



Nicolás Copérnico (1473-1543), astrónomo polaco, conocido por su teoría según la cual el Sol se encontraba en el centro del Universo y la Tierra, que giraba una vez al día sobre su eje, completaba cada año una vuelta alrededor de él. Este sistema recibió el nombre de heliocéntrico o centrado en el Sol.

Copérnico nació el 19 de febrero de 1473 en la ciudad de Thorn (hoy Toru), en el seno de una familia de comerciantes y funcionarios municipales. El tío materno de Copérnico, el obispo Ukasz Watzenrode, se ocupó de que su sobrino recibiera una sólida educación en las mejores universidades. Copérnico ingresó en la Universidad de Cracovia en 1491, donde comenzó a estudiar la carrera de humanidades; poco tiempo después se trasladó a Italia para estudiar derecho y medicina. En enero de 1497, Copérnico empezó a estudiar derecho canónico en la Universidad de Bolonia, alojándose en casa de un profesor de matemáticas llamado Domenico Maria de Novara, que influiría en sus inquietudes. Este profesor, uno de los primeros críticos sobre la exactitud de la Geografía del astrónomo del siglo II Tolomeo, contribuyó al interés de Copérnico por la geografía y la astronomía. Juntos observaron el 9 de marzo de 1497 la ocultación (eclipse a causa de la Luna) de la estrella Aldebarán.

En 1500, Copérnico se doctoró en astronomía en Roma. Al año siguiente obtuvo permiso para estudiar medicina en Padua (la universidad donde dio clases Galileo, casi un siglo después). Sin haber acabado sus estudios de medicina, se licenció en derecho canónico en la Universidad de Ferrara en 1503 y regresó a Polonia.

La teoría de Copérnico establecía que la Tierra giraba sobre sí misma una vez al día, y que una vez al año daba una vuelta completa alrededor del Sol. Además afirmaba que la Tierra, en su movimiento rotatorio, se inclinaba sobre su eje (como un trompo). Sin embargo, aún mantenía algunos principios de la antigua cosmología, como la idea de las esferas dentro de las cuales se encontraban los planetas y la esfera exterior donde estaban inmóviles las estrellas. Por otra parte, esta teoría heliocéntrica tenía la ventaja de poder explicar los cambios diarios y anuales del Sol y las estrellas, así como el aparente movimiento retrógrado de Marte, Júpiter y Saturno, y la razón por la que Venus y Mercurio nunca se alejaban más allá de una distancia determinada del Sol. Esta teoría también sostenía que la esfera exterior de las estrellas fijas era estacionaria.

Una de las aportaciones del sistema de Copérnico era el nuevo orden de alineación de los planetas según sus periodos de rotación. A diferencia de la teoría de Tolomeo, Copérnico vio que cuanto mayor era el radio de la órbita de un planeta, más tiempo tardaba en dar una vuelta completa alrededor del Sol. Pero en el siglo XVI, la idea de que la Tierra se movía no era fácil de aceptar y, aunque parte de su teoría fue admitida, la base principal fue rechazada.

Entre 1543 y 1600 Copérnico contó con muy pocos seguidores. Fue objeto de numerosas críticas, en especial de la Iglesia, por negar que la Tierra fuera el centro del Universo. La mayoría de sus seguidores servían a la corte de reyes, príncipes y emperadores. Los más importantes fueron Galileo y el astrónomo alemán Johannes Kepler, que a menudo discutían sobre sus respectivas interpretaciones de la teoría de Copérnico. El astrónomo danés Tycho Brahe llegó, en 1588, a una posición intermedia, según la cual la Tierra permanecía estática y el resto de los planetas giraban alrededor del Sol, que a su vez giraba también alrededor de la Tierra.

Johannes Kepler (1571-1630), astrónomo y filósofo alemán, famoso por formular y verificar las tres leyes del movimiento planetario conocidas como leyes de Kepler.

Kepler nació el 27 de diciembre de 1571, en Weil der Stadt, en Württemberg, y estudió teología y clásicas en la Universidad de Tübingen. Allí le influenció un profesor de matemáticas, Michael Maestlin, partidario de la teoría heliocéntrica del movimiento planetario desarrollada en principio por el astrónomo polaco Nicolás Copérnico. Kepler aceptó inmediatamente la teoría copernicana al creer que la simplicidad de su ordenamiento planetario tenía que haber sido el plan de Dios. En 1594, cuando Kepler dejó Tübingen y marchó a Graz (Austria), elaboró una hipótesis geométrica compleja para explicar las distancias entre las órbitas planetarias —órbitas que se consideraban circulares erróneamente. (Posteriormente, Kepler dedujo



que las órbitas de los planetas son elípticas; sin embargo, estos primeros cálculos sólo coinciden en un 5% con la realidad.) Kepler planteó que el Sol ejerce una fuerza que disminuye de forma inversamente proporcional a la distancia e impulsa a los planetas alrededor de sus órbitas. Publicó sus teorías en un tratado titulado *Mysterium Cosmographicum* en 1596. Esta obra es importante porque presentaba la primera demostración amplia y convincente de las ventajas geométricas de la teoría copernicana.

