/2072.pdf> .
- 89 . Instituto de Investigación Scripps , "Nano - origami ", 11 de febrero de 2004, [http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2004-02/sri-n021004.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2004-02/sri-n021004.php) .
- 90 . Jenny Hogan, "ADN Robot da sus primeros pasos ", 6 de mayo de 2004, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994958> , informando sobre Nadrian Seeman y William Sherman, " Un ADN controlada con precisión bípedo dispositivo caminar " Nano Letters 4.7 (julio 2004 ) : 1203-7 .
- 91 . Helen Pearson , " Bichos Construcción encontrar trabajo Tiny, " Noticias Naturaleza , 11 de julio de 2003, <http://www.nature.com/news/2003/030707/full/030707-9.html> .
- 92 . Richard E. Smalley , " Nanofallacias : De Química, Amor y nanobots ", Scientific American 285,3 (septiembre de 2001 ) : 76-77 ; requiere suscripción para este enlace : [http://www.sciamdigital.com/browse.cfm?sequencenameCHAR = elemento2 y methodnameCHAR = resou rce\\_getitembrowse y interfacenameCHAR = browse.cfm y ISSUEID\\_CHAR = 6A628AB3 - 17A54374 - B100- 3185A0CCC86 y ARTICLEID\\_CHAR = F90C4210 - C153 - 4B2F - 83A1 28F2012B637 y sc = I100322](http://www.sciamdigital.com/browse.cfm?sequencenameCHAR = elemento2 y methodnameCHAR = resou rce_getitembrowse y interfacenameCHAR = browse.cfm y ISSUEID_CHAR = 6A628AB3 - 17A54374 - B100- 3185A0CCC86 y ARTICLEID_CHAR = F90C4210 - C153 - 4B2F - 83A1 28F2012B637 y sc = I100322) .
- 93 . Véase la bibliografía de referencias en notas 108 y 109 a continuación. Ver también Drexler, nanosistemas , por su propuesta. Para la confirmación de la muestra, ver Xiao Yan Chang , Martin Perry , James Peploski , Donald L. Thompson, y Lionel M. Raff , "Los estudios teóricos de las reacciones de hidrógeno - abstracción de diamante y diamondlike Superficies , " Diario de la Química Física 99 (15 de septiembre , 1993) :4748-58 . Ver también LJ Lauhon y W. Ho, " inducir y observar la abstracción de un solo átomo de hidrógeno en la reacción bimolecular con un

microscopio de Efecto Túnel , " Journal of Physical Chemistry 105 (2000) : 3987-92 ; G. Allis y K. Eric Drexler, "Diseño y Análisis de una herramienta molecular para la transferencia de carbono en Mecanosíntesis , " Journal of Computacional y Teórica Nanociencia 2.1 (marzo- abril de 2005, en prensa) .

94 . Lea Winerman , " cómo agarrar un Atom , " Physical Review Focus , 2 de mayo de 2003, <http://focus.aps.org/story/v11/st19> , informando de Noriaki Oyabu , " Manipulación Vertical mecánica de los átomos individuales seleccionados por Nanoindentación Soft uso de un Cerca de Contacto Microscopio de Fuerza Atómica , " Physical Review Letters 90.17 (2 de mayo , 2003) : 176.102 .

95 . Robert A. Freitas Jr. , "Bibliografía Técnico de Investigaciones sobre Mecanosíntesis posicional

Foresight Institute sitio Web , 16 de diciembre de 2003, <http://foresight.org/stage2/mechsynthbib.html> .

96 . Ver ecuación y explicación en la p. 3 de Ralph C. Merkle , "Eso es imposible! Como buenos científicos

Llegar a Bad Conclusiones " , <http://www.zyvex.com/nanotech/impossible.html> .

97 . " Por lo tanto  $\Delta X_c$  se acaba de  $\sim 5\%$  de la típica nube de electrones diámetro atómico de  $\sim 0,3$  nm , imponiendo sólo una modesta restricción adicional en la fabricación y la estabilidad de las estructuras nanomecánicas . ( Incluso en la mayoría de los líquidos a sus puntos de ebullición , cada molécula es libre de mover sólo  $\sim 0.07$  nm de su posición media. ) " Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 2.1 : "¿Es Molecular Manufacturing posible? "

( Georgetown , Tex : Landes Bioscience , 1999 ) , p . 39 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/2.1.htm#p9> .

98 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 6.3.4.5 , " Las células Chemoelectric " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 152-54 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/6.3.4.5.htm> .

99 . Montemagno y Bachand , " Construcción de Dispositivos nanomecánicos Desarrollado por Biomolecular Motors " .

100 . Carta abierta de Foresight Presidente K. Eric Drexler al premio Nobel Richard Smalley, <http://www.foresight.org/NanoRev/Letter.html> , y reimpresso aquí: <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0560.html> . La historia completa se puede encontrar en Ray Kurzweil , " El Debate Drexler - Smalley en la Asamblea Molecular, " <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0604.html> .

101 . K. Eric Drexler y Richard E. Smalley, " Nanotecnología: Drexler y Smalley muestran la utilidad del favor y en contra " ensambladores moleculares " , Chemical & Engineering News 81.48 ( diciembre 1,2003 ) : 37-42 , <http://pubs>

.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html .

102 . A. Zaks y AM Klibanov , " la catálisis enzimática en medios orgánicos a 100 grados C , " La ciencia 224.4654 (15 de junio de 1984) : 1249-1251 .

103 . Patrick Bailey , " Desentrañando el gran debate sobre las máquinas pequeñas , " BetterHumans , 16 de agosto . 2004 ,  
[http://www.betterhumans.com/Features/Reports/report.aspx?articleID=2004-08-16-](http://www.betterhumans.com/Features/Reports/report.aspx?articleID=2004-08-16-1)

1 . 104 . Charles B. Musgrave et al , "Estudios Teóricos de una herramienta de abstracción de hidrógeno de Nanotecnología , " Nanotecnología 2 (octubre de 1991) :  
. 187-95 ; Michael página y Donald W. Brenner , " la abstracción de hidrógeno a partir de una superficie de diamantes: Ab initio Quantum Estudio químico con isobutano restringida como modelo " , Revista de la Sociedad química Americana 113.9 ( 1991 ) : 3270 -

74 , Xiao Yan Chang , Martin Perry , James Peploski , Donald L. Thompson, y Lionel M. Raff , "Los estudios teóricos de las reacciones de hidrógeno - abstracción de Diamond y Diamond -like Superficies , " Diario de la Química Física 99 ( 15 de septiembre 1993 ) : . 4748-58 ; JW Lyding , K. Hess , GC Abeln , et al , " Nanofabrication UHV -STM e hidrógeno / deuterio desorción de superficies de silicio : Implicaciones para la tecnología CMOS , " Applied Surface Science 132 ( 1998 ) : 221 ; <http://www.hersam-group.northwestern.edu/publications.html> ; eT . Foley et al , " Criogénico STM UHV estudio de desorción de hidrógeno y deuterio de silicio (100) , " Physical Review Letters 80 ( 1998 ) : 1336-1339 ,  
[http://prola.aps.org/abstract/PRL/v80/i6/p1336\\_1](http://prola.aps.org/abstract/PRL/v80/i6/p1336_1) ; LJ Lauhon y W. Ho , " La inducción y la observación de la abstracción de un solo átomo de hidrógeno en la reacción bimolecular con un microscopio de Efecto Túnel , " Journal of Physical Chemistry 105 (2000) : 3987-92 .

105 . Stephen P. Walch y Ralph C. Merkle , "Estudios Teóricos de Mecanosíntesis Diamond Reacciones , " Nanotecnología 9 (septiembre de 1998) : 285-96 ; Fedor N. Dzegilenko , Deepak Srivastava y Subhash Saini , " Simulaciones de Nanotubos de Carbono Consejo Asistido Reacciones Mecano- químicos en una superficie de diamantes , " Nanotecnología 9 ( diciembre de 1998) : 325-30 ; Ralph C. Merkle y Robert A. Freitas Jr. , " Análisis teórico de una herramienta de Carbon -Carbon Dimer Colocación de Mecanosíntesis Diamond , " Diario de la Nanociencia y la Nanotecnología 3 ( agosto de 2003) : 319 - 24 ,  
<http://www.rfreitas.com/Nano/DimerTool.htm> ; . Jingping Peng , Robert A. Freitas Jr. y Ralph C. Merkle , "Análisis teórico de Diamond Mecano- Síntesis Parte

I. Estabilidad de C2 Mediada Crecimiento de Nanocrystalline Diamond C ( 1Lo ) Surface " , Journal of Computacional y Teórica Nanociencia 1 (marzo de 2004) : 62-70 , <http://www.molecularassembler.com/JCTNPengMar04.pdf> , David J. Mann, Jingping Peng , Robert A. Freitas Jr. y Ralph C. Merkle , "Análisis teórico de mecano-síntesis Diamond . Parte II . C2 Crecimiento mediada de Diamond C ( ' lo)

Superficie través Si/Ge- Triadamantane Dímero Herramientas de colocación ",  
Revista de Nanociencia Computacional y Teórica 1 (marzo de 2004) , 71-80 ,  
<http://www.molecularassembler.com/JCTNMannMar04.pdf> .

106 . El análisis de las herramientas de deposición de carbono de la herramienta y la abstracción de hidrógeno han participado muchas personas , entre ellas: Donald W. Brenner , Tahir Cagin , Richard J. Colton , K. Eric Drexler, Fedor N. Dzegilenko , Robert A. Freitas Jr. , William A . Goddard III , JA Harrison , Charles B. Musgrave , Ralph C. Merkle , Michael Page International , Jason K. Perry, Subhash Saini, OA Shenderova , Susan B. Sinnott , Deepak Srivastava , Stephen P. Walch y Carter T. White .

107 . Ralph C. Merkle , Nanotecnología 8 " A " metabolismo " Propuesta para un ensamblador de Hidrocarburos " (diciembre de 1997) : 14-62 ,  
<http://www.iop.org/EJ/abstract/0957-4484/8/4/001> o  
<http://www.zyvex.com/nanotech/hydroCarbonMetabolism.html> .

108 . Una útil bibliografía de referencias : Robert A. Freitas Jr. , "Bibliografía Técnico de Investigaciones sobre Mecanosíntesis posicional ," sitio Web Foresight Institute , 16 de diciembre de 2003, <http://foresight.org/stage2/mechsynthbib.html> ; Wilson Ho y Hyojune Lee, " Formación Single Bond y caracterización con un microscopio de Efecto Túnel , " Ciencia 286.5445 (26 de noviembre , 1999) : 1719-1722 , <http://www.physics.uci.edu/~wilsonho/stm-iets.html> ; K.Eric Drexler, nanosistemas , capítulo 8 , Ralph Merkle , " " metabolismo " propuesta para un ensamblador de Hidrocarburos " ; Musgrave et al, "Estudios teóricos de una herramienta de abstracción de hidrógeno para las nanotecnologías " , . Michael página y Donald W. Brenner , " Abstracción hidrógeno a partir de una superficie de diamantes: Ab initio Quantum Estudio químico con isobutano restringida como modelo " , Journal of

la Sociedad Americana de Química 113,9 ( 1991 ) : 3270-74 ; DW Brenner et al , " Ingeniería simulada de nanoestructuras , " La nanotecnología 7 (septiembre de 1996 ) : 161-67 , <http://www.zyvex.com/nanotech/nano4/brennerPaper.pdf> ; SP Walch , WA Goddard III , y Ralph Merkle , "Los estudios teóricos de las reacciones en superficies de diamante , " Quinta Conferencia Foresight sobre Nanotecnología Molecular, 1997 , <http://www.foresight.org/Conferences/MNT05/Abstracts/Walcabst.html> , Stephen P. Walch y

Ralph C. Merkle , "Los estudios teóricos de reacciones mecano-síntesis Diamond , " Nanotecnología 9 (septiembre de 1998) : 285-96 ; Fedor N. Dzegilenko , Deepak Srivastava , y Subhash Saini, " Simulaciones de Nanotubos de Carbono Consejo Asistido Reacciones mecano - químicos en una superficie de diamantes , " Nanotecnología 9 ( diciembre de 1998) : 325-30 ; Lyding JW et al, . " Nanofabrication UHV -STM e hidrógeno / deuterio desorción de superficies de silicio : Implicaciones para la tecnología CMOS , " Applied Surface Science 132 (1998) : 221 , <http://www.hersamgroup.northwestern.edu/publications> . Loading eT Foley et al, " Criogénico UHV

-STM Estudio de la desorción de hidrógeno y deuterio de silicio ( 100 ) , " Physical Review Letters 80 ( 1998 ) . : 1336-1339 , [http://prola.aps.org/abstract/PRL/v80/i6/p1336\\_1](http://prola.aps.org/abstract/PRL/v80/i6/p1336_1) ; MC Hersam , G. Cabeln y JW Lyding , " Un enfoque eficiente para la localización y Nanoestructuras eléctricamente Ponerse en contacto fabricada a través de UHV -STM Litografía sobre Si ( 100 ) , " Ingeniería Microelectrónica 47 ( 1999 ) : 235 -

37 ; LJ Lauhon y W. Ho, " inducir y observar la abstracción de un solo átomo de hidrógeno en reacción bimolecular con un microscopio de Efecto Túnel , " Journal of Physical Chemistry 105 (2000) : 3987-92 , <http://www.physics.uci.edu/~wilsonho/stm-iets.html> .

109 . Eric Drexler, "Contadores Drexler " , publicado por primera vez en KurzweilAI.net el 1 de noviembre de 2003:

<http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0606.html> . Véase también K. Eric Drexler, nanosistemas : Maquinaria Molecular, Fabricación y Computación (New York: Wiley Interscience, 1992 ) , capítulo 8 , Ralph C. Merkle , "Debate Foresight con Scientific American " ( 1995 ) , <http://www.foresight.org/SciAmDebate/SciAmResponse.html> ; Wilson Ho y Hyojune Lee, " Formación Single Bond y caracterización con un microscopio de Efecto Túnel , " Ciencia

286.5445 (26 de noviembre , 1999) : 1719-1722 , <http://www.physics.uci.edu/~wilsonho/stm-iets.html> , K. Eric Drexler , David Forrest , Robert A. Freitas Jr. , J. Storrs Hall, Neil Jacobstein , Tom McKendree , Ralph Merkle , y Christine Peterson, " En Física , Fundamentos y nanorobots : una refutación a la afirmación de que Smalley Nanorobots mecánicos autorreplicantes simplemente no son posibles : un debate sobre Ensambladores " ( 2001 ) , <http://www.imm.org/SciAmDebate2/smalley.html> .

110 . Ver <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html> ;

<http://www.kurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0604.html> ?

111 . Maysinger D. et al , " Copolímeros en Bloque Modificar la internalización de sondas de micelas - incorporados en las células neuronales , " Biochimica et Biophysica Acta 1539,3 (20 de junio , 2001) : . . 205-17 ; R. Savic et al , " nanocontenedores micelares Distribuir a orgánulos citoplasmáticos definidos , "Ciencia 300.5619 (abril 25 , 2003 ) : 615-18 .

112 . . T. Yamada et al , " Nanopartides para la entrega de genes y medicamentos para hepatocitos humanos , " Nature Biotechnology 21,8 ( agosto de 2003 ) : 885-90 . Publicado electrónicamente 29 de junio 2003 . Resumen: <http://www.nature.com/cgi-taf/DynaPage.taf?file=/nbt/journal/v21/n8/abs/nbt843.html> . Comunicado de prensa breve de la Naturaleza : [http://www.nature.com/nbt/press\\_release/nbt0803.html](http://www.nature.com/nbt/press_release/nbt0803.html) .

113 . Richards Grayson et al, " Una revisión BioMEMS : tecnología MEMS para dispositivos integrados Fisiológicamente , " IEEE Proceedings 92 ( 2004 ) : 6-21 ; Richards Grayson et al, " Release Molecular desde un dispositivo polimérico microdepósito : . Influencia de la Química , Polímeros . Hinchazón, y carga en el

rendimiento de dispositivos, " Journal of Biomedical Materials 69A.3 investigación (1 de junio , 2004): 502-12 .

114 . " Ablación Tumoral Photo- térmica en ratones usando Cerca de absorción de infrarrojos D. Patrick O'Neal et al. , Nanopartículas ", Cancer Letters 209,2 (25 de junio , 2004) : 171-76 .

115 . Agencia Internacional de Energía, a partir de una presentación RE Smalley, "La nanotecnología , el S & T Workforce , Energía y Prosperidad ", p . 12 , presentado en PCAST (Consejo de Asesores en Ciencia y Tecnología del Presidente), Washington, DC, 3 de marzo de 2003, [http://www.ostp.gov/PCAST\\_IPCAST % 203-3-03 % 20R % 20Smalley % 20Slides . pdf](http://www.ostp.gov/PCAST_IPCAST%203-3-03%20R%20Smalley%20Slides.pdf) , también en [http://cohesion.rice.edu/NaturalSciences/Smalley/emplibrary/PCAST % 20March % 203 % 202003.ppt](http://cohesion.rice.edu/NaturalSciences/Smalley/emplibrary/PCAST%20March%203%202003.ppt) .

116 . Smalley, "La nanotecnología , el S & T Workforce , Energía y prosperidad . "

117 . " FutureGen A- Iniciativa de Investigación de Secuestro e Hidrógeno ", del Departamento de Energía de EE.UU. , Oficina de Energía Fósil , febrero de 2003 , [http://www.fossil.energy.gov/programs/powersystems/futuregen/futuregen\\_factsheet.pdf](http://www.fossil.energy.gov/programs/powersystems/futuregen/futuregen_factsheet.pdf) .

118 . Drexler , nanosistemas , pp 428 , 433 .

119 . Barnaby J. Feder, "Científico en el trabajo / Richard Smalley : Pensamientos pequeñas para una red mundial ", New York Times, 2 de septiembre de 2003; el siguiente enlace requiere suscripción o adquisición : [http://query.nytimes.com/gst/abstract.html ? res = F30C17FC3D5C0C718CDDA00894DB404482](http://query.nytimes.com/gst/abstract.html?res=F30C17FC3D5C0C718CDDA00894DB404482) .

120 . Agencia Internacional de la Energía , de Smalley, "La nanotecnología , la fuerza laboral de S & T, Energía y Prosperidad ", p . 12 .

