

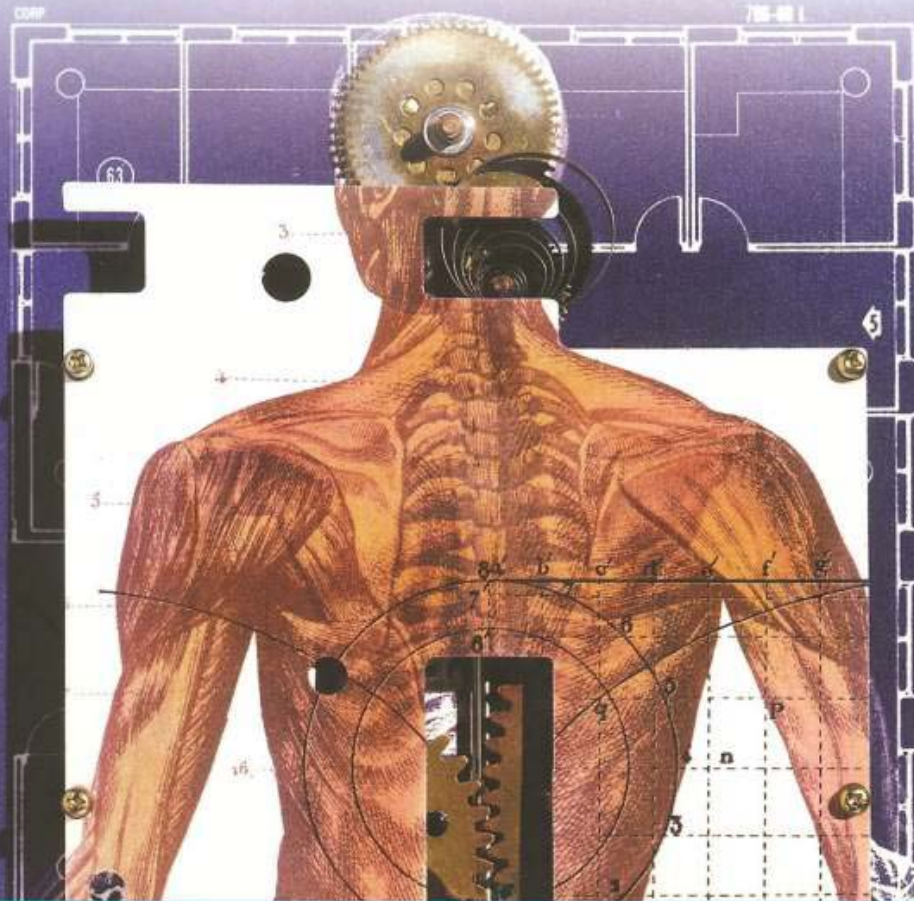


De pócimas y chips

La evolución de la medicina

Pedro García Barreno

De pócimas y chips
La evolución de la medicina
Pedro García Barreno





De pocimas y chips

La evolución de la medicina

Pedro García Barreno

Prólogo de
José Manuel Sánchez Ron

© *Pedro García Barreno, 2006*
© *De esta edición: Espasa Calpe, S. A., 2006*

Primera edición: octubre, 2006

Diseño de cubierta: Tasmanias
Ilustración de cubierta: Corbis
Ilustraciones a línea: Aurelia Sanz

Depósito legal: M. 34.737-2006
I.S.B.N.: 84-670-2214-0

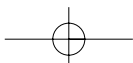
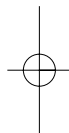
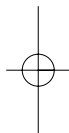
Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado —electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etc.—, sin el permiso previo de los titulares de los derechos de la propiedad intelectual

Espasa, en su deseo de mejorar sus publicaciones, agradecerá cualquier sugerencia que los lectores hagan al departamento editorial por correo electrónico: sugerencias@espasa.es

Impreso en España/Printed in Spain
Impresión: Huertas, S. A.

Editorial Espasa Calpe, S. A.
Vía de las Dos Castillas, 33. Complejo Ática – Edificio 4
28224 Pozuelo de Alarcón (Madrid)

A Marcelino Botín Sanz
de Sautuola (1907-1971),
Munificentente



PRÓLOGO

Vivimos inmersos en una revolución tecnocientífica que tiene en su epicentro a las ciencias biomédicas. Raro es el día que no sabemos de alguna novedad ante la cual no podemos permanecer indiferentes, puesto que se trata de nosotros, de nuestros cuerpos, de nuestra salud, de cosas que nos son tan queridas como luchar contra las enfermedades —esto es, contra el dolor o el desamparo—, evitar peligros tan terribles como es abandonar nuestra identidad sucumbiendo a la pérdida de los recuerdos o de la memoria (me estoy refiriendo, por supuesto, al alzheimer). Y también se trata, claro, de los mecanismos de reproducción, que es tanto como decir los hijos que tendremos, que querremos o no querremos tener, y de su futura salud, de su bienestar, que valoramos más que el nuestro propio.

Tanto cambia este mundo biomédico, y con tanta rapidez, que es difícil no sentirse indefenso, incapaz de orientarse en esa jungla que alberga, nos dicen, tantas maravillas, tantas promesas y también, ¿cómo negarlo?, algunos —¿pocos, muchos?— riesgos.

El libro que ahora, querido lector, tiene en sus manos, *De pocimas y chips*, le será de mucha utilidad en esa inevitable, e inaplazable, tarea de orientación en el universo de la medicina. Es un libro que trata de ideas, de teorías y conceptos científicos que nos permiten comprender mejor la Naturaleza, y dentro de ella, en especial, por encima de todo, la vida. También trata, por supuesto, y mucho, de técnicas, que unas y otras, ciencia y técnica, están íntimamente unidas, formando una sólida unidad tecnocientífica. De cosas como órganos artificiales, aplicación de la nanotecnología a la medicina, cirugía virtual, técnicas de imagen o vida artificial.

Y junto a esas teorías y técnicas, esta obra nos habla de posibilidades y de realidades, de riesgos y de beneficios. De lo que fue, de lo que es y de lo que acaso será; de lo que podría y de lo que debería ser. De, en definitiva, todo aquello que ha hecho, o está haciendo, que cambie tan drásticamente el mundo de la medicina, y de lo que se percibe o imagina en su horizonte.

El autor de este buen y necesario libro es un médico, que hizo de la cirugía su especialidad, y un humanista, en el mejor, más ambicioso y más noble sentido de la palabra: Pedro García Barreno. Nacido en 1943, se licenció en 1966 en Medicina en la Universidad Complutense, en la que también se doctoró (en 1973). Ha trabajado en diversos lugares, aunque ha sido sobre todo en el Hospital Provincial de Madrid, hoy Hospital Gregorio Marañón, donde ha transcurrido la mayor parte de su carrera (llegó a ser su Director Médico). No ha faltado, sin embargo, a esa cita a la que no pueden escapar los hombres como él, que no sólo quieren saber sino que también ansían enseñar: es catedrático de Fisiopatología y Propedéutica Quirúrgicas de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.

Persona de grandes inquietudes, que lo que desea es cambiar el mundo —o al menos el limitado, pero no insignificante, mundo que le rodea—, y a la que cualquier tipo de «ensimismamiento académico» le es completamente ajeno, el doctor García Barreno ha aceptado en ocasiones dar parte de su tiempo a tareas que le han llevado fuera

del hospital o del aula. Una de esas ocasiones tuvo lugar entre enero de 1983 y julio de 1984, cuando fue Coordinador, mientras dependía del Ministerio de Sanidad y Consumo, y luego Presidente, al ser controlada por Presidencia del Gobierno, de la Comisión Unificada de Investigación del Síndrome Tóxico, aquella malhadada intoxicación por aceite desnaturalizado que todos, estoy seguro, recordamos.

En el centro de medicina y cirugía experimental que dirige se han consolidado tres líneas de investigación: imagen médica, en la que se ha desarrollado el primer tomógrafo de emisión de positrones (PET) para imagen molecular experimental; asistencia mecánica circulatoria, que produjo el primer «corazón» artificial construido en nuestro país y que fue implantado, con éxito, en clínica humana, y epidemiología molecular, que ha ampliado las posibilidades de los programas de detección neonatal de metabolopatías congénitas.

Ha sido autor o director de varios libros, de los que yo quiero recordar aquí uno en especial: *La ciencia en tus manos* (2000), que dirigió en solitario. Pocos esfuerzos a favor de la cultura científica en español pueden competir con esta obra, cuyas 950 páginas, me siento especialmente feliz de recordar, fueron recibidas por los lectores con entusiasmo y agradecimiento: ha visto cuatro ediciones, algo poco frecuente en el universo editorial hispano en libros de este tipo. No ha faltado tampoco a esa cita, que para algunos tiene mucho de moral —llevar sus conocimientos a cuantos más mejor—, que es escribir para la prensa, habiendo publicado en ella más de trescientos artículos de ensayo y divulgación médica.

El profesor García Barreno es, desde 1983, miembro de número de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y desde 2006 miembro electo de la Real Academia Española.

Tal es el hombre, pero lo que al lector seguramente le interesa más es el autor de este *De pocimas y chips*, y si ha logrado con él lo que se proponía: hacernos más familiar y más comprensible el universo biomédico actual, desentrañar sus orígenes, explicar su presente y adivinar su futuro. Mi opinión —no imparcial, lo reconozco: es un querido amigo, y me enorgullezco de ello— es que sí, y que lo ha logrado con claridad y rotundidad. Su éxito es, además, no sólo el del experto competente que nos presenta y explica un problema o ámbito profesional, sino el del médico científico que hace honor a la mejor y más noble tradición de su disciplina, aquella que busca y alcanza el conocimiento pero sin olvidar que detrás de todo ese conglomerado de conocimientos y técnicas se encuentra la persona, el paciente, que probablemente nunca ha estado más perdido y desorientado que en la actualidad, frente a una medicina tal vez demasiado poderosa y tecnificada como para no correr el riesgo de perder de vista al sujeto de sus intereses. Pedro García Barreno, ser humano humanista y humanitario, no ha olvidado esta raíz y este objetivo, y en este libro suyo lo demuestra con creces. Quiero, en este sentido, terminar este sucinto y torpe —pero agradecido a su esfuerzo— prólogo mío, citando las palabras con las que termina este, repito una vez más, buen y necesario libro: «Mientras haya enfermos que tratar, la medicina debe mantener y reclamar, también e incluso más alto, un componente importante de arte y de ética. No debe olvidarse que, como reclamó Simone Veil, “los hospitales son para los enfermos. El desarrollo de nuevas técnicas no puede hacernos olvidar el principal propósito de toda actividad hospitalaria [médica]: estar al servicio de los seres humanos... Tan importante como la incorporación tecnológica es la humanización de hospital [de la medicina]”. Los principales obstáculos son la arrogancia tecnológica, la tecnificación del enfermo y el paternalismo médico».

Que así sea.

José Manuel Sánchez Ron
De la Real Academia Española

INTRODUCCIÓN

Nacer y morir fueron, durante milenios, actos personales. Entre ambos, pocos individuos logran evitar la enfermedad; una situación que la medicina, desde siempre, trató de aliviar. Ello, en una relación de proximidad entre médico y «su» paciente y mediante el empleo de remedios naturales. Incluso a finales del siglo XIX, ya introducido el fonendoscopio en la práctica médica y cuando la anestesia había allanado el camino a la cirugía, un famoso cirujano, cuya destreza conquistó las cavidades hasta entonces prohibidas del cuerpo humano, sentenció: «Aquel cirujano que intente una operación sobre el corazón perderá el respeto de sus colegas». Hoy no sólo se nace de «otra manera» —los nacidos con peso extremadamente bajo son «incubados» hasta finalizar su gestación—, sino que el acto de concebir al nonato escapa al acto sexual (fertilización *in vitro*); y morir es, en ocasiones, un proceso a trompicones por las posibilidades, en ocasiones fútiles, de prolongar la vida, y el corazón se trasplanta sin cortapisas.

Las enfermedades cardiovasculares —aquellas que afectan al corazón y a los vasos sanguíneos— son responsables de cerca de la mitad de todas las muertes en las sociedades occidentales avanzadas y, sobre todo, de los fallecimientos prematuros. A mediados del siglo XIX, la introducción del estetoscopio o fonendoscopio supuso un vuelco en el estudio y diagnóstico de las cardiopatías, principalmente de las enfermedades de las válvulas del corazón y

de la insuficiencia cardiaca, aunque poco se podía decir de la patología de los vasos coronarios. La introducción, a principios del siglo XX, de un polígrafo que permitía el registro de los pulsos arterial y venoso y, fundamentalmente, del electrocardiograma, dio un vuelco a la situación, permitiendo el acceso al estudio de la enfermedad coronaria. Años después, un cirujano se introdujo un catéter en una de las venas superficiales de uno de sus antebrazos y, tras hacerlo avanzar hacia el tórax, logró colocar su extremo en la aurícula derecha de su corazón, lo que comprobó mediante el examen radiológico por rayos X, otra técnica revolucionaria de, entonces, no lejana adquisición. El cateterismo, de la mano de los registros de presión en las cavidades cardiacas y de la imagen radiológica facilitada por la utilización de medios de contraste, dio lugar a los métodos modernos de la denominada cardiología invasiva, cuya máxima expresión hoy es el tratamiento de las lesiones obstructivas de las arterias coronarias mediante los diferentes procedimientos de dilatación endovascular o angioplastias. La cardiología no invasiva, por su parte, ha desarrollado técnicas de imagen avanzada que logran la visualización, en tiempo real, de la anatomía y función cardiacas; ello mediante tomografía ayudada por computadora, tomografía dual, resonancia magnética o ultrasonidos. Incluso se pueden ya vislumbrar los genes involucrados en la función cardiaca (ver «imagen molecular», pág. 285).

Los años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial alambicaron una innovación poderosa. La máquina corazón-pulmón permitió acceder, primero, a la reparación de cardiopatías congénitas y el reemplazo de las válvulas lesionadas, y años más tarde abordar la enfermedad coronaria mediante el puenteo de la obstrucción (“bypass” coronario). Otros artilugios como marcapasos y desfibriladores implantables, de la mano de la microelectrónica y de la ciencia de materiales, ampliaron el abanico de patologías controlables. La solución final tardó algunos años en llegar de la mano de otra técnica incuestionable, el trasplante de órganos,

que, en ocasiones, se beneficia de una extraordinaria obra de ingeniería médica: el corazón artificial total e implantable que asume la función cardiaca hasta la disponibilidad de un donante adecuado. Soluciones que exigen unidades sofisticadas —de cuidados intensivos—, escaparate de la medicina más avanzada.

Y aún hay más. Otro ingrediente de la alquimia cardio-tecnológica lo representa el mundo «ómico». Tras proceder a la angioplastia y colocación de un *stent*, el cirujano administra, en el territorio miocárdico isquémico, células troncales o madre; celulóica en estado puro. Ello con una doble finalidad: repoblar con células competentes (algunas de las células madre pluripotentes responderán a la llamada del tejido circundante diferenciándose en cardiomiocitos, las células musculares cardíacas) el territorio necrosado por la isquemia y revascularizar la zona mediante la neoformación de vasos (otras células troncales responderán diferenciándose en células que formarán nuevos tubos vasculares). Pero eso no es todo; el cardiólogo intervencionista debe asegurar que la dilatación arterial provocada y el artilugio de refuerzo (a modo de las dovelas que garantizan la estabilidad de un túnel) no se obstruirán provocando un nuevo episodio isquémico. Puede utilizar dos estrategias: inyectar genes (terapia génica *in situ*) que expresan proteínas que impiden el crecimiento celular y, por lo tanto, la obstrucción por hiperplasia; o dotar con fármacos con idéntica función al *stent* que, inteligentemente, irá liberando según la respuesta celular del entorno. Una vez dado el paciente de alta, el seguimiento de la evolución de su nueva situación se hará merced a sofisticados sistemas de teleasistencia. ¿Y quién pagará la cuenta?

La moderna cardiología proporciona un buen ejemplo de la compleja mezcla de éxitos, fracasos e incertidumbre que tipifica la era de una práctica médica basada en la alta tecnología. Una manera de hacer medicina centrada en el hospital y que suscita un arduo debate en el que confluyen aspectos de responsabilidad social, necesidades y valores nacionales, financiación y costes,

equidad y eficiencia, beneficios y riesgos y educación y comunicación. La explosión de novedades en los campos de la biomedicina y de la tecnología médica, en sus vertientes diagnóstica y terapéutica, ha provocado cambios profundos en la práctica médica. Pero no debe olvidarse que la disciplina médica adquiere conocimiento con un propósito: utilizarlo para prevenir, curar y cuidar. Los «doctores» tienen que integrar los nuevos avances para hacer posible su aplicación al cuidado de los enfermos.

ELENCO BIOGRÁFICO

William French ANDERSON: Estados Unidos, 1936. Profesor de Bioquímica y de Pediatría y Director de los Laboratorios de Terapia Génica, de la Universidad de California. Antes de su incorporación a la USC, en 1992, fue director del Programa de investigación de terapia génica del Centro de Hematología Molecular del Instituto de Cardiología, Neumología y Hematología de los Institutos Nacionales de la Salud de Estados Unidos. Conocido como el «Padre de la terapia génica», dirigió, en 1990, el equipo que llevó a cabo el primer protocolo clínico humano de terapia génica en dos pacientes enfermos de síndrome combinado grave de inmunodeficiencia (SCID).

Oswald Theodore AVERY: Estados Unidos, 1877-1955. Distinguido bacteriólogo e investigador médico clínico y uno de los fundadores de la inmunoquímica. En 1944, Avery y sus colaboradores, Colin MacLeod y Maclyn McCarty, publicaron un trabajo sobre la capacidad transformadora del ADN, que supuso la plataforma histórica de la investigación contemporánea sobre esa macromolécula.

George Wells BEADLE: Estados Unidos, 1903-1989. Compartió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1959 con Edward L. Tatum «por su descubrimiento de que los genes actúan regulando acontecimientos químicos definidos». Sus experimentos iniciales con *Drosophila* revelaron que incluso características tan simples como el color de los ojos son el resultado de una larga serie de reacciones químicas genéticamente determinadas. Experimentos posteriores con mohos le permitieron concluir que cada gen determina la estructura de una enzima particular (teoría génica «un gen → una enzima») que, a su vez, controla una determinada reacción química. Su trabajo cerró la era de la genética clásica dominada por Morgan.

Antoine-Henri BECKEREL: Francia, 1852-1908. Recibió el Premio Nobel de Física de 1903 «en reconocimiento de los extraordinarios servicios prestados por su descubrimiento de la radiactividad espontánea» en el uranio; premio que compartió con Pierre y Marie Sklodowska Curie. También señaló la desviación magnética de los rayos beta. La unidad de radiactividad del SI se denomina «becquerel» en su honor.

Paul BERG: Estados Unidos, 1926. Profesor de Bioquímica en la Universidad de Stanford. En 1959, obtuvo prestigio internacional cuando delimitó los pasos claves en el proceso de traducción de las proteínas. Fue galardonado con el Premio Nobel de Química de 1980 «por sus estudios fundamentales sobre la bioquímica de los ácidos nucleicos, en especial los referidos al ADN recombinante». Compartió el premio con Walter Gilbert y Frederick Sanger, quienes lo recibieron «por sus contribuciones

referentes a la determinación de las secuencias de bases en los ácidos nucleicos». A mediados de la década de 1970, preguntado por la Academia de Ciencias de Estados Unidos respecto a la bioseguridad de la tecnología ADN recombinante, respondió con la histórica «carta Berg», haciendo una llamada a la comunidad científica para una moratoria sobre la tecnología cuestionada, hasta que su seguridad pudiera ser contrastada. Fue uno de los organizadores de la Conferencia Asilomar, que tuvo lugar en dicha ciudad californiana en febrero de 1975, en la que un centenar de científicos discutieron los riesgos potenciales de los experimentos de cirugía genética.

Claude BERNARD: Francia, 1813-1878. Estudió medicina en París, obteniendo su primera cátedra en 1854, en la Facultad de Ciencias de París, pasando a ocupar un año después la que dejó libre François Magendie en el Colegio de Francia. Entre sus descubrimientos se cuentan la detección de la presencia en el proceso digestivo de una enzima del jugo gástrico, y el papel de la bilis y del jugo pancreático en la digestión de las grasas. La aproximación experimental y filosófica de Bernard a la fisiología se guió por el principio de coherencia: los órganos y los tejidos funcionan de manera integrada, y las funciones orgánicas están encaminadas a mantener la constancia del que denominó «*milieu intérieur*».

Ludwig von BERTALANFFY: Viena, 1901-Nueva York, 1972. Fue profesor de biología en la Universidad de su ciudad natal hasta que en 1949 marchó a Canadá y a Estados Unidos. Se le considera el fundador de la «teoría general de los sistemas», una teoría general capaz de elaborar principios y modelos aplicables a todos los sistemas, cualquiera que sea la naturaleza de sus partes y el nivel de organización.

Felix BLOCH: Suiza, 1905-Estados Unidos, 1983. Compartió el Premio Nobel de Física de 1952 con Edward M. Purcell «por su descubrimiento de nuevos métodos para medir con precisión el momento magnético nuclear y fenómenos asociados».

Herbert W. BOYER: Estados Unidos, 1936. Profesor emérito de la Universidad de California, San Francisco. En 1973, Boyer y Stanley Cohen, de la Universidad de Stanford, publicaron los trabajos pioneros en clonación molecular: el primer organismo genéticamente ingenierizado. Trabajos que dieron lugar a la cofundación, con Robert Swanson, en 1976, de la primera compañía biotecnológica, Genentech, Inc.

Frank Macfarlane BURNET: Australia, 1899-1985. Recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1960 —que compartió con Peter B. Medawar— «por su descubrimiento de la tolerancia inmunológica adquirida».

Phineas CAGE: (s.l., s.a.) Trabajador irlandés en Estados Unidos, quien en 1847 sufrió un accidente de trabajo. Una astilla de metal se introdujo en su cerebro. Sobrevivió al accidente, pero aunque mantuvo intactas su inteligencia y memoria, sufrió cambios profundos de personalidad.

Alexis CARREL: Francia, 1873-1944. Recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1912 «en reconocimiento por su trabajo —realizado en el Instituto Rockefeller de Investigaciones Médicas, de Nueva York— sobre sutura vascular y de trasplantes de vasos sanguíneos y de órganos». Durante la Gran Guerra Europea hizo importantes contribuciones al tratamiento de las heridas (método Carrel-Dakins).

Edwin CHARGAFF: Austria, 1905-2002. Bioquímico estadounidense de origen austriaco. En 1950 demostró que las proporciones de las bases nitrogenadas son diferentes en los distintos organismos, aunque siguen algunas reglas —reglas de Chargaff— que se cumplen en los organismos cuyo material hereditario es ADN de doble hélice: 1) La proporción de adenina (A) es igual a la de timina (T). 2) La relación entre A y T es

igual a la unidad. 3) La proporción de Guanina (G) es igual a la de Citosina (C). 4) La relación entre G y C es igual a la unidad. 5) La proporción de bases púricas (A+G) es igual a la de las bases pirimidínicas (T+C), siendo la relación entre (A+G) y (T+C) igual a la unidad. Sin embargo, la proporción entre (A+T) y (G+C) es característica de cada organismo,

Stanley N. COHEN: Estados Unidos, 1935. Profesor de Genética y de Medicina en la Universidad de Stanford, California. En 1973, Cohen y Boyer inventaron la técnica de la clonación molecular o AND recombinante, que permitió el trasplante de genes entre individuos de especies biológicas diferentes. Este descubrimiento abrió las puertas de la ingeniería genética.