Kepler fue profesor de astronomía y matemáticas en la Universidad de Graz desde 1594 hasta 1600, cuando se convirtió en ayudante del astrónomo danés Tycho Brahe en su observatorio de Praga. A la muerte de Brahe en 1601, Kepler asumió su cargo como matemático imperial y astrónomo de la corte del emperador Rodolfo II. Una de sus obras más importantes durante este periodo fue *Astronomía nova* (1609), la gran culminación de sus cuidadosos esfuerzos para calcular la órbita de Marte. Este tratado contiene la exposición de dos de las llamadas leyes de Kepler sobre el movimiento planetario. Según la primera ley, los planetas giran en órbitas elípticas con el Sol en un foco. La segunda, o regla del área, afirma que una línea imaginaria desde el Sol a un planeta recorre áreas iguales de una elipse durante intervalos iguales de tiempo. En otras palabras, un planeta girará con mayor velocidad cuanto más cerca se encuentre del Sol.

En 1612 Kepler se hizo matemático de los estados de la Alta Austria. Mientras vivía en Linz, publicó su *Harmonices mundi, Libri* (1619), cuya sección final contiene otro descubrimiento sobre el movimiento planetario (tercera ley): la relación del cubo de la distancia media (o promedio) de un planeta al Sol y el cuadrado del periodo de revolución del planeta es una constante y es la misma para todos los planetas.

Hacia la misma época publicó un libro, *Epitome astronomiae copernicanae* (1618-1621), que reúne todos los descubrimientos de Kepler en un solo tomo. Igualmente importante fue el primer libro de texto de astronomía basado en los principios copernicanos, y durante las tres décadas siguientes tuvo una influencia capital convirtiendo a muchos astrónomos al copernicanismo kepleriano.

La última obra importante aparecida en vida de Kepler fueron las *Tablas rudolfinas* (1625). Basándose en los datos de Brahe, las nuevas tablas del movimiento planetario reducen los errores medios de la posición real de un planeta de 5° a 10'. El matemático y físico inglés Isaac Newton se basó en las teorías y observaciones de Kepler para formular su ley de la gravitación universal.

Kepler también realizó aportaciones en el campo de la óptica y desarrolló un sistema infinitesimal en matemáticas, que fue un antecesor del cálculo.

Murió el 15 de noviembre de 1630 en Regensburg.

Leyes de Kepler

Leyes de Kepler, tres leyes acerca de los movimientos de los planetas formuladas por el astrónomo alemán Johannes Kepler a principios del siglo XVII.

Kepler basó sus leyes en los datos planetarios reunidos por el astrónomo danés Tycho Brahe, de quien fue ayudante. Las propuestas rompieron con una vieja creencia de siglos de que los planetas se movían en órbitas circulares. Ésta era una característica del sistema de Tolomeo, desarrollado por el astrónomo de Alejandría Tolomeo en el siglo II d.C., y del sistema de Copérnico, propuesto por el astrónomo polaco Nicolás Copérnico, en el siglo XVI. De acuerdo con la primera ley de Kepler los planetas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas en las que el Sol ocupa uno de los focos de la elipse. La segunda ley formula que las áreas barridas por el radio vector que une el centro del planeta con el centro del Sol son iguales en lapsos iguales; como consecuencia, cuanto más cerca está el planeta del Sol con más rapidez se mueve. La tercera ley establece que la relación de la distancia media, d , de un planeta al Sol, elevada al cubo, dividida por el cuadrado de su periodo orbital, t , es una constante, es decir, d^3/t^2 es igual para todos los planetas.



Estas leyes desempeñaron un papel importante en el trabajo del astrónomo, matemático y físico inglés del siglo XVII Isaac Newton, y son fundamentales para comprender las trayectorias orbitales de la Luna y de los satélites artificiales.