121 . Consejo Americano para la Universidad de las Naciones Unidas , Proyecto del Milenio Global Reto 13 : <http://www.acunu.org/millennium/ch-13.html> .

122 . "La transmisión inalámbrica de energía del futuro de la Tierra , " Medio Ambiente News Service , 19 de noviembre , 2002 , al informar sobre Jerome C. Glenn y Theodore J. Gordon en " 2002 Estado del Futuro ", Consejo Americano para la Universidad de las Naciones Unidas ( agosto de 2002) .

123 . Revelación: el autor es asesor e inversor en esta empresa .

124 . "NEC presenta portátil metanol como combustible ", Associated Press , 30 de junio de 2003, <http://www.siliconvalley.com/mld/siliconvalley/news/6203790.htm> . informar sobre comunicado NEC , "NEC presenta Notebook PC Con una función de la célula de combustible ", 30 de junio de 2003, <http://www.nec.co.jp/press/en/0306/3002.html> .

125 . Tony Smith , "Toshiba Boffins Prep Laptop Fuel Cell , " The Register , 5 de marzo de 2003, [http://www.theregister.co.uk/2003/03/05/toshiba\\_boffins\\_prep\\_laptop\\_fuel](http://www.theregister.co.uk/2003/03/05/toshiba_boffins_prep_laptop_fuel) ; Yoshiko Hara,

- "Toshiba desarrolla Matchbox - Sized pilas de combustible para los teléfonos móviles , " EE Times, 24 de junio de 2004, <http://www.eet.com/article/showArticle.jhtml?articleId=22101804> , informando sobre Toshiba comunicado de prensa , " de Toshiba anuncia el más pequeño del mundo directo metanol Fuel Cell con la producción de energía de 100 milliwatts , " [http://www.toshiba.com/taec/press/dmfc04\\_222.shtml](http://www.toshiba.com/taec/press/dmfc04_222.shtml) .
- 126 . Karen Lurie , " coches de hidrógeno " , ScienceCentral Noticias , Mayo 13 , 2004, [http://www.sciencentral.com/articles/view.php3?language=english&type=article&article\\_id=218392247](http://www.sciencentral.com/articles/view.php3?language=english&type=article&article_id=218392247) .
- 127 . Louise Knapp , " Booze a Fuel Gadget Baterías , " Wired News, 2 de abril de 2003, <http://www.wired.com/news/gizmos/0,1452,58119,00.Html> , y St. Louis University de prensa " Impulsado por su gabinete de licor , Nueva Biofuel celular podría reemplazar las baterías recargables " , 24 de marzo de 2003, <http://www.slu.edu/readstory/newsinfo/2474> , informan sobre Nick Akers y Shelley Minter , " Hacia el Desarrollo de un conjunto de electrodos de membrana " , presentado en la reunión nacional de la Sociedad química Americana , Anaheim , California ( 2003 ) .
- 128 . "Célula Biofuel funciona con energía metabólica al poder implantes médicos , " Nature Online , noviembre 12 , 2002 , <http://www.nature.com/news/2002/021111/full/021111-1.html> , informando sobre N. Mano, F.Mao y A. Heller , " Una miniatura de funcionamiento celular biocombustibles en un tampón fisiológico " , revista de la American Chemical Society, 124 (2002) : 12.962 a 63 .
- 129 . "El poder de la sangre podría conducir a" Baterías Humanos "" , FairfaxDigital , 4 de agosto de 2003, <http://www.smh.com.au/articles/2003/08/03/1059849278131.html?oneclick=true> . Lea más acerca de las células de combustible microbianas aquí: <http://www.geobacter.org/research/microbial/> . BioMEMS diagramas de laboratorio de Matsuhiko Nishizawa una célula micro - biocombustibles : [http://www.biomems.mech.tohoku.ac.jp/research\\_e.html](http://www.biomems.mech.tohoku.ac.jp/research_e.html) . Este breve artículo describe el trabajo en una fuente de energía implantable , no tóxico , que ahora pueden producir 0,2 vatios : [http://www.iol.co.za/index.php?se\\_id=l&click\\_id=31&art\\_id=qw111596760144B215](http://www.iol.co.za/index.php?se_id=l&click_id=31&art_id=qw111596760144B215) .
- 130 . Mike Martin , " Los nanotubos Pace - ajuste puede Potencia Micro - dispositivos" NewsFactor , 27 de febrero , 2003 , <http://physics.iisc.ernet.in/~asood/Pace-Setting%20Nanotubos%20May%20Power%20Micro-Devices.htm> .
- 131 . " Por último , es posible derivar un límite al total planetario activo masa nanorrobot teniendo en cuenta el equilibrio global de energía . Insolación solar total recibida en la superficie de la Tierra es  $\sim 1,75 \times 10^{17}$  watts (  $i_{earth} \sim 1370 \text{ W/m}^2 \pm 0,4\%$  en incidencia normal ) , " Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 ,

Capacidades Básicas , sección 6.5.7 , "Límite Global Hypsithermal " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience , 1999 ) , pp 175-76 ,  
<http://www.nanomedicine.com/NMI/6.5.7.htm> # p1.

132 . Esto supone 10 mil millones (  $10^{10}$  ) a las personas , una densidad de potencia de nanorobots de alrededor de  $10^7$  vatios por metro cúbico, un tamaño nanorobot de un micrón cúbico, y un poder extraer de unos 10 picovatios ( 10-11 watts ) por nanorobot . El límite hypsithermal de  $10^{16}$  watts implica unos 10 kilogramos de nanorobots por persona , o nanorobots  $1.016$  por persona. Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 ,

Capacidades Básicas , sección 6.5.7 "Límite Global Hypsithermal " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience , 1999 ) , pp 175-76 ,  
<http://www.nanomedicine.com/NMI/6.5.7.htm> # p4 .

133 . Alternativamente , la nanotecnología puede ser diseñado para ser extremadamente eficiente de la energía en el primer lugar de modo que la energía recaptura sería innecesario , y no factible porque no habría relativamente poca disipación de calor para recuperar . En una comunicación privada (enero de 2005 ) , Robert A. Freitas Jr. escribe: " Drexler ( nanosistemas : 396 ) afirma que la disipación de energía puede , en teoría, ser tan bajo como  $\sim 0,1$  MJ / kg ' si se supone el desarrollo de una serie de procesos capaces de mecanoquímica la transformación de moléculas de materia prima en las estructuras de productos complejas utilizando pasos sólo fiables , casi reversibles :  $0,1$  MJ / kg de diamante se corresponde aproximadamente con el ruido térmico mínimo a temperatura ambiente ( por ejemplo ,  $kT \sim 4$  zJ / átomo a  $298$  K ) " .

134 . Alexis De Vos , Termodinámica endoreversible de Conversión de Energía Solar ( Londres : Oxford University Press , 1992 ) , p . 103 .

135 . R. D. Schaller y V. I . Klimov , " Multiplicación Carrier Alta Eficiencia en nanocristales PbSe : Implicaciones para la conversión de energía solar , " Physical Review Letters 92.18 ( 7 de mayo , 2004): 186.601 .

136 . National Academies Press, Comisión de Ciencias Físicas , Matemáticas y Aplicaciones , Luz Aprovechamiento : Ciencia e Ingeniería óptica para el siglo 21 , (Washington , DC : National Academy Press , 1998 ) , p . 166 ,  
<http://books.nap.edu/books/0309059917/html/166.html> .

137 . Matt Marshall, " World Events despertar el interés en la célula solar Energy Start -ups , " Mercury News , 15 de agosto de 2004,  
[http://www.konarkatech.com/news\\_articles\\_082004/b-silicon\\_valley.php](http://www.konarkatech.com/news_articles_082004/b-silicon_valley.php) y  
[http://www . nanosolar.com/cache/merc081504.htm](http://www.nanosolar.com/cache/merc081504.htm) .

138 . John Gartner , " Los espacios de la NASA en la solución de la energía , " Wired News , 22 de junio de 2004, <http://www.wired.com/news/technology/0> ,

1282,63913,00 . HTML . Ver también Arthur Smith, " El caso de la energía solar desde el espacio " , <http://www.lispace.org/articles/SSPCase.html> .

- 139 . " El Primer Ascensor Espacial ", Fundación Spaceward ,  
<http://www.elevator2010.org/site/primer.html> .
- 140 . Kenneth Chang, "Los expertos dicen que las nuevas demandas de Escritorio Fusion parecer más creíble ", New York Times, 3 de marzo de 2004,  
<http://www.rpi.edu/web/News/nytlahey3.html> , informando sobre RP Taleyarkhan " , evidencia adicional de las emisiones nucleares durante la cavitación acústica, " Physical Review e: estadístico , no lineal y suave física de la Materia 69.3 , pt . 2 (marzo de 2004 ) : 036.109 .
- 141 . El método original Pons y Fleischman de la fusión fría de escritorio usando electrodos de paladio no está muerto. Ardientes defensores han seguido aplicando la tecnología , y el Departamento de Energía anunció en 2004 que se estaba llevando a cabo una nueva revisión formal de la reciente investigación en este campo . Toni Feder, "DOE calienta a la fusión fría , " Physics Today (abril de 2004 ) ,  
<http://www.physicstoday.org/vol-57/iss-4/p27.html> .
- 142 . Akira Fujishima , Tata N. Rao y Donald A. Tryk , "Dióxido de titanio fotocatalisis , " Diario de Fotoquímica y Fotobiología C: Fotoquímica Revisión 1 (29 de junio de 2000) : 1-21 ; Prashant V. Kamat , Rebecca Huehn y Roxana Nicolaescu " , " Sense and Shoot ' Un enfoque para la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos en el agua, " Journal of Physical Chemistry B 106 (31 de enero, 2002) : 788-94 .
- 143 . AG Panov et al, " Fotooxidación de tolueno y p -xileno en cationes zeolitas intercambiadas con X , Y, ZSM - 5 y Beta: El Papel de las propiedades fisicoquímicas de zeolita en el rendimiento del producto y la selectividad " . Journal of Physical Chemistry B 104 ( 22 de junio 2000 ) : 5706-14 .
- 144 . Gabor A. Somorjai y Keith McCrea , " Hoja de ruta para la Ciencia Catálisis en el siglo 21 : Una visión personal de construir el futuro de los logros del pasado y presente, " Catálisis Aplicada A: Información general 222,1-2 ( 2001 ) : 3-18 , Lawrence Berkeley Nacional número Laboratorio 3.LBNL - 48555 ,  
<http://www.cchem.berkeley.edu/~gasgrp/2000.html> (publicación 877 ) . Véase también Zhao , Lu , y Millar , "Avances en tamiz molecular mesoporoso MCM- 41 , " Industrial e Ingeniería Química Investigación 35 ( 1996 ) : 2075-90 ,  
[http://cheed.nus.edu.sg/~chezxs/Zhao/publication/1996\\_2075.pdf](http://cheed.nus.edu.sg/~chezxs/Zhao/publication/1996_2075.pdf) .
- 145 . NTSC / NSET informe de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología : La iniciativa y su aplicación. Planificar, julio de 2000,  
<http://www.nano.gov/html/res/nni2.pdf> .
- 146 . Wei -xian Zhang, Wang Chuan- Bao , y Lien Hsing -Pulmón , " El tratamiento de orgánicos clorados Los contaminantes de partículas bimetálicas nanoescala " , Catalysis Today 40 (14 de mayo , 1988) : 387-95 .
- 147 . RQ Long y RT Yang, " Los nanotubos de carbono como Absorbentes Superior para la eliminación de dioxinas , " Journal of the American Chemical Society 123.9 ( 2001 ) : 2058-59 .

- 148 . Robert A. Freitas Jr., "La muerte es una barbaridad ! " presentado en la Quinta AlcorConference en Extreme Life Extension , Newport Beach , California , 16 de noviembre de 2002, <http://www.rfreitas.com/Nano/DeathIsAnOutrage.htm> .
- 149 . Por ejemplo , la quinta conferencia anual BIOMEMS , junio de 2003 , San José, <http://www.knowledgypress.com/events/11201717.htm> .
- 150 . Los dos primeros volúmenes de una serie de cuatro volúmenes previstos : Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . I, de Capacidades Básicas ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) ; Nanomedicina , vol . IIA, biocompatibilidad ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 2003 ) ; <http://www.nanomedicine.com> .
- 151 . Robert A. Freitas Jr. , " Diseño exploratorio en nanotecnología médica: A Artificial Mecánica Red Cell " , las células artificiales, sustitutos de la sangre , y la biotecnología Inmovilización 26 ( 1998 ) : 411 - 30 , <http://www.foresight.org.Nanomedicine/Respirocytes.html> .
- 152 . Robert A. Freitas Jr., " Microbivores : Los fagocitos mecánicos artificiales utilizando Digest y Protocolo de Descarga " Zyvex pre-impresión , marzo de 2001 , <http://www.rfreitas.com/Nano/Microbivores.htm> ; Robert A. Freitas Jr. , " Microbivores : Los fagocitos mecánicos artificiales , " Foresight Actualizar no. 44 , marzo 31 , 2001 , pp 11-13, <http://www.imm.org/Reports/Rep025.html> , véase también microbívoro imágenes en la Galería de Arte Nanomedicina , <http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Especie/Microbivores.html> .
- 153 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . I , las capacidades básicas , la sección 9.4.2.5 " nanomecanismos de Natación " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 309-12 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/9.4.2.5.htm> .
- 154 . George Whitesides , " Nanoinspiration : The Once and Future nanomáquina , " Scientific American 285,3 (septiembre 16,2001 ) : 78-83 .
- 155 . " De acuerdo con aproximación de Einstein para el movimiento browniano , después de 1 segundo ha transcurrido a temperatura ambiente una molécula de agua fluídico ha , en promedio , difusa una distancia de  $\sim 50$  micrómetros (  $\sim 400.000$  diámetros moleculares ) , mientras que un L - rmicron nanorrobot inmerso en ese mismo fluido ha desplazado por solo  $\sim 0.7$  micras ( sólo  $\sim 0.7$  diámetro del dispositivo) durante el mismo período de tiempo . Así, el movimiento browniano es a lo sumo una fuente menor de error de navegación de nanorobots médicos móviles , "Ver K. Eric Drexler et al. , " Muchos futuro nanomáquinas : una refutación a la afirmación Whitesides ' Eso ensambladores moleculares mecánicos no son realizables y no una preocupación " , un debate sobre Ensambladores , Instituto de Fabricación Molecular, 2001 , <http://www.imm.org/SciAmDebate2/whitesides.html> .
- 156 . Tejal A. Desai , "Tecnologías MEMS basados en la encapsulación celular , " American Journal of Drug Delivery 1.1 ( 2003 ) : 3-11, un resumen en <http://www.ingentaconnect.com/search/expand?pub=infobike://adis/add/2003/00000001/00000001/art00001> .

157 . Citado por Douglas Hofstadter en Gödel , Escher , Bach : un Eterno Trenza de Oro (Nueva York: Basic Books , 1979 ) .

158 . El autor dirige una empresa , FatKat ( transacciones financieras de Aceleración Adaptativo Kurzweil Technologies) , que se aplica el reconocimiento computarizado modelo a los datos financieros para tomar decisiones de inversión del mercado de valores , <http://www.FatKat.com> .

159 . Véase la discusión en el capítulo 2 sobre las mejoras de precios de rendimiento en la memoria del ordenador y la electrónica en general.

160 . Fugitivo AI se refiere a una situación en la que , como Max More describe , " máquinas superinteligentes , enjaezados inicialmente para el beneficio humano , pronto nos dejan atrás. " Max More, "Embrace , No renuncian, de futuro" <http://www.KurzweilAI.net/articles/art0106.html?printable=1> . Ver también la descripción de Damien Broderick del "Seed AI" : . " Una semilla auto- mejora la IA podía correr glacial lentamente sobre un sustrato máquina limitada El punto es , siempre y cuando tenga la capacidad de mejorarse a sí misma , en algún momento se hará así convulsivamente , estalla a través de los cuellos de botella de arquitectura para diseñar su propio hardware mejorado, tal vez incluso construirlo (si está permitido el control de las herramientas en una fabricación planta ) . " Damien Broderick, " Rasgando Hacia el Spike, "presentado en " Australia en la encrucijada ? Escenarios y Estrategias para el Futuro "( 31 - Mayo Abril 2,2000 ) , publicado en mayo de KurzweilAI.net 7 , 2001 , <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0173.html> .

161 . David Talbot, "El Señor de los Robots , " Technology Review (abril de 2002 ) .

162 . Heather Havenstein escribe que las "nociones inflados generados por los escritores de ciencia ficción sobre la convergencia de los seres humanos y las máquinas empañado la imagen de la IA en la década de 1980 debido a AI fue percibido como no a la altura de su potencial. " Heather Havenstein , "La primavera llega a AI Winter : Mil Aplicaciones Bloom en Medicina , Atención al Cliente , Educación y Producción " , Computerworld , 14 de febrero de 2005, <http://www.computerworld.com/softwaretopics/software/story/0,10801,99691,00> . HTML . Esta imagen empañada llevó a "AI Winter " , definido como " un término acuñado por Richard Gabriel para el (circa ? . 1990-94 ) choque de la ola de entusiasmo por el idioma AI Lisp y la propia AI , a raíz de un auge en la década de 1980 " Duane Rettig escribió : " ... empresas montaron la gran ola AI en el principios de los 80 , cuando las grandes corporaciones vertieron miles de millones de dólares en el bombo AI que prometía máquinas pensantes en 10 años. Cuando las promesas resultaron ser más difícil de lo que originalmente se pensaba , la ola se estrelló AI , Lisp y se estrelló con él debido a su asociación con la IA . Nos referimos a ella como la AI Winter . " Duane Rettig citado en " AI Winter, " <http://c2.com/cgi/wiki?AiWinter> .