Allan McLeod CORMACK: Sudáfrica, 1924- Estados Unidos, 1998. Inició la carrera de ingeniería eléctrica, aunque se decidió por la física y las matemáticas, que estudió en la Universidad de Cape Town. Tras una estancia en el Cavendish Laboratory, en Cambridge, retornó como profesor de Física a Cape Town en 1950. En 1956 se topó con el problema del cálculo dosimétrico en los tratamientos con fuentes radiactivas. En 1957 se trasladó a la Universidad de Harvard para trabajar con el ciclotrón de la Universidad, y en 1968 se integró en la Universidad de Tufts. Compartió con Godfrey N. Hounsfield el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1979 «por el desarrollo de la tomografía asistida por computadora».

Francis Harry Compton CRICK: Gran Bretaña, 1916-Estados Unidos, 2004. Estudió física en el University College de Londres. Durante la Segunda Guerra Mundial trabajó en investigación bélica y, una vez finalizada la contienda, se trasladó a Cambridge con el propósito de cambiar su campo de investigación hacia la biología. Mientras preparaba su tesis doctoral, que finalizó en 1954, conoció a Watson, iniciándose la colaboración entre ambos. Después de una distinguida carrera académica en Cambridge, se trasladó a Estados Unidos, en donde fue catedrático de investigación en el Salk Institute, ocupándose de problemas de neurobiología y de la naturaleza de la conciencia. Compartió con James D. Watson y Maurice H. F. Wilkins el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1962 «por sus descubrimientos referentes a la estructura molecular de los ácidos nucleicos y su significado para la transferencia de información en los organismos vivos».

Raymond V. DAMADIAN: Estados Unidos, 1936. Desde 1969, fue el primer médico americano que estudió la detección de tumores cancerígenos mediante IRM. A pesar del escepticismo de la comunidad científica, emprendió la realización de un imán supraconductor con el que en 1977 se obtuvieron las primeras imágenes del tórax humano. Ciertamente, en 1976, Lauterbur y Mansfield ya habían conseguido imágenes de pequeños objetos, pero no se puede olvidar que la idea inicial y la primera aplicación práctica del IRM se deben a Damadian.

Charles Robert DARWIN: Gran Bretaña, 1809-1882. Sentó las bases de la teoría moderna de la evolución con su concepto del desarrollo de todas las formas de vida a través del proceso lento de la selección natural. Su trabajo tuvo una influencia decisiva sobre las ciencias de la vida y de la tierra, y sobre el pensamiento moderno en general. La teoría completa de Darwin se publicó en 1859 como *El origen de las especies*. Se le conocía como «El libro que sacudió al mundo» y se agotó el primer día de publicación.

Jean DAUSSET: Francia, 1916. Compartió con los norteamericanos Baruj Benacerraf y George D. Snell, el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1980 «por sus descu-

brimientos referentes a las estructuras, genéticamente determinadas, sobre la superficie de las células que regulan las reacciones inmunológicas». A Dausset se debe la identificación del primer determinante antigénico humano de trasplante, el HLA-2.

Richard DAWKINS: Kenia, 1941. Profesor de Zoología en la Universidad de Oxford, ocupa en la actualidad una cátedra de Difusión de la Ciencia. Autor del superventas *The Selfish Gene* (1976), y de *The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe Without Design* (1986).

Richard DOLL: Gran Bretaña, 1912-2005. Entre 1951 y 1954 codirigió el estudio que confirmó la relación causal entre tabaco y cáncer de pulmón.

Ian DONALD: Escocia, 1910-1987. Pionero en la utilización de la exploración mediante ultrasonidos en obstetricia.

Franciscus Cornelis DONDERS: Alemania, 1818-1869. Este fisiólogo alemán propuso en 1868 un método general para medir el proceso cognitivo sobre la base de una lógica simple. Sustrajo el tiempo necesario para responder a un estímulo luminoso (presionar un botón, por ejemplo), del tiempo necesario para responder a un color determinado del estímulo. Encontró que la discriminación del color consumía alrededor de 50 ms. De esta manera, Donders «aisló» y midió un proceso mental por vez primera, mediante la substracción de un estadio control (responder al estímulo luminoso) de un estado problemático (discriminar el color del estímulo luminoso).

Albert EINSTEIN: Alemania, 1879-Estados Unidos, 1955. Enunció la teoría de la relatividad, que relaciona espacio, tiempo y energía. Estudió el movimiento browniano e indicó la existencia de los fotones o cuantos de luz para explicar el efecto fotoeléctrico. Estableció una teoría general de campo sobre los campos electromagnético y gravitatorio. Su obra revolucionó la ciencia en general y la física en particular, y ha tenido y tiene grandes implicaciones filosóficas al superar los conceptos newtonianos de espacio y tiempo, lo que afecta a las ideas de causalidad, determinismo, subjetivismo y realismo. Premio Nobel de Física de 1921 «por sus servicios a la Física Teórica y, especialmente, por su descubrimiento de la ley del efecto fotoeléctrico».

Robert Geoffrey EDWARDS: Gran Bretaña, 1925. Pionero de la fertilización *in vitro* humana.

Papiro EDWIN SMITH: Base de los tratamientos quirúrgicos en el antiguo Egipto, es un manuscrito de 17 páginas en el recto y 5 en el reverso que fue puesto a la venta por Mustafa Agha en 1862 y adquirido por un aventurero americano, Edwin Smith. A su muerte, su hija lo donó, en 1906, a la Sociedad de Historia de Nueva York. Actualmente se encuentra en la Academia de Ciencias de la misma localidad. En esta primera época dinástica, la cirugía estaba limitada a pequeñas operaciones, curación de heridas y contusiones, entablillado de fracturas y, posiblemente, la eliminación de pequeñas tumoraciones. El papiro Edwin Smith es el tratado de cirugía más antiguo conocido. Recoge casos, no recetas. Comienza con la descripción y tratamiento de contusiones, heridas y fracturas de los huesos craneales, explicados de una forma sistemática; luego del tórax y la columna, donde, desafortunadamente, se interrumpe. Los 48 casos descritos son típicos y no representan casos individuales; todos ellos recogen un título, examen, diagnóstico y tratamiento. También incluye el pronóstico: favorable, incierto y desfavorable; en el último caso «la enfermedad no debe ser tratada», un veredicto que aparece en catorce ocasiones. De los 48 casos conservados, 27 se refieren a traumatismos craneales (cuatro corresponden a desgarros extensos del cuero cabelludo, y once son fracturas de cráneo) y 6 a traumatismos de la columna.

Las lesiones cerebrales y de columna se asocian con alteraciones funcionales de otras partes del cuerpo. El escriba, quien, en c. 1600 a.C. copió un papiro probablemente datado entre 3000 a.C. y 2500 a.C., realizó frecuentes errores que fueron corregidos con notas al margen.

Richard Phillips FEYNMAN: Estados Unidos, 1918-1988. Compartió con Sin-Itiro Tomonaga y Julian Schwinger el Premio Nobel de Física de 1965 por «su trabajo fundamental en electrodinámica cuántica —cómo las partículas cargadas eléctricamente interactúan con fotones y entre ellas—, con profundas consecuencias para la física de las partículas elementales». Su versión de esta teoría y sus esquemas acompañantes —diagramas de Feynman: representaciones pictóricas intuitivas de las interacciones entre las diferentes partículas elementales— revolucionaron la manera de pensar de los científicos sobre estos procesos en muchos campos de la física.

Alexander FLEMING: Gran Bretaña, 1881-1955. Bacteriólogo escocés que descubrió en 1920 la lisozima, enzima presente en secreciones corporales como las lágrimas, que posee efectos antibacterianos. En 1928 notó que sobre una placa de cultivo bacteriano estaba creciendo mohó y que alrededor de éste se había formado un halo o área libre de estafilococos, hecho que atrajo de inmediato su atención. Su único mérito —comentaría el propio Fleming— fue no ignorar aquella sugerente capa de mohó. Compartió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina con Ernst Boris Chain y Howard Walter Florey «por el descubrimiento de la penicilina y sus efectos curativos en varias enfermedades infecciosas».

Werner FORSSMAN: Alemania, 1904-1979. En 1929, este cirujano alemán desarrolló la técnica del cateterismo cardíaco. Insertó un catéter en una de las venas de su antebrazo y lo hizo avanzar hasta las cavidades derechas de su corazón. Compartió con Andre Frédéric Cournand (Francia, 1895-Estados Unidos, 1988) y con Dickinson W. Richards (Estados Unidos, 1895-1973), el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1956 por «sus descubrimientos referentes al cateterismo cardíaco y los cambios patológicos en el sistema circulatorio».

Robert A. FREITAS: Estados Unidos. Graduado en Física y en Psicología en 1974 y doctorado en Leyes en 1978. A partir de su intervención en el proyecto de la NASA sobre factorías espaciales autorreplicantes, volcó su interés por el mundo nanodimensional, en especial en la nanomecánica y la nanomedicina. Es autor del primer tratado sistemático de nanomedicina y diseñador del primer *nanodoc* operativo.

Sigmund FREUD: Austria, 1856-Gran Bretaña, 1939. Creador del psicoanálisis como método para la curación de las neurosis. Estudió la interpretación de los sueños y consideró la sexualidad como el primer motor de la conducta humana. Su obra ha traspasado los límites de la medicina, adquiriendo gran relevancia sobre el arte, la literatura y la antropología.

Richard Buckminster FULLER: Estados Unidos, 1895-1983. Arquitecto, inventor y filósofo, influyó en varias generaciones de arquitectos e ingenieros con su optimista visión de un mundo transformado por una aplicación eficaz de la tecnología. Fundó la Dymaxion Corporation en 1932 con la intención de hacer una fabricación en cadena de casas y automóviles estándar, ecológicos y baratos. Nuevos experimentos le llevaron a defender una cúpula geodésica, una forma que él apoyaba como medio de cubrir grandes áreas a muy bajo coste. Se construyeron cientos de estas estructuras, a pesar de que los planes de Fuller de cubrir ciudades enteras

con ellas se consideraron, generalmente, fantasías futuristas. Acuñó la palabra tensegridad, tensión integrada, para resumir el concepto básico de su estructura geodésica.

GALENO de Pérgamo: Nació en Pérgamo, ciudad situada en el extremo occidental del Asia Menor, muy cerca del mar Egeo, en septiembre del año 129. Probablemente murió entre el 210 y 216, cumplidos los ochenta años. Como muchos intelectuales griegos de su tiempo vivió un auténtico renacimiento nacionalista y cultural del esplendor clásico del s. V a.C., fruto de la famosa *Pax Romana*. «Mi padre —nos dice Galeno— estaba versado en geometría, aritmética, arquitectura, lógica y astronomía. Deseaba que aprendiese geometría porque sus conclusiones demostrables no admiten controversia y en ellas coinciden los maestros de todas las escuelas y grupos. Por muy deseables que sean todas las ciencias —decía—, más deseables son todavía las virtudes de la justicia, templanza, fortaleza y prudencia.» Galeno no sólo estudió con gusto y convicción la medicina y la practicó durante el resto de su vida, sino que también estuvo convencido de que, entre todas las actividades intelectuales prácticas que podía ejercer un hombre, la medicina era la óptima y más acorde con lo característico de la naturaleza humana, su racionalidad, que era la función propia de una de las tres almas o principios de los movimientos de los seres vivos y que Galeno tomó prestado, a grandes rasgos, del sistema tripartito del alma de Platón.

Archibald E. GARROD: Gran Bretaña, 1857-1936. En 1896 se interesó por aquellos pacientes con una rara enfermedad conocida como alcaptonuria. Cuando se expone al aire, la orina de tales enfermos se oscurece. Concluyó que tal enfermedad era un defecto congénito, independiente de cualquier tipo de infección. Rara en la población general, pero frecuente en la descendencia entre primos, la incidencia de la alcaptonuria correspondía al tipo de herencia recesiva descrita por Mendel en sus experimentos con guisantes. Su experiencia clínica, recogida en el libro *Errores innatos del metabolismo* supuso el inicio de la moderna patología molecular.

William Ford GIBSON: Estados Unidos, 1948. Autor de *Neuromancer* (1984), un clásico de una nueva clase de ciencia ficción, la *cyberpunk generation*.

John GURDON: Gran Bretaña, 1933. Una serie de experimentos señalaban que el potencial genético disminuía según las células se diferencian, siendo imposible producir un clon a partir del núcleo de una célula adulta. Sin embargo, Gordon y sus colaboradores de la Universidad de Oxford realizaron un experimento conflictivo que publicaron en 1958. Utilizando la *Xenopus laevis*, una especie de rana, el equipo de Gurdon demostró que el núcleo de una célula epitelial intestinal completamente diferenciada era capaz de producir clones. En esencia, el experimento que concluyó con el nacimiento de la oveja *Dolly* en 1997 es idéntico al llevado a cabo por Gurdon.

Gunther von HAGENS: Alemania, 1948. En 1977, año en el que asume un puesto de colaborador científico en el Instituto de anatomía y biología celular de la Universidad de Heidelberg, Von Hagens inventa el procedimiento de la «plastinación», por el que se reemplaza el agua de las células por una materia plástica, consiguiendo plastinar el primer cuerpo humano en 1990. En 1993 creó el Instituto de Plastinación de Heidelberg. Actualmente construye el *Plastination City* en Dalian, China. La exposición «Mundos del Cuerpo» ha sido expuesta en numerosas ciudades.

William HARVEY: Gran Bretaña, 1578-1657. Estudió medicina en Cambridge. Tras graduarse en 1597, se trasladó a Padua, donde trabajó con Girolamo Fabrizio, con quien se inició en el estudio de las funciones del corazón. Gracias a estas investigaciones, pudo escribir en una fecha tan temprana (1603) que «el movimiento de la

sangre tiene lugar constantemente en forma circular y es el resultado de los latidos del corazón». En 1602 comenzó a ejercer la profesión médica en Londres, siendo elegido miembro (*fellow*) del Royal College of Physicians en 1607. Dos años más tarde fue designado médico en el Saint Bartholomew's Hospital, y en 1615, *lecturer* del College of Physicians. En 1618 pasó a formar parte del entorno del rey Jaime I, como médico extraordinario, puesto que conservó después de la llegada al trono, en 1625, de su sucesor, Carlos I.

William HASELTINE: Estados Unidos, 1944. Doctor en Biofísica por Harvard, Haseltine es presidente de Haseltine Associates Ltd. y de William A. Haseltine Foundation for Medical Sciences and the Arts. En 1992, fundó Human Genome Sciences. Ha sido miembro de la Facultad de Medicina de Harvard (1976-1993), donde creó y dirigió los departamentos de Farmacología del Cáncer y de Retrovirología Humana. Su activa carrera empresarial incluye el establecimiento de siete compañías biotecnológicas y la participación en otras veinte. Se le considera el impulsor más activo de la «medicina regenerativa».

David HILBERT: Alemania, 1862-1943. Investigó la teoría de invariantes y las ecuaciones integrales. Estableció nuevos métodos en geometría —sistema completo de axiomas para la geometría euclídea— y en física matemática.

Austin Bradford HILL: Gran Bretaña, 1897-1991. Epidemiólogo, fue pionero de los ensayos clínicos aleatorizados. Junto con Richard Doll, fue el primero en demostrar la conexión entre el humo del cigarrillo y el cáncer de pulmón.

George Charles von HEVESY: Hungría, 1885-Suecia, 1966. Premio Nobel de Química de 1944 «por su trabajo utilizando isótopos como sondas o trazadores en el estudio de las reacciones químicas». Descubrió también el hafnio, elemento esencial para los reactores atómicos.

HIPÓCRATES de Cos: 460-380 a.C. La colección de escritos médicos griegos que se nos ha transmitido con la denominación general de *Corpus Hippocraticum* comprende algo más de medio centenar de tratados, en su mayoría de breve extensión y referidos a una amplia temática que va desde consideraciones generales sobre la profesión y ética del médico, a los estudios sobre fisiología y patología, dietética y ginecología. Escritos en prosa jónica —el medio de comunicación intelectual prestigiado en aquella época del mundo griego— por Hipócrates y otros médicos de su generación, constituyen la primera colección de textos científicos del mundo antiguo. Uno de los pocos datos firmes de que se dispone sobre Hipócrates es el de su nacimiento en Cos hacia el 460 a.C. Ejerció la actividad médica en el norte de Grecia (en Tesalia y en Tracia), en la isla de Tasos y cerca del Ponto Euxino. Murió en Larisa a una edad avanzada. Platón, en el *Protágoras*, lo nombra como ejemplo de un maestro en su oficio, que «consiguió inmensa gloria no por azar, sino con su ciencia». JURAMENTO HIPOCRÁTICO: «Juro por Apolo médico, por Asclepio, Higea y Panacea, así como por todos los dioses y diosas, poniéndolos por testigos, dar cumplimiento en la medida de mis fuerzas y de acuerdo con mi criterio a este juramento y compromiso: Tener al que me enseñó este arte en igual estima que a mis progenitores, compartir con él mi hacienda y tomar a mi cargo sus necesidades si le hiciere falta; considerar a sus hijos como hermanos míos y enseñarles este arte, si es que tuvieran necesidad de aprenderlo, de forma gratuita y sin contrato; hacerme cargo de la preceptiva, la instrucción oral y todas las demás enseñanzas de mis hijos, de los de mi maestro y de los discípulos que hayan suscrito el compromiso y estén sometidos por juramento a la

ley médica, pero a nadie más. Haré uso del régimen dietético para ayuda del enfermo, según mi capacidad y recto entender: del daño y la injusticia le preservaré. No daré a nadie, aunque me lo pida, ningún fármaco letal, ni haré semejante sugerencia. Igualmente tampoco proporcionaré a mujer alguna un pesario abortivo. En pureza y santidad mantendré mi vida y mi arte. No haré uso del bisturí ni aun con los que sufren del mal de piedra: dejaré esa práctica a los que la realizan. A cualquier casa que entrare acudiré para asistencia del enfermo, fuera de todo agravio intencionado o corrupción, en especial de prácticas sexuales con las personas, ya sean hombres o mujeres, esclavos o libres. Lo que en el tratamiento, o incluso fuera de él, viere u oyere en relación con la vida de los hombres, aquello que jamás deba trascender, lo callaré teniéndolo por secreto. En consecuencia séame dado, si a este juramento fuere fiel y no lo quebrantare, el gozar de mi vida y de mi arte, siempre celebrado entre todos los hombres. Mas si lo trasgredo y cometo perjurio, sea de esto lo contrario»*.

Harold Horace HOPKINS: Gran Bretaña, 1918-1994. Físico que llevó a cabo su carrera investigadora en el Imperial College londinense. En 1984, la Royal Society homenajeó a Hopkins: «En reconocimiento de sus numerosas contribuciones a la teoría y al desarrollo de instrumentos ópticos, especialmente una amplia variedad de nuevos e importantes herramientas que han contribuido a mejorar el diagnóstico clínico y la cirugía».

John HUNTER: Gran Bretaña, 1728-1793. Aunque no terminó sus estudios, fue ayudante de su hermano William, famoso tocólogo y profesor, con quien colaboró en la preparación de sus cursos. En 1753 fue nombrado profesor de Anatomía en Surgeon's Hall, y en 1758, cirujano del Hospital de Saint George. También actuó como médico militar durante la guerra de los Siete Años. Entre sus alumnos destacan Edward Jenner y James Parkinson. Se le considera el padre de la Cirugía científica. Describió la circulación placentaria (1780), desarrolló un método quirúrgico para el tratamiento del aneurisma e inventó el aparato que lleva su nombre para la operación de la fístula lacrimal. Investigando la sífilis, se inoculó a sí mismo y contrajo la enfermedad. Su colección anatómica, que comprendía esqueletos de especies extinguidas, llegó a incluir cerca de 13.700 ejemplares.

Donald E. INGBER: Estados Unidos, s.a. Profesor de Biología vascular en el Hospital pediátrico de la Universidad de Harvard. Interesado en los motivos por los que acontecimientos del medio extracelular, en especial las fuerzas mecánicas, regulan la transducción de las señales celulares y controlan la morfogénesis tisular. Combinando métodos de la biología celular y molecular, ingeniería, física, nanotecnología y ciencia computacional, ha conseguido verificar en el mundo celular las bases del modelo tensegridad de Fuller y Snelson: el estrés celular, mediante mecanismos de mecano-transducción, inciden en la regulación de la expresión génica.

ISIDORO de Sevilla: España, 560-636. Obispo, teólogo y compilador; considerado uno de los grandes eruditos de la temprana Edad Media. *Originum sive etymologicarum libri viginti (Etymologiae o Etimologías)*, dividida en 20 libros, con 448 capítulos, constituye una enorme obra enciclopédica en la que se recogen y sistematizan todos los ámbitos del saber de la época (teología, historia, literatura, arte, derecho, gramática,

* De *Tratados hipocráticos I*, traducción de María Dolores Lara Nava, Biblioteca Clásica Gredos, núm. 63, Madrid, 1983.

cosmología, ciencias naturales, etc.). Gracias a esta obra, se hizo posible la conservación de la cultura romana y su transmisión a la España visigoda.

Eduardo KAC: Brasil, 1962. Profesor de Arte y Tecnología en la Escuela del Instituto de Arte de Chicago. Escritor y artista reconocido internacionalmente por sus instalaciones interactivas y el empleo de la ingeniería genética para crear seres genéticamente manipulados y provocar reflexiones éticas en torno a los avances de la biotecnología.

Seymour Solomon KETY: Estados Unidos, 1915-2000. Su primera gran contribución a las neurociencias fue el desarrollo de una técnica original para medir el flujo de sangre y el metabolismo energético en el cerebro humano. En un trabajo clásico, publicado en 1948, presentó el tratamiento matemático comprensivo de tales ideas y abrió nuevas avenidas en fisiología y medicina para explorar la circulación de la sangre y el metabolismo en el cerebro humano, entre otras, la imagen cerebral funcional. Planteó las bases biológicas de la esquizofrenia y abrió las puertas a la aproximación genética a la psiquiatría.

Heinrich Hermann Robert KOCH: Alemania, 1843-1910. Médico y microbiólogo, considerado fundador de la bacteriología. Estableció los criterios para determinar si un microorganismo es causante de una determinada enfermedad. Recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1905 «por sus descubrimientos en relación con la tuberculosis».

Arthur KORNBERG: Estados Unidos, 1918. Estudió en la Universidad de Rochester, donde se graduó en 1941. Trabajó en los NIH (1942), siendo profesor de Microbiología en la Universidad de San Luis (1953) y en la de Standford (1959). Kornberg se dedicó inicialmente al estudio de las enzimas que controlan el metabolismo celular, en particular la FAD y la DPN. Posteriormente se ocupó del estudio de los nucleótidos. En 1956 descubrió en la bacteria *E Coli* la enzima que permite a los seres vivos construir una cadena de ADN complementaria de otra dada, proceso fundamental para la transmisión de la información génica. Por ello recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1959, que compartió con Severo Ochoa.

Renato Teófilo Jacinto LAËNNEC: Francia, 1781-1826. Vivió la Revolución, el Imperio y la Restauración. Cirujano de tercera clase desde los quince años, estudió luego anatomía patológica con Bichat y cardiología con Corvisart. En 1803 obtiene dos galardones en el concurso nacional de premios de Medicina, leyendo al año siguiente su tesis doctoral: «Proposiciones sobre la doctrina hipocrática relativa a la medicina práctica». 1816 fue el año decisivo en la vida de Laënnec, pues nombrado jefe de clínica en el Hospital Necker, donde inventó el procedimiento de auscultación mediata que fue presentado, en febrero de 1818, en la Real Academia de Ciencias.