Galileo (Galileo Galilei) (1564-1642), físico y astrónomo italiano que, junto con el astrónomo alemán Johannes Kepler, comenzó la revolución científica que culminó con la obra del físico inglés Isaac Newton. Su nombre completo era Galileo Galilei, y su principal contribución a la astronomía fue el uso del telescopio para la observación y descubrimiento de las manchas solares, valles y montañas lunares, los cuatro satélites mayores de Júpiter y las fases de Venus. En el campo de la física descubrió las leyes que rigen la caída de los cuerpos y el movimiento de los proyectiles. En la historia de la cultura, Galileo se ha convertido en el símbolo de la lucha contra la autoridad y de la libertad en la investigación.

Nació cerca de Pisa el 15 de febrero de 1564. Su padre, Vincenzo Galilei, ocupó un lugar destacado en la revolución musical que supuso el paso de la polifonía medieval a la modulación armónica. Del mismo modo que Vincenzo consideraba que las teorías rígidas impedían la evolución hacia nuevas formas musicales, su hijo mayor veía la teología física de Aristóteles como un freno a la investigación científica. Galileo estudió con los monjes en Vallombroso y en 1581 ingresó en la Universidad de Pisa para estudiar medicina. Al poco tiempo cambió sus estudios de medicina por la filosofía y las matemáticas, abandonando la universidad en 1585 sin haber llegado a obtener el título. Durante un tiempo dio clases particulares y escribió sobre hidrostática y el movimiento natural, pero no llegó a publicar nada. En 1589 trabajó como profesor de matemáticas en Pisa, donde se dice que demostró ante sus alumnos el error de Aristóteles, que afirmaba que la velocidad de caída de los cuerpos era proporcional a su peso, dejando caer desde la torre inclinada de esta ciudad dos objetos de pesos diferentes. En 1592 no le renovaron su contrato, posiblemente por oponerse a la filosofía aristotélica. Ese mismo año fue admitido en la cátedra de matemáticas de la Universidad de Padua, donde permaneció hasta 1610.

En Padua, Galileo inventó un 'compás' de cálculo que resolvía problemas prácticos de matemáticas. De la física especulativa pasó a dedicarse a las mediciones precisas, descubrió las leyes de la caída de los cuerpos y de la trayectoria parabólica de los proyectiles, estudió el movimiento del péndulo e investigó la mecánica y la resistencia de los materiales. Apenas mostraba interés por la astronomía, aunque a partir de 1595 se inclinó por la teoría de Copérnico, que sostenía que la Tierra giraba alrededor del Sol desechando el modelo de Aristóteles y Tolomeo en el que los planetas giraban alrededor de una Tierra estacionaria. Solamente la concepción de Copérnico apoyaba la teoría de las mareas de Galileo, que se basaba en el movimiento de la Tierra. En 1609 oyó decir que en los Países Bajos habían inventado un telescopio. En agosto de ese año presentó al duque de Venecia un telescopio de una potencia similar a los modernos gemelos o binoculares. Su contribución en las operaciones navales y marítimas le supuso duplicar sus ingresos y la concesión del cargo vitalicio de profesor.

En diciembre de 1609 Galileo había construido un telescopio de veinte aumentos, con el que descubrió montañas y cráteres en la Luna. También observó que la Vía Láctea estaba compuesta por estrellas y descubrió los cuatro satélites mayores de Júpiter. En marzo de 1610 publicó estos descubrimientos en El mensajero de los astros. Su fama le valió el ser nombrado matemático de la corte de Florencia, donde quedó libre de sus responsabilidades académicas y pudo dedicarse a investigar y escribir. En diciembre de 1610 pudo observar las fases de Venus, que contradecían la astronomía de Tolomeo y confirmaban su aceptación de las teorías de Copérnico.

La última obra de Galileo, Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos ciencias nuevas relacionadas con la mecánica, publicada en Leiden en 1638, revisa y afina sus primeros estudios sobre el movimiento y los principios de la mecánica en general. Este libro abrió el camino que llevó a Newton a formular la ley de la gravitación universal, que armonizó las leyes de Kepler sobre los planetas con las matemáticas y la física de Galileo.



William Harvey (1578-1657), médico inglés que descubrió la circulación de la sangre y el papel del corazón en su propulsión, refutando así las teorías de Galeno y sentando las bases de la fisiología moderna.

Nacido el 1 de abril de 1578 en Folkestone, Kent, Harvey se graduó en artes en el Gonville and Caius College de la Universidad de Cambridge, en 1597. Viajó a Padua, Italia, donde estudió durante cinco años con el famoso anatomista Fabricio, que estudiaba ya las válvulas de las venas. Tras doctorarse en medicina en 1602, regresó a Inglaterra y ejerció su profesión en la zona de Londres. Fue elegido miembro del Colegio de Médicos en 1607 así como responsable del Saint Bartholomew's Hospital. Reconocido como uno de los doctores más ilustres de Inglaterra, fue nombrado médico extraordinario del rey Jacobo I Estuardo, al que atendió en su última enfermedad, y médico personal de su hijo, Carlos I de Inglaterra.