- 163 . El Solucionador general de problemas ( GPS ), programa informático , escrito en 1957 , fue capaz de resolver los problemas a través de normas que permitieron el GPS para dividir las metas de un problema en sub-objetivos y , a continuación, comprobar si la obtención de un sub-objetivo en particular podría llevar el GPS cerca de resolver el conjunto gol. A principios de los 1960 Thomas Evan escribió analogía, un "programa [ que ] resuelve problemas geométricos - analogía de la forma A : B :: C : . Tomado de los tests de inteligencia y exámenes de ingreso a la universidad " Boicho Kokinov y Robert M. French , "Modelos computacionales de la analogía de decisiones " , en L. Nadel , ed. , Enciclopedia de la Ciencia Cognitiva , vol . 1 (Londres : Nature Publishing Group, 2003 ) , pp 113-18 . Ver también A. Newell , JC Shaw y HA Simon , "Informe sobre el Programa de Resolución de Problemas General, " Actas de la Conferencia Internacional sobre Procesamiento de Información ( Paris : UNESCO House, 1959 ) , pp 256-64 , Thomas Evans, " un programa heurístico para resolver problemas geométricos - Analogía " , en M. Minsky , ed , Tratamiento de la información semántica (Cambridge , Mass.: MIT Press, 1968 ) . .
- 164 . Sir Arthur Conan Doyle, " La liga de los pelirrojos " , 1890 , disponible en <http://www.eastoftheweb.com/short-stories/UBooks/RedHead.shtml> .
- 165 . V. Yu et al, "Selección de los antimicrobianos mediante un ordenador : . Una evaluación ciega por enfermedades infecciosas Expertos, " JAMA 242.12 ( 1979 ) : 1279-1282 .
- 166 . Gary H. Anthes , " Informatización de sentido común " , Computerworld , 8 de abril de 2002, <http://www.computerworld.com/news/2002/story/0 , 11280,69881,00 . HTML> .
- 167 . Kristen Philipkoski : "Ahora aquí es una idea realmente grande , " Wired News , 25 de noviembre de 2002, <http://www.wired.com/news/technology/0 , 1282,56374,00 . Html>, informar sobre Darryl Macer , " el próximo desafío es el mapeo de la mente humana , "Nature 420 (14 de noviembre , 2002): 121 , véase también la descripción del proyecto en <http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~Macer/index.html> .
- 168 . Thomas Bayes , " Un ensayo en la solución de un problema en la Doctrina de posibilidades " , publicado en 1763 , dos años después de su muerte en 1761 .
- 169 . SpamBayes filtro de correo no deseado, <http://spambayes.sourceforge.net> .
- 170 . Lawrence R. Rabiner " , un tutorial sobre Modelos Ocultos de Markov y aplicaciones seleccionadas en el reconocimiento de voz , " Proceedings of the IEEE 77 ( 1989 ) : 257-86 . Para un tratamiento matemático de los modelos de Markov , ver <http://jedlik.phy.bme.hu/~gerjanos/HMM/node2.html> .
- 171 . Kurzweil Applied Inteligencia ( KAI ), fundada por el autor en 1982 , fue vendida en 1997 por \$ 100 millones y ahora es parte de ScanSoft (anteriormente llamados Kurzweil Computer Products , primera compañía del autor , que se vendió a Xerox en 1980) , ahora empresa pública. KAI introdujo el primer sistema de reconocimiento de voz de gran vocabulario comercializado en 1987 (Informe de voz

Kurzweil , con un vocabulario de diez mil palabras ) .

172 . Aquí es el esquema básico de un algoritmo de red neuronal . Muchas variaciones son posibles , y el diseñador del sistema tiene que proporcionar ciertos parámetros y métodos críticos , que se detallan a continuación.

Creación de una solución de red neuronal de un problema implica los siguientes pasos:

- Definir la entrada.
- Definición de la topología de la red neuronal ( es decir , las capas de neuronas y las conexiones entre las neuronas ) .
- Capacitar a la red neuronal en ejemplos del problema.
- Ejecutar la red neuronal entrenada para resolver nuevos ejemplos del problema.
- Lleve a su público en la red neuronal empresa.

Estos pasos (excepto la última) se detallan a continuación :

### **La entrada Problema**

El problema de entrada a la red neuronal se compone de una serie de números . Esta entrada puede ser :

- En un sistema de reconocimiento de patrones visuales , una matriz bidimensional de números que representan los píxeles de una imagen , o
- En un auditivo ( por ejemplo , el habla ) sistema de reconocimiento , una matriz bidimensional de números que representa un sonido , en el que la primera dimensión representa parámetros del sonido ( por ejemplo , componentes de frecuencia ) y la segunda dimensión representa diferentes puntos en el tiempo ; o
- En un sistema de reconocimiento de patrones arbitrarios , una matriz n -dimensional de números que representan el patrón de entrada .

### **Definición de la topología**

Para configurar la red neuronal , la arquitectura de cada neurona se compone de :

- Las entradas múltiples en el que cada entrada está " conectado " a cualquiera de la salida de otra neurona, o uno de los números de entrada .
- Por lo general , una sola salida , que está conectado ya sea a la entrada de otra neurona ( que es por lo general en una capa más alta ) , o a la salida final .

Configuración de la primera capa de neuronas

- Crear  $N_0$  neuronas en la primera capa . Para cada una de estas neuronas , "conectar" cada una de las múltiples entradas de la neurona a "puntos " (es decir , números) en la entrada del problema. Estas conexiones pueden ser determinados aleatoriamente o

mediante un algoritmo evolutivo ( véase más adelante) .

- Asigne una " fuerza sináptica " inicial a cada conexión creada . Estos pesos pueden comenzar de todos modos, pueden ser asignados al azar , o se pueden determinar de otro modo ( véase más adelante) .

### **Configuración de las capas adicionales de neuronas**

Configurar un total de capas M de neuronas. Para cada capa , configure las neuronas en esa capa. Para LayerI :

- Creación de neuronas en la capa de  $N_i$  . , Para cada una de estas neuronas , " conectar " cada una de las múltiples entradas de la neurona a las salidas de las neuronas en LayerI - 1 ( ver variaciones más abajo) .
- Asigne una " fuerza sináptica " inicial a cada conexión creada . Estos pesos pueden comenzar de todos modos, pueden ser asignados al azar , o se pueden determinar de otro modo ( véase más adelante) .
- Las salidas de las neuronas en layerM son las salidas de la red neuronal ( ver variaciones más abajo) .

### **Los ensayos de reconocimiento**

Cómo funciona Cada neurona

Una vez que la neurona está configurado, se hace lo siguiente para cada ensayo de reconocimiento :

- Cada entrada ponderada a la neurona se calcula multiplicando la salida de la otra neurona ( o de entrada inicial ) que la entrada a esta neurona está conectada a por la fuerza sináptica de esa conexión .
- Todas estas entradas ponderadas a la neurona se resumen .
- Si esta suma es mayor que el umbral de disparo de la neurona , a continuación, esta neurona es considerado como el fuego y su salida es 1 . De lo contrario , su salida es 0 ( ver variaciones más abajo) .

Haga lo siguiente para cada prueba de reconocimiento

Para cada capa , de la capa , a layerM : Para cada neurona en la capa :

- sumando las entradas ponderadas ( cada entrada ponderada = la salida de la otra neurona [ o de entrada inicial ] que la entrada a esta neurona está conectada a multiplicado por la fuerza sináptica de esa conexión ) .
- Si esta suma ponderada de las entradas es mayor que el umbral de disparo de esta neurona , ajuste la salida de esta neurona = 1 , de lo contrario establecerlo en 0 .

### **Entrenar a la red neuronal**

- Ejecutar pruebas de reconocimiento repetidos problemas de ejemplo .

- Después de cada prueba , ajuste las resistencias sinápticas de todas las conexiones de interneuronas mejorar el rendimiento de la red neuronal en este ensayo ( véase la discusión más abajo sobre cómo hacer esto) .
- Continuar con esta formación hasta que la tasa de precisión de la red neuronal ya no está mejorando (es decir , alcanza una asíntota ) .

### **Las decisiones clave de diseño**

En el sencillo esquema anterior , el diseñador de este algoritmo de red neuronal tiene que determinar , en primer lugar :

- ¿Qué representan los números de entrada .
- El número de capas de neuronas.
- El número de neuronas en cada capa. ( Cada capa no necesariamente tienen que tener el mismo número de neuronas . )
- El número de entradas a cada neurona en cada capa . El número de entradas ( es decir , las conexiones interneuronales ) también puede variar de una neurona a otra y de capa a capa .
- El " cableado " actual (es decir , las conexiones ) . Para cada neurona en cada capa , este consiste en una lista de otras neuronas , las salidas de los que constituyen las entradas de esta neurona . Esto representa un área clave en el diseño . Hay una serie de posibles maneras de hacer esto :

( i ) Alambre de la red neuronal al azar , o

( ii ) utilizar un algoritmo evolutivo ( véase más adelante) para determinar un cableado óptimo , o

( iii ) utilizar el mejor criterio del diseñador del sistema para determinar el cableado.

- Las resistencias sinápticas iniciales ( es decir , los pesos ) de cada conexión. Hay una serie de posibles maneras de hacer esto :

( i ) Establezca la fuerza de las sinapsis en el mismo valor , o

( ii ) Establecer las fortalezas sinápticas a diferentes valores aleatorios , o

( iii ) Usar un algoritmo evolutivo para determinar un conjunto óptimo de valores iniciales ; o

( iv ) Utilizar el mejor criterio del diseñador del sistema para determinar los valores iniciales.

- El umbral de disparo de cada neurona .

- La salida . La salida puede ser :

( i ) las salidas de layerM de las neuronas , o

( ii ) la salida de una única neurona de salida , las entradas de las cuales son las salidas de las neuronas en layerM ; o

( iii ) una función de (por ejemplo , una suma de ) las salidas de las neuronas en layerM ; o

( iv ) otra función de las salidas de las neuronas en múltiples capas .

• ¿Cómo se ajustan las fuerzas sinápticas de todas las conexiones durante el entrenamiento de esta red neuronal . Esta es una decisión de diseño clave y es el objeto de una gran cantidad de investigación y discusión . Hay una serie de posibles maneras de hacer esto :

( i ) Para cada ensayo de reconocimiento , aumentan o disminuyen cada fuerza sináptica en una cantidad fija ( generalmente pequeñas ) para que la salida de la red neuronal es más compatible con la respuesta correcta. Una forma de hacer esto es tratar de incremento y decremento y ver lo que tiene el efecto más deseable. Esto puede llevar mucho tiempo , por lo que existen otros métodos para la toma de decisiones locales sobre si se debe aumentar o disminuir cada uno de la fuerza sináptica .

( ii ) existen otros métodos estadísticos para la modificación de los puntos fuertes sinápticas después de cada ensayo de reconocimiento para que el rendimiento de la red neuronal en ese ensayo es más compatible con la respuesta correcta .

Tenga en cuenta que el entrenamiento de la red neuronal funcionará incluso si las respuestas a los ensayos de entrenamiento no son los correctos. Esto permite el uso de datos de entrenamiento del mundo real que pueden tener un margen de error

inherente. Una clave para el éxito de un sistema de reconocimiento basado en red neuronal es la cantidad de datos que se utilizan para el entrenamiento. Por lo general, se necesita una cantidad muy importante para obtener resultados satisfactorios . Al igual que los estudiantes humanos , la cantidad de tiempo que una red neuronal gasta aprender sus lecciones es un factor clave para su rendimiento.

## Variaciones

Muchas variaciones de lo anterior son factibles :

- Hay diferentes maneras de determinar la topología. En particular , el cableado interneuronal se puede ajustar ya sea aleatoriamente o mediante un algoritmo evolutivo .
- Hay diferentes maneras de establecer las fortalezas sinápticas iniciales.
- Las entradas a las neuronas de la capa , no necesariamente tienen que venir de las salidas de las neuronas en LayerI - 1 . Alternativamente , las entradas a las neuronas en cada capa pueden provenir de cualquier capa inferior o de cualquier capa .
- Hay diferentes maneras de determinar el resultado final .
- El método descrito anteriormente da lugar a un "todo o nada " ( 1 ó 0) disparando llama una no linealidad . Hay otras funciones no lineales que pueden ser utilizados . Comúnmente se utiliza una función que va de 0 a 1 de una manera rápida , pero más gradual . Además, las salidas pueden ser números distintos de 0 y 1.

- Los diferentes métodos para ajustar las fuerzas sinápticas durante el entrenamiento representan las decisiones de diseño clave.

El esquema anterior describe una red de " síncrono " neuronal , en la que cada ensayo reconocimiento procede mediante el cálculo de las salidas de cada capa , a partir de la capa , a través de layerM . En un verdadero sistema paralelo , en el que cada neurona está en funcionamiento independientemente de los otros , las neuronas pueden operar " de forma asíncrona " ( es decir, de forma independiente ). En un enfoque asíncrono, cada neurona está escaneando constantemente sus entradas y se activa siempre que la suma de las entradas ponderadas supera su umbral ( o cualquiera que sea su función de salida específica ) .

173 . Vea el capítulo 4 para una discusión detallada de la ingeniería inversa del cerebro . Como un ejemplo de la progresión , SJ Thorpe escribe: "Hemos realmente más que empezar lo que sin duda será un proyecto a largo plazo destinado a la ingeniería inversa del sistema visual de los primates Por el momento , sólo hemos explorado algunas arquitecturas muy simples , que implica esencialmente . sólo FEED\_FORWARD arquitecturas que involucran un número relativamente pequeño número de capas .... En los años venideros , nos esforzaremos en incorporar como muchos de los trucos de cálculo utilizados por el sistema visual de los primates y humanos como sea posible . Más al punto , parece que, al adoptar el enfoque neurona clavar , pronto será posible desarrollar sistemas sofisticados capaces de simular grandes redes neuronales en tiempo real. " S.

J. Thorpe et al. , " Ingeniería inversa del Sistema Visual uso de redes de neuronas Rematar, " Actas del Simposio Internacional IEEE 2000 de Circuitos y Sistemas IV (IEEE Press) , pp 405-8 , <http://www.scn.ucsd.edu/~arno/mypapers/thorpe.pdf>.

174 . Schoenauer T. et al . escribe : "En los últimos años una gran diversidad de hardware para redes neuronales artificiales ( ANN ) se ha diseñado .... Hoy en día se puede elegir entre una amplia gama de hardware de red neural diseños difieren en cuanto a los enfoques arquitectónicos, como neurochips . , tarjetas aceleradoras y neuroordenadores multi- mesa, así como los relativos a la finalidad del sistema , tales como el algoritmo de ANN ( s ) y la versatilidad del sistema .... neurohardware digital se pueden clasificar por la : [sic ] arquitectura del sistema, grado de paralelismo , partición de la red neuronal típica por procesador , la red de comunicación entre el procesador y la representación numérica " . T. Schoenauer , A. Jahnke , u. Roth y H. Klar " Neurohardware Digital : Principios y Perspectivas " , en Proc. Neuronale Netze in der Redes Anwendung - neuronales en aplicaciones NN'98 , Magdeburg , papel invitado ( febrero de 1998 ) : 101-6 ,

<http://bwrc.eecs.berkeley.edu/People/kcamera/neural/papers/schoenauer98digital.pdf>

. Ver también Yihua Liao, "Redes Neuronales en Hardware : A Survey " ( 2001 ) , <http://ailab.das.ucdavis.edu/~yihua/research/NNhardware.pdf> .

175 . Este es el esquema básico de un algoritmo genético ( evolutivo ) . Muchas variaciones son posibles , y el diseñador del sistema tiene que proporcionar ciertos

parámetros y métodos críticos , que se detallan a continuación.

## ALGORITMO EVOLUTIVO

Crear "criaturas ". Solución N Cada uno tiene :

- Un código genético : una secuencia de números que caracterizan una posible solución al problema . Los números pueden representar parámetros críticos , pasos a una solución , normas , etc

Para cada generación de la evolución , haga lo siguiente :

- Haga lo siguiente para cada una de las criaturas solución de n :

( i ) Aplique la solución esta solución de la criatura (representado por su código genético ) para el problema, o entorno simulado .

( ii ) La tasa de solución.

- Recoger las criaturas solución L con las calificaciones más altas para sobrevivir en la próxima generación .
- Eliminar los ( N - L ) no sobrevivientes criaturas solución .
- Crear (N - L ) nuevas criaturas solución de la L sobrevivir criaturas solución a través de:

( i ) La realización de copias de la carta de sobrevivir criaturas. Introducir pequeñas variaciones aleatorias en cada copia , o

( ii ) La creación de criaturas adicional para la solución mediante la combinación de partes del código genético ( el uso de la reproducción " sexual " , o combinar de otro modo las porciones de los cromosomas ) a partir de la L supervivientes criaturas ; o

( iii ) Haciendo una combinación de ( i ) y ( ii ) ,

- Determinar si debe o no seguir evolucionando :

Mejora = ( calificación más alta en esta generación ) - ( calificación más alta en la generación anterior ) .

Si Mejoramiento < Umbral mejora, entonces ya está.

- La criatura solución con la calificación más alta de la última generación de la evolución tiene la mejor solución. Aplicar la solución definida por su código genético para el problema .

### Las decisiones clave de diseño

En el sencillo esquema anterior , el diseñador tiene que determinar , en primer lugar :

- Los parámetros clave:

N

L

- Umbral de Mejoramiento
- Lo que los números en el código genético representan y cómo la solución se calcula a partir el código genético .
- Un método para determinar las criaturas solución de  $n$  en la primera generación . En general , éstos sólo necesitan ser intentos "razonables " en una solución. Si estas soluciones de primera generación son demasiado lejos , el algoritmo evolutivo puede tener dificultad para converger en una buena solución . A menudo vale la pena para crear las criaturas solución inicial de tal forma que que son razonablemente diversa . Esto ayudará a evitar que el proceso evolutivo de sólo la búsqueda de un " local " solución óptima.
- ¿Cómo se clasifican las soluciones.
- ¿Cómo se reproducen los seres solución sobrevivientes.

## Variaciones

Muchas variaciones de lo anterior son factibles . Por ejemplo :

- Hay no tiene que ser un número fijo de sobrevivir criaturas solución (  $L$  ) de cada generación . La regla de la supervivencia (  $s$  ) puede permitir un número variable de supervivientes .
- Hay no tiene que ser un número fijo de nuevas criaturas solución creada en cada generación (  $N - L$  ) . Las reglas de procreación pueden ser independientes del tamaño de la población . Procreación puede estar relacionado con la supervivencia , permitiendo de ese modo las criaturas solución más aptos para procrear el más .
- La decisión sobre si continuar o no con la evolución puede ser variado. Se puede considerar más que la criatura solución de mayor audiencia de la generación más reciente (  $s$  ) . También se puede considerar una tendencia que va más allá de las últimas dos generaciones.