Christopher Gale LANGTON: Estados Unidos, 1948. Inició su vida profesional en ambientes hospitalarios, en la unidad de computadores del Cobb Laboratory, en el Departamento de psiquiatría del Massachusetts General Hospital, de Harvard. En 1972 trabajó en el Caribbean Primate Research Center, en Puerto Rico, en comportamiento de primates. Tras un grave accidente, en 1976 inició su aproximación a la alta computación. En 1979 consiguió dominar la teoría de autómatas de Von Neumann. Considerado uno de los padres de la «vida artificial», acuñó este término en el transcurso de la primera International Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems (conocida como Artificial Life I), que tuvo lugar en el Laboratorio Nacional de Los Álamos en 1987. Se le apoda «la viuda de la AI».

Pierre-Simon de LAPLACE (Marqués de): Francia, 1749-1827. Matemático y astrónomo. Realizó estudios de mecánica celeste y formuló una hipótesis cosmogónica. Es autor de una teoría general de la capilaridad y tiene importantes trabajos sobre termología y electromagnetismo. En matemáticas desarrolló la teoría de las funciones esféricas (ecuación diferencial de Laplace). Su *Teoría analítica de las probabilidades* (1812) formaliza todo el conocimiento de la época sobre la materia y aporta novedades como la aplicación de los mínimos cuadrados, entre otras. También tuvo gran influencia su obra divulgativa *Ensayo filosófico sobre probabilidades*, por proyectar el cálculo de probabilidades sobre las ciencias naturales y sociales.

Antoine Laurent LAVOISIER: Francia, 1743-1794. Estudió astronomía, botánica, química y matemáticas en el Collège Mazarin. En 1768 entró a formar parte de la Académie des Sciences, de la que llegó a ser director en 1785. También en 1768 comenzó su relación con la Ferme Générale, organización de carácter privado que era utilizada por el Estado para la recaudación de impuestos procedentes de la contribución territorial. Además de sus investigaciones químicas, se ocupó también de cuestiones agrícolas, económicas y administrativas, produciendo estudios como: *Résultats de quelques expériences d'agriculture et réflexions sur leurs relations avec l'économie politique* (1788); *L'état des finances de France au premier Janvier 1792* (1791), o *Réflexions sur l'instruction publique, présentées à la Convention Nationale par le Bureau de Consultation des Arts et Métiers* (1793). En 1787 fue elegido representante del tercer estado en la Asamblea provincial de Orleans y, tras convocarse los Estados Generales en mayo de 1789, diputado suplente por la nobleza de Bois. Entre otros cargos de índole política, fue comisario de la Tesorería Nacional. El 24 de noviembre de 1793 la convención ordenó el arresto de todos los miembros de la Ferme Générale, Lavoisier entre ellos. El 8 de mayo del año siguiente un tribunal revolucionario le condenó a morir en la guillotina, sentencia que se ejecutó aquel mismo día. Es célebre la frase que se adjudica a Joseph L. Lagrange (1736-1813): «Ha bastado un instante para cortar esta cabeza, y puede que cien años no basten para reproducir una parecida».

Joseph LISTER: Gran Bretaña, 1827-1912. La nueva era de la Cirugía, la antiséptica, fue obra de Lister. Nació en Upton, Essex, donde su padre tenía un negocio de vinos, pero por haber diseñado las lentes apocromáticas para microscopios alcanzó merecida reputación científica. Se graduó en Medicina en el University College de Londres (1852) y ese mismo año fue admitido como miembro del Royal College of Surgeons, Inglaterra. A finales de 1853 fue a trabajar con el cirujano J. Syme a la Royal Infirmary en Edimburgo. Durante los años escoceses cultivó la microscopía y publicó trabajos sobre la musculatura del iris (1853), de la piel (1853), del proceso de la inflamación (1858) y del mecanismo de la coagulación de la sangre (de 1851 a 1863). Fue elegido miembro de la Royal Society en 1860 y ese año pasó a profesor de cirugía en la Universidad de Glasgow, comenzando a interesarse por las causas de la erisipela, la pihemia y la gangrena, responsables de la mitad de las muertes en sus amputaciones. A sugerencia del químico G. T. Anderson, Lister leyó los trabajos de Pasteur sobre los gérmenes atmosféricos (1861) y de la putrefacción (1864), lo que le indujo a postular que la infección de las heridas se debía a los gérmenes microscópicos del ambiente y que podía ser evitada protegiendo la superficie de las heridas con apósitos impermeables y agentes antisépticos.

Pierre Charles-Alexander LOUIS: Francia, 1787-1872. Fundador del «método numérico» en medicina —la estadística médica— y el campeón de la observación exacta y

la deducción médicas.

François MAGENDIE: Francia, 1783-1855. Pionero de la Fisiología experimental, descubrió las funciones de las raíces dorsal y ventral de los nervios espinales, lo que supuso el punto de partida para la investigación funcional del sistema nervioso.

Benoit B. MANDELBROT: Polonia, 1924. Matemático francés de origen polaco. Nieto del eminente matemático Szolem Mandelbrot, su familia emigró a Francia en 1936. Su tío se encargó personalmente de su educación y lo orientó hacia los trabajos de G. Julia sobre las iteraciones sobre el plano complejo. Tras familiarizarse con otras disciplinas científicas, como la física o la biología, Mandelbrot desarrolló la teoría de las fractales, formas geométricas complejas caracterizadas por la autosemejanza y capaces de describir aquellos fenómenos espaciales no uniformes para los que las formas geométricas euclídeas habituales resultan insuficientes. El ulterior desarrollo de la geometría fractal ha generado resultados susceptibles de encontrar aplicación en campos tan diversos como los de la mecánica estadística o la infografía. Fue profesor de economía en la Universidad de Harvard, ingeniería en Yale, fisiología en el Colegio Albert Einstein de Medicina, y matemáticas en París y Ginebra. Desde 1958 trabajó en IBM, en el Centro de Investigaciones Thomas B. Watson de Nueva York.

Peter Brian MEDAWAR: Brasil, 1915-Gran Bretaña, 1987. Zoólogo y escritor británico, estudió los fenómenos inmunitarios en los trasplantes de tejidos. Compartió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1960 con Frank Macfarlane Burnet; por el descubrimiento de la inmunidad adquirida».

Gregor Johann MENDEL: Austria, 1822-1884. Monje agustino y botánico que enunció las leyes fundamentales de la herencia biológica; aunque anunciadas en 1865 y publicadas en 1866, no fueron reconocidas hasta 1900: principios de la uniformidad, de la segregación y de la combinación independiente.

Thomas Hunt MORGAN: Estados Unidos, 1866-1945. Genetista y embriólogo famoso por sus experimentos con la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, y por establecer la teoría cromosómica de la herencia. Se doctoró en 1890 en la Universidad Johns Hopkins. En 1904 accedió a su primera cátedra (de Zoología experimental) en la Universidad de Columbia de Nueva York. En 1928 fue nombrado director del Laboratorio de Ciencias Biológicas del California Institute of Technology, en Pasadena, puesto que mantuvo hasta su muerte. En 1933 recibió el premio Nobel de Fisiología o Medicina «por sus descubrimientos relativos al papel que desempeña el cromosoma en la herencia».

Desmond MORRIS: Gran Bretaña, 1928. Sociobiólogo y artista en la tradición surrealista. Autor de superventas como *El mono desnudo* (1967) o *El animal humano* (1994). Inventor del término «biomorfo», utilizado por Dawkins para denominar a su programa genético de vida artificial.

William Thomas MORTON: Estados Unidos, 1819-1868. Estudiante de Medicina de la Harvard Medical School, se enteró por su amistad con el dentista Wells de los efectos del óxido nitroso, pero una demostración de Wells ante los alumnos del cirujano J. C. Warren (1778-1856) fracasó. Instruido Morton por su preceptor en química, C. T. Jackson (1805-1880), de las propiedades del éter clorado o cloroformo, lo utilizó como anestésico en 1844 para empastar sin dolor un diente. Posteriormente, Jackson le informó que el éter sulfúrico tenía propiedades semejantes, que Morton comprobó en otro caso de empaste dental y en pequeños animales. La aceptación del éter sulfúrico como anestésico general ocurrió el 16 de octubre de 1846,

cuando Warren realizó sin dolor la extirpación de un tumor del cuello en un enfermo anestesiado por Morton en el Massachusetts General Hospital, Boston, intervención que fue publicada por Bigelow (1846). Dos meses después, Liston, en Londres, amputaba una pierna bajo el éter, y desde comienzos de 1847 ya se operaba bajo anestesia etérea en Rusia, España, Francia y otros países.

Kary Banks MULLIS: Estados Unidos, 1944. Premio Nobel de Química de 1993 «por su invento —en 1983— del método de la reacción en cadena de la polimerasa» (Polymerase Chain Reaction: PCR). La PCR inspiró el argumento de la novela *Parque Jurásico* de Michael Crichton, llevada al cine (1993) bajo la dirección de Steven Spielberg.

Joseph Edward MURRAY: Estados Unidos, 1919. Estudió Medicina en Harvard e hizo un internado en cirugía en el Peter Bent Brigham Hospital. Su interés en la biología tisular y en el trasplante de órganos se inició durante su estancia en el Valley Forge General Hospital (un centro militar) en Pennsylvania, un centro de referencia de cirugía plástica y de grandes quemados. Con el Coronel James Barrett Brown se inició en el estudio de los trasplantes cutáneos cruzados entre gemelos. De regreso al Brigham tuvo contacto frecuente con Peter B. Medawar, George Hitchings, Trudy Elion (Premios Nobel de Fisiología o Medicina de 1988) y con Sir Roy Calne, quien estuvo trabajando en el Brigham entre los años 1960 y 1961 como Surgical Research Fellow. Participó en frecuentes ensayos clínicos de fármacos inmunosupresores. Su contacto con científicos básicos fue permanente. Deportista y musicólogo empedernido, compartió con Edgard Donnall Thomas (Estados Unidos, 1920) el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1990 «por sus descubrimientos concernientes al trasplante de órganos y de células en el tratamiento de las enfermedades humanas».

John (János Lajos) von NEUMANN: Hungría, 1903-Estados Unidos, 1957. Se doctoró en matemáticas por la Universidad de Budapest y en químicas por la Universidad de Zurich. En 1927 empezó a trabajar en la Universidad de Berlín. En 1932 se traslada a los Estados Unidos donde trabajará en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, donde trabaja en teoría de conjuntos y análisis funcional. Es el creador del campo de la Teoría de Juegos publicando en 1928 su primer artículo sobre el tema. En 1937 publica «A Model of General Economic Equilibrium», un artículo de referencia sobre economía matemática. Por otro lado, ocupa un lugar privilegiado en la historia de la computación debido a sus múltiples e importantísimos aportes a las computadoras de la primera generación, llegando a ser uno de los más brillantes matemáticos de la era de la computación. Es autor del concepto «autómata celular».

Marshall Warren NIRENBERG: Estados Unidos, 1927. Bioquímico que ingresó en los Institutos Nacionales de la Salud de Estados Unidos en 1957, donde dirigió la investigación bioquímica desde 1961. Compartió el premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1968 con Robert W. Holley (1922-1993) y Har Gobind Khorana (n. 1922) por «sus interpretaciones del código genético y su función en la síntesis de proteínas».

Severo OCHOA DE ALBORNOZ: España, 1905-1993. Doctorado en 1929, pasó a Heidelberg a trabajar bajo Otto Meyerhoff sobre energética muscular. En 1936 volvió a Alemania, luego estuvo en el Reino Unido, y en 1940 se afincó en Estados Unidos (1941, Universidad Washington de San Luis; 1945, Universidad de Nueva York), país en el que se nacionalizó en 1956. En 1955 Ochoa publicó, con la bioquímica francorrusa Marianne Grunberg-Manago, el aislamiento de una enzima del colibacilo que cataliza la síntesis de ARN, el intermediario entre el ADN y las proteínas.

Los descubridores llamaron «polinucleótido-fosforilasa» a la enzima, conocida luego como ARN-polimerasa. Ochoa compartió con Arthur Kornberg el Premio Nobel de Fisiología o Medicina (1959) «por sus descubrimientos de los mecanismos en la síntesis biológica de los ácidos ribonucleico y desoxirribonucleico». Más tarde, su papel fue decisivo en el desciframiento del código genético.

Louis PASTEUR: Francia, 1822-1895. Químico y bacteriólogo, inició la estequiometría al descubrir la isomería óptica de los tartratos. Señaló a los microorganismos como causantes de las fermentaciones y putrefacciones, y refutó la teoría de la generación espontánea. Descubrió las vacunas preventivas contra la rabia y el carbunco, e ideó un sistema que lleva su nombre para la conservación de productos alimenticios.

Linus Carl PAULING: Estados Unidos, 1901-1994. Químico. Aplicó la mecánica cuántica a la química. Estudió la estructura de las proteínas y su relación con alteraciones genotípicas. Investigó la naturaleza de los enlaces de las cadenas macromoleculares y las propiedades de moléculas de interés biológico y médico. Promovió un movimiento científico en contra de los ensayos nucleares y del empleo de armas atómicas. Premio Nobel de Química de 1954 y Premio Nobel de la Paz de 1962.

Ivan Petrovich PAVLOV: Rusia, 1849-1936. Fisiólogo que estudió los mecanismos de control de los procesos digestivos, que le llevaron a descubrir los reflejos condicionados, de gran importancia en el desarrollo de la conducta y el aprendizaje. Premio Nobel de Fisiología o Medicina (1904) «en reconocimiento de su trabajo sobre la fisiología de la digestión, que ha permitido conocer aspectos vitales de la disciplina que se ha visto, así, transformada y agrandada».

Edward Mills PURCELL: Estados Unidos, 1912-1997. Como astrónomo, halló ondas de radio en el hidrógeno neutro del espacio interestelar, lo que ha permitido trazar un mapa de gran parte de nuestra galaxia. Sus investigaciones sobre resonancia magnética nuclear han encontrado aplicación en la medida de los campos magnéticos de los núcleos de los átomos y en la obtención de imágenes médicas. Compartió con Felix Bloch el Premio Nobel de Física de 1952.

Santiago RAMÓN Y CAJAL: España, 1852-1934. Histólogo, conocido por su trabajo pionero sobre la anatomía microscópica del sistema nervioso. Demostró la discontinuidad celular de las neuronas y anticipó el mecanismo de propagación del impulso nervioso. En 1883 obtuvo la cátedra de anatomía descriptiva de la Universidad de Valencia y estudió la epidemia de cólera que azotó Valencia en 1885. Dos años más tarde, en 1887, se trasladó a Barcelona como catedrático de histología, donde realizó sus trabajos más importantes. En 1889 descubrió los mecanismos que gobiernan la morfología y los procesos conectivos de las células nerviosas de la materia gris del sistema nervioso cerebroespinal. Durante los siguientes dos años desentrañó los cambios básicos que experimenta la neurona durante el funcionamiento del sistema nervioso. Fue también el primero en aislar las células nerviosas, llamadas células de Cajal, que se encuentran cerca de la superficie del cerebro. En 1892 se instaló en Madrid y fue nombrado catedrático de histología de la universidad de Madrid, donde trabajó y prolongó su labor científica hasta su muerte. Compartió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1906 con Camilo Golgi (Italia, 1843-1926) «en reconocimiento de su trabajo sobre la estructura del sistema nervioso».

Norman F. RAMSEY: Estados Unidos, 1915. Premio Nobel de Física de 1931 «por su invento del método de campos oscilatorios independientes y su utilización en el máser de hidrógeno y otros relojes atómicos». Hans G. Dehmelt (Alemania, 1922) y

Wolfgang Paul (Alemania, 1913-1993) compartieron dicho premio aquel mismo año «por el desarrollo de la técnica de trampa iónica». Aunque es, ante todo, un físico experimental, tiene numerosas publicaciones en el campo de la física teórica.

Wilhelm Conrad RÖNTGEN: Alemania, 1845-1923. Investigó el calor específico de los gases, la radiación térmica y la electrodinámica. Premio Nobel de Física de 1901 «en reconocimiento de los extraordinarios servicios que ha rendido por el descubrimiento de los sorprendentes rayos que llevan su nombre». Una unidad de radiación ionizante se denomina «roentgen» en su honor.

Frederick SANGER: Gran Bretaña, 1918. Premio Nobel de Química en los años 1958 «por su trabajo sobre la estructura de las proteínas, especialmente la insulina» y 1980, esta vez compartido con Walter Gilbert (Estados Unidos, 1932) «por sus contribuciones relativas a la determinación de la secuencia de bases en ácidos nucleicos». El Premio Nobel de 1980 también galardonó a Paul Berg (Estados Unidos, 1926) «por sus estudios fundamentales de la bioquímica de los ácidos nucleicos, con particular mención al ADN recombinante».

Richard M. SATAVA: Estados Unidos, s.a. Graduado en Medicina por la Universidad de Philadelphia en 1968. Profesor de Cirugía en la Universidad de Washington y cirujano militar, es pionero en el campo de la cirugía robótica, realidad virtual y simulación quirúrgica. Director del Programa de Tecnología biomédica avanzada de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa (DARPA).

William SHAKESPEARE: Gran Bretaña, 1564-1616. En los tiempos del dramaturgo la medicina era muy primitiva, no sólo en comparación con los logros actuales, sino en comparación, por ejemplo, con la pintura, escultura o literatura del momento. Llama la atención que sus 37 obras contengan más de setecientas referencias a la medicina y psiquiatría; su conocimiento médico fue bastante superior a la de un ciudadano culto de nuestros días. Algunos estudiosos creen que la cercanía de Shakespeare a la medicina se debió a su yerno, el doctor John Hall, aunque otros arguyen que el matrimonio con Susana se produjo en 1607, cuando la mayor parte de la obra ya estaba escrita. En sus dramas, los comentarios médicos, diagnósticos y pronósticos no están puestos en boca de médicos, sino de legos.

Erwin SHRÖDINGER: Austria, 1887-1961. Estudió en su ciudad natal, doctorándose en 1910. Recibió su primera cátedra en Zurich en 1921, en donde realizó su contribución más importante a la física: el descubrimiento de la forma de mecánica cuántica denominada mecánica ondulatoria (1926). Este logro le llevó en 1927 a suceder a Max Planck en su cátedra de Berlín. Con la llegada al poder de Hitler, Schrödinger se trasladó a Oxford, regresando a Viena en 1936, para ocupar una cátedra en Graz. Cuando en 1938 Alemania se anexionó Austria, Schrödinger volvió a emigrar, esta vez a Irlanda, al entonces recientemente creado Instituto de Estudios Avanzados de Dublín. En 1956, regresó a Viena como catedrático de su Universidad.

Kenneth SNELSON: Estados Unidos, 1927. «Mi arte —comenta Snelson— está comprometido con la naturaleza en su aspecto primario, las pautas de las fuerzas físicas en el espacio tridimensional.» Escultura, imagen computacional, fotografía y estructuras son sus campos de interés. Inventor de una clase de estructuras —esculturas— que acabó conociéndose como tensegridad, cuyo nacimiento puede buscarse en los cursos donde Snelson coincidió con Richard B. Fuller, inventor del término.

Hans SPEMANN: Alemania, 1869-1941. Zoólogo —estudió física con Röntgen— que descubrió, en colaboración con Hilde Mangold y mediante ingeniosos experimentos

con embriones de anfibios, los centros organizadores del desarrollo embrionario. Le fue concedido el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1935 «por su descubrimiento del efecto organizador en el desarrollo embrionario».

Thomas E. STARZL: Estados Unidos, 1926. Profesor emérito de cirugía de la Universidad de Pittsburgh, institución que bautizó con su nombre el Instituto de Trasplante de dicha Universidad. Su dedicación al trasplante de órganos, desde los primeros tiempos heroicos de aquéllos, le ha valido el sobrenombre de «Padre del trasplante».

Charles R. STENT: Inglaterra, 1807-1885. Durante el siglo XIX el principal material para impresión dental era la cera. En 1847, el dentista inglés Edwin Truman (1819-1905) introdujo la gutapercha (goma translúcida, sólida, flexible, insoluble en el agua, que se obtiene de cierto árbol de la India, de la familia de las Sapotáceas. Blanqueada y calentada en agua, se transforma en una pasta blanda, adhesiva y capaz de estirarse en láminas y tomar cualquier forma, que se conserva tenazmente después de seca) que, al igual que la cera, distorsionaba la impresión durante las maniobras de extracción desde la cavidad oral. La solución vino de la mano de Charles R. Stent, dentista, quien obtuvo una mezcla de gutapercha y otra serie de sustancias (estearina, talco y colorantes) que resultó completamente fiable. La introducción de este material —patentado por los hijos de Stent con la marca: *Stent's Impresión Compound, C. R. & Stent*—, en 1856, resolvió el problema de la impresión dental. En 1916 la palabra *stent* se aplicó, por vez primera, por un cirujano plástico alemán para designar todos aquellos procedimientos que necesitaban un andamiaje para mantener una determinada forma. Con los años, aquella mezcla amplió sus indicaciones: desde la reconstrucción de mandíbulas y la construcción de nuevos uréteres, hasta asegurar la permeabilidad de las arterias tras angioplastia. En la actualidad, es la última indicación apuntada la que caracteriza el procedimiento. Un *stent* es un pequeño artilugio, una pequeña y delicada estructura cilíndrica hueca que se utiliza como endoprótesis a modo de un armazón intravascular.

Edward L. TATUM: Estados Unidos, 1909-1975. Descubrió, junto con George W. Beadle, la relación precisa entre los genes y las enzimas mediante el estudio de las mutaciones bioquímicas; y junto con Joshua Lederberg (Estados Unidos, 1925), la conjugación y recombinación genética en las bacterias, lo que constituyó uno de los grandes avances en el desarrollo de la genética molecular y de la ingeniería genética. Beadle y Tatum compartieron el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1958. Aquel mismo año, Joshua Lederberg recibió también el preciado galardón «por su descubrimiento relativo a la recombinación genética y la organización del material genético en las bacterias».

Howard Martin TEMIN: Estados Unidos, 1934-1994. Descubrió el mecanismo de replicación de los virus ARN y la enzima responsable, la *transcriptasa inversa*. La posibilidad de copiar ADN a partir de ARN supuso la «ruptura» del denominado dogma central de la biología molecular: el ADN se transcribe a ARN, que es traducido a proteínas; ello de manera unidireccional. Compartió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1975 con David Baltimore (Estados Unidos, 1938) y Renato Dulbecco (Italia, 1914) «por sus descubrimientos referentes a la interacción entre virus tumorales y el material genético de la célula invadida».

James Alexander THOMSON: Estados Unidos, s.a. Biólogo del desarrollo y profesor de anatomía en la Facultad de Medicina de la Universidad de Wisconsin, y jefe de pato-

logía del Centro Regional de Investigación de Primates de Wisconsin. Dirigió el equipo que aisló y cultivó células troncales embrionarias humanas en 1998. El doctor Thomson dirigió también el grupo de investigación que consiguió aislar por vez primera (1995) líneas celulares troncales de primates no humanos.