Desde 1615 a 1656 fue conferenciante en Lumleian en el Colegio de Médicos. Ya en 1616 mencionaba en sus conferencias la función del corazón, y cómo éste impulsaba la sangre en un recorrido circular. Llegó a estas conclusiones no sólo a través de una larga serie de disecciones, sino también gracias a sus estudios sobre el movimiento del corazón y la sangre en una gran variedad de animales vivos. La precisión de sus observaciones estableció un modelo para futuras investigaciones biológicas.

Presentó formalmente sus hallazgos en 1628, año en que fue publicada su obra *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (Ensayo anatómico sobre el movimiento del corazón y la sangre en los animales). En esta trascendental obra explicaba el método experimental y ofrecía una precisa descripción del mecanismo del aparato circulatorio. Debido a que carecía de microscopio, la única parte importante del proceso que omitió fue el papel desempeñado por los capilares. No obstante, postuló su existencia, confirmada no mucho después por el italiano Marcelo Malpighi.

De *Motu Cordis* hizo que Harvey sufriera duras críticas por parte de algunos de sus coetáneos, aunque éstas se vieron ampliamente compensadas por el posterior reconocimiento del valor de sus aportaciones. Sus investigaciones en el campo de la embriología quedaron reflejadas en *Exercitationes de Generatione Animalium* (Ensayos sobre la generación de los animales). Fue nombrado presidente del Colegio de Médicos en 1654, pero declinó dicho honor a causa de su delicada salud. Murió el 3 de junio de 1657, en Londres.

Isaac Newton (1642-1727), matemático y físico británico, considerado uno de los más grandes científicos de la historia, que hizo importantes aportaciones en muchos campos de la ciencia. Sus descubrimientos y teorías sirvieron de base a la mayor parte de los avances científicos desarrollados desde su época. Newton fue, junto al matemático alemán Gottfried Wilhelm Leibniz, uno de los inventores de la rama de las matemáticas denominada cálculo. También resolvió cuestiones relativas a la luz y la óptica, formuló las leyes del movimiento y dedujo a partir de ellas la ley de la gravitación universal.

Nació el 25 de diciembre de 1642 (según el calendario juliano vigente entonces; el 4 de enero de 1643, según el calendario gregoriano vigente en la actualidad), en Woolsthorpe, Lincolnshire. Cuando tenía tres años, su madre viuda se volvió a casar y lo dejó al cuidado de su abuela. Al enviudar por segunda vez, decidió enviarlo a una escuela primaria en Grantham. En el verano de 1661 ingresó en el Trinity College de la Universidad de Cambridge y en 1665 recibió su título de bachiller.

Después de una interrupción de casi dos años provocada por una epidemia de peste, Newton volvió al Trinity College, donde le nombraron becario en 1667. Recibió el título de profesor en 1668. Durante esa época se dedicó al estudio e investigación de los últimos avances en matemáticas y a la filosofía natural, que consideraba la naturaleza como un organismo de mecánica compleja. Casi inmediatamente realizó descubrimientos fundamentales que le fueron de gran utilidad en su carrera científica.

Newton obtuvo en el campo de las matemáticas sus mayores logros. Generalizó los métodos que se habían utilizado para trazar líneas tangentes a curvas y para calcular el área bajo una curva, y descubrió que los dos procedimientos eran operaciones inversas. Uniéndolos en lo que él llamó el método de las fluxiones, Newton desarrolló en el otoño de 1666 lo que se conoce hoy como cálculo, un método nuevo y poderoso que situó a las matemáticas modernas por encima del nivel de la geometría griega.



Aunque Newton fue su inventor, no introdujo el cálculo en las matemáticas europeas. En 1675 Leibniz llegó de forma independiente al mismo método, al que llamó cálculo diferencial; su publicación hizo que Leibniz recibiera en exclusividad los elogios por el desarrollo de ese método, hasta 1704, año en que Newton publicó una exposición detallada del método de fluxiones, superando sus reticencias a divulgar sus investigaciones y descubrimientos por temor a ser criticado. Sin embargo, sus conocimientos trascendieron de manera que en 1669 obtuvo la cátedra Lucasiana de matemáticas en la Universidad de Cambridge.

La óptica fue otra área por la que Newton demostró interés muy pronto. Al tratar de explicar la forma en que surgen los colores llegó a la idea de que la luz del Sol es una mezcla heterogénea de rayos diferentes —representando cada uno de ellos un color distinto— y que las reflexiones y refracciones hacen que los colores aparezcan al separar la mezcla en sus componentes. Newton demostró su teoría de los colores haciendo pasar un rayo de luz solar a través de un prisma, el cual dividió el rayo de luz en colores independientes.