176 . Sam Williams, "Cuando Máquinas raza, " August 12,2004 ,  
[http://www.salon.com/tech/feature/2004/08/12/evolvable\\_hardware/index\\_np.html](http://www.salon.com/tech/feature/2004/08/12/evolvable_hardware/index_np.html) .

177 . Este es el esquema básico ( descripción del algoritmo ) de búsqueda recursiva . Muchas variaciones son posibles , y el diseñador del sistema tiene que proporcionar ciertos parámetros y métodos críticos , que se detallan a continuación.

## EL algoritmo recursivo

Definir una función (programa) "Pick Best Next Step " . La función devuelve un valor de "éxito " ( que hemos resuelto el problema) o " NO " (no lo solucionamos ) . Si devuelve un valor de éxito , la función también devuelve la secuencia de pasos que resuelven el problema.

RECOGIDA BESTNEXT PASO hace lo siguiente:

- Determinar si el programa puede escapar de continua repetición en este punto. Esta bala , y los próximos dos balazos frente a esta decisión de escape.

En primer lugar, determinar si el problema se ha resuelto ahora . Desde esta convocatoria escoger mejor paso probablemente vino desde el programa que se hace llamar , es posible que ahora tienen una solución satisfactoria. Ejemplos son :

( i ) En el contexto de un juego ( por ejemplo , el ajedrez ) , el último movimiento nos permite ganar (como el jaque mate ) .

( ii ) En el contexto de la solución de un teorema matemático , el último paso demuestra el teorema . ( iii ) En el contexto de un programa artístico ( por ejemplo, un poeta o compositor ordenador ), el última etapa coincide con los objetivos de la siguiente palabra o nota.

Si el problema se ha resuelto de manera satisfactoria , el programa vuelve con un valor de "Éxito" y la secuencia de pasos que causaron el éxito .

• Si el problema no se ha resuelto , determinar si una solución es ahora imposible. Ejemplos son :

( i ) En el contexto de un juego ( como el ajedrez ) , este movimiento hace que perdamos ( jaque mate para el otro lado ) .

( ii ) En el contexto de la solución de un teorema matemático , este paso viola el teorema .

( iii ) En el contexto de una creación artística , este paso viola las metas para la siguiente palabra o nota.

Si la solución en este momento se ha considerado inútil , el programa vuelve con un valor de " FALLA " .

• Si el problema no se ha resuelto ni se considera inútil en este punto de la expansión recursiva , determinar si la expansión se debe abandonar todos modos. Este es un aspecto clave del diseño y la toma en consideración la limitada cantidad de tiempo en la computadora tenemos que pasar . Ejemplos son :

( i ) En el contexto de un juego ( como el ajedrez ) , este movimiento pone a nuestro lado lo suficiente "adelante" o " atrás". Hacer esta determinación puede no ser sencillo y es el decisión de diseño primario. Sin embargo , los enfoques simples (como la suma de los valores pieza ) puede proporcionar buenos resultados. Si el programa determina que nuestro lado es suficiente anticipación , a continuación, elegir mejor paso vuelve de una manera similar a la determinación de que nuestro bando ha ganado ( es decir, con un valor de "éxito " ) . Si el programa determina que nuestro lado es lo suficientemente atrás, a continuación, elegir mejor paso vuelve de una manera similar a la determinación de que nuestro lado ha perdido ( es decir, con un valor de " NO " ) .

( ii ) En el contexto de la solución de un teorema matemático , este paso consiste en determinar si la secuencia de pasos en la prueba es poco probable para producir una prueba . Si es así, entonces este camino debe ser abandonada , y elegir mejor paso siguiente vuelve de una manera similar a la determinación de que esta medida viola el teorema ( es decir, con un valor de " NO " ) . No existe un equivalente "suave" de éxito. No podemos volver con un valor de "éxito " hasta que realmente hemos

resuelto el problema. Esa es la naturaleza de las matemáticas .

( iii ) En el contexto de un programa artístico como un poeta o compositor ordenador, este paso consiste en determinar si la secuencia de pasos (por ejemplo, las palabras en un poema, las notas de una canción ) es poco probable para satisfacer los objetivos para el siguiente paso . Si es así, entonces este camino debe ser abandonada , y elegir mejor paso siguiente vuelve de una manera similar a la determinación de que esta medida viola las metas para el siguiente paso ( es decir, con un valor de " NO " ) .

• Si Elija Best Next Step no ha regresado ( ya que el programa no ha determinado el éxito ni el fracaso ni determinado que este camino debe ser abandonado en este punto) , entonces no hemos escapado de la continua expansión recursiva. En este caso, que ahora generamos una lista de todos los posibles pasos a seguir en este punto. Aquí es donde la indicación precisa del problema viene :

( i ) En el contexto de un juego ( como el ajedrez ), se trata de la generación de todos los movimientos posibles para " nuestro " lado de la situación actual de la junta directiva. Se trata de una codificación de las reglas del juego .

( ii ) En el contexto de la búsqueda de una prueba de un teorema matemático , esto implica un listado de los posibles axiomas o teoremas previamente demostrado que se pueden aplicar en este punto en la solución .

( iii ) En el contexto de un programa de arte cibernético , se trata de una lista de la posible palabras / notas / segmentos de línea que se podrían utilizar en este punto .

### **Para cada posible paso siguiente :**

( i ) Crear la situación hipotética que existiría si se llevaron a cabo este paso. En un juego , esto significa que el estado hipotético de la junta . En una prueba matemática , esto significa la adición de este paso ( por ejemplo , axioma ) para la prueba . En un programa de arte , esto significa agregar esta palabra / nota / segmento de línea .

( ii ) Ahora llame Elige mejor paso para examinar esta situación hipotética. Esto es , por supuesto , donde la recursión viene en porque el programa está ahora llamando en sí .

( iii ) Si la llamada anterior para tomar mejores rendimientos Next Step con un valor de " éxito", y luego regresar a la llamada escoger mejor paso siguiente ( que ahora estamos en ), también con un valor de " éxito". Considerar lo contrario, el siguiente paso es posible.

Si no se han considerado todos los posibles pasos a seguir sin encontrar un paso que dio lugar a un retorno de la llamada escoger mejor paso siguiente con un valor de " éxito", a continuación, volver a esta convocatoria escoger mejor paso siguiente ( que ahora estamos en ) con un valor de " fracaso".

### **Fin de la SELECCIÓN mejor paso**

Si la llamada original escoger mejor jugada vuelve siguientes con un valor de " éxito", que también volverá el orden correcto de los pasos :

( i ) En el contexto de un juego, el primer paso en esta secuencia es el siguiente paso que debe tomar.

( ii ) En el contexto de una prueba matemática , toda la secuencia de pasos es la prueba.

( iii ) En el contexto de un programa de arte cibernético , la secuencia de pasos es la obra de arte.

Si la llamada original escoger mejor paso siguiente vuelve con un valor de " fracaso", entonces usted necesita para volver a la mesa de dibujo.

### **Las decisiones clave de diseño**

En el sencillo esquema anterior , el diseñador del algoritmo recursivo debe determinar lo siguiente al principio:

- La clave de un algoritmo recursivo es la determinación de recogida mejor paso de cuándo abandonar la expansión recursiva . Esto es fácil cuando el programa ha logrado un éxito claro (como el jaque mate en el ajedrez o la solución necesaria en un problema de matemáticas o combinatoria ) o claro fracaso. Es más difícil cuando aún no se ha logrado una clara victoria o la derrota. El abandono de una línea de investigación antes de que sea necesario un resultado bien definido, porque de lo contrario el programa puede ejecutar miles de millones de años (o al menos hasta que la garantía de su equipo se queda sin ) .
- El otro requisito fundamental para el algoritmo recursivo es un sencillo codificación del problema. En un juego como el ajedrez , eso es easy. But en otras situaciones, una definición clara del problema no siempre es tan fácil de conseguir.

178 . Ver Kurzweil cyberart , <http://www.KurzweilCyberArt.com> . para una descripción más detallada de Ray Poeta Cibernética de Kurzweil y para descargar una copia gratuita del programa . Véase la patente de EE.UU. N ° 6647395 , " Personalidades poeta, " inventores : Ray Kurzweil y John Keklak . Resumen: " Un método para generar una personalidad poeta incluyendo poemas de lectura , cada uno de los poemas que contienen texto , los modelos de análisis de generación , cada uno de los modelos de análisis que representan uno de los poemas y el almacenamiento de los modelos de análisis de una estructura de datos de la personalidad La estructura de datos personalidad. incluye además pesos , cada uno de los pesos asociados con cada uno de los modelos de análisis . Los pesos son valores enteros " .

179 . Ben Goertzel : La estructura de la Inteligencia (New York: Springer- Verlag, 1993), The Evolving Mind (Gordon y Breach, 1993 ), Lógica Chaotic ( Plenum,1994), de la complejidad de la Creatividad ( Plenum , 1997 ) . Para un enlace a los libros y ensayos de Ben Goertzel, ver <http://www.goertzel.org/work.html> .

180 . KurzweilAI.net ( <http://www.KurzweilAI.net> ) ofrece cientos de artículos por cien "grandes pensadores" y otras características de la "inteligencia acelerando. " El

sitio ofrece un boletín de noticias diario o semanal gratuito sobre los últimos acontecimientos en los ámbitos cubiertos por el presente libro. Para suscribirse , ingrese su dirección de correo electrónico (que se mantiene en estricta confidencialidad y no se comparte con nadie) en la página principal .

181 . John Gosney , Business Communications Company, "Inteligencia Artificial: Creciente Aplicaciones en la Industria " , junio de 2003 , <http://www.bccresearch.com/comm/G275.html> .

182 . Kathleen Melymuka , "Good Morning , Dave ... " , Computerworld , 11. Noviembre de 2002, <http://www.computerworld.com/industrytopics/defense/story/0,10801,75728,00 HTML> .

183 . JTRS Boletín Awareness Technology , agosto de 2004 , [http://jtrs.army.mil/sections/technicalinformation/fset\\_technical.html](http://jtrs.army.mil/sections/technicalinformation/fset_technical.html) tech\_aware\_2004-8 .

184 . Otis Port , Michael Arndt y John Carey , " Smart Tools " , primavera de 2003 , <http://www.businessweek.com/bw50/content/mar2003/a3826072.htm> .

185 . Wade Roush, " Immobots Tome Control: De Fotocopiadoras de las sondas espaciales , vehículos inyectados con robótica conciencia de uno mismo son solucionadores de problemas confiables , " Technology Review (diciembre 2002 - enero de 2003) , <http://www.occm.de/roush1202.pdf> .

186 . Jason Lohn citado en comunicado de prensa de la NASA Software " NASA " evolutivo " Diseños automáticamente Antena " , [http://www.nasa.gov/lb/centers/ames/news/releases/2004/04\\_55AR.html](http://www.nasa.gov/lb/centers/ames/news/releases/2004/04_55AR.html) .

187 . Robert Roy Britt, "Automatic Astronomía : Nuevos telescopios robóticos ver y pensar " , 4 de junio de 2003, [http://www.space.com/business/technology/technology/automated\\_astronomy\\_030604.html](http://www.space.com/business/technology/technology/automated_astronomy_030604.html) .

188 . H. Keith Melton, "Espías en la Era Digital " , <http://www.cnn.com/SPECIALS/cold.war/experience/spies/melton.essay> .

189 . "United Therapeutics ( UT ) es una compañía biotecnológica centrada en el desarrollo de terapias para enfermedades crónicas que amenazan la vida en tres áreas terapéuticas : cardiovascular , oncología y enfermedades infecciosas "

( <http://www.unither.com> ) . Kurzweil Technologies está trabajando con la UT para desarrollar análisis de reconocimiento de patrones basado ya sea de control " Holter " ( grabaciones de veinticuatro horas ) o un control "Event" (treinta y días o más ) .

190 . Kristen Philipkoski, "Un mapa que asigna las funciones de genes", Wired News, 28 de mayo de 2002, <http://www.wired.com/news/medtech/0,1286,52723,00.HTML> .

191 . Jennifer Ouellette , " Bioinformática mueve en la corriente principal , " El Físico Industrial (Octubre- noviembre de 2003) , <http://www.sciencemasters.com/bioinformatics.pdf> .

192 . Puerto , Arndt y Carey , " Smart Tools " .

193 . " Los patrones de proteínas en la sangre podrían predecir el cáncer de próstata Diagnóstico " , Instituto Nacional del Cáncer , 15 de octubre de 2002, <http://www.nci.nih.gov/newscenter/ProstateProteomics> , informando sobre Emanuel Petricoin F. et al. , " Serum Proteómica los patrones para la detección de cáncer de próstata , " Diario del Instituto Nacional del Cáncer 94 ( 2002 ) : 1576-1578 .

194 . Charlene Laino , "New Blood Spots Prueba cáncer " , 13 de diciembre de 2002, <http://my.webmd.com/content/Article/56/65831.htm> ; . Emanuel F. Petricoin III et al, " Uso de los patrones proteómicos en suero para identificar el cáncer de ovario " , Lancet 359.9306 (16 de febrero , 2002): 572-77 .

195 . Para obtener información de FocalPoint de TriPath , consulte " hacer un diagnóstico, " Wired , octubre de 2003 , <http://www.wired.com/wired/archive/10.03/everywhere.html?pg=5> . " Órdenes de los médicos " , dijo Mark Hagland , enero de 2003, [http://www.healthcare-informatics.com/issues/2003/01\\_03/cpoe.htm](http://www.healthcare-informatics.com/issues/2003/01_03/cpoe.htm) .

196 . Ross D. King et al. , " Genómica Funcional generación de hipótesis y experimentación de un robot Scientist, "Nature 427 (Enero 15,2004 ) : 247-52 .

197 . Puerto , Arndt y Carey , " Smart Tools " .

198 . "Ruta de las futuras versiones de IA basada en Detección de Fraude del producto " , 18 de agosto de 2004, <http://www.finextra.com/fullstory.asp?id=12365> .

199 . John Hackett, "Las computadoras están aprendiendo el negocio , " CollectionsWorld , 24 de abril de 2001, [http://www.creditcollectionsworld.com/news/042401\\_2.htm](http://www.creditcollectionsworld.com/news/042401_2.htm) .

200 . " Uso innovador de la Inteligencia Artificial , Seguimiento NASDAQ para el Potencial de información privilegiada y Fraude " , AAAI comunicado de prensa , 30 de julio de 2003, [http://www.aaai.org/Pressroom/Releases/release-03\\_0730.html](http://www.aaai.org/Pressroom/Releases/release-03_0730.html) .

201 . "El aprendizaje adaptativo , Fly the Skies Brainy , " Wired News, marzo de 2002, <http://www.wired.com/wired/archive/10.03/everywhere.html> ? Pg = 2 .

202 . " Introducción a la Inteligencia Artificial, " EL 629, Maxwell Air Force Base , Aire supuesto Biblioteca de la Universidad , <http://www.au.af.mil/au/aul/school/acsc/ai02.htm> . Sam Williams, "Computer , cúrate a ti mismo " , Salon.com , julio 12,2004 , [http://www.salon.com/tech/feature/2004/07/12/selfhealing\\_computing/index\\_np.html](http://www.salon.com/tech/feature/2004/07/12/selfhealing_computing/index_np.html)

203 . Ver <http://www.Seegrid.com> . Divulgación: El autor es un inversionista en SEEGRID y miembro de su consejo de administración .

204 . No Hands Across America del sitio Web , <http://cart.frc.ri.cmu.edu/users/hpm/project.archive/reference.file/nhaa.html> y " Carnegie Mellon investigadores probará tecnologías conducción autónoma durante un 3000 Mile, manos fuera de la rueda de viaje desde Pittsburgh a San Diego, "

Carnegie Mellon de prensa , <http://www>

2.cs.cmu.edu/afs/cs/user/tjochem/www/nhaa/official\_press\_release.html ; Robert J. Derocher , " Almost Human ", septiembre de 2001, <http://www.insight-mag.com/insight / 01/09/col-2-pt-1 ClickCulture.htm> .

205 . " Búsqueda y Rescate Robots ", Associated Press , 3 de septiembre de 2004, <http://www.smh.com.au/articles/2004/09/02/1093939058792.html?oneclick=true> .

206 . " Desde Factoids a los hechos, " Economist 26 de agosto de 2004 [http://www.economist.com/science/displayStory.cfm?story\\_id = 3127462](http://www.economist.com/science/displayStory.cfm?story_id = 3127462) .

207 . Joe McCool, " Reconocimiento de voz , Vale la pena hablar ", mayo de 2003, <http://www.bcs.org/BCS/Products/Publications/JournalsAndMagazines/ComputerBulletin/OnlineArchive/may03/voicerecognition.htm> .

208 . John Gartner , " Por último, un coche que Talks Back ", Wired News, 2 de septiembre de 2004, [http://www.wired.com/news/autotech/0 , 2554,64809,00 . HTML ? Tw = wn\\_14techhead](http://www.wired.com/news/autotech/0 , 2554,64809,00 . HTML ? Tw = wn_14techhead) .

209 . "Equipo de traducción de idiomas Romances del sistema Rosetta Stone , " Ciencias de la Información Instituto USC Facultad de Ingeniería (24 de julio , 2003) , <http://www.usc.edu/isinews/stories/102.html> .

210 . Torsten Reil citado en Steven Johnson, " Darwin en una caja ", Discover 24.8 ( agosto de 2003) , <http://www.discover.com/issues/aug-03/departments/feattech/> .

211 . "Vamos Software Catch the Game for You ", 3 de julio de 2004, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99996097> .

212 . Michelle Delio , " Cría coches de carreras para ganar", Wired News , 18 de junio de 2004, <http://www.wired.com/news/autotech/0 , 2554,63900,00 . HTML> .

213 . Marvin Minsky , The Society of Mind (New York: Simon & Schuster, 1988 ) .

214 . Hans Moravec , " ¿Cuándo Hardware coincidir el cerebro humano ? " Diario de la evolución y Tecnología 1 ( 1998 ) .

215 . Ray Kurzweil , La era de las máquinas espirituales (New York : Viking, 1999 ) , p . 156 .