Alan TURING: Gran Bretaña, 1912-1954. Matemático y filósofo, aportó las bases que permitieron el posterior desarrollo de las ciencias de la computación y de la inteligencia artificial. Experto en critptoanálisis y fascinado con la más avanzada tecnología electrónica de la época, planeó la Máquina de Turing Universal en su forma electrónica. De hecho, había inventado las computadoras digitales.

Jacques de VAUCANSON: Francia, 1709-1782. Ingeniero e inventor a quien se deben los primeros y verdaderos robots.

J. Craig VENTER: Estados Unidos, 1946. En 1987, Venter, ex surfista y ex médico en Vietnam, se licenció en Bioquímica en 1972 y en Fisiología y Farmacología en 1975. Fue profesor de Bioquímica durante diez años en la Universidad de Nueva York. En 1984 ingresó en el NINDS (National Institute of Neurological Disorders and Strokes), donde permaneció hasta 1992. Allí investigó sobre los receptores de catecolaminas; «la secuenciación de un gen —cuenta— consumía un año de trabajo». Con motivo de la lectura de un artículo de Leroy Hood sobre un secuenciador automático de genes, se propuso construir una versión comercial, pero su proyecto no fue aprobado. Abandonó los Institutos Nacionales de la Salud (NIH) —patrón del NINDS— y se instaló por su cuenta para establecer The Institute for Genomic Research (TIGR), mientras William Haseltine dirige una compañía paralela, Human Genome Sciences, para comercializar los productos TIGR. En 1998, Craig Venter funda Celera con la intención de secuenciar el genoma en tres años. Su entrada en la carrera por secuenciar el genoma humano hizo saltar todas las previsiones. En junio de 2000, tres años antes de lo previsto por los NIH, Craig Venter, presidente de Celera, y Francis S. Collins, director del Consorcio internacional del Programa Genoma Humano (PGH), en una ceremonia en la Casa Blanca, anunciaron conjuntamente «borradores de trabajo» de la secuencia del genoma humano. En febrero del siguiente año, el consorcio del PGH publicaba el borrador en la revista *Nature* y, una semana después, Celera lo hacía en *Science*.

Andreas VESALIO: Flandes, 1514-Grecia, 1564. Nació en el seno de una familia que contaba con varios médicos entre sus antepasados (su padre era farmacéutico imperial). Obtuvo el título de bachiller en Lovaina, publicando una tesis en la que comparaba las terapias musulmana y galénica: *Paraphrasis in nonum librum Rhazac ad regem Almansorem* (Lovaina 1537). También estudió en París y Padua, ciudad en la que publicó su famoso *De humanis corporis fabrica*, cuando tenía sólo veintinueve años de edad. Fue uno de los médicos de Carlos V y, posteriormente, de Felipe II. Parece que falleció en un naufragio que se produjo cerca de la isla de Zakinthos, cerca de Grecia, cuando regresaba de una peregrinación a Tierra Santa.

Kevin WARWICK: Gran Bretaña, s.a. Profesor de cibernética en la Universidad de Reading, Inglaterra. Es conocido por sus estudios sobre interfaces directas entre computadores y el sistema nervioso humano. También ha realizado un intenso trabajo de investigación en robótica. El profesor Warwick y sus colaboradores señalan que el Project Cyborg —un organismo parte humano y parte máquina—, su programa más ambicioso, dará lugar a nuevas herramientas útiles para tratar pacientes con lesiones del sistema nervioso: «Cómo hacer el mundo de las máquinas “más humano”,

o cómo hacer que el ser humano sea una «máquina».

James Dewey WATSON: Estados Unidos, 1928. Se doctoró, bajo la dirección de Salvador Luria, en 1950 en la Universidad de Indiana. En 1951, mientras ampliaba estudios en Inglaterra (Cambridge), comenzó su colaboración con James Crick, que culminaría en 1953 con el descubrimiento de la estructura del ADN, por el que recibió, compartiéndolo con Crick y Maurice Wilkins, el premio Nobel de Medicina o Fisiología de 1962. Al regresar a Estados Unidos, se incorporó al claustro de la Universidad de Harvard. En 1965 publicó un texto clásico: *The Molecular Biology of Gene*. En 1968 fue nombrado director del Cold Spring Harbor Laboratory, y en 1988 director asociado del Proyecto Genoma Humano, del Instituto Nacional de la Salud.

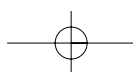
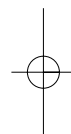
Norbert WIENER: Estados Unidos, 1894-Suecia, 1964. Matemático estadounidense, estudió en las Universidades de Harvard, Cambridge, donde fue alumno de Bertrand Russel, y Gotinga, aquí fue alumno de David Hilbert. Trabajó sobre los procesos estocásticos en los que intervienen variables aleatorias y en la descomposición de funciones en componentes periódicas. Pero se le conoce, sobre todo, como el padre de la Cibernética: la ciencia del control y la comunicación en el animal y en la máquina (*Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*, 1948). Wiener consideró la Cibernética como una ciencia multidisciplinar, basada en el estudio de los procesos comunes a los seres vivos y a las máquinas, como el control y la comunicación. El organismo está lleno de sistemas de control homeostático, que aseguran el equilibrio fisiológico de los diferentes sistemas y componentes; además, los seres vivos disponen de un complejo sistema de comunicaciones intercelular (sistemas nervioso y hormonal) e intracelular (vías de transmisión de señales). Del estudio comparativo con las máquinas, Wiener extrajo consecuencias importantes que arrojaron luz sobre la fisiología y la electromecánica y sobre los ordenadores electrónicos que estaban en su primera generación.

Ian WILMUT: Escocia, 1944. Profesor y director del Departamento de Expresión Génica y Desarrollo del Instituto Roslin, cerca de Edinburgo. Pionero de la ciencia de la clonación, reprodujo en un mamífero el experimento de Gurdon de 1958, siendo el director del grupo que consiguió la clonación de la oveja *Dolly* en 1997.

Carl August WUNDERLICH: Alemania, 1815-1877. Comenzó a estudiar Medicina en Tübingen (1833). Al concluir los cursos de 1837, estudió estadística médica en París con P. Louis y Gavarret, y tras doctorarse en Tübingen, estudió patología en Viena con Rokitsansky. Enseñó clínica médica en Tübingen hasta que en 1850 se trasladó a Leipzig, donde realizó una gran labor docente. Aunque tienen interés su manual de patología y terapéutica (1850-1852) y su *Historia de la Medicina* (1859), la contribución fundamental de Wunderlich a la clínica se debe a que aplicó el conocimiento coetáneo del origen del calor animal a las manifestaciones febriles de la enfermedad. Tras reunir más de 25.000 curvas térmicas, publicó *Das Verhalten der Eigenwärme in Krankheiten* (Leipzig, 1868), donde estableció la constancia de la temperatura normal en personas sanas y las variaciones que aparecen en distintas enfermedades. Garrinson comentó (1929) que Wunderlich encontró la fiebre descrita como una enfermedad y la dejó convertida en un síntoma.

Ahmed H. ZEWALL: Egipto, 1946. Para explicar la técnica desarrollada por Ahmed Zewall, químico con doble nacionalidad, egipcia y estadounidense, se recurre a veces a una metáfora: es, se dice, como si tratase de la máquina fotográfica más rápida fabricada hasta ahora. Una «máquina fotográfica» que permite «ver» cómo se lleva a

cabó una reacción química, cuándo se rompen unos enlaces y se crean otros nuevos. Zewall es el primer Premio Nobel de Ciencias egipcio y está considerado como el fundador de la llamada femtoquímica, una especialidad que se desenvuelve dentro del estudio de la escala de tiempo en la que se producen las reacciones químicas, en el rango de 10^{-15} segundos. Premio Nobel de Química 1999 «por sus estudios de los estados de transición de las reacciones químicas utilizando la femtoespectroscopía».



GLOSARIO

Accidente cerebrovascular: Pérdida repentina de la conciencia, a menudo seguida de algún tipo de parálisis y/o parestia, causada por el cese del aporte de sangre a diferentes áreas cerebrales (*stroke*). Dicha interrupción del aporte de sangre puede deberse a hemorragia cerebral o al bloqueo del flujo; esto último por trombosis o por embolismo.

Acelerador lineal: Los aceleradores de partículas son aparatos que lanzan partículas subatómicas a grandes velocidades y altas energías. Los aceleradores lineales, que se utilizan en radioterapia oncológica, generan un haz colimado de rayos X de alta energía que concentra la radiación en el tejido que quiere tratarse, minimizando el daño de los tejidos circundantes. Aunque la energía del haz generado puede ser enorme, las máquinas modernas son unidades relativamente compactas que pueden manejarse con facilidad alrededor del paciente. La colimación se refiere a la compactación y, con ello, la eliminación de la dispersión de los rayos X que lo componen mediante la utilización de diferentes dispositivos (colimadores).

Ácido nucleico: Biopolímero cuyas unidades constituyentes, denominadas nucleótidos, están formadas por una base nitrogenada, pentosa y ácido fosfórico. De acuerdo con la pentosa se dividen en ribonucleicos (ARN) y desoxirribonucleicos (ADN). Los primeros, con múltiples funciones biológicas tales como la transferencia de aminoácidos en la biosíntesis de las proteínas, la traducción del mensaje genético y la estructura de los ribosomas; los segundos, como sede del contenido informativo de la célula.

Ácido para-amino salicílico: Fármaco de primera línea en el tratamiento combinado de la tuberculosis.

Acónito: Nombre común de ciertas herbáceas perennes (ranunculáceas) de hojas palmadas y flores azules o amarillas, cuyas variedades son todas venenosas; propiedad debida a su alto contenido en alcaloides (aconitina). Nombre vulgar: casco de Júpiter, carro de Venus, veneno de lobo, capucha de monje, gorra de fraile. Su nombre proviene del vocablo latino *acon*, que significa «dardo». Fue utilizada a lo largo de la historia por distintos pueblos para envenenar las flechas empleadas en las cacerías. Fue muy utilizada por brujos y druidas (mezclada con azafrán, áloes y ruda) en fumigaciones para alejar a los malos espíritus. Se le atribuía también la virtud de hacer renacer el pelo. Como medicamento homeopático fue ensayado por primera vez por Samuel Hahnemann (1755-1843), fundador de la especialidad, en 1805 y luego ampliado su uso con éxito en fiebres y trastornos de aparición brusca, con dolores agudos que provocan ansiedad e inquietud muy marcadas, incluso sueño agitado.

ADN: Siglas que identifican al ácido desoxirribonucleico. Ácido nucleico que constituye la base molecular de la herencia biológica. La estructura propuesta para el ADN es la de una doble hélice, consistente en dos cadenas polinucleotídicas arrolladas sobre el mismo eje. Las dos cadenas son antiparalelas (polaridad opuesta) y complementarias (la secuencia de bases en una de ellas dicta la secuencia en la otra). (Véase par de bases.)

ADN Recombinante: Conjunto de herramientas utilizadas para identificar, cortar, aislar, reunir y recombinar, segmentos de ADN.

Afasia: Defecto o pérdida de la capacidad de expresión oral o escrita del lenguaje. La afasia motora o de Broca se refiere a la incapacidad de expresión, y la afasia receptora o de Wernike identifica la incapacidad de comprensión.

Alelo: Cada una de las formas alternativas de un gen dado, concernientes al mismo carácter. Los miembros de un par alélico ocupan posiciones correspondientes sobre un par de cromosomas homólogos. Si estos alelos son genéticamente idénticos, la célula o el organismo son homocigóticos; si son diferentes, serían heterocigóticos.

Algoritmo: Conjunto de instrucciones o pasos que sirven para ejecutar una tarea o resolver un problema. Un algoritmo es una secuencia de operaciones realizables, cuya ejecución da una solución de un problema. El término algoritmo no está exclusivamente relacionado con las matemáticas, ciencias de la computación o informática. En realidad, en la vida cotidiana empleamos algoritmos en multitud de ocasiones para resolver diversos problemas. Ejemplos son el uso de una lavadora (se siguen las instrucciones), para cocinar (se siguen los pasos de la receta). Un algoritmo debe ser definido, finito y preciso.

Algoritmo evolutivo: Aspecto de la computación evolutiva, que es parte de la inteligencia artificial. Es un término genérico utilizado para indicar cualquier algoritmo de optimización metaheurística basada en poblaciones y que utiliza mecanismos inspirados en la evolución biológica, como reproducción, mutación o recombinación; así como también a una selección de acuerdo con algún criterio en función del cual se decide cuáles son los individuos más adaptados, que sobreviven, y cuáles los menos aptos, que son descartados. Comprende los algoritmos genéticos, la programación evolutiva, las estrategias evolutivas, la programación genética y los sistemas de clasificación de aprendizaje.

Alta tecnología médica: Concepto que incluye aquellas técnicas utilizadas en procedimientos diagnósticos o terapéuticos, que se caracterizan por su complejidad, aparatosidad y alto precio. Son *grandes* máquinas como las instalaciones de resonancia magnética, los aparatos de litotricia o los aceleradores lineales.

Alucinación: Percepción aparente de un objeto o de una acción que no existe en el mundo real, sólo en la mente del que la experimenta.

Alucinógeno: Compuesto natural (psilocibina, mescalina) o de síntesis (LSD, fenciclidina, anfetaminas) que, actuando en el sistema nervioso central, provoca alucinaciones u otras alteraciones del proceso del pensamiento. Los alucinógenos se caracterizan por producir alucinaciones psicodélicas, caracterizadas por sensaciones de ingravidez y de incapacidad de diferenciar los límites de los objetos (desrealización) y del propio cuerpo (despersonalización), que se confunden con el ambiente en el que están inmersos.

Anestesia: Aunque el término se refiere a la pérdida de la sensación táctil o de cualquier otro sentido, se aplica especialmente a la pérdida de la sensación de dolor, de

movimiento y de conciencia, inducida farmacológicamente como condición previa a la cirugía (anestesia general). La anestesia local y la regional definen el bloqueo de la sensación dolorosa en el lugar o en la región anatómica correspondientes a una intervención quirúrgica localizada.

Aneurisma: Dilatación patológica de un segmento arterial.

Angiografía: Estudio radiográfico de los vasos sanguíneos mediante la administración de un medio de contraste.

Angioplastia: Dilatación de una arteria. La angioplastia es un procedimiento médico en el que se usa un balón colocado en el extremo de un catéter —que se introduce deshinchado a través de una arteria periférica bajo anestesia local— para abrir vasos sanguíneos, fundamentalmente del corazón (arterias coronarias), que presentan obstrucción o estrechamiento.

Animación suspendida: Se refiere a un estado de metabolismo celular controlado en el que se combinan asistolia, enlentecimiento metabólico e hipotermia moderada, y que permite una «resucitación» posterior. Nada tiene que ver con la denominada criogenia.

Anoxia: Dificultad en el aporte de oxígeno a los tejidos. La hipoxia o la anoxia pueden estar ocasionadas por una alteración en la vehiculación de oxígeno por la hemoglobina (altitud, anemia) o por un bloqueo de la perfusión tisular (estenosis arterial).

Área de Broca: Área motora del lenguaje situada en el giro cortical frontal inferior.

Área de Wernike: Término que se refiere al área de comprensión del lenguaje, situado en la parte posterior del giro cortical temporal superior y zonas adyacentes.

Arte evolutivo: Actividad que explota el proceso evolutivo para crear obras de arte que cambian continuamente de acuerdo a un algoritmo evolutivo.

Arteriosclerosis: Engrosamiento y pérdida de elasticidad de la pared arterial.

Artropatía: Cualquier patología o enfermedad de una articulación. El término artritis se refiere a una enfermedad inflamatoria de una articulación. Artrosis describe una patología degenerativa de una articulación.

Astrolabio: Del griego *astron*, «astro» y *lanbanien*, «tomar», «buscar», es decir, buscador de astros. Se adjudica a Tolomeo la invención del astrolabio plano, basado en la proyección estereográfica meridional de la esfera celeste sobre el plano del Ecuador. Tras caer en desuso, el astrolabio volvió a ser utilizado por los astrónomos árabes para resolver algunos problemas de triángulos esféricos relacionados con las prácticas religiosas, tales como predecir con exactitud el momento en el que comienza el Ramadán. Las partes de un astrolabio bien hecho son: la red, las placas, la matriz, el índice y la alidada.

Astrología: Creencia de que los asuntos humanos están influidos por las posiciones de los planetas. Introducida por los árabes, tuvo una gran influencia sobre la medicina medieval.

Ateroma: Lesión que resulta de una respuesta inflamatorio-proliferativa excesiva a diversas formas de agresión al endotelio y a la capa muscular de la pared arterial. La lesión o placa ateromatosa suele comenzar por un infiltrado graso (*fatty streak*) de la capa más interna (endotelio) de la pared vascular; esa lesión inicial está formada por un agregado de macrófagos repletos de grasas (lipófagos o células espumosas) y de linfocitos. A la larga, las lesiones precoces son invadidas por miocitos de la capa muscular media de la pared arterial y por células inflamatorias. Con frecuencia, las placas ateromatosas son focos de formación de coágulos (trombos) que acaban por ocluir la luz del vaso provocando un infarto de la zona tisular afectada.

Aterosclerosis: La forma más común de arteriosclerosis, en la que se forman placas (ateromas) lipoides que invaden la capa íntima y media de las grandes y de las medianas arterias. La aterosclerosis es la causa principal del infarto del miocardio, de los accidentes cerebrovasculares y de la gangrena de las extremidades, y es responsable del 50 por 100 de la mortalidad en Europa, Estados Unidos y Japón.

Autómata celular: Sistema dinámico que evoluciona en pasos discretos. Consiste en una rejilla o cuadrícula regular, infinita, de células o celdillas, cada una de ellas en uno de un número finito de estados. La rejilla puede tener un número finito de dimensiones aun siendo ilimitado, como sucede en un toroide. El estado de una célula en un tiempo dado (t) es una función de los estados de un número finito de células, denominado su vecindario, en el tiempo $t-1$.

Biochip o *microarray* de ADN: Identifica las «firmas» moleculares de una determinada población celular, y, en el caso específico del cáncer, su comportamiento específico (grado de agresividad y donde metastatizará) y/o su respuesta a la terapéutica. Una colección (*array*) de ADN consiste en un número muy grande de moléculas de ADN ordenadas sobre una pequeña pieza de sustrato sólido —chip—, de manera que formen una matriz de secuencias en dos dimensiones. Estos fragmentos de material genético pueden ser secuencias cortas llamadas oligonucleótidos, o de mayor tamaño, cADN (ADN complementario sintetizado a partir de mRNA) o bien productos de PCR (replicación in vitro de secuencias de ADN mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa). A estos fragmentos, todos ellos de una sola hebra (monocatenarios) de ADN, inmovilizados en el soporte del biochip, se les denomina, con frecuencia, «sondas». Los ácidos nucleicos de las muestras a analizar se «marcan» por diversos métodos (enzimáticos, fluorescentes, etc.) y se incuban sobre el panel de sondas, permitiendo la hibridación (reconocimiento y unión entre secuencias complementarias) de secuencias homólogas. Durante la hibridación, las muestras de material genético marcadas se unirán a sus complementarias inmovilizadas en el soporte del chip, permitiendo la identificación y cuantificación del ADN presente en la muestra. Con posterioridad, el escáner y las herramientas informáticas permiten interpretar y analizar los datos obtenidos.

Bio-fab: La combinación de tecnología y metodología para diseñar y fabricar chips semiconductores (*chip-fab*) representa uno de los paradigmas con más éxito, en todos los tiempos, en el campo de la ingeniería. Ello representa un valioso modelo para un sector tecnológico naciente: la fabricación de sistemas biológicos (*bio-fab*).

Biomarcador: Los marcadores tumorales son rasgos cuantificables que ayudan a los médicos a identificar, en una población, quién está en riesgo de padecer la enfermedad; a diagnosticarla precozmente; a seleccionar el mejor tratamiento, y a monitorizar la respuesta a éste. Tales biomarcadores existen en formas diferentes. Los más tradicionales son las mamografías y los niveles circulantes en sangre de PSA (antígeno específico de próstata). La complitud de la secuencia del genoma humano y los avances en las tecnologías «avanzadas» —biochips, secuenciación de ADN, citometría de flujo o espectrometría de masas— ha hecho que el universo de biomarcadores con potencial de información oncológica se haya expandido enormemente. El poder de estas aproximaciones de base molecular y su aplicabilidad directa en clínica humana permite ya, en ocasiones, identificar «patrones» moleculares potencialmente más fia-

bles como indicadores del estadio de la enfermedad, que el manejo de variables o marcadores individuales. Los avances paralelos en las tecnologías de imagen molecular abren la posibilidad de que biomarcadores moleculares pertinentes (ej., que marquen la respuesta a la terapia) puedan ser monitorizados en pacientes con cáncer en tiempo real. En conjunto, estos nuevos biomarcadores tendrán cada vez un papel más importante a la hora de clasificar los tumores y orientar las decisiones terapéuticas. Los mismos principios se aplican a otras patologías; por ejemplo, diversas enfermedades crónico-degenerativas.

Biomedicina: Medicina basada sobre los principios de las ciencias naturales: biología celular y molecular, genética, bioquímica o biofísica.

Biomodulación computacional: Modalidad de la investigación en vida artificial que se basa en la construcción computacional de simulaciones de sistemas biológicos. En sus comienzos, uno de sus principales objetivos es comprender el plegamiento de las proteínas, proyecto en que está involucrado el ultracomputador Blue Gene.

Biomorfo: Palabra inventada por Desmond Morris y que Richard Dawkins utilizó para designar formas, aparentemente vivas, creadas mediante un programa de computación evolutiva.

Biopsia: Toma de una muestra de tejido para su estudio histopatológico, con la finalidad de establecer un diagnóstico preciso.

Blue Gene: Proyecto de arquitectura computacional diseñado para construir una futura generación de ultracomputadores que alcanzarán velocidades de cálculo del orden de los petaflops: 10^{15} s⁻¹. El primer computador de la serie Blue Gene, Blue Gene/L, alcanzará más de 350 teraflops (10^{12}).

Braquiterapia: Véase radioterapia.

Bypass: Véase derivación; normalmente referida a situaciones vasculares y, específicamente, a las arterias coronarias.

Cáncer: Cualquier tumor con las características de malignidad: capacidad de invadir los tejidos adyacentes y de metastatizar; resistencia a la radioterapia y/a los fármacos; tendencia a la recidiva tras los tratamientos quirúrgico, quimioterápico o radioterápico, y, con frecuencia, con un desenlace fatal. En términos generales, los cánceres se dividen en carcinomas (originados en estructuras epiteliales) y en sarcomas (originados en estructuras conectivas). Los tumores malignos originados en los órganos linfáticos se denominan linfomas, y los derivados del sistema hematopoyético, leucemias.

Caos: Su raíz griega no significa desorden, sino el vacío primigenio o espacio. Típicamente, significa impredecibilidad. Desde el punto de vista matemático, caos se refiere al estudio de fenómenos aparentemente sencillos, pero que dan lugar a comportamientos complejos e inesperados debido a la confluencia de multitud de causas diferentes. Por ejemplo, descripción de un clima o la dinámica de fluidos dentro de las arterias, etc. Su caracterización más clara es la propiedad llamada sensibilidad a las condiciones iniciales o efecto mariposa, que consiste en que al modificar mínimamente las condiciones iniciales del sistema, se produce una notable variación en los resultados esperados. La representación gráfica de un caos o sistema caótico se aproxima a la imagen de un fractal.

Cartografía: El conjunto de las herramientas y de las técnicas utilizadas para la confección de mapas.