216 . Véase el capítulo 2 , las notas 22 y 23 , en la Hoja de Ruta Internacional de Tecnología de Semiconductores .

217 . " La primera prueba de Turing ", <http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html> .

218 . Douglas R. Hofstadter , "Una conversación Coffeehouse en la Prueba de Turing ", mayo de 1981, incluido en Ray Kurzweil , La era de las máquinas inteligentes (Cambridge , Mass.: MIT Press, 1990 ) , pp 80-102 , <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0318.html> .

219 . Ray Kurzweil , " ¿Por qué creo que ganaré ", y Mitch Kapor , " ¿Por qué creo que voy a ganar" reglas: <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?>

main=/articles/art0373 . Loading Kapor :  
<http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0412.html> ;  
Kurzweil : <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0374.html> ; Kurzweil " palabra final" :  
<http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0413.html> .

220 . Edward A. Feigenbaum , " Algunos desafíos y Grand Challenges para la Inteligencia Computacional "

Revista de la Association for Computing Machinery 50 (enero de 2003 ) : 32-40 .

221 . De acuerdo con la teoría de la endosimbiosis serie de la evolución eucariota , los antepasados de las mitocondrias ( las estructuras en las células que producen energía y tienen su propio código genético que comprende trece genes en los seres humanos ) eran originalmente bacterias independientes ( es decir, no parte de otra celda ) similares a las bacterias Daptobacter de hoy en día . "Teoría de la endosimbiosis serial , " [http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Serial % 20endosymbiosis % 20theory](http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Serial%20endosymbiosis%20theory) .

## **Capítulo seis :**

### **el impacto . . .**

1 . Donovan, " Season of the Witch , " Sunshine Superman ( 1966 ) .

2 . Las razones de la reducción de la fuerza de trabajo agrícola incluyen la mecanización que disminuye la necesidad de los animales y el trabajo humano , las oportunidades económicas que se han creado en las zonas urbanas durante la Segunda Guerra Mundial, y el desarrollo de técnicas de cultivo intensivo que requieren menos tierra para un rendimiento comparable . Departamento de Agricultura de EE.UU. , Servicio de Estadística Agrícola Nacional , Tendencias en EE.UU. Agricultura, <http://www.usda.gov/nass/pubs/trends/farmpopulation.htm> . Producción asistida por ordenador , la producción just-in -time ( que se traduce en el inventario inferior) , y la fabricación de la deslocalización para reducir costos son algunos de los métodos que han contribuido a la pérdida de empleos en las fábricas . Véase el Departamento de Trabajo de EE.UU. , Futurework : tendencias y desafíos del trabajo en el siglo 21 , <http://www.dol.gov/asp/programs/history/herman/reports/futurework/report.htm> .

3 . Por ejemplo, véase Natasha Vita -More, " The New [ Humano ] Género Primo [Primera ] posthumano " , ponencia presentada en la Ciber @ RT Conferencia , Bilbao, España , abril de 2004 , [http://www.natasha.cc/paper . htm](http://www.natasha.cc/paper.htm) .

4 . Rashid Bashir resume en el año 2004 :

También se ha avanzado mucho en la terapéutica micro y nanotecnología .... Algunos ejemplos específicos incluyen: ( i ) los dispositivos implantables basadas en el silicio que pueden ser accionados eléctricamente para abrir un orificio del que precargados medicamentos pueden ser liberados , ( ii) los dispositivos de silicio funcionalizado con polímeros de accionamiento eléctrico que puede actuar como una válvula o

músculo para liberar fármacos precargados , ( iii ) a base de silicio micro- cápsulas con membranas de nano - porosos para la liberación de la insulina , ( iv ) todas las partículas de polímero ( o de hidrogel ), que puede ser precargado con las drogas y luego obligado a ampliar la exposición a condiciones ambientales específicas , como el cambio en el pH y liberar el fármaco cargado , ( v ) de metal nano- partículas recubiertas con proteínas de reconocimiento , donde las partículas se puede calentar con energía óptica externa y puede calentar localmente y dañan las células y los tejidos , etc no deseados R. Bashir " , BioMEMS : State - of-the -Art en la detección , Oportunidades y Perspectivas " , Advanced Drug Delivery Reviews 56.11 ( 22 de septiembre , 2004): 1565-1586 . Reimpresión disponible en [https://engineering.purdue.edu/LIBNA/pdf/publications/BioMEMS % 20Review % 20ADDR 20final % . pdf](https://engineering.purdue.edu/LIBNA/pdf/publications/BioMEMS%20Review%20ADDR20final.pdf) . Véase también Richard Grayson et al , " Una revisión BioMEMS : . Tecnología MEMS para Fisiológicamente Dispositivos integrados " IEEE Proceedings 92 ( 2004 ) : 6-21 .

5 . Para las actividades de la Sociedad Internacional de BioMEMS y Nanotecnología biomédica , ver <http://www.bme.ohio-state.edu/isb> . Conferencias BioMEMS también se enumeran en el sitio Web SPIE , <http://www.spie.org/Conferences> .

6 . Los investigadores utilizaron una nanopartícula de oro para supervisar el azúcar en la sangre en los diabéticos. . Y. Xiao et al , " ' Conectarse a Enzimas ' : Nanowiring de enzimas redox por una nanopartícula de oro , " Ciencia 299.5614 ( marzo 21 , 2003 ) : 1877-1881 . Véase también T. A. Desai et al. , "Abstract nanoporosa Microsystems para Células Islote Reemplazo , "Advanced Drug Delivery Reviews 56.11 ( 22 de septiembre , 2004): 1661-1673 .

7 . A. Grayson , et al . , " Multi - pulso de administración de fármacos a partir de un polímero reabsorbible Microchip Dispositivo , "Nature Materials 2 ( 2003 ) : 767-72 .

8 . Q. Bai y KD Wise , " grabación de una sola unidad Neural con matrices de microelectrodos activa" , IEEE Transactions on Biomedical Engineering 48,8 ( agosto de 2001) : 911-20 . Ver la discusión del trabajo de Wise en J. DeGaspari , " Tiny, Tuned , y no unido , " Mechanical Engineering ( julio de 2001) , <http://www.memagazine.org/backissues/july01/features/tinytune/tinytune.html> ; KD Wise , " La revolución que se avecina en MicroSystems inalámbrica integrada , " Recopilación de la Conferencia Internacional del sensor 2001 (invitado plenaria), Seúl, octubre de 2001. Versión en línea (13 de enero, 2004):

<http://www.stanford.edu/class/ee392s/Stanford392S-kw.pdf> .

9 . "Caza " microbots 'Down Enfermedad " , BBC News , 13 de junio de 2001, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/1386440.stm> . El micromáquinas se basan en imanes cilíndricos , véase K. Ishiyama , M. Sendoh y KI Arai , " Minicoches magnético para aplicaciones médicas , " Diario de Magnetismo y Materiales Magnéticos 242-45 , parte 1 ( abril de 2002) : 41-46 .

10 . Véase el comunicado de prensa de Sandia National Laboratories , " Microestructura Pac -Man -Like Interactúa con los glóbulos rojos " , 15,2001 de

agosto <http://www.sandia.gov/medialNewsRel/NR2001/gobbler.htm> . Para un artículo comercial de la industria en respuesta , ver D.Wilson , " microdentado Have a Big Bite " , 17,2001 de agosto [http://www.e4engineering.com/item.asp?ch=e4\\_home&type=Features&id=42543](http://www.e4engineering.com/item.asp?ch=e4_home&type=Features&id=42543) .

11 . Vea los libros de Nanomedicina Freitas , vol . 1 , Capacidades Básicas ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , y Nanomedicina , vol. 2A, biocompatibilidad ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 2003 ) , ambos disponibles gratuitamente en línea en <http://www.nanomedicine.com> . También en la página " Nanomedicina " la previsión del Instituto Robert Freitas , que enumera sus obras técnicas actuales ( [http://www.foresight.org/Nanomedicine/index.html # MedNanoBots](http://www.foresight.org/Nanomedicine/index.html#MedNanoBots) ) .

12 . Robert A. Freitas Jr. , " Diseño exploratorio en nanotecnología médica: A Artificial Mecánica Red Cell " , las células artificiales, sustitutos de la sangre , y la biotecnología Inmovilización 26 ( 1998 ) : 411 -

30 , <http://www.foresight.org/Nanomedicine/Respirocytes.html> . .

13 . Robert A. Freitas Jr., " Clottocytes : Plaquetas mecánicas artificiales , " Foresight Actualizar no. 41 , junio 30 , 2000 , pp 9-11 , <http://www.imm.org/Reports/Rep018.html> .

14 . Robert A. Freitas Jr., " Microbivores : Los fagocitos mecánicos artificiales , " Foresight Actualizar no. 44 , 31 de marzo , 2001, pp 11-13, <http://www.imm.org/Reports/Rep025.html> o <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main==/articles/art0453.html> .

15 . Robert A. Freitas Jr. , " The Appliance Personal Vasculoid , " Actualización Foresight no. 48 , 31 de marzo , 2002 , pp 10-12, <http://www.imm.org/Reports/Rep031.html> , papel completo: Robert A. Freitas Jr. y Christopher J. Phoenix, " Vasculoid : A Appliance nanomédicos Personal para reemplazar la sangre humana , " Diario de la Evolución y Tecnología 11 (abril de 2002 ) , <http://www.jetpress.org/volume11/vasculoid.html> .

16 . Carlo Montemagno y George Bachand , "Construyendo nanomecánicos dispositivos impulsados por motores biomoleculares , " Nanotecnología 10 (septiembre de 1999 ) : 225-31 ; "Célula Biofuel funciona con energía metabólica a los implantes médicos de energía , " Naturaleza en línea 12 de noviembre del 2002, <http://www.nature.com/news/2002/021111/full/021111-1.html> , informando sobre N. Mano, F. Mao y A. Heller, " una miniatura de funcionamiento celda de biocombustible en un tampón fisiológico , " Revista de la Sociedad Americana de Química 124 (2002) : 12962-63 ; Carlo Montemagno et al, " Microdevices autoensambladas Conducido por Muscle , " Nature Materials 4.2 (febrero de 2005 ) : 180-84 , publicado electrónicamente (16 enero de 2005. ) .

17 . Consulte el sitio Laboratorio Nacional Lawrence Livermore Web ( <http://www.llnl.gov> ) para obtener información actualizada acerca de esta iniciativa ,

junto con el sitio Web Medtronic MiniMed ,  
<http://www.minimed.com/corpinfo/index.shtml> .

18 . "Comunicación cerebro a cerebro directo ... parece [ s ] más como el tema de películas de Hollywood de los informes de gobierno , pero estos son algunos de los avances previstos en un informe reciente de la Fundación Nacional de Ciencias de EE.UU. y el Departamento de Comercio. " G. Brumfiel , " futuristas Predecir Intercambios Cuerpo de Planet Lúpulo , " Nature 418 (25 de julio , 2002): 359 .

La estimulación cerebral profunda , por el cual la corriente eléctrica desde electrodos implantados influye en la función cerebral , es un implante neural aprobado por la FDA para la enfermedad de Parkinson y se está probando para otros trastornos neurológicos . Ver AI Abbott, " Implantes cerebrales son prometedores contra el desorden obsesivo , " Nature 419 (17 de octubre , 2002): 658 y B. Nuttin et al, " La estimulación eléctrica en . Miembros anteriores de las cápsulas internas en pacientes con trastorno obsesivo-compulsivo , " Lancet 354.9189 (October 30, 1999) : 1526.

19 . Consulte el sitio Retinal Implant Project Web

( <http://www.bostonretinalimplant.org> ) , que contiene una amplia gama de recursos que incluyen trabajos recientes . Uno de ellos es el papel : RJJensen et al, " Los umbrales de activación de las células ganglionares de la retina de conejo con una ultrafino , Microelectrodo extracelular , " Ophthalmology Investigación y Ciencia Visual 44,8 ( agosto de 2003 ) : . 3533-43 .

20 . La FDA aprobó el implante Medtronic para este propósito en 1997 para un solo lado del cerebro , sino que fue aprobado por ambos lados del cerebro el 14 de enero de 2002. S. Snider, " La FDA aprueba el uso ampliado de implante cerebral para la enfermedad de Parkinson , " EE.UU. Food and Drug Administration, FDA Talk Paper , 14 de enero de 2002, <http://www.fda.gov/bbs/topics/ANSWERS/2002/ANS01130.html> . Las versiones más recientes proporcionan para actualizaciones de software desde el exterior del paciente .

21 . Medtronic también hace un implante para la parálisis cerebral. Véase S. Hart, " Brain Implant sofoca Temblores ", ABC News , 23 de diciembre de 1997, <http://nasw.org/users/hart/subhtml/abcnews.html> . Véase también el sitio web de Medtronic, <http://www.medtronic.com> .

22 . Gunther Zeck y Peter Fromherz , " no invasiva Neuroelectronic Interfaz con Caracol neuronas conectadas sinápticamente inmovilizados en un chip semiconductor , " Actas de la Academia Nacional de Ciencias de 98.18 (28 de agosto , 2001) : 10457-62 .

23 . Ver R. Colin Johnson, "Los científicos activar las neuronas con los puntos cuánticos , " EE Times, 4 de diciembre de 2001 , <http://www.eetimes.com/story/OEG20011204S0068> . Los puntos cuánticos también pueden ser utilizados para obtener imágenes , véase M. Dahan et al, " Difusión Dinámica de los receptores de glicina revelados mediante el seguimiento de punto

- único Quantum , " Ciencia 302.5644 (17 de octubre , 2003) : . 442-45 ; JK Jaiswal y SM Simon , " Potencialidades y desventajas de puntos cuánticos fluorescentes para imágenes biológicas , " Trends in Cell Biology 14,9 (septiembre de 2004) : 497-504 .
- 24 . S. Shoham et al, " Actividad Motor - cortical en tetraplejía y gravedad , " Nature 413.6858 (25 de octubre , 2001) . : 793 . Para la Universidad del comunicado de prensa de Utah, ver " un primer paso hacia la ayuda a los paralíticos Camine, " 24 de octubre 2001 , <http://www.utah.edu/news/releases/01/oct/spinal.html> .
- 25 . Las declaraciones de Stephen Hawking , que fueron mal traducidas por Focus , fueron citados en Nick Paton Walsh, " alterar nuestro ADN o Robots se hará cargo , advierte Hawking , " Observer, 02 de septiembre , 2001 , [http://observer.guardian.co.uk/uk\\_news/story/0,6903,545653,00](http://observer.guardian.co.uk/uk_news/story/0,6903,545653,00) . HTML . El error de traducción informado ampliamente a entender que Hawking estaba advirtiendo contra el desarrollo de la inteligencia artificial más inteligente de lo humano. De hecho, él defendía que nos apresuramos a cerrar los vínculos entre la inteligencia biológica y no biológica . Hawking siempre las citas exactas de KurzweilAI.net ( "Hawking mal citado en equipos Taking Over " , 13,2001 septiembre [http://www.KurzweilAI.net/news/frame.html?main=news\\_single.html?id % 3D495](http://www.KurzweilAI.net/news/frame.html?main=news_single.html?id%3D495)).
- 26 . Ver nota 34 en el capítulo 1 .
- 27 . Un ejemplo , Nomad para aplicaciones militares , ha sido producido por Microvision , una empresa con sede en Seattle , Washington. Ver <http://www.microvision.com/nomadmilitary/index.html> .
- 28 . Olga Kharif , " Tu solapa está sonando " , Business Week , 21 de junio de 2004.
- 29 . Laila Weir, " Audiencia de High -Tech Omite Ears " , Wired News , 16 de septiembre de 2004, <http://www.wired.com/news/technology/0,1282,64963,00> . HTML ? Tw = wn\_tophead\_4 .
- 30 . Tecnología Hypersonic Sound, [http://www.atcsd.com/tl\\_hss.html](http://www.atcsd.com/tl_hss.html) ; Spotlight Audio, <http://www.holosonics.com/technology.html> .
- 31 . Phillip F. Schewe y Ben Stein , el Instituto Americano de Física Boletín de Noticias 236 Física (7 de agosto , 1995) , <http://www.aip.org/eneews/physnews/1995/physnews.236.htm> . Véase también R. Weis y P. Fromherz , " Dependiente de la Frecuencia de señal de transferencia en la revista Neuron -Transistores , " Physical Review E 55 ( 1997 ) : 877-89 .
- 32 . Véase la nota 18 supra . Véase también JO Winter et al. , " Molécula de reconocimiento Dirigida Interconexión Entre los puntos cuánticos semiconductores y células nerviosas " , Advanced Materials 13 (noviembre 2001 ) : 1673-1677 ; I. Willner y B. Willner , " Biomateriales integrados con los elementos electrónicos: en ruta hacia Bioelectronics , " Trends in Biotechnology 19 ( junio de 2001) : 222-30 ; Deborah A. Fitzgerald , " Bridging the Gap con Bioelectronics , " Científico 16.6 (18 de marzo , 2002): 38 .

33 . Robert Freitas ofrece un análisis de este escenario: Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 7.4.5.4 , "Cell Mensaje Modificación " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 194-96 , [http://www.nanomedicine.com/NMI/7.4.5.4.htm # p5](http://www.nanomedicine.com/NMI/7.4.5.4.htm#p5) , y la sección 7.4.5.6 , " Outmessaging a las neuronas " , pp 196-97 , [http://www.nanomedicine.com/NMI/7.4.5.6.htm # p2](http://www.nanomedicine.com/NMI/7.4.5.6.htm#p2) .

34 . Para obtener una descripción del proyecto, Ramona , incluyendo videos de la presentación de realidad virtual en la conferencia TED y un detrás de las escenas de " Making of Ramona " de vídeo , consulte el apartado " Todo sobre Ramona , " [http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html ? m = 9](http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?m=9) .

35 . . I. Fried et al, " corriente eléctrica estimula la risa , " Nature 391.6668 (12 de febrero , 1998) : 650. Ver Ray Kurzweil , La era de las máquinas espirituales (New York : Viking, 1999 ) .

36 . Robert A. Freitas Jr. , Nanomedicina , vol . 1 , las capacidades básicas , sección 7.3 , " Redes de Comunicación " ( Georgetown , Tex : Landes Bioscience, 1999 ) , pp 186-88 , <http://www.nanomedicine.com/NMI/7.3.htm> .

37 . Allen Kurzweil , La Gran Complicación : A Novel (New York: Hyperion , 2002 ) , Allen Kurzweil ,

Un caso de Curiosidades ( New York: Harvest Books, 2001 ) . Allen Kurzweil es mi primo .

38 . Como se cita en Aubrey de Grey, "Ingeniería Senescencia Insignificante : Diseño Racional de Factible , Biotecnología Rejuvenecimiento Integral , " Kronos Instituto Seminar Series , 8 de febrero de 2002. Presentación disponible en <http://www.gen.cam.ac.uk/sens/sensov.ppt> PowerPoint.

39 . Robert A. Freitas Jr. , "La muerte es una barbaridad ! " presentación en la quinta Conferencia de Alcor en Vida Extrema Extensión, Newport Beach, California, 16 de noviembre de 2002, <http://www.rfreitas.com/Nano/DeathIsAnOutrage.htm> , publicado en KurzweilAI.net 9 de enero

2003 : <http://www.KurzweilAI.net/articles/art0536.html> .

40 . Cro - Magnon " , de 30 años o menos , a menudo mucho menos ... ":

[http://anthro.palomar.edu/homo2/sapiens\\_culture.htm](http://anthro.palomar.edu/homo2/sapiens_culture.htm) .

Egipto : Jac J. Janssen citado en Brett Palmer, " Jugar el juego de los números " , en Revista escéptico , publicado en Internet el 5 de mayo de 2004 en <http://www.theskepticalreview.com/palmer/numbers.html> .

Europa 1400: Gregory Clark, La conquista de la Naturaleza : Una Historia Breve Económica en el Mundo (Princeton University Press , en prensa , 2005 ) , capítulo 5 , " La mortalidad en la época de Malthus , " [http://www.econ.ucdavis.edu/facultad/gclark/GlobalHistory/Global % 20History -5.pdf](http://www.econ.ucdavis.edu/facultad/gclark/GlobalHistory/Global%20History-5.pdf) .

1800: James Riley, aumento de la esperanza de vida: A Global History (Cambridge ,

Reino Unido : Cambridge University Press , 2001 ) , pp 32-33 .

1900 : <http://www.cdc.gov/nchs/data/abus/tables/2003/03hus027.pdf> .

41 . El museo se encuentra originalmente en Boston y ahora está en Mountain View , California ( <http://www.computerhistory.org> ) .

42 . Lyman Kahle y el almacenamiento a largo plazo : " Mientras que la buena de papel dura 500 años , cintas de computadora últimos 10 .

Si bien hay organizaciones que trabajan para hacer copias , vamos a mantener nuestra información segura , no tenemos un mecanismo eficaz para hacer 500 copias año de materiales digitales .... "Peter Lyman y Brewster Kahle , " Archivado artefactos culturales digitales: La organización de un Agenda para la Acción " . D -Lib Magazine, julio y agosto de 1998 Stewart Brand escribe: " Detrás de cada nuevo equipo de trabajo en caliente es un rastro de cuerpos de ordenadores apagados , medios de almacenamiento , aplicaciones extinta extinta , archivos extintos . Escritor de ciencia ficción Bruce Sterling se refiere a nuestro tiempo como " la edad de oro de los medios muertos , la mayoría de con la vida laboral de un paquete de Destellos " , Stewart Brand , " Escrito sobre el viento " , Revista Civilización , noviembre de 1998 ( " 01998 " en Long Now terminología) , disponible en línea en <http://www.longnow.org/10klibrary/library.htm> .

43 . Proyecto de Procesamiento de Información Tecnología de la Oficina de DARPA en esta línea se llama LifeLog , <http://www.darpa.mil/ipto/Programs/lifelog> , véase también Noé Shachtman : "Una máquina espía de los sueños de DARPA , " Wired News, 20 de mayo 2003 , <http://www.wired.com/news/business/0,1367,58909,00>

Loading . proyecto de Gordon Bell ( de Microsoft ) es MyLifeBits , <http://research.microsoft.com/research/barc/MediaPresence/MyLifeBits.aspx> , por la Fundación Long Now , ver <http://longnow.org> .

44 . Bergeron es profesor asistente de anestesiología de la Escuela de Medicina de Harvard y autor de libros como Bioinformática Computación , Industria Biotecnología : una visión global , económica y financiamiento , y la red inalámbrica y la Salud .

45 . The Long Now Foundation está desarrollando una solución posible : el disco de Rosetta , que contendrá extensos archivos de texto en los idiomas que se pueden perder en el futuro lejano . Planean usar una tecnología de almacenamiento único, basado en un disco de níquel de dos pulgadas que puede almacenar hasta 350.000 páginas al disco , estimando una vida útil de 2.000 a 10.000 años. Consulte la Fundación Long Now , Ideas Biblioteca , <http://longnow.org/10klibrary/10kLibConference.htm> .

46 . John A. Parmentola , " cambio de paradigma de Capacidades para la Transformación del Ejército " , invitó documento presentado en el Simposio Europeo sobre SPIE óptica / fotónica en Seguridad y Defensa , octubre 25-28 , 2004 , disponible en formato electrónico en el puente de 34.3 ( otoño de 2004 ) , <http://www.nae.edu/NAE/bridgecom.nsf/weblinks/MKEZ-65RLTA?OpenDocument> .

- 47 . Fred Bayles , "Proyecto de Alta Tecnología tiene como objetivo hacer super-soldados ", EE.UU. Hoy , 23 de mayo de 2003, [http://www.usatoday.com/news/nation/2003-05-22-nanotech-usat\\_x.htm](http://www.usatoday.com/news/nation/2003-05-22-nanotech-usat_x.htm) ; ver el Instituto para el sitio web Nanotecnologías Soldado, <http://web.mit.edu/isn> ; Sarah Putnam, "Los investigadores Tout Oportunidades en nanotecnología , " MIT News Oficina , 9 de octubre de 2002, <http://web.mit.edu/newsoffice/2002/cdc-nanotech-1009.html> .
- 48 . Ron Schafer , " Robótica que juegan un papel importante en la conducción de la guerra futura ", <http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2003/pa072903.htm> , el Dr. Russell Richards, "Los sistemas no tripulados : Un gran jugador de Fuerzas futuro? " Efectos no tripulados taller en el Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins , Baltimore , 29 de julio - agosto 1,2003 .
- 49 . John Rhea , " NASA robot en forma de serpiente de Planificación para penetrar áreas inaccesibles , " Militar y Aeroespacial Electrónica , noviembre de 2000 , [http://mae.pennnet.com/Articles/Article\\_Display.cfm?Section=Archives&Subsection=Display&ARTICLE\\_ID=86890](http://mae.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Archives&Subsection=Display&ARTICLE_ID=86890) .
- 50 . Lakshmi Sandhana , " Los Ejércitos Drone Are Coming ", Wired News , 30 de agosto de 2002, <http://www.wired.com/news/technology/0,1282,54728,00.HTML> . Ver también Mario Gerla , Kaixin Xu, y Allen Moshfegh , " Minuteman : proyección de agentes no tripulados El uso de Internet Airborne ", Conferencia Aeroespacial IEEE 2002 , Big Sky , Montana , marzo de 2002 : . [Http://www.cs.ucla.edu/NRL/wireless/uploads/mgerla\\_aerospace02.pdf](http://www.cs.ucla.edu/NRL/wireless/uploads/mgerla_aerospace02.pdf) .
- 51 . James Kennedy y Russell C. Eberhart , con Yuhui Shi, Enjambre de Inteligencia ( San Francisco : Morgan Kaufmann, 2001 ) , <http://www.swarmintelligence.org/SIBook/SI.php> .
- 52 . Will Knight, " Robots militares de conseguir Swarm Intelligence ", 25 de abril de 2003, <http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99993661> .
- 53 . Ibid .
- 54 . SR Blanco et Nature 409 (15 de febrero , 2001) al, " Curación Autónoma de compuestos de polímeros , " : 794-97 , <http://www.autonomic.uiuc.edu/files/NaturePaper.pdf> ; Kristin Leutwyler , "Self -Healing Plásticos , " ScientificAmerican.com , 15 de febrero de 2001, <http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=000B307F-C71A-1C5AB882809EC588ED9F> .
- 55 . Sue Baker, "Predator de Misiles Prueba lanzamiento un éxito total , " Asuntos Estratégicos , 1 de abril de 2001, <http://www.stratmag.com/issueApr-1/page02.htm> .
- 56 . Consulte la lista de cursos OpenCourseWare en <http://ocw.mit.edu/index.html> .

- 57 . Brigitte Bouissou citado en la página citas adicionales de MIT OpenCourseWare en <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Global/AboutOCW/additionalquotes.htm> y Eric Bender, " Teach A nivel local, Educar A nivel mundial, " MIT Technology Review , junio de 2004 , [http : // www.techreview.com/articles/04/06/bender0604.asp?p=1](http://www.techreview.com/articles/04/06/bender0604.asp?p=1) .
- 58 . Kurzweil Educational Systems ( <http://www.Kurzweiledu.com> ) proporciona el sistema de lectura Kurzweil3000 para las personas con dislexia. Puede leer cualquier libro para el usuario además de destacar lo que se lee en una imagen de alta resolución de la página. Se incorpora una serie de características para mejorar las habilidades de lectura de los usuarios .
- 59 . Citado por Natasha Vita- More, " Arterati en ideas ", [http://64.233.167.104/search?q=cache:QAnJsLcXHXUJ:www.extropy.com/ideas/journal/previous/1998/02-01.html](http://64.233.167.104/search?q=cache:QAnJsLcXHXUJ:www.extropy.com/ideas/journal/previous/1998/02-01.html+Arterati++en+Ideas&hl=es+http://www.extropy.com/ideas/journal/previous/1998/02-01.html) Arterati + + en + Ideas & hl = es y <http://www.extropy.com/ideas/journal/previous/1998/02-01.html> .
- 60 . Christine Boese , " The Screen- Edad: Nuestros cerebros en nuestras computadoras portátiles ", CNN.com , 2 de agosto de 2004.
- 61 . Thomas Hobbes , Leviathan ( 1651 ) .
- 62 . Seth Lloyd y Y.Jack Ng, "Equipos agujero negro", Scientific American , noviembre de 2004 .
- 63 . Alan M. MacRobert , " El Allen Telescope Array : próximo gran paso de SETI, " Sky & Telescope , abril 2004 , [http://skyandtelescope.com/printable/resources/seti/article\\_256.asp](http://skyandtelescope.com/printable/resources/seti/article_256.asp) .
- 64 . Ibid .
- 65 . Ibid .
- 66 . CH Townes , " ¿A qué longitud de onda ¿Debemos buscar señales de inteligencia extraterrestre ? " Actas de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. 80 ( 1983 ) : 1147-1151 . SA Kingsley en la Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre en el espectro óptico , vol . 2 , S. A. Kingsley y G. A. Lemarchand , eds . ( 1996 ) Proc . WPIE 2704 : 102-16 .
- 67 . NS Kardashev , "Transmisión de Información por civilizaciones extraterrestres , " Astronomía Soviética 8.2 ( 1964 ) : 217-20 . Resumido en Guillermo A. Lemarchand " , detectabilidad del Extraterrestre Actividades Tecnológicas , " SETIQuest 01:01 , pp 3-13 , <http://www.coseti.org/lemarch1.htm> .
- 68 . Frank Drake y Dava Sobel , ¿Hay alguien ahí fuera? (New York: Dell, 1994 ) , Carl Sagan y Frank Drake, " La Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre " , Scientific American (mayo de 1975) : 80-89 . Una calculadora de Drake - ecuación se puede encontrar en [http://www.activemind.com/Mysterious/Topics/SETI/drake\\_equation.html](http://www.activemind.com/Mysterious/Topics/SETI/drake_equation.html) .

69 . Muchas de las descripciones de la ecuación de Drake  $f_L$  expresa como la fracción de la vida del planeta en el que tiene lugar la transmisión de radio , pero esto correctamente se debe expresar como una fracción de la vida del universo , ya que en realidad no importa cuánto tiempo planeta ha existido , sino que nos preocupamos por la duración de las transmisiones de radio .

70 . Seth Shostak proporciona " una estimación de entre 10.000 y un millón de transmisores de radio de la galaxia. " Marcus Chown , "ET Primer Contacto " Dentro de 20 años, " New Scientist 183.2457 (24 de julio , 2004 ) . Disponible en línea en <http://www.newscientist.com/article.ns?Id=dn6189> .

71 . TL Wilson, " La Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre , " Nature , 22 de febrero de 2001.

72 . Las estimaciones más recientes han sido de entre diez y quince millones de años. En 2002 las estimaciones basadas en los datos del Telescopio Espacial Hubble tenían entre trece y catorce millones de años. Un estudio publicado por la Case Western Reserve University científico Lawrence Krauss y de la Universidad de Dartmouth Brian Chaboyer aplicar los hallazgos recientes sobre la evolución de las estrellas y concluyó que hubo un 95 por ciento de confianza en que la edad del universo es de entre 11,2 y 20 millones de años. Lawrence Krauss y Brian Chaboyer ", Irion , enjambres inquietos de la Vía Láctea de estrellas , " Ciencia 299 (3 de enero 2003) : 60-62 . Recientes investigaciones de la NASA ha reducido la edad del universo a 13,7 mil millones años más o menos 200 millones de dólares , [http://map.gsfc.nasa.gov/m\\_mm/mr\\_age.html](http://map.gsfc.nasa.gov/m_mm/mr_age.html) .

73 . Citado en Eric M. Jones, " ¿Dónde están todos? " : Un relato de la pregunta de Fermi , " Los Alamos National Laboratories , marzo de 1985, [http://www.bayarea.net/~kines/aboutme/Fermi\\_and\\_Teller/fermi\\_cuestión.HTML](http://www.bayarea.net/~kines/aboutme/Fermi_and_Teller/fermi_cuestión.HTML) .

74 . En primer lugar , tenga en cuenta la estimación de 1042 cps para la laptop fría final ( como en el capítulo 3 ) . podemos estimar la masa del sistema solar como siendo aproximadamente igual a la masa del sol , que es  $2 \times 1.030$  kilogramos . Una vigésima de 1 por ciento de esta masa es de 1027 kilogramos . En 1042 cps por kilogramo , 1.027 kilogramos proporcionarían 1.069 cps . Si utilizamos la estimación de 1050 cps para el ordenador portátil caliente definitiva , obtenemos 1.077 cps .

75 . Anders Sandberg, " La Física del Superobjects Procesamiento de la Información : La vida cotidiana de los cerebros de Júpiter ", diario de la evolución y la Tecnología 5 (22 de diciembre , 1999) , <http://www.jetpress.org/volume5/Brains2.pdf> .

76 . John Freeman Dyson, " Búsqueda de fuentes estelares artificiales de radiación infrarroja , " Ciencia 131 (junio 3,1960 ) : 1667-1668 .

77 . Citado en Sandberg , "Física de Superobjects procesamiento de la información . "

78 . Había 195 500 000 000 unidades de chips semiconductores enviados en 1994 , 433,5 mil millones en 2004. Jim

Feldhan , presidente , Semico Research Corporation , <http://www.semico.com> .

79 . Robert Freitas ha sido el principal defensor de la utilización de sondas robóticas , especialmente los auto-replicantes .

Véase Robert A. Freitas Jr. , " Las sondas interestelares : un nuevo enfoque para SETI, " J. Interplanet británico. Soc . 33 (marzo de 1980) : 95-100 , <http://www.rfreitas.com/Astro/InterstellarProbesJBIS1980.htm> ; Robert A. Freitas Jr. , " Un Auto- reproducción de la sonda interestelar , " J. Interplanet británico. Soc . 33 (julio 1980 ) : 251-64 , <http://www.rfreitas.com/Astro/ReproJBISJuly1980.htm> , Francisco Valdés y Robert A. Freitas Jr. , "Comparación de reproducción y Estrategias Starprobe no reproductores de exploración galáctica , " J. británico InterPlaNet . Soc . 33 (noviembre 1980) : 402-8 , <http://www.rfreitas.com/Astro/ComparisonReproNov1980.htm> ; Robert A. Freitas Jr. , " Desenmascarando los mitos de sondas interestelares , " AstroSearch 1 ( julio-agosto de 1983) : 8-9, <http://www.rfreitas.com/Astro/ProbeMyths1983.htm> ; Robert A. Freitas Jr. , " El caso de sondas interestelares , " J. británico Interplanet . Soc . 36 (noviembre de 1983 ) : 490-95 , <http://www.rfreitas.com/Astro/TheCaseForInterstellarProbes1983.htm> .

80 . Stenner M. et al, " La velocidad de la información en la óptica de" Fast -Light ' Medio , "Nature 425 (16 de octubre , 2003) : . 695-98 . Véase también Raymond Chiao Y. et al, "Efectos Superluminal y Parelectric en vapor de rubidio y Amoniaco Gas , " Quantum y Óptica semiclásico 7 ( 1995 ) : . 279 .

81 . I. Marcikic et al, " Teletransporte de larga distancia de qubits en longitudes de onda de Telecomunicaciones , " Nature 421 (enero de 2003 ) : . 509-13 ; John Roach, "Los físicos cuánticos Teleport Bits más de Larga Distancia " , National Geographic News , 29 de enero , 2003 ; hierba Brody, " criptografía cuántica , en " 10 tecnologías emergentes que cambiarán el mundo " MIT Technology Review , febrero 2003 , N. Gisin et al, " correlaciones cuánticas con observadores que se mueven , " Quantum Optics ( diciembre. 2003 ) : 51 ; Quantum exposición criptografía , ITU Telecom World 2003 , Ginebra , Suiza , 1 de octubre de 2003; Sora canción , " The Quantum Leaper , " Time , 15 de marzo de 2004; Marcos Buchanan, " Spooky Conexiones de Light SetNew Distancia Record, " New Scientist , 28 de junio de 1997.

82 . Charles H. Lineweaver y Tamara M. Davis, " ideas falsas sobre el Big Bang , " Scientific Americana , marzo de 2005 .

83 . A. Einstein y N. Rosen, " El problema de las partículas en la Teoría General de la Relatividad , " Physical Comentario 48 ( 1935 ) : 73 .