Cartografía del genoma: Definición posicional de los diferentes genes en los diversos cromosomas. Existen dos tipos de mapas génicos: 1) Los mapas de ligamiento se realizan sobre la base de localizar puntos de referencia (balizas) en el genoma; puntos polimórficos cuyas posiciones relativas son correctas, pero las distancias físicas no están determinadas con exactitud. En el mapa genético se mide la distancia genética (centimorgan) y no la distancia física (número de pares de bases) entre dos puntos polimórficos; la función principal de este mapa es la de poder localizar genes causales de enfermedades entre puntos de referencia establecidos. 2) Los mapas físicos se elaboran sobre la base de localizar loci definidos a distancias conocidas unos de otros. El mapa físico definitivo será la secuencia de bases de cada cromosoma.

Catéter: Tubo, flexible o rígido, que se utiliza para explorar los conductos o cavidades del cuerpo humano y para facilitar la eliminación de secreciones.

Cateterismo: Introducción de una sonda o catéter; en especial, a través de un vaso periférico con la finalidad de estudiar vasos distantes.

Cero absoluto: Temperatura a la cual la energía del movimiento molecular es nula; corresponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$ o a $1^{\circ}\text{Kelvin (K)}$.

Chip: Un circuito integrado (CI) es una pastilla de pequeñas dimensiones o chip de un material semiconductor —sustancia que se comporta como conductor o como aislante dependiendo del campo eléctrico en el que se encuentre—, en la que se encuentran todos o casi todos los componentes necesarios para que un ordenador pueda realizar alguna función. El primer CI fue desarrollado en 1958 por el ingeniero Jack Kilby, justo meses después de haber sido contratado por la firma *Texas Instruments*. Se trataba de un dispositivo que integraba seis transistores en una misma base semiconductor. En el año 2000, Kilby fue galardonado con el Premio Nobel de Física por la contribución de su invento al desarrollo de la tecnología de la información. Los circuitos integrados fueron posibles gracias a descubrimientos experimentales que demostraron que los semiconductores pueden realizar las funciones de los tubos de vacío. La integración de grandes cantidades de diminutos transistores en pequeños chips fue un enorme avance sobre el ensamblaje manual de los tubos de vacío (válvulas) y circuitos utilizando componentes discretos; también, la capacidad de producción masiva. Existen dos ventajas principales de los CIs sobre los circuitos convencionales: coste y rendimiento. El bajo coste es debido a que los chips, con todos sus componentes, son impresos como una sola pieza por fotolitografía y no contruidos mediante el ensamblaje, pieza a pieza, de cada uno de sus componentes. Con el transcurso de los años, los CIs están constantemente miniaturizando su tamaño a la vez que mejoran sus características y prestaciones, permitiendo que mayor cantidad de circuitos sean empaquetados en cada chip. La Ley de Moore expresa que, aproximadamente cada dos años, el número de transistores en una computadora se duplica. Se trata de una ley empírica, formulada por Gordon E. Moore el 19 de abril de 1965, cuyo cumplimiento se ha podido constatar hasta hoy. Algo más tarde modificó su propia ley al afirmar que el ritmo bajaría y que la densidad de los datos se doblaría, aproximadamente, cada 18 meses. Esta progresión de crecimiento exponencial: doblar la capacidad de los microprocesadores cada año y medio, es lo que se considera la Ley de Moore. Sólo ha transcurrido medio siglo después de que se inició su desarrollo y los circuitos integrados se han vuelto omnipresentes. Computadoras, teléfonos móviles y otras aplicaciones digitales son ahora partes inextricables de las sociedades modernas. La informática, las comunicaciones, la manufactura

y los sistemas de transporte, incluyendo Internet, todos dependen de la existencia de los circuitos integrados. De hecho, muchos estudiosos piensan que la revolución digital causada por los circuitos integrados es uno de los sucesos más significativos de la historia de la humanidad.

Cibercirugía: Término que abarca y describe un nuevo concepto de la cirugía y de nuevos términos por los que el cirujano puede entender y reimaginar su oficio en la era de la información. Integra, en el ámbito de la cirugía, tanto una complementariedad emergente entre clínicos y máquinas —especialmente computadoras—, como diversas tecnologías digitales. Por otro lado, la cibercirugía simboliza una nueva y verdadera opción revolucionaria. Hace suyo el paradigma de la información, en el que los bits reemplazan a los átomos y moléculas, la visualización tridimensional aportada por las nuevas tecnologías de imagen médica y la realidad virtual a partir de tecnologías integradas. Nuevas tecnologías a las que los jóvenes cirujanos —cirujanos *nintendo*— llegan mejor preparados sobre la base de que sus capacidades *hápticas* han sido potenciadas, durante su juventud, por los videojuegos. La cibercirugía es la síntesis completa de todos esos componentes, que ya están aquí: inteligencia artificial, computación de alto rendimiento o Internet. Como en las revoluciones previas —asepsia, anestesia, etc.—, el resultado de la integración será muy superior a la suma de las partes. *The Third Wave* de Alvin Toffler, *MegaTrends* de John Naisbitt y *Being Digital* de Nicholas Negroponte hicieron las correspondientes predicciones en el banco de pruebas de la ciencia ficción.

Ciberespacio: Término acuñado por William F. Gibson en su novela *Neuromancer*. Define la interfase interactiva en tiempo real hombre-computadora donde se ubica el mundo virtual creado por la realidad virtual.

Ciclotrón: Una clase de acelerador de partículas utilizado para marcar isotópicamente diferentes compuestos. Es una pieza imprescindible de una instalación de PET, a la que proporciona las sustancias radiactivas que utiliza como marcadores o sondas.

Ciencia cognitiva: Estudio de las funciones mentales utilizando las herramientas y la teoría de la inteligencia artificial junto con las neurociencias, la psicología, la lingüística y la filosofía, con la finalidad de establecer una teoría de la mente.

Ciencia o teoría de la computación: Estudio de los fundamentos teóricos de la información y computación y su implementación en sistemas computacionales. También, estudio y definición formal de los cálculos o cómputos. Se le llama cómputo a la obtención de una solución o resultado, a partir de ciertos datos o entradas utilizando para ello un proceso o algoritmo. Varias definiciones y modelos formales de lo que es un cálculo fueron propuestos por precursores del dominio como Alan Turing (Máquina de Turing).

Cirrosis: En términos generales, define una inflamación intersticial crónica. En términos particulares, cirrosis hepática se refiere a una enfermedad del hígado caracterizada, histopatológicamente, por una pérdida de la arquitectura microlobular característica, que es reemplazada por tejido conectivo fibroso y por una regeneración nodular anárquica del parénquima. Las causas más frecuentes de cirrosis hepática son el alcoholismo crónico y la hepatitis viral. El hecho fisiopatológico típico de la cirrosis hepática es la hipertensión portal, secundaria al estrangulamiento de la circulación intrahepática por el proceso fibroso-regenerativo, que se traduce en la formación de varices en el sistema venoso del tubo digestivo. La hipertensión portal se traduce clínicamente en hemorragias digestivas por rotura de las varices.

- Cirugía de invasión mínima o mínimamente invasiva:** Técnica quirúrgica que, a diferencia de la cirugía clásica que utiliza grandes incisuras —que dejan grandes cicatrices— para acceder al foco patológico, utiliza incisiones mínimas —que dejan pequeñas cicatrices— a través de las que se introducen sistemas ópticos e instrumental de precisión. Exige un entrenamiento específico dada la distorsión visual de los objetos, que no son visualizados de manera directa, sino en una pantalla. Sus indicaciones van ampliándose día a día. Aunque existen complicaciones características, el postoperatorio de los pacientes es más corto (horas o pocos días, en vez de días o semanas) y mucho mejor tolerado. Por su menor repercusión sobre el estado general del paciente también se conoce como de baja agresión, y, también, cirugía incruenta. Tal vez, «cirugía por incisiones mínimas» describa mejor el procedimiento.
- Cirugía estereotáxica:** Técnica de abordaje endocraneal que utiliza un dispositivo externo de coordenadas tridimensionales para localizar las estructuras profundas cerebrales y poder acceder a ellas con la precisión requerida.
- Cirugía sin huellas:** Aquellos procedimientos quirúrgicos que, al utilizar las vías naturales para acceder al foco patológico, no dejan huella externa alguna de su realización.
- Citómica:** Véase «ómica». La herramienta básica de la citómica es la citometría de flujo; técnica que reconoce y clasifica poblaciones celulares, normales o patológicas; ello mediante la identificación y cuantificación de componentes o características estructurales de las células, fundamentalmente utilizando métodos ópticos. A pesar de que las mediciones son realizadas sobre células individuales y por unidad de tiempo, permite procesar miles de células en pocos segundos. La citometría de flujo puede utilizarse para el análisis de los diferentes tipos celulares en una mezcla o suspensión, en base a la particularidad de que los diferentes tipos celulares pueden distinguirse mediante cuantificación de las características estructurales.
- Clon:** Réplica exacta de un objeto, animado o inanimado. 1. *Genética:* conjunto de células, genéticamente idénticas, producido por divisiones mitóticas de una célula original. Conjunto de organismos, genéticamente idénticos, todos ellos descendientes de un mismo parental mediante un proceso asexual. Conjunto de moléculas de DNA derivadas de una secuencia original y producidas mediante técnicas de ingeniería génica. 2. *Realidad virtual:* Cuerpo virtual réplica exacta de uno real a partir de los datos morfofuncionales transmitidos a distancia y reconstruidos en un ambiente virtual.
- Comisurotomía:** Véase desconexión interhemisférica.
- Complejidad:** Mezcla de complicación extrema y organización que caracteriza al mundo natural en general y humano en particular, en especial el cerebro, el comportamiento de los mercados, etc. La teoría de la complejidad se basa en que el reduccionismo clásico no proporciona una explicación satisfactoria de los sistemas reales.
- Computadora:** Sistema digital con tecnología en principio microelectrónica capaz de procesar información a partir de un grupo de instrucciones denominado programa.
- Computación evolutiva:** Campo de la inteligencia artificial involucrada en problemas de optimización combinatoria. Utiliza algoritmos de optimización del tipo de los algoritmos evolutivos y de la inteligencia colectiva.
- Conway, juego Vida de:** Autómata celular desarrollado por el matemático inglés John Horton Conway en 1970. Pertenece a la clase «juegos de simulación», siendo ejemplo paradigmático de emergencia y auto-organización. Conway estableció una serie de leyes de vida que regulan el comportamiento de la población celular.

Criogenia: Técnica especulativa y pseudocientífica ofrecida a personas con enfermedades incurables, a las que se pretende «hibernar» hasta el momento en que se descubra una cura.

Crisis epiléptica: Véase epilepsia.

Cromosoma: Material hereditario con distintos niveles de organización. Su estructura adquiere complejidad creciente en la evolución, pasando de simples moléculas, circularizadas y cerradas o lineales y abiertas, de ácidos nucleicos en los procariontes, a asociaciones de ácidos nucleicos con proteínas especializadas en los eucariontes. Cada especie tiene una dotación específica que en el humano es de 23 pares de cromosomas.

DARPA: Defense Advanced Research Project Agency, del Departamento de Defensa de Estados Unidos.

Darwinismo social: Teoría social basada en la teoría de la evolución por selección natural de Charles Darwin. El darwinismo social considera que la selección natural no afecta únicamente a características biológicas de una población sino que en el caso de la sociedad humana afecta a su propio desarrollo y al de sus instituciones. El propio Darwin nunca consideró este tipo de implicaciones de su teoría.

Dendrón: Concepto establecido por John C. Eccles (Premio Nobel de Fisiología o Medicina de 1963) para explicar el fenómeno de la consciencia. Eccles propuso que el mundo mental es microgranular, denominándose psicones a las unidades mentales. Idealmente, cada psicón debería tener una base anatómica discreta (dendrón). La interacción mente-cerebro ocurriría a nivel de cada unidad psicón-dendrón.

Derivación: Aquella realizada con material biológico, normalmente autólogo (venas, segmentos intestinales), o artificial (prótesis vasculares o intestinales) con la finalidad de salvar una estenosis y restaurar el flujo sanguíneo o el tránsito digestivo.

Desconexión interhemisférica: Sección de las conexiones interhemisféricas (cuerpo calloso, fórnix, masa intermedia del tálamo o comisura anterior), con la finalidad de interrumpir las comunicaciones interhemisféricas y con ello la bilateralización de las descargas epileptógenas. Su indicación se limita a epilepsias muy graves generalizadas y es una cirugía únicamente paliativa. El mutismo es frecuente en el postoperatorio inmediato; no parece afectar las funciones cognitivas y sí mejorar la capacidad de concentración del paciente. (Véase comisurotomía, epilepsia, lobotomía.)

Dispersión: Alteración de la distribución espacial o angular de entes físicos (por ejemplo, radiación electromagnética), producida al efectuarse cambios en el medio en que se propagan.

Dosimetría biológica: Estimación de la dosis de radiación recibida y absorbida por un organismo. Dado el efecto agresivo de la radiación sobre el organismo, es necesario proteger de la sobreexposición a los profesionales que trabajan con fuentes radiactivas. Son varias las unidades utilizadas para medir la radiación. El roentgen ° mide el efecto ionizante de la radiación electromagnética (rayos X y rayos gamma) en el aire. La dosis de radiación absorbida (rad) es la unidad de radiación más utilizada y no está restringida ni por el tipo de radiación ni por el material absorbente (1 rad = 0,01 julio kg⁻¹). La tercera unidad empleada es el rem, que es una dosis equivalente al rad y que tiene en cuenta los factores que influyen en la repercusión biológica de una dosis de radiación determinada. La dosis límite anual permitida es de 5 rem.

Druga: Cualquier sustancia que produce adición psíquica y/o física. (Véase opiáceo.)

Eclíptica: Círculo máximo de intersección de la esfera celeste con el plano de la órbita terrestre. Está inclinado $23^{\circ} 27'$ respecto al ecuador celeste, y muy cerca de él tienen lugar los movimientos aparentes del Sol, la Luna y los planetas, vistos desde la Tierra. Las constelaciones que lo atraviesan reciben el nombre de zodiacales.

Ecografía: Obtención de imágenes diagnósticas utilizando ultrasonidos.

Ecuación diferencial: Aquella que relaciona una función desconocida con su derivada. El problema consiste en encontrar una función que satisfaga la ecuación dada.

Efecto Compton: Dispersión elástica de un fotón tras su colisión con un electrón.

Efecto Doppler: Desplazamiento aparente en la frecuencia observada de una onda energética (acústica, luminosa) debido al movimiento relativo entre la fuente de energía y el observador.

Electroforesis: Método de fraccionamiento molecular basado en diferencias de movilidad en un campo eléctrico que es función de la carga de las moléculas.

Emergencia: Proceso de formación de patrones complejos mediante reglas simples. Aparición de fenómenos o propiedades a nivel superior de complejidad, que no pueden esperarse del comportamiento o de las reglas que operan en los niveles inferiores; puede ser un proceso dinámico a muy largo plazo (evolución biológica), o instantáneo (pensamiento).

Encefalina: Véase opiáceo.

Enfermedad de Huntington: Descrita por George Huntington en 1872; también se conoce por Corea (en griego «danza»), debido al movimiento característico de esta enfermedad. Durante mucho tiempo se la ha estado llamando «el mal de San Vito». Las tres manifestaciones más importantes de la EH son: movimientos involuntarios incontrolados, desarreglos psíquicos, y una pérdida de las funciones intelectuales (demencia). La Enfermedad de Huntington es una enfermedad neurológica monogénica, degenerativa, hereditaria, autosómica y dominante.

Enfermedad de Parkinson: Enfermedad neurodegenerativa progresiva, de aparición tardía y curso lento, caracterizada por temblor de reposo, inexpresividad facial, paso corto y rápido, lentitud de movimientos y debilidad muscular. Se debe a la incapacidad de biosintetizar dopamina (un neurotransmisor) por las neuronas de la sustancia negra cerebral, un núcleo neuronal situado en la base cerebral caracterizado porque sus componentes producen dopamina como neurotransmisor. Junto al tratamiento farmacológico (administración de dopa, un precursor de la dopamina), se ha propuesto el trasplante neuronal.

Enfermedad monogénica: Aquella causada por la ausencia o defectos de un solo gen y que sigue un modo de herencia mendeliano. La mayoría de las enfermedades implican varios genes (enfermedades poligénicas), así como condicionantes ambientales.

Ensayo clínico: Tipo de estudio clínico en el que se investiga una pregunta importante en medicina para aumentar el conocimiento. La mayoría de los ensayos clínicos que se llevan a cabo, evalúan nuevos fármacos o tratamientos médicos con un protocolo de investigación estrictamente controlado. Un ensayo clínico debe ser controlado, prospectivo, aleatorio, ciego y con tamaño muestral suficiente.

Entropía: Medida del desorden de un sistema.

Enzima: Catalizador de las reacciones bioquímicas.

Enzima de restricción: Cada uno de los diferentes tipos de endonucleasas que actúan sobre localizaciones específicas de la molécula de ADN. Las enzimas de restricción rompen enlaces en cada una de las bandas de la doble hélice en posiciones simétricas con

relación a ejes locales de simetría binaria. Se designan abreviadamente según los organismos de procedencia; así, de *E.coli*: EcoRI y EcoRII; de *H.influenzae*: HindIII, etc.

Epidemiología: Ciencia que estudia la frecuencia de las enfermedades en las poblaciones humanas, así como los factores que definen su expansión y gravedad. Consiste en la medición de la frecuencia de la enfermedad y en el análisis de sus relaciones con las diversas características de los individuos o de su medio ambiente.

Epilepsia: Cuadro clínico caracterizado por crisis paroxísticas involuntarias y estereotipadas del comportamiento que incluyen movimientos espasmódicos, pérdidas momentáneas de la conciencia e incluso convulsiones generalizadas y pérdida del conocimiento. Desencadenadas por causas varias o desconocidas, se deben a la descarga masiva excitadora, sincrónica, de un grupo de neuronas; descarga que se transmite a otras áreas cerebrales a través de diferentes vías de propagación. (*Véase* desconexión interhemisférica, lobotomía.) Sinón. de crisis epiléptica.

Esfigmógrafo: Instrumento que registra el pulso.

Espectro: Distribución de la intensidad de una radiación en función de la longitud de onda, la energía, la frecuencia o cualquier otra magnitud relacionada con aquella.

Espectro electromagnético: Conjunto de las ondas electromagnéticas, distribuidas según su frecuencia, o de las magnitudes asociadas con ésta, como la energía o la longitud de onda. De menor a mayor frecuencia comprende las ondas siguientes: de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X blandos y duros, y radiación gamma.

Espectroscopía: Estudio de los espectros de emisión y de absorción de diferentes formas de radiación electromagnética. Un espectroscopio consta de tres elementos: una fuente de radiación o energía electromagnética; un medio u objeto de estudio que dispersa la energía incidente, y un sistema de detección de la energía dispersada.

Electrografía: Obtención, con fines diagnósticos, de registros de la actividad bioeléctrica de diferentes órganos (electroencefalografía, electrocardiografía, electromiografía).

Endoscopia: Visualización de las cavidades del organismo (tubo digestivo, cavidades peritoneal y torácica, sistema urinario, articulaciones, etc.) mediante la ayuda de sistemas ópticos apropiados.

Escáner: En medicina, cualquiera de los diseños o sistemas utilizados para lograr una imagen visual de una parte del organismo.

Espectro: Distribución de la intensidad de una radiación en función de la longitud de onda, la energía o la frecuencia.

Esquizofrenia: Demencia precoz o mente partida. Una de las enfermedades mentales más debilitantes y desconcertantes. Define un grupo de trastornos que producen distorsión en los pensamientos y en la percepción. Los pensamientos parecieran estar mezclados o cambian bruscamente de un tema o otro. La percepción puede distorsionarse más allá de la realidad, haciendo que las personas oigan o vean cosas que no se producen.

Estetoscopio: Instrumento de diferentes forma, tamaño y material, introducido en clínica por René Laënc, para realizar la auscultación mediata, intensificando y conduciendo al oído del observador los sonidos respiratorios, cardiacos, intestinales o fetales. Sinón.: fonendoscopio.

Fármaco: Cualquier sustancia terapéuticamente útil.

Femto: 10^{-15} .

Fibrosis quística: Enfermedad hereditaria monogénica (gen del canal de cloro) que afecta múltiples tejidos y glándulas. Sus manifestaciones clínicas más importantes, debida a secreciones inusualmente viscosas que obstruyen los conductos de excreción, son la insuficiencia pancreática y la obstrucción broncoalveolar.

Fractal: Modelo matemático de formas indefinidamente fragmentadas, creado por Benoit Mandelbrot, construido mediante un proceso iterativo, que sirve para proporcionar representaciones ideales de ciertos fenómenos naturales irregulares o impredecibles, como costas marinas, montañas, redes fluviales, nubes, el árbol bronquial humano, el sistema vascular, fluctuaciones económicas, etc.

Frenología: Teoría psicológica, propuesta por F. J. Gall (1758-1828) y su colaborador J. C. Spurzheim (1776-1832), que considera el cerebro como una máquina compleja que produce comportamientos, pensamientos y emociones, y la corteza cerebral como un conjunto de órganos con funciones diferentes. A pesar de los errores de Gall, sus ideas «localizadoras» fueron pioneras, y estimularon los estudios sobre la relación entre el lugar de la lesión cerebral y la alteración cognitiva específica subsecuente. Por su «materialismo y oposición a la religión y a la moral», las obras de Gall fueron incluidas en el Índice de Libros Prohibidos de la Iglesia Católica. Aunque Gall acuñó el término «organología», la teoría se popularizó como «frenología», denominación preferida por Spurzheim.

Futilidad médica: Se refiere a la utilización de tratamientos agresivos, que intentan prolongar la vida sin que ofrezcan beneficio médico alguno al paciente. Es un tema de debate incipiente que incide de pleno en la definición e identificación de los fines y de los límites de la medicina.

Gametogénesis: Proceso de formación de los gametos o células sexuales.

Gen: Fragmento de ADN que constituye la unidad funcional y física de la herencia. En principio, cada gen transcribe una molécula de ARN que traduce una proteína. El genoma humano consta, aproximadamente, de 25.000-30.000 mil genes.

Genoma: Conjunto de genes que especifica todos los caracteres potencialmente expresables de un organismo. La secuenciación de la totalidad de las bases que lo constituyen es el objetivo final del Proyecto del Genoma Humano.

Guante activo: Uno de los sistemas operativos de la realidad virtual para relacionarse con el mundo virtual.

Háptica: Conjunto de exo y auto-percepciones que controlan la posición del cuerpo respecto al medio.

Helio líquido: Los sensores utilizados en MRI y en MEG emplean un sistema refrigerado por helio líquido (temp. aprox.: -269° C), a efectos de conseguir temperaturas cercanas al cero absoluto que aseguren la superconductividad necesaria para registrar los microcampos biomagnéticos, que tienen una intensidad, aproximadamente, 10^{-6} del campo magnético terrestre.

Hernia: Protusión patológica del contenido de una cavidad a través de un defecto de la capa musculoponeurótica u ósea de la pared, pero en la que se mantienen intactas las capas membranosas internas —peritoneo, pleura, meninges— y la piel.

Heurística: Conjunto de métodos y normas para llevar a cabo una investigación.

Herniorrafia: Reparación quirúrgica de una hernia.

Hidrómetro o densímetro: es un instrumento que sirve para determinar la gravedad específica de los líquidos.

Hipertensión portal: Incremento de la presión sanguínea en el sistema venoso portal hepático; es una complicación frecuente de la cirrosis hepática y es la causa de las hemorragias digestivas por rotura de varices esofágicas.

Histopatología: Estudio microscópico de los tejidos con fines diagnósticos. (*Véase* biopsia.)

HMD: Acrónimo de Head-mountain Display. Dispositivo de inmersión en la realidad virtual; el HMD tiene un diseño similar al casco que utilizan los buzos.

Holografía: Técnica avanzada de fotografía, que consiste en crear imágenes que, por ilusión óptica, parecen ser tridimensionales. Para esto se utiliza un rayo láser que graba microscópicamente una película fotosensible; ésta, al recibir la luz desde la perspectiva adecuada, proyecta una imagen en tres dimensiones. También se utiliza actualmente en tarjetas de crédito, billetes y discos compactos, además de su uso como símbolo de originalidad y seguridad. La holografía fue inventada en 1947 por el físico húngaro Dennis Gabor, quien recibió por ello el Premio Nobel de Física de 1971.

Holomer(o): Holographic Medical Electronic Representation. Es el resultado final del proyecto denominado «Soldado virtual», desarrollado por DARPA, bajo la dirección de Richard Satava.

Horología: Ciencia de medir el tiempo y arte de hacer relojes.

Horóscopo: También llamado carta natal, en astrología es un método de adivinación basado en la posición de los astros en el momento del nacimiento. El término deriva del griego *oros*, «hora», y *skopein*, «examinar». Diferentes horóscopos tienen en cuenta diferentes constelaciones y planetas, y cuantifican de diferente manera su importancia y efectos sobre los futuros sucesos de la vida de un individuo.

Iconomedicina: Medicina que utiliza, de manera preferente, los distintos tipos de imágenes con fines diagnósticos y como medio de apoyo en diferentes modalidades terapéuticas. (*Véase* radiología.)

Imagen: Representación, en forma gráfica, de una situación o de un fenómeno.

Infarto: Área de necrosis tisular secundaria a isquemia local debida a la obstrucción del vaso encargado de irrigar la zona afectada.

Ingeniería genética: Conjunto de técnicas que permiten aislar y fraccionar el ADN de una célula en fragmentos específicos, y ensamblar los fragmentos obtenidos con otra macromolécula de ADN portadora (ADN recombinante). Ello posibilita la transferencia de información genética entre organismos, y la fabricación de proteínas específicas a escala industrial.

Inmunodeficiencia combinada grave (SCID): La SCID es un conjunto de trastornos hereditarios muy raros que están presentes al nacer y que ponen en peligro la vida. La enfermedad hace que el niño tenga su sistema inmunológico deprimido o no lo tenga. Como consecuencia, el organismo no puede combatir las infecciones. A este proceso patológico también se lo conoce como el síndrome del «niño en la burbuja», porque la vida en el entorno normal puede ser fatal para estos niños. Existen programas de terapia génica en fase de ensayo clínico.

Inteligencia artificial: Sistemas avanzados de computación capaces de resolver problemas complejos, de reconocer formas y de tomar decisiones. La finalidad de la AI es simular en lo posible, mediante máquinas electrónicas, las capacidades mentales humanas.

Inteligencia colectiva: Técnica de inteligencia artificial basada en el estudio de comportamiento colectivo en sistemas descentralizados autoorganizados. El programa actual más efectivo se denomina optimización de colonias de hormigas, que es un algoritmo de optimización que puede utilizarse para encontrar soluciones aproximadas en problemas difíciles de optimización combinatoria.

Isótopo: Cada una de las especies atómicas de un elemento químico dado que contienen el mismo número de protones y de electrones, pero diferente número de neutrones.

Isquemia: Aporte insuficiente del caudal sanguíneo necesario para garantizar el metabolismo necesario de un órgano o tejido, ante una situación dada.

Laparotomía: Apertura quirúrgica de la cavidad abdominal. La toracotomía se refiere al tórax y la craneotomía a la cabeza.

Láser: Acrónimo de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Diseño que emite un haz direccional no divergente de luz monocromática de altísima energía.

Ligamiento: Tendencia de los genes a heredarse conjuntamente, como resultado de su localización sobre el mismo cromosoma.

Límbico: La corteza límbica está formada por las superficies mediales e inferiores de los lóbulos cerebrales frontal, parietal y temporal. A veces denominado sistema límbico por los complejos circuitos que forman sus neuronas, está involucrado en ciertas funciones autonómicas y en el aprendizaje, en la memoria y en las emociones.

Litotricia: Desintegración no invasiva de concreciones sólidas en los parénquimas o en la luz de sus conductos de evacuación. La técnica, que sólo ha logrado implantarse en el tratamiento de los cálculos renales, utiliza la emisión de haces colimados de alta energía que, concentrados en la masa elegida, la deshace; los pequeños fragmentos producidos son evacuados, normalmente, a través de las vías urinarias.

Lobotomía: Resección de un lóbulo cerebral en el que reside un foco epileptógeno. Las complicaciones y efectos han relegado este tipo de intervenciones en favor de aquellas que interrumpen las vías de propagación de la descarga epiléptica. (*Véase* comiurotomía, epilepsia.)

Locus: Posición ocupada por un gen particular o por uno de sus alelos en todos los cromosomas homólogos.

LSD: Acrónimo de la dietilamida del ácido lisérgico. Compuesto alucinógeno psicodélico que actúa sobre los receptores de serotonina pre y post-sinápticos de las neuronas, a los que activa.

Luz sincrotrón: Cuando partículas cargadas, en especial electrones o positrones, son forzadas a moverse en órbitas circulares, se emiten fotones. A velocidades relativísticas (cuando las partículas se mueven a una velocidad cercana a la de la luz) esos fotones se emiten hacia delante en forma de haz muy colimado, tangente a la órbita. Los electrones se emiten con un amplio rango de energías, desde infrarrojo a rayos X duros. Esta radiación se denomina radiación o luz sincrotrón y se caracteriza por su brillo (la radiación sincrotrón es extremadamente intensa), amplio espectro de energía, muy polarizada, y se emite en pulsos muy cortos, del orden de los nanosegundos. La primera generación de físicos que trabajaron con aceleradores consideraron esta radiación como producto de desecho. Hoy su aplicación abarca campos dispares, desde la física a la medicina.

- Magnetografía:** Imagen diagnóstica obtenida a partir del registro de la actividad biomagnética de las estructuras corporales, en especial cerebro y corazón.
- Mapa:** Representaciones iconográficas, a escala y referidas a un sistema de coordenadas, de hechos seleccionados tanto geográficos como anatómicos. (*Véase* cartografía.)
- Máquina de Turing:** Modelo computacional introducido por Alan Turing, en el cual se estudiaba la cuestión planteada por David Hilbert sobre si las matemáticas son decidibles, es decir, si hay un método definido que pueda aplicarse a cualquier sentencia matemática y que nos diga si esa sentencia es cierta o no. Turing construyó un modelo formal de computador, la Máquina de Turing, y demostró que existían problemas que una máquina no podía resolver. La máquina de Turing es un modelo matemático abstracto que formaliza el concepto de algoritmo.
- Marcapaso:** Aparato electrónico que produce impulsos eléctricos destinados a estimular un órgano determinado: frecuencia de los latidos cardiacos, motilidad intestinal, movimientos respiratorios del diafragma.
- Medicalización:** Término acuñado por Irvin K. Zola para referirse a la generalización o universalización del ámbito de la medicina. El análisis o la revisión de los diferentes aspectos humanos desde un punto de vista médico.
- Medicina complementaria:** La medicina complementaria o alternativa «es el conjunto diverso de sistemas, prácticas y productos, médicos y de atención de la salud, que no se considera actualmente parte de la medicina convencional», como la acupuntura, herbalismo, osteopatía, quiropráctica, masaje, hipnosis, relajación, suplementos dietéticos y homeopatía. La gente emplea terapias de medicina complementaria y alternativa de diversas formas. Cuando se usan solas se las suele llamar «alternativas». Cuando se usan junto con la medicina convencional, se las suele llamar «complementarias», y su conjunto, medicina integrada.
- Medicina nuclear:** *Véase* radiología.
- Medicina invasiva:** Aquellas variedades diagnósticas o terapéuticas que invaden y agraden el organismo como paso previo a su acción terapéutica.
- Medicina predictiva:** Detección precoz de anomalías génicas en individuos actualmente sanos (pacientes potenciales o prepacientes).
- Medio de contraste:** Sustancia radioopaca que, introducida en el organismo a través de diferentes vías, permite la visualización de diferentes estructuras en estudios radiológicos diversos.
- Metaanálisis:** Estudio basado en la integración estructurada y sistemática de la información obtenida en diferentes estudios clínicos sobre un problema de salud determinado. Consiste en identificar y revisar los estudios controlados sobre un determinado problema con el fin de dar una estimación cuantitativa sintética de todos los estudios disponibles. Dado que incluye un número mayor de observaciones, un metaanálisis tiene un poder estadístico superior al de los ensayos clínicos que incluye.
- Metaheurística:** Conjunto de ideas relacionadas que tienen por objetivo la resolución aproximada de problemas de optimización combinatoria.
- Metástasis:** Colonización de un tumor maligno en estructuras distantes de su lugar de origen. Las metástasis pueden producirse por descamación (por ejemplo, en la cavidad peritoneal o en el espacio meníngeo espinal), o a través de los sistemas linfático (por ejemplo, adenopatías), o sanguíneo (por ejemplo, en el cerebro).
- Modelo:** Réplica o descripción diseñada para mostrar la estructura o el funcionamiento de un objeto, de un sistema o de un concepto.

Molécula del año: Los historiadores tienden a personalizar la Historia. Para simbolizar el progreso científico y honrar a las estructuras que crea, la revista científica *Science*, publicación oficial de la *American Association for the Advancement of the Science*, decidió reconocer una «Molécula del Año» (*Molecule of the Year*), que simboliza un descubrimiento o una técnica. Desde 1989 hasta 1995 han sido galardonadas: reacción en cadena de las polimerasa (PCR), diamante, fulerenos, óxido nítrico, gen supresor de tumores *p53*, maquinaria de reparación de ADN y el estado condensado de Bose-Einstein. A partir de 1996 y hasta la actualidad, aunque se mantiene el espíritu inicial, la Molécula del Año ha cedido el paso a los «Acontecimientos del Año» (*Breakthroughs of the Year*). El primer «acontecimiento» lo representó los «nuevos fármacos anti-sida», y el más festejado en 2005, el proceso de «la evolución».

Morfogénesis: Génesis de formas y estructuras durante el desarrollo embrionario y fetal.

Mutación: Error de copia en el proceso de replicación del ADN, que los sistemas de verificación y de reparación han pasado por alto. Pueden ser neutras (sin efecto), deletéreas (producen patología) o positivas (representan el motor de la evolución).

Nano: 10^{-9} .

Navegación: En el mundo de la computación se refiere al rastreo de información a través de los diferentes bancos de datos utilizando referencias seleccionadas para localizar el dato buscado. También es posible navegar a través de objetos y de ambientes virtuales con el objeto de explorarlos y manipularlos.

Neoplasia: En términos generales se refiere a cualquier crecimiento anormal de un tejido. Específicamente hace referencia a una situación de crecimiento en el que la tasa de proliferación celular es significativamente más rápida que en condiciones de normalidad; las células, que crecen descoordinadamente respecto del tejido normal donde se inició, no muestran una organización estructural definida. En ocasiones, puede dar lugar a una masa tumoral, benigna o maligna.

Neurociencias: La anatomía, bioquímica, fisiología, biología celular y molecular, del sistema nervioso y, especialmente, su relación con el comportamiento y el aprendizaje.

Neurotransmisor: Compuesto que vehicula la señal nerviosa a través de la sinapsis.

Ómica: Consecuencia del Proyecto Genoma Humano, la mayoría sabe que «genoma» refiere la dotación de ADN en las células y, por extensión, el conjunto de todos los genes de un organismo. El éxito de la genómica ha conducido a la proliferación de una serie de ciencias «ómicas», que resultan en la aplicación de nuevos términos descriptivos a conceptos familiares, que tienen como denominador común el sufijo «ómica» y que intentan estudiar alguna de las entidades biológicas. Un vistazo a una de las bases de datos —PubMed— y eliminado términos como «económica», proporciona 110 vocablos que contienen «ómica» como sufijo. «Genómica» es el estudio de los genomas y la colección completa de genes que contienen. Hasta hace poco tiempo, esta colección se limitaba a los genes codificadores de proteínas, pero la genómica ha mostrado muchos otros elementos que desempeñan importantes funciones, tales como los dominios que acoplan factores de transcripción, regiones que codifican microARNs y transcritos antisentido; y también, regiones muy conservadas desde el punto de vista de la evolución. La herramienta primaria utilizada en genómica es la secuenciación de genes de alto rendimiento. La genó-

mica funcional o «trascriptómica» intenta analizar patrones de expresión génica y su correlación con la biología subyacente, utilizando, para ello, una serie de técnicas, entre otras el análisis con biochips de ADN y el análisis en serie de expresión génica.

La «metabolómica» o «metabonomica» es una estrategia a gran escala para estudiar tantos compuestos como sea posible —de los involucrados en los diferentes procesos celulares— en un solo análisis para definir perfiles metabólicos. Aunque la metabolómica se refirió, en principio, al estudio de células individuales y la metabonomica a los organismos multicelulares, los términos son hoy intercambiables. Las técnicas que se aplican para el estudio de los perfiles metabólicos incluyen resonancia magnética nuclear y espectrometría de masas. La aproximación «proteómica» examina colecciones de proteínas para determinar cómo, cuándo y dónde se expresan. Utiliza electroforesis bidimensional sobre gel, espectrometría de masas y biochips de proteínas. Una especialidad de reciente aparición es la «degradómica», que incluye las estrategias genómica y proteómica, estructurales y funcionales, a efectos de la identificación y caracterización de proteasas, sus sustratos e inhibidores, que se encuentran en un organismo. En el entorno de la proteómica emerge la «glicómica», que estudia la incrustación de restos de hidratos de carbono en la cadena polipeptídica. La «bioinformática» —que no ha recibido con agrado el término «bioinfómica»— es el elemento clave de la colección ómica: gestiona y analiza datos a gran escala que son generados por las técnicas descritas. Utiliza técnicas desarrolladas en el campo de las ciencias de la computación y de la estadística para facilitar la comprensión de cómo se generan y relacionan los diferentes perfiles de expresión funcional y se relacionan con el sistema biológico en estudio. Proteómica y metabolómica tienen la ventaja de que pueden ser aplicadas para estudiar proteínas o metabolitos en la sangre o en la orina —en vez de en el tejido primario, donde aparece la enfermedad—, pero tales estrategias no tienen la potencia analítica del análisis mediante biochips, que sigue siendo, en la actualidad, la herramienta con más abanico de aplicaciones en el diagnóstico y pronóstico de diferentes situaciones clínicas. En el ámbito de la defensa frente al bioterrorismo, se ensaya la integración de los diferentes enfoques ómicos a efectos del diagnóstico precoz de la enfermedad propagada; ello en una tecnología denominada diagnóstico por «turboempaquetamiento», también denominada «laboratorio completo en un tubo de ensayo».

Opiáceo: Cualquiera de los productos naturales o de síntesis que producen analgesia y sensación de euforia mediante su interacción con receptores específicos neuronales; a la vez, inducen un cuadro de dependencia física y psíquica a la droga (drogodependencia). Los opioides más comunes son: a) obtenidos de la adormidera o *Papaver somniferum*: opio y sus derivados naturales (morfina) y semisintéticos (heroína). Y b) obtenidos del *Cannabis*: marihuana. Determinadas neuronas utilizan como neurotransmisor sustancias análogas (opioides internos: encefalinas, endorfinas, dinorfinas) biosintetizadas por la propia neurona. Los opioides actúan también sobre el sistema inmunológico.

Optimización combinatoria: Proceso por el que se obtiene la maximización/minimización eficiente de una función de coste (distancia, rentabilidad, etc., dependiente de un conjunto de parámetros y variables enteras) limitado a un número finito de diferentes conjuntos de parámetros asequibles de todos los posibles existentes.

Organología: Sinón.: frenología.

Osteosíntesis: Fijación quirúrgica mediante suturas, placas, tornillos u otros medios mecánicos, de los extremos óseos producidos en una fractura.

Par de bases: Par de nucleótidos unidos por puentes de hidrógeno entre las bases complementarias (adenina se une con timina y guanina con citosina) de las dos cadenas de la molécula de ADN.

Paradigma: Un modelo de la realidad, o un sistema de hechos, teorías y filosofías, que es ampliamente aceptado y llega a ser la referencia para cualquier planteamiento sobre un problema científico. Cuando los nuevos descubrimientos llegan a poner en entredicho un paradigma existente se produce un «desplazamiento del paradigma», que es reemplazado por un paradigma nuevo que se adecua a la nueva situación.

Peta: 10^{15} .

Pixel: Acrónimo de *picture element*. Cada una de las unidades elementales que forman una imagen bidimensional en una pantalla. Voxel (*volume element*) define la unidad en las imágenes computacionales tridimensionales.

Plásmido: Elemento genético, bajo la forma de pequeña molécula de ADN circular, que permanece separado del cromosoma bacteriano y se replica independientemente de él.

Pócima: Bebida medicinal obtenida por la cocción de diversos compuestos. Entre las más famosas se encuentran el *bálsamo de Fierabrás* y la *Triaca magna*. Fierabrás — *ferrea brachia* o *fera brachia*— es el título de un cantar de gesta compuesto por autor desconocido en la segunda mitad del siglo XII. Pertenece al ciclo de poemas carolingios y relata una fabulosa cruzada de Carlomagno en busca del precioso bálsamo que se empleó para embalsamar a Cristo y que, robado por el gigante Fierabrás, retenía en su poder el emir de Egipto. Describe extraordinarios combates, siendo el más notable de ellos uno con que da comienzo el poema y que tiene lugar entre Oliveros, uno de los doce Pares, y el gigante, hijo del emir. En 1478 se imprimió en Francia la primera versión novelesca en prosa del poema, que se extendió rápidamente por toda Europa: una prueba de su popularidad es su repetida cita en el Quijote: «Todo eso fuera bien excusado —respondió don Quijote— si a mí se me acordara hacer una redoma del bálsamo de Fierabrás, que con una sola gota se ahorran tiempo y medicinas. ... Es un bálsamo de quien tengo la receta en la memoria, con el cual no hay que tener temor a la muerte, ni hay pensar morir de ferida alguna...». «Y procura que se me de un poco de aceite, vinagre, sal y romero para hacer el salutífero bálsamo.» El hidalgo se refiere al bálsamo como salutífero, pero Sancho lo tiene por maldito brebaje.

La *Triaca magna* se elaboraba con drogas vegetales, y si bien se utilizaba en la Escuela de Alejandría, más tarde su composición fue reformada por Andrómaco, médico de Nerón, quien introdujo las víboras como ingrediente de este medicamento que se empleó como un eficaz antídoto y como una panacea universal durante muchos siglos hasta que su importancia fue decayendo en el siglo XIX. No obstante, las Farmacopeas españolas de 1905 y 1915 continuaron incluyéndolo como un medicamento oficial. La *Triaca magna*, debido al gran número de ingredientes exóticos que lo componían y que sólo era posible conseguir en un mercado internacional, se elaboraba durante la Edad Media en Venecia y en el resto de Europa se debía abonar un tributo especial al adquirir este medicamento. En España, el Colegio de Farmacéuti-

cos de Madrid consiguió el privilegio exclusivo de elaboración de la Triaca en 15 de marzo de 1732 alegando motivos económicos y de índole ético, se responsabilizaba así esta institución de garantizar su perfecta confección y se comprometía a elaborar la cantidad de medicamento que se necesitaba anualmente y de acuerdo con la fórmula oficial. Para ello el Protomedicato debía dar su visto bueno a la cantidad y calidad de los ingredientes, que se exponían públicamente en la sede del Colegio durante cinco días. La preparación del medicamento se llevaba a cabo posteriormente, pero también de forma pública, y tras ello se distribuía el medicamento, debidamente envasado y precintado con el sello del Colegio, a fin de evitar falsificaciones, a los farmacéuticos, quienes debían justificar en las visitas de inspección del Juez Visitador que la Triaca que gastaban era la adquirida al Colegio presentando los precintos de las correspondientes latas. Esta función la mantuvo el Colegio de Farmacéuticos de Madrid hasta que decidió dejar de preparar el medicamento en cuestión por acuerdo de la Junta General Ordinaria del 21 de abril de 1920.

Polimorfismo génico: Capacidad de un gen para presentarse bajo una serie de formas alélicas.

Positrón: Antipartícula del electrón; comparten la misma masa y espín, pero tienen carga y momento magnético opuestos.

Precesión: Movimiento angular cónico del eje de espín de un cuerpo alrededor de un eje fijo en el espacio.

Precesión de Larmor: Rotación sobrepuesta al movimiento de un sistema de partículas, al ser sometido a un campo magnético.

Programa: Equipamiento lógico o software es el conjunto de instrucciones que puede ejecutar el sustrato físico o hardware para la realización de las tareas de computación a las que se destina. Se trata del conjunto de instrucciones que permite la utilización del computador. La definición más formal de software es la atribuida a la IEEE: «La suma total de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de cómputo». Bajo esta definición, el concepto de software va más allá de los programas de cómputo; es decir, el software es todo lo intangible.

Proteómica: Véase «ómica». La herramienta básica de la proteómica es la espectrometría de masas, técnica que identifica cambios en la cantidad o en el perfil de proteínas y otras moléculas que se correlacionan con un determinado tipo de situación, normal o patológica. La espectrometría de masas es una poderosa técnica analítica capaz de identificar compuestos desconocidos, cuantificar otros conocidos y resolver la estructura y propiedades químicas de las moléculas. La detección de productos puede realizarse en cantidades mínimas de muestra (10^{-12} g para un compuesto con una masa de 1.000 daltons). Ello significa que pueden identificarse compuestos a muy bajas concentraciones (una parte en 10^{12}) en mezclas químicamente complejas. Un espectrómetro de masas es un aparato que mide las masas de moléculas individuales que han sido convertidas en iones, ello es, moléculas que han sido cargadas eléctricamente. Un espectrómetro de masas no mide, de hecho, la masa molecular directamente, sino la relación masa-carga de los iones formados a partir de las moléculas [John B. Fenn y Koichi Tanaka recibieron el Premio Nobel de Química 2002 por el desarrollo de métodos de ionización para análisis mediante espectroscopia de masas, de macromoléculas biológicas].

Prótesis: Cualquier sustituto artificial de una parte del organismo.

Proyecto quirúrgico: Conjunto de planos, cálculos y documentos relativos a una intervención quirúrgica, realizado con anterioridad a su ejecución, y que, en conjunto, remeda un proyecto arquitectónico.

Psicobiología: Parte de la biología que considera las interacciones mente-cerebro en el desarrollo de la personalidad.

Psicocirugía: Cirugía que realiza extirpaciones o desconexiones cerebrales, para tratar trastornos graves de la personalidad.

Psicón: Véase dendrón.

Puente vascular: Véase derivación.

Quimioterapia: Aunque el término engloba, en términos generales, al tratamiento de la enfermedad mediante sustancias químicas, normalmente se utiliza para referirse al tratamiento del cáncer mediante fármacos.