84 . JA Wheeler , " los cirujanos , " Physical Review 97 ( 1955 ) : 511-36 .

85 . MS Morris , KS Thorne y U. Yurtsever , "agujeros de gusano , máquinas del tiempo y la energía débil condición , " Physical Review Letters 61.13 (26 septiembre de 1988) : 1446-1449 ; MS Morris y Thorne , KS " agujeros de gusano en el espacio-tiempo y Su uso para el viaje interestelar : una herramienta para la enseñanza de la Relatividad general, "American Journal of Physics 56.5 ( 1988 ) : 395-412 .

86 . M. Visser , " agujeros de gusano , pequeños universos y la causalidad , " Physical

Review D 41.4 (15 de febrero , 1990 ) : 1116-1124 .

87 . Sandberg , "Física de Superobjects Procesamiento de la Información " .

88 . David Hochberg y Thomas W. Kephart , " Wormhole Cosmología y el problema del horizonte" Physical Review Letters 70 ( 1993 ) : 2665-68 ,

[http://prola.aps.org/abstract/PRL/v70/i18/p2665\\_1](http://prola.aps.org/abstract/PRL/v70/i18/p2665_1) ; D . Hochberg y M. Visser, "Estructura geométrica del genérico estático Garganta Wormhole Transversable , " Physical Review D 56 ( 1997 ) : 4745 .

89 . JK Webb et al, " comprobando la evolución cosmológica de la constante de estructura fina , " Physical Review Letters 87.9 (27 agosto 2001) : . 091301 ;

"Cuando constantes no son constantes , " Física en Acción (octubre de 2001 ) , [http : / / physicsweb.org/articles/world/14/10/4](http://physicsweb.org/articles/world/14/10/4) .

90 . Joao Magueijo , John D. Barrow y Haavard Bunes Sandvik , " Is It e O es c Las pruebas experimentales de diferentes Alfa , ? " Cartas Físicas B 549 (2002) : 284-89 .

91 . John Smart " Respondiendo a la Paradoja de Fermi : Explorar los mecanismos Transcension of Universal , " <http://www.transhumanist.com/Smart-Fermi.htm> . Ver también <http://singularitywatch.com> y su biografía en [http://www.singularitywatch.com/bio\\_johnsmart.html](http://www.singularitywatch.com/bio_johnsmart.html) .

92 . James N. Gardner, biocosmos : La nueva teoría científica de la evolución: la vida inteligente es la Arquitecto del Universo ( Maui : Mar Interior , 2003 ) .

93 . Lee Smolin en " Smolin vs Susskind : El Principio Antrópico , " Edge 145 , <http://www.edge.org/documents/archive/edge145.html> , Lee Smolin , " Alternativas científico al Principio Antrópico , " [http:// arxiv.org/abs/hep-th/0407213](http://arxiv.org/abs/hep-th/0407213) .

94 . Kurzweil , era de las máquinas espirituales , pp 258-60 .

95 . Gardner, biocosmos .

96 . SW Hawking, " Creación de partículas por los agujeros negros , " Comunicaciones en Física Matemática 43 ( 1975 ) : 199-220 .

97 . La apuesta original se encuentra en [http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/info\\_bet.html](http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/info_bet.html) . Véase también Peter Rodgers, "Hawking pierde Negro Bet Hole, " Physics World , agosto de 2004 , <http://physicsweb.org/articles/news/8/7/11> .

98 . Para llegar a estas estimaciones Lloyd tomó la densidad observada de materia alrededor de un átomo de hidrógeno por metro cúbico , y calcula la energía total del universo. Dividiendo esta cifra por la constante de Planck , se puso unos 1.090 cps . Seth Lloyd, "Límites físicos Ultimate a Computation , " Naturaleza 406.6799 (31 de agosto de 2000) : 1047-1054 . Las versiones electrónicas ( versión 3 de 14 de febrero , 2000) disponible en <http://arxiv.org/abs/quant-ph/9908043> (31 agosto de 2000) . En el siguiente enlace requiere un pago para acceder a : ?

[Http://www.nature.com/cgi\\_taf / DynaPage.taf file = / nature/journal/v406/n6799/full/4061047a0\\_fs.html](Http://www.nature.com/cgi_taf/DynaPage.taf_file=/nature/journal/v406/n6799/full/4061047a0_fs.html) y [content\\_filetype = PDF](http://www.nature.com/cgi_taf/DynaPage.taf_file=/nature/journal/v406/n6799/full/4061047a0_fs.html) .

99 . Jacob D. Bekenstein , "La información en el universo holográfico : Resultados teóricos sobre los agujeros negros sugieren que el Universo podría ser como un holograma gigantesco ", Scientific American 289,2 ( agosto de 2003) : 58-65 , <http://www.sciam.com / article.cfm ? articleID = 000AF072 - 4891 - 1F0A97AE80A84189EEDF .>

## **Capítulo Siete:**

### **Ich bin ein Singularitarian**

1. En Jay W. Richards et al., Somos máquinas espirituales? Ray Kurzweil frente a los críticos de Strong A.I. (Seattle: Discovery Institute, 2002), introducción, <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0502.html>.
2. Ray Kurzweil y Terry Grossman, MD, Viaje fantástico: vivir lo suficiente para vivir para siempre (Nueva York: Rodale Books, 2004).
3. Ibid.
4. Ibid.
5. Max More y Ray Kurzweil, "Max More y Ray Kurzweil sobre la Singularidad", 26 de febrero de 2002, <http://www.KurzweilAI.net/articles/art0408.html>.
6. Ibid.
7. Ibid.
8. Arthur Miller, After the Fall (New York: Viking, 1964).
9. Desde un documento leído a la Sociedad Filosófica de Oxford en 1959 y luego publicado como "Mentes, Máquinas y Gödel," Filosofía 36 (1961): 112-27. Fue reimpresso por la primera de muchas veces en Kenneth Sayre y Frederick Crosson, eds, el modelado de la Mente (Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1963)., Pp.255-71.
10. Martine Rothblatt, "Biocyberethics: Debemos dejar a una empresa de desenchufar la computadora inteligente?" 28 de septiembre 2003, <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0594.html> (incluye enlaces a un Webcast y transcripciones).
11. Jaron Lanier, "la mitad de un Manifiesto," Edge, [http://www.edge.org/3rd\\_culture/lanier/lanier\\_index.html](http://www.edge.org/3rd_culture/lanier/lanier_index.html), véase también Jaron Lanier, "la mitad de un Manifiesto," Wired News, diciembre de 2000 , <http://www.wired.com/wired/archive/8.12/lanier.html>.
12. Ibid.
13. Norbert Wiener, Cibernética: or, Control y Comunicación en el animal y la máquina (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1948).
14. "¿Cómo qué persiste cuando sus moléculas no lo hacen?" Ciencia y Conciencia Exámen 1,1 (junio 2004), <http://www.sci-con.org/articles/20040601.html>.

15. David J. Chalmers, "Enfrentando el problema de la conciencia," Diario de la Conciencia Estudios 2.3 (1995): 200-219, <http://jamaica.u.arizona.edu/~chalmers/papers/facing.html>.
16. Huston Smith, El Inconsciente Sagrado, cinta de vídeo (Fundación Sabiduría, 2001), disponible a la venta en <http://www.fonsvitalae.com/sacredhuston.html>.
17. Jerry A. Fodor, Representaciones: Ensayos filosóficos sobre los cimientos de la ciencia cognitiva (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1981)....

## **Capítulo Ocho:**

### **La promesa y los peligros de la GNR profundamente entrelazados**

1. Bill McKibben, "¿Cuánto es suficiente? El Movimiento Ambiental como un punto de giro en el humano Historia ", Seminario de Harvard sobre los valores ambientales 18 de octubre de 2000.
2. En la década de 1960, el gobierno de EE.UU. llevó a cabo un experimento en el que se pidió a tres estudiantes de física recién graduados para construir un arma nuclear utilizando la información sólo está disponible públicamente. El resultado fue un éxito, los tres estudiantes construyeron una en unos tres años (<Http://www.pimall.com/nais/nl/n.nukes.html>). Los planes de cómo construir una bomba atómica están disponibles en Internet y se han publicado en forma de libro por un laboratorio nacional. En 2002, el Ministerio de Defensa británico publicó mediciones, diagramas, y los detalles precisos sobre la construcción de la bomba Oficina del Registro Público, retirado desde entonces (<http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/1932702.stm>). Tenga en cuenta que estos enlaces no contienen planes reales para construir armas atómicas.
3. "The John Stossel especial: usted no puede decir eso!" ABC News, 23 de marzo de 2000.
4. Hay mucha información en la Web, incluyendo los manuales militares, sobre cómo fabricar bombas, armas y explosivos. Parte de esta información es errónea, pero la información exacta sobre estos temas continúan siendo accesibles a pesar de los esfuerzos para eliminarlo. El Congreso aprobó una enmienda (la enmienda Feinstein, SP 419) a un proyecto de ley de apropiaciones del Departamento de Defensa en junio de 1997, que prohíbe la difusión de instrucciones sobre la construcción de bombas. Ver Anne Marie Helmenstine, "Cómo construir una bomba", 10 de febrero de 2003, <http://chemistry.about.com/library/weekly/aa021003a.htm>. Información sobre productos químicos industriales tóxicos está ampliamente disponible en la web y en las bibliotecas, como son la información y herramientas para el cultivo de bacterias y virus y técnicas para la creación de virus informáticos y la piratería en las computadoras y redes. Tenga en cuenta que no proporcionan ejemplos específicos de dicha información, ya que podría ser útil para los individuos y los grupos destructivos. Me doy cuenta de que, incluso declarando la disponibilidad de dicha información tiene el potencial, pero creo que el beneficio de un diálogo abierto acerca

de este problema es mayor esta preocupación. Por otra parte, la disponibilidad de este tipo de información ha sido ampliamente discutido en los medios de comunicación y otros lugares.

5. Ray Kurzweil, *La era de las máquinas inteligentes* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1990).
6. Ken Alibek, *Biohazard* (New York: Random House, 1999).
7. Ray Kurzweil, *La era de las máquinas espirituales* (New York: Viking, 1999).
8. Bill Joy, "¿Por qué el futuro no nos necesita", *Wired*, abril de 2000, <http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html>.
9. Manuales sobre empalme de genes (por ejemplo, AJ Harwood, ed, *ADN y ARN básico* Protocolos. [Totowa, NJ: Humana Press, 1996]) junto con reactivos y kits que permiten empalme de genes están generalmente disponibles. Aunque el acceso a estos materiales se limita en el oeste, hay un gran número de empresas rusas que podrían proporcionar materiales equivalentes.
10. Para un sitio resumen detallado del "Invierno Oscuro" de simulación, consulte "INVIERNO OSCURO: Un Ejercicio de Bioterrorismo 06 2001": [http://www.biohazardnews.net/scen\\_smallpox.shtml](http://www.biohazardnews.net/scen_smallpox.shtml). Por un breve resumen, véase: <http://www.homelandsecurity.org/darkwinter/index.cfm>.
11. Richard Preston, "El fantasma de un nuevo viruela y mortíferos", *New York Times*, 14 de octubre de 2002, disponible en <http://www.ph.ucla.edu/epi/bioter/specterdeadliersmallpox.html>.
12. Alfred W. Crosby, *de los Estados Unidos Forgotten Pandemic: La gripe de 1918* (Nueva York: Cambridge University Press, 2003).
13. "El poder de la sangre podría conducir a" *Baterías Humanos*, "" *Sydney Morning Herald*, 4 de agosto de 2003, <http://www.smh.com.au/articles/2003/08/0311059849278131.html>. Véase la nota 129 en el capítulo 5. Ver también SC Barton, J. Gallaway y P. Atanassov, "células de biocombustible enzimáticos para dispositivos implantables y microescala," *Chemical Reviews* 104.10 (octubre de 2004): 4867-86.
14. JM Hunt ha calculado que hay  $1,55 \times 10^{19}$  kilogramos (1.022 gramos) de carbono orgánico en Tierra. Sobre la base de esta figura, y suponiendo que todas las "carbono orgánico" está contenida en la biomasa (Tenga en cuenta que la biomasa no está claramente definido, por lo que estamos tomando un enfoque amplio conservadora), podemos calcular el número aproximado de átomos de carbono de la siguiente manera:

Promedio de peso atómico del carbono (el ajuste de las proporciones de isótopos) = 12.011.

Carbono en la biomasa =  $1,55 \times 10^{19}$  gramos / 12.011 =  $1,3 \times 10^{21}$  moles.

$1,3 \times 10^{21} \times 6.02 \times 10^{23}$  (número de Avogadro) =  $7,8 \times 10^{44}$  átomos de carbono.

- JM Hunt, *Geoquímica y Geología del Petróleo* (San Francisco: WH Freeman, 1979).
15. Robert A. Freitas Jr., "El problema de la plaga gris", 20 de marzo de 2001, <http://www.KurzweilAI.net/articles/art0142.html>.
16. "Plaga gris es un pequeño problema," Documento de información del Centro de Nanotecnología Responsable, 14 de diciembre de 2003, <http://crnano.org/BD-Goo.htm>; Chris Phoenix y Mike Treder, "Utilización Segura de la nanotecnología avanzada" Centro de Nanotecnología Responsable, enero de 2003, <http://crnano.org/safe.htm>; Drexler K.Eric, motores de la creación, en el capítulo 11, "Engines of Destruction" (New York: Anchor Books, 1986), pp 171 -90, [http://www.foresight.org/EOC/EOC\\_Chaptec11.html](http://www.foresight.org/EOC/EOC_Chaptec11.html); Robert A. Freitas Jr. y Ralph C. Merkle, *cinemáticos máquinas autorreplicantes*, sección 5.11, "Replicantes y Seguridad Pública" (Georgetown, Tex.: Landes Bioscience, 2004), pp 196-99, <http://www.MolecularAssembler.com/KSRM/5.11.htm>. y en la sección 6.3.1, "ensambladores moleculares son demasiado peligrosos", pp 204-6, <http://www.MolecularAssembler.com/KSRM/6.3.1.htm>; Foresight Institute, "Directrices Nanotecnología Molecular: Draft Version 3.7, "June 4, 2000, <http://www.foresight.org/guidelines/>.
17. Robert A. Freitas Jr., "plaga gris Problema" y "algunos límites a ecofagia Global por Nanoreplicators Biovorous, con recomendaciones de políticas públicas", Zyvox preimpresión, abril de 2000, sección 8.4 "ecofagia malicioso" y en la sección 6.0 "Límites de contaminación térmica (Ecophagic ETPL), <http://www.foresight.org/NanoRev/Ecophagy.html>.
18. Nick Bostrom D., "Los riesgos existenciales: Análisis de Escenarios de la extinción humana y riesgos relacionados", 29 de mayo de 2001 <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0194.html>.
19. Robert Kennedy, *13 días* (Londres: Macmillan, 1968), p. 110.
20. En H. Putnam, "el lugar de los hechos en un mundo de valores", en D. Huff y O. Prewitt, eds., *La Naturaleza del Universo Físico* (New York: John Wiley, 1979), p. 114.
21. Graham Allison, *Terrorismo Nuclear* (Nueva York: Times Books, 2004).
22. Martin I. Meltzer, "Múltiples Fechas Contacto y períodos de incubación del SARS," *Emerging Infectious Enfermedades* 10,2 (febrero de 2004), <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/vol10no2/03-0426-G1.htm>.
23. Robert A. Freitas Jr., "Microbivores: Los fagocitos mecánicos artificiales utilizando Digest y Protocolo de Descarga" Zyvox pre-impresión, marzo de 2001, <http://www.rfreitas.com/Nano/Microbivores.htm> y "Microbivores: Los fagocitos mecánicos artificiales, "Foresight Actualizar no. 44, 31 de marzo, 2001, pp 11-13, <http://www.imm.org/Reports/Rep025.html>.
24. Max More, "El Principio Proactionary", mayo de 2004, <http://www.maxmore.com/proactionary.htm> y

<http://www.extropy.org/proactionaryprinciple.htm>. Más resume el principio proactionary de la siguiente manera:

1. La libertad de las personas para innovar tecnológicamente es valioso para la humanidad. La carga de la por lo tanto, la prueba es de quien la propone medidas restrictivas. Todas las medidas propuestas deben ser cuidadosamente analizados.
  2. Evaluar el riesgo de acuerdo a la ciencia disponible, no la percepción popular, y permitir que los sesgos de razonamiento común.
  3. Dar prioridad a mejorar las amenazas conocidas y probadas para la salud humana y la calidad ambiental en actuar contra los riesgos hipotéticos.
  4. Tratar los riesgos tecnológicos en las mismas condiciones que los riesgos naturales, evitar infraponderar riesgos naturales y riesgos sobreponderar humanos tecnológicos. Tengan plenamente en cuenta los beneficios de los avances tecnológicos.
  5. Estimar la pérdida de oportunidades de abandonar una tecnología, y tener en cuenta los costos y riesgos de la sustitución de otras opciones creíbles, considerando cuidadosamente los efectos de amplia distribución y seguimiento de los efectos.
  6. Considere la posibilidad de medidas restrictivas sólo si el impacto potencial de una actividad tiene tanto la probabilidad y la severidad significativa. En tales casos, si la actividad también genera beneficios, descontar los impactos de acuerdo a la viabilidad de la adaptación a los efectos adversos. Si las medidas para limitar el avance tecnológico no parece justificada, asegúrese de que el alcance de estas medidas es proporcional a la magnitud de los efectos probables.
  7. Al elegir entre las medidas para restringir la innovación tecnológica, dar prioridad a los criterios de decisión de la siguiente manera: Dar prioridad a los riesgos para la vida humana inteligente y otra sobre los riesgos para otras especies, dar las amenazas no letales a la prioridad de la salud humana por las amenazas limitado al medio ambiente (dentro de unos límites razonables ), dar prioridad a las amenazas inmediatas sobre amenazas lejanas; prefieren la medida con el valor más alto expectativa, dando prioridad al más seguro durante menos ciertas amenazas y los impactos irreversibles o persistentes sobre los impactos transitorios.
- 
25. Martin Rees, Nuestra hora final: Advertencia de un científico: ¿Cómo Terror, error y desastre ambiental amenazan el futuro de la humanidad en este siglo-en la Tierra y más allá (Nueva York: Basic Books, 2003).
  26. De Scott Shane, Desmontar utopía: ¿Cómo Información Finalizada la Unión Soviética (Chicago: Ivan R. Dee, 1994), véase también la opinión de James A. Dorn en <http://www.cato.org/pubs/journal/cj16n2-7.html>.
  27. Ver George Dewan, "Diario de un ama de casa Colonial", Newsday, 2005, para una cuenta de la dificultad de la vida humana de un par de siglos atrás: <http://www.newsday.com/community/guide/lihistory/ny-history -hs331a, 0,6101197. historia>.