Quirobótica: Término formado a partir de qui[ro] y [ro]botica. Utilización de robots para la realización de intervenciones quirúrgicas. La irrupción de los robots en el ámbito de la cirugía recomienda establecer un término que ubique, de inmediato, el tema. Quirobótica es el resultado de la unión de «quiro» manual y robot; y, en aras de la economía del lenguaje, apostar por quirobótica en vez de quiorrobótica.

Radar: Acrónimo de Radio Detection and Ranging. Sistema que utiliza radiación electromagnética reflejada para determinar la velocidad y la localización de un objeto.

Radiación. Emisión de ondas o de partículas desde una fuente emisora y su propagación a través del medio; el término se refiere usualmente a la radiación electromagnética.

Radiación electromagnética: Radiación perteneciente al espectro electromagnético; incluye el rango de las frecuencias o longitudes de onda desde las más largas de radio a las más cortas de los rayos cósmicos, que viajan a la velocidad de la luz. Incluye los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible y la infrarroja.

Radiocirugía: Véase radioterapia.

Radiología: Especialidad que se ocupa de la utilización de energía radiante (rayos X, isótopos radiactivos) en el diagnóstico y en el tratamiento de la enfermedad. Tal definición debe ser contrastada con la definición que de la medicina nuclear ha elaborado la Comisión Nacional de Especialidades Médicas: «Especialidad médica que emplea los isótopos radiactivos, las radiaciones nucleares, las variaciones electromagnéticas y los componentes del núcleo y técnicas biofísicas afines, para la prevención, diagnóstico, terapéutica e investigación médica». No cabe duda de que la moderna imagen médica (véase iconomedicina) trasciende ambas definiciones y exige una reelaboración de los conceptos hasta ahora aplicados.

Radioterapia: Tratamiento de la enfermedad mediante la aplicación de radiación ionizante. Esta definición colisiona con la propuesta para la medicina nuclear. (Véase radiología.) En términos generales, la medicina nuclear se restringe a la utilización de fuentes radiactivas para el diagnóstico, mientras que la radioterapia se refiere a la aplicación terapéutica. El método más usual de radiar un tumor es mediante el bombardeo multidireccional del tumor mediante un haz de rayos X o de electrones de alta energía generado por un acelerador lineal (radioterapia estándar). Otra modalidad consiste en colocar directamente en el tumor una fuente radiactiva (braquiterapia). En tercer lugar, la radiocirugía ofrece una estrategia braquiterápica sin los in-

convenientes de los radioisótopos; el sistema de radiocirugía con fotones de baja energía consiste en acceder estereotáxicamente al tumor (principalmente, tumores metastásicos cerebrales) con una aguja en cuya punta se produce la emisión de rayos X. Por último, con la finalidad de evitar el daño y la absorción de energía de los tejidos circundantes, una variedad de la radioterapia estándar aplica el tratamiento sobre el tumor al descubierto en la propia mesa de operaciones (radioterapia intraoperatoria).

Rayo catódico: Cualquier haz de electrones.

Realidad virtual: Conjunto de objetos, situaciones y ambientes creados en la computadora que, ofrecido por dispositivos de inmersión sensorial interactiva en tiempo real, hacen que el usuario tenga la impresión y el convencimiento de que vive una experiencia real. El lugar donde se desarrolla la acción virtual se denomina ciberespacio.

Recombinación: Proceso normal por el que se intercambian segmentos de ADN entre los cromosomas homólogos durante la gametogénesis. Los gametos resultantes contienen cromosomas que son derivados de ambos homólogos. Generalmente, cuanto más separados están los loci, mayor es la posibilidad de recombinación; la máxima frecuencia de recombinación es del 50 por 100 para dos loci localizados en cromosomas separados.

Relojero ciego: El algoritmo Blind Watchmaker (BW) fue concebido por Richard Dawkins, quien lo describió en su libro *El relojero ciego*. Fácil de ejecutar, demuestra con eficacia cómo las mutaciones aleatorias, seguidas de un proceso de selección no aleatoria (condicionada por el medio ambiente), pueden conducir a formas complejas, interesantes, denominadas biomorfos y que son representaciones visuales de un conjunto de genes. Cada biomorfo, en el algoritmo BW, es el resultado de 15 genes: genes 1-8, controlan la forma general del biomorfo; gen 9, grado de recurrencia; genes 10-12, el color; gen 13, el número de segmentaciones; gen 14, el tamaño de la separación entre los segmentos, y el gen 15, el perfil utilizado para dibujar el biomorfo (línea, óvalo, rectángulo, etc.).

Retinopatía: Cualquiera de las enfermedades de la retina, de diferentes etiologías, que, con frecuencia, provocan ceguera.

Ribosoma: Orgánulo celular en el que lleva a cabo la biosíntesis de las proteínas. Está formado principalmente por una clase especial de ácido nucleico.

Robot: La palabra robot se popularizó a comienzos de la década de los veinte del siglo pasado. La palabra la acuñó Karel Capek, inventor del juego R.U.R. (Rosaum's Universal Robots). Isaac Asimov y John Campbell formularon las Three Laws of Robots, que publicaron en 1942 en una narración titulada *Runaround* y en la que se acuñó la palabra *robotics*. Robot (del checo robota) es cualquier máquina multifuncional programada para ejecutar una serie de labores que implican tareas de manipulación y de movimiento, bajo control automático. La palabra robot sugiere una máquina humanoide, aunque los robots industriales en nada semejan a una persona.

Scanner: Véase escáner.

Selección natural: La selección natural es un mecanismo esencial de evolución propuesto por Charles Darwin y aceptado como la mejor explicación para la generación de especies o de especiación. El concepto básico de la selección natural se basa en que las condiciones de un medio ambiente determinan o *seleccionan* la eficacia de

ciertas particularidades en algunos organismos para su supervivencia y reproducción. Mientras el medio ambiente permanezca inalterado, las particularidades más exitosas se irán distribuyendo en toda la población. La selección natural como mecanismo para la evolución propuesto por Darwin parte de dos premisas. La primera es que entre los descendientes de un organismo hay una variación aleatoria, no determinista, que Darwin llamó «individualización». La segunda premisa es que esta variabilidad puede dar lugar a diferencias de supervivencia y de éxito reproductor, haciendo que algunas características de nueva aparición se puedan extender en la población, dando lugar a cambios en las frecuencias alélicas y en último término a la aparición de nuevas especies. La selección natural ocurre cuando la naturaleza escoge a los individuos que presentan características que le dan cierta ventaja en la supervivencia y en la capacidad reproductiva y la forma de adaptarse al medio ambiente de un individuo.

Simulación: Programa de computador que intenta simular un modelo abstracto de un sistema particular. Las simulaciones en computador son parte importante de la modelación de sistemas naturales en física, química, biología, sistemas humanos en economía y ciencias sociales y en procesos de ingeniería de nuevas tecnologías.

Sincrotrón: Acelerador de partículas en el que éstas se desplazan en una órbita circular, bajo la acción de un campo magnético creciente, y experimentan repetidas aceleraciones mediante un campo eléctrico alternativo en sincronismo con el movimiento orbital.

Sistema digital: Cualquier dispositivo destinado a la generación, transmisión, procesamiento o almacenamiento de señales digitales. Se dice que una señal es digital cuando las magnitudes de la misma se representan mediante valores discretos en lugar de variables continuas. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada. Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan lógica de dos estados: la corriente pasa o no por los componentes electrónicos del sistema.

Sensor: Componente de un sistema de exploración que convierte una señal de entrada en otra que es cuantificada por otro componente del sistema y que la convierte en una señal útil para un tercer componente; este último de representación gráfica.

Shunt: Véase derivación; normalmente referida a situaciones vasculares.

Simulación: Diseño físico o computacional que reproduce un sistema o un proceso, con la finalidad de utilizarlo en condiciones que remedan las reales.

Sinapsis: Espacio intercelular a través del que se produce la transmisión de señales e intercambio de información entre células nerviosas (neurosinapsis) o entre células del sistema inmunológico (inmunosinapsis).

Sombragrama: Imagen formada por la transiluminación de un órgano o tejido.

Sonar. Acrónimo de Sound Navigation and Ranging. Cualquier sistema que utiliza ondas de sonido subacuático para localización de objetos o para comunicación. También, sistema que utiliza señales acústicas transmitidas y ecos retornos así como señales acústicas procedentes de otras fuentes, para navegar y determinar posiciones.

Sonda: Compuesto o diseño utilizado en los procesos de exploración.

Squid: Acrónimo de Superconducting Quantum Interference Device. Sensores ultrasensibles que detectan los mínimos campos magnéticos generados por la actividad eléctrica de los tejidos excitables, especialmente del cerebro y del corazón. (Véase superconductividad.)

Stent: Véase Charles R. Stent. Palabra acuñada a partir del apellido del dentista inglés Charles R. Stent. Un *stent* es un diminuto dispositivo, de muy variadas formas, que, introducido a través de los vasos periféricos, se ubica en zonas estenosadas de las arterias coronarias para garantizar su permeabilidad. También, endoprótesis o armazón intravascular.

Stroke: Véase accidente cerebrovascular.

Superconductividad: Propiedad que poseen ciertos metales, aleaciones y compuestos químicos, cuya resistencia eléctrica desaparece bruscamente por debajo de una temperatura (próxima al cero absoluto) característica propia de la sustancia.

Telepresencia: Capacidad de actuar a distancia del lugar real de ubicación mediante el manejo de máquinas operativas por control remoto.

Tera: 10¹².

Tomografía: Visualización seccional del organismo mediante imagen computarizada por rayos X, MRI, PET, SPECT o ultrasonidos.

Toroide: En geometría, un toroide es la superficie de revolución engendrada por una circunferencia que gira alrededor de un eje de rotación; por ejemplo, un donut. Topológicamente, un toro es una superficie cerrada definida como el producto de dos circunferencias.

Trombolisis: Disolución de un trombo mediante la aplicación, sistémica o local, de fármacos que rompen la estructura del coágulo de fibrina.

Trombosis: Formación de un coágulo (agregado de fibrina y de plaquetas) intravascular sobre una lesión vascular, generalmente un ateroma.

Tubo de Hittorf-Crookes: Tubo primitivo de rayos catódicos; fue utilizado por Röntgen en su descubrimiento de los rayos X.

Tumor: Crecimiento anómalo de un tejido (neoplasia), en el que la multiplicación celular es progresiva e incontrolada. De acuerdo con sus características se dividen en malignos (véase cáncer) y benignos; estos últimos suelen ser de crecimiento lento y, aunque pueden llegar a comprimir e incluso comprometer a las estructuras vecinas, nunca las invaden y tampoco metastatizan.

Ultrasonido: Onda acústica cuya frecuencia es superior a las que puede percibir el oído humano (>50.000 hertz).

Urinómetro: Hidrómetro o densitómetro que mide la gravedad específica de la orina.

Variz: Dilatación de un segmento venoso.

Vena porta hepática: Vaso formado por la confluencia, detrás de la cabeza del páncreas, de las venas de drenaje de las vísceras abdominales. La vena porta entra en el hígado, donde se ramifica en pequeñas ramas que confluyen en los sinusoides hepáticos con las ramas terminales de la arteria hepática; los sinusoides desembocan en el sistema de las venas hepáticas que desembocan en la vena cava inferior.

Vena yugular: La vena yugular interna drena la sangre venosa de la hemicavidad craneal correspondiente; desciende por el cuello profundamente, junto a la arteria carótida, y desemboca en el tronco venoso braquiocéfálico homolateral. La vena yugular externa, que evacua las estructuras extracraneales homolaterales, desciende superficialmente por el cuello para confluir en la vena subclavia correspondiente.

Vida artificial: La Biología es el estudio científico de la vida; en principio, de cualquier vida. En la práctica, se restringe al estudio de la vida sobre la Tierra, un proceso basado en la química del carbono. Vida Artificial (Artificial Life, AL o Alife) es una disciplina que estudia vida «natural» intentando recrear fenómenos biológicos en el computador y en otros medios «artificiales». AL, más que estudiar el fenómeno biológico, intenta crear sistemas que se comporten como si estuvieran vivos. AL practica síntesis biológica, en analogía con la síntesis química.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA*

REFERENCIAS GENERALES

- BRENNAN, R. P., *Dictionary of scientific literacy*. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1992.
- BYNUM, W. F. y PORTER, R. (eds.), *Companion Encyclopedia of the History of Medicine*, Routledge, Londres, 1993, 2 vols.
- CLENDENING, L. (compil.), *Source Book of Medical History*, Dover Publications, Nueva York, 1960.
- GARCÍA BARRENO, P., *Medicina Virtual. En los bordes de lo real*, Debate, Madrid, 1997.
- (ed.), *Tecnología Biomédica*, Arbor 177 (698), 2004, págs. 225-417.
- INSTITUTE OF MEDICINE, *2020 Vision. Health in the 21st Century*, Institute of Medicine 25th Anniversary Symposium, National Academy Press, Washington D.C., 1996.
- LE FANU, J., *The Rise and Fall of Modern Medicine*, Carroll & Graf Publishers, Nueva York, 2000.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M., *Antología de Clásicos Médicos*, Triacastela, Madrid, 1998.
- MITCHAM, C. (ed.), *Encyclopedia of Science, Technology, and Ethics*, Thompson Gale, Detroit, 2005, 4 vols.
- QUERIDO, A. (coord. ed.) & VAN ES L. A. & MANDEMA E. (eds.), *The Discipline of Medicine. Emerging concepts and their impact*

* Los artículos señalados con asterisco (*) se refieren a trabajos seminales.

- upon medical research and medical education*, North-Holland, Amsterdam, 1994.
- WEATHERALL, D., *Science and the Quiet Art. Medical research and patient care*, Oxford University Press, Oxford, 1995.
- WIKIPEDIA, *the free encyclopedia*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Main Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page).
- WYKE, A., *21st-Century Miracle Medicine. RoboSurgery, wonder cures, and the quest for immortality*, Plenum Trade-Plenum Press, Nueva York, 1997.

ENTRE EL ASTROLABIO Y LA COMPUTADORA

- ANDRADE, J. D. (ed.), *Medical and Biological Engineering in the Future of Health Care*, University of Utah Press, Salt Lake City, Utah, 1994.
- BLOWER, S., y GANEM, D., «Mathematicians turn their attention to hepatitis C.», *Nature Medicine*, 1998, 4: 1233-1234.
- BONHOEFFER, S.; MAY, R. M.; SHAW, G. M., y NOWAK, M. A., «Virus dynamics and drug therapy», *The Proceeding of the National Academy of Sciences USA*, 1997, 94: 6971-6976.
- CHIN, G.; COONTZ, R., y HELMUTH, L. (eds.), «Mathematic in Biology», Special section, *Science*, 2004, 303: 780-806.
- COFFEY, D. S., «Self-organization, complexity and chaos: the new biology for medicine», *Nature Medicine*, 1998, 4: 882-885.
- COIERA, E. (2003), «Clinical decision support systems», *Guide to Health Informatics*, A. Hodder Arnold Publication, 2.^a ed., 2003.
- DENTON, T. A.; DIAMOND G. A.; HELFANT, R. H.; KHAN, S., y KARAGUEUZIAN H., «Fascinating rhythm: a primer on chaos theory and its application to cardiology», *The American Heart Journal*, 1990, 120: 1419-1440.
- EVIDENCE-BASED MEDICINE WORKING GROUP, «Evidence-Based Medicine. A new approach to teaching the practice of medicine», *The Journal of American Medical Association (JAMA)*, 1992, 268: 2420-2425.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

367

- FEINSTEIN, A. R., «Meta-Analysis: Statistical alchemy for the 21st century», *The Journal of Clinical Epidemiology*, 1995, 48: 71-79.
- GARFINKEL, A.; SPANO, M. L.; DITTO, W. L., y WEISS, J. N., «Controlling cardiac chaos», *Science*, 1992, 257: 1230-1235.
- GLEICK, J., *Chaos. Making a New Science*, Harmondsworth, Middlesex, Penguin Books, 1987, Trad. cast. —*Caos. La creación de una nueva ciencia*— de J. A. Gutiérrez-Larraya, Seix Barral, Barcelona, 1988.
- GOLDBERGER, A. L., «Non-linear dynamics for clinicians: chaos theory, fractals, and complexity at the bedside», *The Lancet*, 1996, 347: 1312-1314.
- , «Fractal variability versus pathologic periodicity: complexity loss and stereotypy in disease», *Perspectives in Biology and Medicine*, 1997, 40: 543-561.
- GUERRA ROMERO, L., «La medicina basada en la evidencia: un intento de acercar la ciencia al arte de la práctica clínica», *Medicina Clínica*, 1996, Barcelona, 107: 377-382.
- HOWELL, J. D., *Technology in the Hospital. Transforming patient care in the early twentieth century*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1995.
- LEWIN, R. (1993), *Complexity. Life at the Edge of Chaos*, J. M. Dent Ltd., Londres, 1993.
- LIPSITZ, L. A., y GOLDBERGER, A. L., «Loss of complexity? And aging. Potential applications of fractals and chaos theory to senescence», *The Journal of American Medical Association (JAMA)*, 1992, 267: 1806-1809.
- MANDELBROT, B. B., *The Fractal Geometry of Nature*, New York: W. H. Freeman and Co., New York, 1982, Trad. cast. —*La geometría fractal de la naturaleza*— de J. Llosa, Tusquets Metatemas-Libros para Pensar la Ciencia, Barcelona, 1997.
- PATEL, V. L.; AROCHA, J. F., y ZHANG, J. (2005), «Thinking and reasoning in medicine», *Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, Cambridge, U K: Cambridge University Press, Cam-

- bridge, 2005, Part VII: Thinking practic, Cap. 30, págs. 727-750.
- PERELSON, A. S.; NEUMANN, A. U.; MARKOWITZ, M.; LEONARD, J. M., y HO, D. D., «HIV-1 dynamics in vivo: virion clearance rate, infected cell life-span, and viral generation time», *Science*, 1996, 271: 1582-1586.
- ROTHFIELD, L., *Vital Signs. Medical realism in nineteenth-century fiction*, Princeton University Press, Princeton, 1994.
- SCHIFF, S. J.; JERGER, K.; DUONG, D. H.; CHANG, T.; SPANO, M. L., y DITTO, W. L., «Controlling chaos in the brain», *Nature*, 1994, 370: 615-620.
- SWETS, J. A.; DAWES, R. M., y MONAHAN, J., «Better decisions through science», *Scientific American*, 2000, 10: 70-75.
- THORNDIKE, L., «The true place of astrology in the history of science», *ISIS*, 1955, 46: 273-278.
- VERNET, J., *Astrología y Astronomía en el Renacimiento*, Quaderns Crema, Barcelona, 2000.
- WALDROB, M. M., *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, Touchstone, Nueva York, 1992.
- WEIBEL, E. R., «Fractal geometry: a design principle for living organisms», *The American Journal of Physiology*, 261, 1991 (Lung Cell & Molecular Physiology 5): L361-9.
- WHITE, L., «Medical astrologers and late medieval technology», *Viator*, 1975, 6: 295-308.

DE GENES Y GENOMAS

- ANDERSON, W. F., *Human gene therapy: the initial concepts*. En: www.frenchanderson.org.
- BIER, E., *The Coiled Spring. How life begins*, CSHL Press, Nueva York, 2000.
- BISHOP, J. E., y WALDHOLZ M., *Genome. The Story of Our Astonishing Attempt to Map All the Genes in the Human Body*, Touchstone, New York, 1990. Trad. cast. —*Genoma. La historia de la*

- aventura científica más asombrosa de nuestro tiempo: el intento de trazar el mapa genético del cuerpo humano*— de R. Tulla Altman, Plaza & Janés, Barcelona, 1992.
- BOBROW, M. (ed.), «Molecular Medicine», *The Lancet*, 1999, 354 (supl. 1): 1-37.
- BURNET, F. M., *Genes, Dreams, and Realities*, Medical and Technical Publishing Co., Gran Bretaña, 1971.
- CLONACIÓN, Véase Alphabetical Web Site Index: *Clonning*, U. S. Department of Energy Office of Science, *Human Genome Project Information*.
- COOKSON, W., *The Gene Hunters. Adventures in the Genome Jungle*, Aurum Press, London, 1994.
- CRICK, F., *What Mad Pursuit. A Personal View of Scientific Discovery*, Penguin Books, London, 1989. Trad. cast. — *Qué loco propósito. Una versión personal del descubrimiento científico*— de A. Godoy y P. Puichdomènech, Tusquets Metatemas Superinfimos, Barcelona, 1989.
- FRANKEL, M. S., y CHAPMAN, A. R., *Human Inheritable Genetic Modifications. Assessing, Ethical, Religious, and Policy Issues*, Prep. by the American Association for the Advancement of Science, 2000, en: <http://www.aaas.org/spp/dspp/sfrl/germline/main>.
- FRIEDMAN, T. (1994), *Gene Therapy. Fact and Fiction in Biology's New Approaches to Disease*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Nueva York, 1994.
- GARCÍA BARRENO, P. (ed.), *50 años de AND: La doble hélice*, Espasa Calpe, Madrid, 2003.
- GARROD, A. E. (1923), *Inborn Errors of Metabolism* (2nd ed.) Henry Frowde and Hodder & Stoughton (2.^a ed.), Londres, 1923 (Online facsimile edition: Electronic scholarly publishing), en <http://www.esp.org/books/garrod/inborn-errors/facsimile>.
- GÓMEZ-NAVARRO, J.; ALEMANY, R.; BALAGUÉ, C., y JORCANO, J. L., «Terapia génica», *Medicine*, 1999, 7 (137): 6485-6497.
- GURDON, J. B., «Transplanted nuclei and cell differentiation», *Scientific American*, 1968, 219: 24-35.
- HARRIS, J., *Clones, Genes, and Immortality. Ethics and the Genetic*

- Revolution*, Oxford University Press, Oxford, 1998.
- HARRIS, J., *Wonderwoman and Superman. The Ethics of Human Biotechnology*, Oxford University Press, Oxford, 1992.
- HOWARD HUGHES MEDICAL INSTITUTE, *Exploring the Biomedical Revolution. A Look at the Work of Frontline Scientists and How They Are Changing Medicine*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1999.
- JONSEN, A. R.; DURFY, S. J.; BURKE, W., y MOTULSKY, A. A. G., «The advent of the “unpatients”», *Nature Med*, 1996, 2: 622-624.
- JUDSON, H. F., *The Eight Day of Creation. Makers of the Revolution in Biology*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Nueva York, 1996.
- KLAY, L. E., *Who Wrote the Book of Life? A History of the Genetic Code*, Standford University Press, Standford C.A., 2000.
- KEVLES, D. J., y HOOD, L. (eds.), *The Code of Codes. Scientific and Social Issues in the Human Genome Project*, Harvard University Press, Cambridge, 1992.
- KOLATA, G., *Hello, Dolly. El nacimiento del primer clon*, Planeta, Barcelona, 1998.
- KORNBERG, A., *The Golden Helix. Inside Biotech Ventures*, University Science Books, Sausalito, C. A., 1995.
- LEE, T. F., *The Human Genome Project*, Plenum Pub. Co., New York, 1991. Trad. cast. —*El Proyecto Genoma Humano. Rompiendo el código genético de la vida*— de J. A. Álvarez, Gedisa (Límites de la Ciencia), Barcelona, 1994.
- MENDEL, G., *Experiments in plant hybridization*, 1865 (versión inglesa del original alemán leído en las sesiones de la Sociedad de Historia Natural de Brünn, los días 8 de febrero y 8 de marzo, y publicado al año siguiente en la *Revista de la Sociedad*, en: www.netSPACE.org/MendelWeb/ Mendel. Pág. realizada por R. B. Blumberg.)
- OLBY, R., *The Path to the Double Helix*, The Macmillan Press, London, 1974. Trad. cast. —*El camino hacia la doble hélice*— de N. Sánchez Sáinz-Trápaga, Alianza, Madrid, 1991.
- , *The Path to the Double Helix. The Discovery of DNA*, Dover

- Publications, Nueva York, 1994.
- ORWELL, G., *Nineteen Eighty-four*, 1949, en: <http://orwell.ru/library/novels/1984/english/>. Trad. cast. —1984— de R. Vázquez Zamora, Destino, Barcelona, 1952.
- PAULING, L.; ITANO, H. A.; SINGER, S. J., y WELLS, I. C., «Sickle cell anemia, a molecular disease», *Science*, 1949, 110: 543-548.
- PORTUGAL, F. H., y COHEN, J. S., *A Century of DNA. A History of the Discovery of the Structure and Function of the Genetic Substance*, The MIT Press, Cambridge, M. A., 1977.
- RIDLEY, M., *Genome*, Fourth Estate Ltd., Gran Bretaña, 1999. Trad. cast. —*Genoma. La autobiografía de una especie en 23 capítulos*— de I. Cifuentes, Taurus, Madrid, 2000.
- RIFKIN, J., *The Biotech Century. The Coming Age of Genetic Commerce: Harnessing the Gene and Remaking the World*, Victor Gollancz, Londres, 1998.
- SINGER, P. A., y DAAR, A. S., «Harnessing genomics and biotechnology to improve global health equity», *Science*, 1991, 294 (5.540): 87-89.
- STOLBERG, S. G., «The biotech death of Jesse Gelsinger», *New York Times-Sunday Magazine*, 1999 (28 nov.), en: www.gene.ch/genotech/1999/Dec/msg00005.html.
- TERAPIA GÉNICA, Véase Alphabetical Web Site Index, Gene therapy, en U S Department of Energy Office of Science, *Human Genome Project Information*.
- U. S. DEPARTMENT OF ENERGY OFFICE OF SCIENCE, *From DNA to Life*, en <http://doegenomes.org/>.
- , *Human Genome Project Information*, en <http://www.ornl.gov/sci/techresources/HumanGenome/home.shtml>.
- VERMA, I. M., «Gene therapy», *Scientific American*, 1990, 263 (5): 34-41.
- WATSON, J. D., *The Double Helix. A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, A Signet Book, New York, 1969. Trad. cast. —*La doble hélice. Un relato autobiográfico sobre el descubrimiento del ADN*— de A. Martín, Salvat, Barcelona, 2000. — (2000), *A Passion for DNA. Genes, Genomes, and Society*, Cold

- Spring Harbor Laboratory Press, Nueva York, 2000. Trad. cast. —*Pasión por el AND. Genes, genomas y sociedad*— de J. Ros, Crítica-Drakontos, Barcelona, 2001.
- , y CRICK, F. H. C.*, «Molecular structure of nucleic acid: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid», *Nature*, 1953, 171 (4.361): 737-738.
- , y TOOZE, J., *The DNA Story. A documentary history of gene cloning*, W. H. Freeman & Co., San Francisco, 1981.
- WEINER, D. B., y KENNEDY, R. C., «Genetic vaccines», *Scientific American*, 1999, 281 (1): 34-41.
- WILMUT, I.; SCHNIEKE, A. E.; MCWHIR, J.; KIND, A. J., y CAMPBELL, K. H. S.*, «Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells», *Nature*, 1997, 385, 810-813.

BIOPUZLES

- ADAMI, C., *Introduction to Artificial Life*, Springer-Verlag, Berlín, 1998.
- ALDHOUS, P., y DEWITT, N. (eds.), «Nature outlook: Fertily. Frontiers of reproduction», *Nature*, 2004, 432: 35-58.
- BAUM, L. F. (1900), *The Wonderful Wizard of Oz* (with pictures by W. W. Denslow), Geo. M. Gill Co., Chicago, 1900, en: www.eskimo.com/~tiktok/, versión cast. Ilustr. —*El Mago de Oz*— de Verónica Fernández-Muro, Alianza (Biblioteca Juvenil), Madrid, 2000.
- BUCKMINSTER FULLER INSTITUE, en: <http://www.bfi.org.html>.
- DAWKINS, R., *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Oxford, 1976.
- DITLEA, S., «The trials of an artificial heart», *Scientific American*, 2002; 287 (1): 44-53.
- DREXLER, K. E., *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*, Anchor Books-Doubleday, Nueva York, 1986.
- FEYNMAN, R. *, (1958) *There's plenty of room at the bottom*, 1958, en: www.zyvex.com/nanotech/feynman.html (Véase Nanotechno-

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

373

- logy, en: www.zyvex.com/nano/).
- FREITAS, R. A., *Nanomedicine page*. En: www.foresight.org/Nanomedicine.
- FUCHS, E., SEGRE, J. A., «Stem cells: a new lease of life», *Cell*, 2000, 100 (1: Millennium revs): 143-56.
- GARCÍA BARRENO, P., *Tensegridad. Arquitectura, Arte, Biología*, Real Academia de Doctores de España, Madrid, 2005.
- HINES, P. J.; PURNELL, B. A., y MARX, J. (eds.), «Special issue: Stem cell research and ethics», *Science*, 2000; 287 (5.457): 1417-1446.
- HOGNESS, J. R., y VAN ANTWERP, M. (eds.), *The Artificial Heart. Prototypes, Policies, and Patients*. Institute of Medicine, National Academic Press, Washington D.C., 1991.
- INGBER, D. E., «The architecture of life», *Scientific American*, 1998, 278: 48-57.
- KAKU, M., *Visions. How Science Will Revolutionize the 21st Century*, New York: Anchor Books, Doubleday, New York, 1997. Trad. cast. —*Visiones. Cómo la ciencia revolucionará la materia, la vida y la mente en el siglo XXI*— de F. Chueca, Debate (Temas de Debate), Madrid, 1998.
- KIRSCHSTEIN, R., y SKIRBOLL, L. R. (2001), *Stem Cells: Scientific progress and future research directions*, National Institute of Health USA, 2001, en NIH Stem Cell Information, Report on Stem Cells, en <http://stemcells.nih.gov/info/scireport/>.
- LANZA, R. P.; LANGER, R., y VACANTI, J., *Principles of Tissue Engineering*, Academic Press, 2.^a ed., San Diego, CA, 2000.
- LAVINE, M.; ROBERTS, L., y SMITH, O. (eds.), «If I only had a...», *Science*, 2002, 295 (5.557): 995-1033.
- LEVY, S., *Artificial Life. The Quest for a New Creation*, Pantheon Books, New York, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-INSTITUTE OF MEDICINE (2002), *Stem Cells and the Future of Regenerative Medicine*, National Academic Press, Washington D. C., 2002 (Resumen: «The Promise of Stem Cells. From Research to Medical Therapies»), en: <http://www.nap.edu/catalog/10195.html>

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL, *National Nanotechnology Initiative. Leading to the Next Industrial Revolution* (NNI). A Report by the Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology. Febrero de 2000, en: www.nano.gov/nni.htm.

—, *National Nanotechnology Initiative. The Initiative and Its Implementation Plan* (NNI). A Report by the Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology. Julio de 2000, en: www.nano.gov/nni2.htm.

PURNELL, B., y HELMUTH, L. (eds.), «Where do babies come from?», *Science*, 2002, 296: 2163-2190.

RENNIE, J. (ed.), «Special report: The promise of tissue engineering», *Scientific American*, 1999, 280 (4): 37-65.

ROCO, M. C., y BAINBRIDGE, W. S. (eds.), *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, National Science Foundation, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.

ROSE, E. A.; GELIJNS, A. C.; MOSKOVITZ, A. J.; HEITJAN, D. F.; STEVENSON, L. W., DEMBITSKY, W. y cols., «Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure», *The New England Journal of Medicine*, 2001, 345 (20): 1435-1443.

SHAMBLOTT, M. J.; AXELMAN, J.; WANG, S.; BUGG, E. M.; LITTLEFIELD, J. W.; DONOVAN, P. J.; BLUMENTHAL, P. D.; HUGGINS, G. R., y GEARHART, J. D., «Derivation of pluripotent stem cells from cultured human primordial germ cells», *The Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 1998, 95: 13726-13731.

SNELSON, K., en: <http://www.kennethsnelson.net>.

THOMSON, J. A.; ITSKOVITZ-ELDOR, J.; SHAPIRO, S. S.; WAKNITZ, M. A.; SWIERGIEL, J. J.; MARSHALL, V. S., y JONES*, Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science*, 1998, 282: 1145-1147.

VACANTI, J. P., y LANGER, R., «Tissue engineering: the design and fabrication of living replacement devices for surgical reconstruction and transplantation», *The Lancet*, 1999, 354 (suppl. I): SI 32-4.

WARWICK, K., *I, Cyborg*, véase www.kevinwarwick.com.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

375

WEISSMAN, I. L., «Stem cells: units of development, units of regeneration, and units in evolution», *Cell*, 2000, 100 (2: Millennium revs.): 157-168.

CARTOGRAFÍA DEL CUERPO HUMANO

CAZORT, M.; KORNELL, M., y ROBERTS, K. B., *The Ingenious Machine of Nature. Four centuries of art and anatomy*, National Gallery of Canada, Ottawa, 1996.

CLARE, S., *Functional MRI: Methods and applications*, 1997, en: www.fmrib.ox.ac.uk/~stuart/thesis.

COLLET MEDICAL ANTIQUES, *Anatomy-Modern medicine begins*, en www.collectmedicalantiques.com.

COLUMBIA fMRI, «About functional MRI» (General), *The future role of functional MRI in medical applications*, en: www.fmri.org/fmri.htm.

DARPA, *Virtual soldier project*, en: www.virtualsoldier.net.

DESCO, M., «Técnicas avanzadas de imagen en medicina. En: J. M. Sánchez Ron (ed.), *La ciencia y la tecnología ante el tercer milenio*. Sociedad Estatal España Nuevo Milenio, Madrid, 2002. Tomo I, 399-420.

DESCO, M., y VAQUERO, J. J., «Más de un siglo de imagen médica». *Arbor*, 2004, 177 (698): 337-364.

GÁLVEZ GALÁN, F., *La mano de Berta. Otra historia de la radiología*, I. M. & C., Madrid, 1995.

GARCÍA BARRENO, P. (1998), «Realidad Virtual: nuevas experiencias sensoriales», en *Ciencia y Sociedad: Grandes temas de las ciencias de la vida*, Fundación Central Hispano, Nobel, Madrid, 1998, págs. 119-160.

GROSS, C. G., *Brain, Vision, Memory. Tales in the History of Neuroscience*, Mass.: A Bradford Book-The MIT Press, Cambridge, 1998.

—, «Rembrandt's "The anatomy lesson of Dr. Joan Deijman"», *Trends in Neurosciences*, 1998, 21 (6): 237-240.

HAGENS, G. VON, *BodyWorlds*, en: www.bodyworlds.com.

- HALL, S. S., *Mapping the Next Millenium. How Computer-Driven Cartography is Revolutionizing the Face of Science*, Vintage Books, Nueva York, 1993.
- HANSEN, J. V., «Resurrecting death: Anatomical art in the cabinet of Dr. Frederick Ruysch», *Art Bulletin*, 1996, 78 (4): 663-679.
- HORNAK, J. P., *The Basic of MRI*, 2005, en: www.cis.rit.edu/htbooks/mri.
- HUTSON, S., «Scanners reveal our bodies as we have never seen them before», *New Scientist*, 2005, 2.530: 26-29.
- ISABELLE D. B., y VEYRE, A. (1983), «Las imágenes en Medicina», *Mundo Científico - La Recherche*, 1983, 27 (julio/agosto: Número especial: «La revolución de las imágenes»): 700-826.
- KAC, E., *Transgenic art*, en: www.ekac.org.
- LIGHTSOURCES.ORG., *What is a Light source?*, en: www.lightsources.org.
- MALLARD, J. R., «The evolution of medical imaging. From Geiger counters to MRI: a personal saga», *Perspectives in Biology and Medicine*, 2003, 46 (3): 349-370.
- MATA, J., *Anatomía. Viaje al cuerpo humano* (Catálogo de la exposición), Parque de las Ciencias, Granada, 2001.
- MILLER, J. W., *The Body in Question*, Jonathan Cape, New York, 1978.
- MOAKLEY, M. P. (ed.), «100 Years of X-rays», *Medica Mundi. A review of modern diagnostic imaging and radiation therapy*, 1993.
- MÜLLER-GÄRTNER, H. W., «Imaging techniques in the analysis of brain function and behaviour», *Trends in Biotechnology*, 1998, 16 (3): 122-130.
- NATIONAL LIBRARY MEDICINE USA, *The Visible Human Project*®, 1986, www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html.
- , *Dream Anatomy*, 2004, www.nlm.nih.gov/exhibition/dreamanatomy.
- PHELPS, M. E., «PET: The merging of biology and imaging into molecular imaging», *The Journal of Nuclear Medicine*, 2000, 41 (4): 661-681.
- POMPER, M. G. (2001), «Molecular imaging: An overview», *Acade-*

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

377

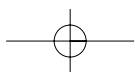
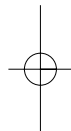
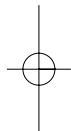
- mic Radiology*, 2001, 8 (11): 1141-1153.
- RAICHLER, M. E. (1994), «Representación visual de las operaciones mentales», *Investigación y Ciencia (Scientific American)*, 1994, 213 (junio): 22-29.
- SATAVA, R. M. (ed.), *Cybersurgery. Advanced technologies for surgical practice*, Protocols in General Surgery Series, Wiley-Liss, A John Wiley & Sons Inc. Pub., Nueva York, 1998.
- SAXL, F., *La Vida de las Imágenes. Estudios iconográficos sobre el arte occidental*, Alianza, Madrid, 1989.
- SCHWARTZ, J. A. (1993), «Computerized Cadaver to Aid Medical Students», *The New York Times*, 1993 (7 de abril), p. D5.
- SOCHUREK, H., «Medicine's New Vision», *National Geographic*, 1987, 171 (1), 2-41.
- SUORTTI, P., y THOMLINSON, W., «Medical applications of synchrotron radiation» (Topical review), *Physics in Medicine and Biology*, 2003, 48: R1-R35.
- WEISSELEDER, R., y MAHMOOD, U., «Molecular imaging», *Radiology*, 2001, 219 (2): 316-333.
- WOOD, B. P. (series dir.), *A Century of Radiology*, A project of Radiology Centennial Inc., 1993, en: www.xray.hmc.psu.edu/rci/centennial.htm.
- ZAERA, R., *Anatomía de les ombres (Anatomía de las sombras)*, Universitat de València, Valencia, 2005.

LOS LÍMITES DE LA MEDICINA

- ADAMS, J. C., *Shakespeare's Physic*, The Royal Society of Medicine Press, Londres, 1989.
- ASH, C., y JASNY, B. (eds.), «Unmet needs in Public health. Issues in Public health», *Science*, 2002, 295: 2035-2050.
- BALTIMORE, D., «Limiting science: a biologist's perspective», *Daedalus*, 2005, Fall: 7-15.
- EISENBERG, D. M.; KESSLER, R. C.; FOSTER, C.; NORLOCK, F. E.;

- Clalkins, D. R., y DELBLANCO, T. L., «Unconventional medicine in the United States: prevalence cost and patterns», *The New England Journal of Medicine*, 1993, 328: 246-252.
- ERNST, E., «The role of complementary and alternative medicine», *British Medical Journal*, 2000, 321: 1133-1135.
- FUKUYAMA, F., *Our Posthuman Future. Consequences of the Biotechnology Revolution*, Picador-Farrar, Straus and Giroux, Nueva York, 2002.
- GOLUB, E. S., *The Limits of Medicine. How science shapes our hope for the cure*, Random House (Times Books), Nueva York, 1994.
- HANSON, M. J.; DANIEL CALLAHAN, D., y KAEBNICK, G. E. (eds.), *The Goals of Medicine: The Forgotten Issues in Health Care Reform*. The Hastings Center Studies in Ethics Series. Georgetown University Press, 2001. Traducido al castellano por la Fundació Víctor Grifols i Lucas: Cuadernos de la Fundació núm. 11 (2004): Los Fines de la Medicina.
- THE HASTINGS CENTER. Ver Hanson *et al.*
- HORTON, R., «A manifiesto for reading medicine», *The Lancet*, 1997, 349: 872-874.
- HUBBARD, R., *Exploding the Gene Myth: How Genetic Information is Produced and Manipulated by Scientists, Physicians, Employers, Insurance Companies, Educators, and Law Enforcers*, Beacon Press, Nueva York, 1993.
- INGELFINGER, F. J., «Arrogance», *The New England Journal of Medicine*, 1980, 303 (26): 1507-1511.
- KLEVES, D., y HOOD, L. (eds.), *The Code of Codes: Scientific and Social Issues in the Human Genome Project*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1992.
- LEWONTIN, R. C.; ROSE, S., y KAIN, L. J., *Not in Our Genes: Biology, Ideology, and Human Nature*, Pantheon Books, Nueva York, 1984.
- LONGMAN, P., «The limits of medicine», *The Washington Post*, 2004 (31 de marzo).
- MEDAWAR, P. (1991), «In Defence of Doctors», *The Threat and the*

- Glory. Reflections on Science and Scientists*, David Pike ed., Oxford University Press, Oxford, págs. 258-274.
- MOORE, G. B.; REY, D. A., y ROLLINS, J. D., *Prescription for the Future: how the technology revolution is changing the pulse of the global health care*, Knowledge Exchange, Santa Mónica C.A, 1996. Trad. cast. —*La sanidad en el tercer milenio. Cómo la revolución tecnológica está cambiando el pulso a la sanidad*— de R. Casati Calzada, Andersen Consulting SAP, Bilbao, 1997.
- MURRAY, C. J. L., y LÓPEZ, A. D., «Evidence-based Health policy. Lessons from the global burden of disease study», *Science*, 1996, 274: 740-743.
- MURRAY, C. J. L., y LÓPEZ, A. D., «Global Burden of Disease Study», *The Lancet*, 1997, 349: 1269-1276; 1347-1356; 1436-1442; 1498-1504.
- NIRENBERG, M. W., «Will society be prepared?», *Science*, 1967, 157: 633.
- «Postmodern Medicine», *British Medical Journal*, 2002, (Editor's Choice), 324 (7342): editorials (859-866); clinical review (883-885); education and debate (886-911).
- REES, L., y WEIL, A., «Integrated medicine», *British Medical Journal*, 2001, 322 (7279): 119-120.
- SATAVA, R. M., «Biomedical, ethical, and moral issue being forced by advanced medical technologies», *The Proceedings of the American Philosophical Society*, 2003, 147 (3): 246-258.
- SCHNEIDERMAN, L. J., y JECKER, N. S., *Wrong Medicine. Doctors, patients, and futile treatment*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1995.
- SONDEREGGER-ISELI, K.; BURGER, S.; MUNTWYLER, J., y SALOMON, F., «Diagnostic errors in three medical eras: a necropsy study», *The Lancet*, 2000, 355: 2027-2031.
- STARR, P., *The Social Transformation of American Medicine. The rise of a sovereign profession and the making of a vast industry*, Basic Books Inc. Publ., Nueva York, 1982.
- THOMASMA, D. C., y KUSHNER, T. (eds.), *Birth to Death. Science*



ÍNDICE

PRÓLOGO por José Manuel Sánchez Ron	9
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1. ENTRE EL ASTROLABIO Y LA COMPUTADORA	15
Introducción	15
<i>Médicos astrólogos</i>	16
<i>Del trivium al quadrivium</i>	17
<i>Tecnología medieval</i>	19
La ciencia del diagnóstico	23
<i>El número y el gráfico</i>	23
<i>Salud pública y epidemiología</i>	25
<i>El método estadístico</i>	26
El anhelo de certeza	28
<i>La imagen</i>	40
Dinámica no lineal en medicina	43
<i>Por el filo del caos</i>	45
<i>Variabilidad fractal vs periodicidad patológica</i>	50
La enfermedad y sus modelos	57
<i>Sida y hepatitis</i>	59
Epílogo	66
CAPÍTULO 2. DE GENES Y GENOMAS	71
Introducción. La humanidad ha recibido un gran regalo	71
Genes	73
<i>La hélice dorada: ADN</i>	74
<i>Las herramientas</i>	84
<i>ADN recombinante</i>	86
<i>Clonación molecular</i>	88
<i>PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa)</i>	90
<i>Secuenciación</i>	92
<i>Huella genética</i>	94
Proyecto Genoma Humano	99
<i>Gestión del proyecto</i>	100
<i>Cartografía del genoma</i>	105
<i>Presentación de los «borradores de trabajo»</i>	109
Medicina molecular	117
<i>Enfermedad molecular</i>	117
<i>Diagnóstico molecular</i>	120
<i>Medicina predictiva</i>	122
Terapia génica	125
<i>Concepto y desarrollo</i>	126
<i>Vectores</i>	133
<i>Protocolos clínicos</i>	138
<i>Estrategias</i>	140
Epílogo	143

CAPÍTULO 3. BIOPUZLES	149
Introducción. Quimeras y milagros	149
Trasplantariedad	151
<i>Trasplante de órganos</i>	151
De Louise J. Brown a <i>Dolly</i>	157
<i>Fertilización in vitro (FIV)</i>	157
<i>Endoscopia</i>	162
<i>Clonación</i>	165
Medicina regenerativa	172
<i>Terapia celular</i>	175
<i>Ingeniería de tejidos</i>	194
Biónica	197
<i>Órganos artificiales</i>	197
<i>Ingeniería biomédica</i>	200
Nanomedicina	208
<i>El tiempo: femtoquímica</i>	209
<i>La dimensión: nanotecnología</i>	212
<i>La forma: biotensegridad</i>	221
<i>Nanomedicina</i>	223
<i>Biocomputación</i>	226
<i>Vida artificial</i>	232
Epílogo	236
CAPÍTULO 4. LA CARTOGRAFÍA DEL CUERPO HUMANO	241
Introducción. La imagen del hombre: del papiro Edwin Smith al arte corpóreo (<i>Gross Art</i>)	241
Imagen médica: iconomedicina o iconómica	249
<i>Imagen radiológica convencional</i>	251
<i>Tomografía computarizada por rayos X</i>	255
<i>Radiación o luz sincrotrón</i>	260
<i>Optoimagen</i>	263
<i>Imagen ultrasónica</i>	266
<i>Termografía</i>	268
<i>Magnetografía</i>	268
<i>Imagen por resonancia magnética</i>	269
<i>Imagen nuclear</i>	272
Imagen cognitiva	274
<i>Cartografía de la mente</i>	274
Imagen molecular	282
<i>La visualización de la expresión génica</i>	282
<i>Arte transgénico</i>	283
Imagen intervencionista	285
<i>Radiología intervencionista y cirugía de invasión mínima</i>	285
<i>Quirobótica</i>	291
<i>Cirugía integrada por computadora</i>	293
<i>Cirugía virtual y medicina Nintendo</i>	295
Epílogo	302
CAPÍTULO 5. LOS LÍMITES DE LA MEDICINA	305
ELENCO BIOGRÁFICO	323
GLOSARIO	341
BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA	365