28. Jim Oeppen y James W. Vaupel, "Límites rotos a esperanza de vida," *Ciencia* 296.5570 (mayo 10,2002): 1029-1031.
29. Steve Bowman y Helit Barel, *Armas de destrucción masiva: la amenaza terrorista*, Informe del Servicio de Investigación del Congreso para el Congreso, 8 de diciembre de 1999, <http://www.cnie.org/nle/crsreports/international/inter-75.pdf>.
30. Eliezer S. Yudkowsky, "Creación friendly AI 1.0, el análisis y diseño de Beneficencia Meta Architectures" (2001), The Singularity Institute, <http://www.singinst.org/CFAI/>; Eliezer S. Yudkowsky, "¿Qué es amable AI?" 03 de mayo 2001, <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html> main=/articles/art0172.html.
31. Ted Kaczynski, "Manifiesto del Unabomber", 14 de mayo de 2001 <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0182.html>.
32. Bill McKibben, *Suficiente: Mantenerse humano en una era de ingeniería* (Nueva York: Times Books, 2003).
33. Kaczynski, "Manifiesto del Unabomber".
34. Foresight Institute y la IMM, "Directrices de prospectiva sobre Nanotecnología Molecular", 21 de febrero, 1999, <http://www.foresight.org/guidelines/current.html>; Christine Peterson, "Fabricación molecular: Implicaciones sociales de la nanotecnología avanzada", 9 de abril de 2003, <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame> . HTML principal = / articles/art0557.html;? Chris Phoenix y Mike Treder, "Utilización Segura de la nanotecnología avanzada", 28 de enero de 2003, <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0547.html>; Robert A. Freitas Jr., "The Goo Problema Gray," [KurzweilAI.net](http://www.KurzweilAI.net), 20 de marzo de 2002, <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0142> . HTML.
35. Robert A. Freitas Jr., comunicación privada a Ray Kurzweil, enero de 2005. Freitas describe su propuesta en detalle en Robert A. Freitas Jr., "algunos límites a ecofagia Global por Nanoreplicators Biovorous, con recomendaciones de políticas públicas."
36. Ralph C. Merkle, "Sistemas de Auto Replicación y bajo coste de fabricación", 1994, <http://www.zyvex.com/nanotech/selfRepNATO.html>.
37. Neil King Jr. y Ted Bridis, "FBI Sistema Secretamente Búsquedas E-mail," *Wall Street Journal Online* (10 de julio de 2000), <http://zdnet.com.com/2100-11-522071.html?legacy = zdn>.
38. Patrick Moore, "La Batalla de los cultivos biotecnológicos Progress-transgénicos son buenos para el medio ambiente y Bienestar Humano "Greenspirit (febrero de 2004), <http://www.greenspirit.com/logbook.cfm?msid=62>.
39. "OGM: ¿Existe algún riesgo?" Comisión Europea (9 de octubre de 2001),

[http://europa.eu.int/comm/research/biosociety/pdf/gmo\\_press\\_release.pdf](http://europa.eu.int/comm/research/biosociety/pdf/gmo_press_release.pdf).

40. Rory Carroll, "matar de hambre a Zambia a la ayuda alimentaria Mentiras Rechazado" Guardian (17 de octubre, 2002),

<http://www.guardian.co.uk/gmdebate/Story/0,2763,813220,00>. HTML.

41. Larry Thompson, "Human Gene Therapy: Lecciones Duras, High Hopes", la revista FDA Consumer (Septiembre-octubre de 2000),

[http://www.fda.gov/fdac/features/2000/500\\_gene.html](http://www.fda.gov/fdac/features/2000/500_gene.html).

42. Bill Joy, "¿Por qué el futuro no nos necesita".

43. Las Directrices de prospectiva (Foresight Institute, versión 4.0, octubre de 2004, <http://www.foresight.org/guidelines/current.html>) están diseñados para hacer frente a

las posibles consecuencias positivas y negativas de la nanotecnología. Tienen la finalidad de informar a los ciudadanos, empresas y gobiernos, y proporcionar directrices específicas para desarrollar con responsabilidad la fabricación molecular basados en la nanotecnología. Las Directrices de prospectiva se desarrollaron inicialmente en el Taller Instituto de Lineamientos de la Política de Investigación de Nanotecnología Molecular, patrocinado por el Instituto y el Instituto para la Fabricación Molecular (IMM), 19-21 de febrero de 1999. Entre los participantes James Bennett, Greg Burch, K. Eric Drexler, Neil Jacobstein, Tanya Jones, Ralph Merkle, Mark Miller, Ed Niehaus, Pat Parker, Christine Peterson, Glenn Reynolds, y Philippe Van Nederveelde. Las directrices se han actualizado varias veces.

44. Martine Rothblatt, CEO de United Therapeutics, ha propuesto sustituir esta moratoria con un régimen normativo en el que una nueva Autoridad Internacional de los xenotrasplantes inspecciona y aprueba los rebaños libres de patógenos de cerdos transgénicos como fuentes aceptables de xenoinjertos. La solución de Rothblatt también ayuda a acabar con los cirujanos xenoinjertos deshonestos con la promesa de cada país, que se une a la DCA, y ayuda a hacer cumplir las normas dentro de sus fronteras, una parte justa de los xenoinjertos pathogenfree para sus propios ciudadanos que sufren de insuficiencia orgánica. Ver Martine Rothblatt, "Su vida o la mía: El uso de geoética para resolver el conflicto entre intereses públicos y privados", en el xenotrasplante (Burlington, Vermont: Ashgate, 2004). Revelación: yo estoy en el consejo de administración de United Therapeutics.

45. Ver Instituto de la Singularidad, <http://www.singinst.org>. Véase también la nota

30 supra. Yudkowsky formó el Instituto de la Singularidad para la Inteligencia Artificial (SIAI) para desarrollar "amable AI," pretende "crear contenidos cognitivos, características de diseño y arquitecturas cognitivas que resultan en la benevolencia" antes Als casi humanos o mejor-que-humano son posibles. SIAI ha desarrollado las Directrices SIAI sobre el Friendly AI: "friendly AI,"

<http://www.singinst.org/friendly/>. Ben Goertzel y su General del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial también han examinado las cuestiones relacionadas con el desarrollo amigable AI, su enfoque actual está en el desarrollo de la Novamente AI Engine, un conjunto de algoritmos de aprendizaje y arquitecturas. Peter Voss, fundador de Adaptive AI, Inc., también ha colaborado en temas friendly-

AI: <http://adaptiveai.com/>.

46. Fuel Cell Technologies integrados, <http://ifctech.com>. Divulgación: El autor es un inversor temprano en y asesor IFCT.

47. New York Times, 23 de septiembre de 2003, la página editorial.

48. El Comité de Ciencia de la Cámara de Representantes de EE.UU. celebró una audiencia el 9 de abril, 2003, para "examinar las implicaciones sociales de la nanotecnología y la HR 766, la Ley de Desarrollo de la Nanotecnología Investigación y de 2002." Ver "Full Hearing Comité Científico sobre las repercusiones sociales de la nanotecnología", <http://www.house.gov/science/hearings/full03/index.htm>, y

"Transcripción de la Audiencia,"

[http://commdocs.house.gov/committees/science/hsy86340.000/hsy86340\\_0f.htm](http://commdocs.house.gov/committees/science/hsy86340.000/hsy86340_0f.htm). Por el testimonio de Ray Kurzweil, consulta

<http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0556.html>. Véase

también Amara D. Angelica, "Audiencia del Congreso responde a las preocupaciones públicas sobre la nanotecnología", 14 de abril 2003,

<http://www.KurzweilAI.net/articles/art0558.html>.

## **Capítulo Nueve:**

### **Respuesta a los críticos**

1. Michael Denton, "organismo y máquina," en Jay W. Richards et al., ¿Somos máquinas espirituales? Ray Kurzweil frente a los críticos de Strong A.I. (Seattle: Discovery Institute Press, 2002), <http://www.KurzweilAI.net/meme/frame.html?main=/articles/art0502.html>.

2. Jaron Lanier, "la mitad de un Manifiesto," Edge (25 de septiembre de 2000), <http://www.edge.org/documents/archive/edge74.html>.

3. Ibid.

4. Véanse los capítulos 5 y 6 para ejemplos de AI estrecha ahora profundamente arraigado en nuestra moderna infraestructura.

5. Lanier, "la mitad de un manifiesto."

6. Un ejemplo es Kurzweil voz, desarrollado originalmente por Kurzweil Inteligencia Aplicada.

7. Alan G. Ganek, "El amanecer de la era de la computación autónoma," IBM Systems Journal (marzo 2003), [http://www.findarticles.com/p/articles/mi\\_m0ISJ/is\\_1\\_42/ai\\_98695283/print](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0ISJ/is_1_42/ai_98695283/print).

8. Arthur H. Watson y Thomas J. McCabe, "Structured Testing: una metodología de pruebas mediante la Complejidad ciclomática Metric," NIST Publicación Especial 500-35, Laboratorio de Informática de Sistemas, el Instituto Nacional de Estándares y

Tecnología, 1996.

9. Mark A. Richards y Gary A. Shaw, "patatas fritas, Arquitecturas y Algoritmos: Reflexiones sobre el crecimiento exponencial de la capacidad de procesamiento de señales digitales", presentado a la IEEE Signal Processing, diciembre de 2004.

10. Jon Bentley, "Programación de Perlas", Communications of the ACM 27.11 (noviembre de 1984): 1087 - 92.

11. C. Eldering, ML Sylla y JA Eisenach, "¿Existe una ley de Moore para el ancho de banda", IEEE Communications (octubre de 1999): 117-21.

12. JW Cooley y JW Tukey, "Un Algoritmo para el Cálculo automático del Complejo de Fourier Serie ", Mathematics of Computation 19 (abril de 1965): 297-301.

13. Hay un estimado de 100 mil millones de neuronas con una conexión interneuronal estimado "abanico" de alrededor de 1.000, por lo que hay alrededor de 100 billones de dólares (10<sup>14</sup>) conexiones. Cada conexión requiere al menos 70 bits para almacenar un ID para los dos neuronas en cada extremo de la conexión. Así que eso es aproximadamente 1.016 bits. Incluso el genoma no comprimido es de aproximadamente 6 millones de bits (alrededor de 10<sup>10</sup>), una proporción de al menos 106: 1. Véase el capítulo 4.

14. Robert A. Freitas Jr., Nanomedicina, vol. I, de Capacidades Básicas, sección 6.3.4.2, "Biological Power Conversion quimio-mecánica" (Georgetown, Tex: Landes Bioscience, 1999), pp 147-48, <http://www.nanomedicine.com/NMI/6.3.4.2.htm#p4>; vea la ilustración a <http://www.nanomedicine.com/NMI/Figures/6.2.jpg>.

15. Richard Dawkins: "¿Por qué los animales no tienen ruedas?" Sunday Times, 24 de noviembre de 1996, [http://www.simonyi.ox.ac.uk/dawkins/WorldOfDawkins-archive/Dawkins/Work/Articles/1996-11\\_24wheels.shtml](http://www.simonyi.ox.ac.uk/dawkins/WorldOfDawkins-archive/Dawkins/Work/Articles/1996-11_24wheels.shtml).

16. Thomas Ray, "Turing Falacia de Kurzweil," en Richards et al., ¿Somos máquinas espirituales?

17. Ibid.

18. Anthony J. Bell, "Niveles y bucles: el futuro de la inteligencia artificial y la neurociencia" Philosophical Transactions de la Royal Society of London B 354 (1999): 2013-20, <http://www.cnl.salk.edu/~tony/ptrsl.pdf>.

19. Ibid.

20. David Dewey, "Introducción al conjunto de Mandelbrot," <http://www.ddewey.net/mandelbrot>.

21. Christof Koch citado en John Horgan, El Fin de la Ciencia (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1996).

22. Roger Penrose, Shadows of the Mind: A la búsqueda de la ciencia Falta de Conciencia (Nueva York: Oxford University Press, 1996); Stuart Hameroff y Roger Penrose, "reducción objetiva orquestada de la coherencia cuántica en los

microtúbulos del cerebro: El 'Orch OR' Modelo para la Conciencia ", *Matemática y Simulación Informática* 40 (1996): 453-80,  
<http://www.quanturnconsciousness.org/penrosehameroff/orchOR.html>.

23. Sander Olson, "Entrevista con Seth Lloyd", 17 de noviembre de 2002,  
[http://www.nano\\_magazine.com/i.php?Id=2002\\_11\\_17](http://www.nano_magazine.com/i.php?Id=2002_11_17).

24. Bell, "Niveles y bucles."

25. Ver el crecimiento exponencial de los gráficos de computación en el capítulo 2 (pp. 67, 70).

26. Alfred N. Whitehead y Bertrand Russell, *Principia Mathematica*, 3 vols. (Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1910, 1912, 1913).

27. Teorema de incompletitud de Gödel apareció por primera vez en su "Überformal unentscheidbare SÄTZE der Principia Mathematica und Systeme verwandter I," *Monatshefte für Mathematik und Physik* 38 (1931): 173-98.

28. Alan M. Turing, "Sobre los números computables, con una aplicación al Entscheidungsproblem," *Actas de la Sociedad Matemática de Londres* 42 (1936): 230-65. El "Entscheidungsproblem" es la decisión o la detención es problema-, la forma de determinar de antemano si un algoritmo detendrá (tomar una decisión) o continuar en un bucle infinito.

29. Versión de la Iglesia apareció en Alonzo Church, "Un problema sin solución de Número Primaria Teoría," *American Journal of Mathematics* 58 (1936): 345-63.

30. Para obtener una cuenta de introducción entretenida de algunas de las implicaciones de la tesis de Church-Turing, ver Douglas R. Hofstadter, *Gödel, Escher, Bach: un Eterno de Oro Braid* (New York: Basic Books, 1979).

31. El problema ocupado-castor es un ejemplo de una gran clase de funciones no computable, como se ve en Tibor Rado, "en las funciones no computable," *Campana System Technical Journal* 41.3 (1962): 877-84.

32. "Turing Falacia de Kurzweil." Ray,

33. Lanier, "la mitad de un manifiesto."

34. Un ser humano, es decir, que no está dormido y no en un estado de coma y de desarrollo suficiente (es decir, no un feto prebrain) a ser consciente.

35. John R. Searle, "Me casé con un PC" en Richards et al., *Somos máquinas espirituales?*

36. John R. Searle, *el redescubrimiento de la Mente* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1992).

37. Hans Moravec, Carta al Editor, *New York Review of Books*,  
[http://www.kurzweiltech.com/Searle/searle\\_response\\_letter.htm](http://www.kurzweiltech.com/Searle/searle_response_letter.htm).

38. John Searle a Ray Kurzweil, 15 de diciembre de 1998.

39. Lanier, "la mitad de un manifiesto."
40. David Brooks, "Buenas noticias sobre la pobreza", New York Times, 27 de noviembre 2004, A35.
41. Hans Moravec, Carta al Editor, New York Review of Books, [http://www.kurzweiltech.com/Searle/searle\\_response\\_letter.htm](http://www.kurzweiltech.com/Searle/searle_response_letter.htm).
42. Patrick Moore, "La Batalla de los cultivos biotecnológicos Progress-transgénicos son buenos para el medio ambiente y Bienestar Humano "Greenspirit (febrero de 2004), <http://www.greenspirit.com/logbook.cfm?msid=62>.
43. Joel Cutcher-Gershenfeld, comunicación privada a Ray Kurzweil, febrero de 2005
44. William A. Dembski, "Espiritualidad de Kurzweil empobrecida", en Richards et al., ¿Verdad espiritual Máquinas?
45. Denton, "organismo y máquina."

### **Epílogo**

1. Citado en James Gardner, "biocosmos egoísta," Complejidad 5.3 (enero-febrero de 2000): 34-45.
2. En la función  $y = 1 / x$ , si  $x = 0$ , entonces la función es, literalmente, sin definir, pero podemos demostrar que el valor de  $y$  excede cualquier número finito. Podemos transformar  $y = 1 / x$  en  $x = 1 / y$  moviendo el numerador y el denominador de ambos lados de la ecuación. Así que si ponemos  $y$  para un número finito grande, entonces podemos ver que  $x$  se hace muy pequeño, pero no es cero, no importa lo grande  $y$  pone. Por lo tanto el valor de  $y$  en  $y = 1 / x$  se puede ver a exceder cualquier valor finito para  $y$  si  $x = 0$ . Otra forma de expresar esto es que podemos superar cualquier posible valor finito de  $y$  mediante el establecimiento de  $x$  para ser mayor que 0 pero menor que 1 dividido por ese valor.
3. Con las estimaciones de  $10^{16}$  cps para la simulación funcional del cerebro humano (véase el capítulo 3) y sobre  $10^{10}$  (menos de diez millones de dólares) los cerebros humanos, eso es  $10^{26}$  cps para todos los cerebros humanos biológicos. Así que  $10^{90}$  cps supera este por un factor de  $10^{64}$ . Si utilizamos la cifra más conservadora de  $10^{19}$  cps, que estimé era necesario para simular cada una no linealidad en cada componente de las neuronas (las dendritas, axón, y así sucesivamente), se obtiene un factor de  $1.061$ . Un billón de billones de billones de billones de billones de dólares de  $10^{60}$ .
4. Ver las estimaciones en la nota anterior;  $10^{42}$  cps supera este por un factor de diez mil billones ( $10^{16}$ ).
5. Stephen Jay Gould, "rayos de Júpiter," Historia Natural 103,10 (octubre de 1994): 6-12; capítulo 13 de dinosaurio en un pajar: Reflexiones en Historia Natural (Nueva

York: Harmony Books, 1995).

[Índice omitida]...