En 1672 Newton envió una breve exposición de su teoría de los colores a la Royal Society de Londres. Su publicación provocó tantas críticas que confirmaron su recelo a las publicaciones, por lo que se retiró a la soledad de su estudio en Cambridge. En 1704, sin embargo, publicó su obra Óptica, en la que explicaba detalladamente su teoría.

En agosto de 1684 la soledad de Newton se vio interrumpida por la visita de Edmund Halley, un astrónomo y matemático con el que discutió el problema del movimiento orbital. Newton había estudiado la ciencia de la mecánica como estudiante universitario y en esa época ya tenía ciertas nociones básicas sobre la gravitación universal. Como resultado de la visita de Halley, volvió a interesarse por estos temas.

Newton también se implicó en una violenta discusión con Leibniz acerca de la prioridad de la invención del cálculo. Utilizó su cargo de presidente de la Royal Society para que se formara una comisión que investigara el tema, y él, en secreto, escribió el informe de la comisión que hacía a Leibniz responsable del plagio. Newton incluso recopiló la relación de acusaciones que esta institución había publicado. Los efectos de la disputa se alargaron casi hasta su muerte.

Además de su interés por la ciencia, Newton también se sintió atraído por el estudio de la alquimia, el misticismo y la teología. Muchas páginas de sus notas y escritos —especialmente en los últimos años de su carrera— están dedicadas a estos temas. Sin embargo, los historiadores han encontrado poca relación entre estas inquietudes y sus trabajos científicos.

Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), físico alemán, que nació en Danzig (actualmente Gdansk, Polonia). Se instaló en los Países Bajos y se dedicó a la fabricación de instrumentos meteorológicos. En 1714 construyó el primer termómetro con mercurio en vez de alcohol. Con el uso de este termómetro, concibió la escala de temperatura conocida por su nombre. Fahrenheit también inventó un higrómetro de diseño perfeccionado. Descubrió que además del agua, hay otros líquidos que tienen un punto de ebullición determinado y que estos puntos de ebullición varían con los cambios de presión atmosférica.

Termómetro

Instrumento empleado para medir la temperatura. El termómetro más utilizado es el de mercurio, formado por un capilar de vidrio de diámetro uniforme comunicado por un extremo con una ampolla llena de mercurio. El conjunto está sellado para mantener un vacío parcial en el capilar. Cuando la temperatura aumenta, el mercurio se dilata y asciende por el capilar. La temperatura se puede leer en una escala situada junto al capilar. El termómetro de mercurio es muy utilizado para medir temperaturas ordinarias; también se emplean otros líquidos como alcohol o éter.



La invención del termómetro se atribuye a Galileo, aunque el termómetro sellado no apareció hasta 1650. Los modernos termómetros de alcohol y mercurio fueron inventados por el físico alemán Daniel Gabriel Fahrenheit, quien también propuso la primera escala de temperaturas ampliamente adoptada, que lleva su nombre. En la escala Fahrenheit, el punto de congelación del agua corresponde a 32 grados (32 °F) y su punto de ebullición a presión normal es de 212 °F. Desde entonces se han propuesto diferentes escalas de temperatura; en la escala Celsius, o centígrada, diseñada por el astrónomo sueco Anders Celsius y utilizada en la mayoría de los países, el punto de congelación del agua es 0 grados (0 °C) y el punto de ebullición es de 100 °C.

Carl von Linné (1707-1778), naturalista sueco que desarrolló la nomenclatura binómica para clasificar y organizar a los animales y las plantas.

Linneo nació en el seno de una familia religiosa en una pequeña ciudad de la región rural de Småland. Su padre, ministro de la iglesia, era un apasionado de las plantas, y disponía de un amplio jardín donde su hijo se inició en el estudio de la botánica. Linneo se entusiasmó con la historia natural y sus posteriores estudios se centraron en esta materia. En 1727 ingresó en la Universidad de Lund para estudiar medicina. En años sucesivos se trasladó a Uppsala porque su universidad disponía de mejores jardines botánicos y de una amplia comunidad de especialistas en botánica. Detectó errores en la clasificación botánica y comenzó a preparar su propio método de clasificación ya en 1730. En 1735, cuando abandonó Suecia para completar su formación médica en Holanda, Linneo disfrutaba ya de gran reputación como botánico.

En 1735, poco después de su llegada a Holanda, publicó su *Systema naturae* (Sistema natural), el primero de una serie de trabajos en los que presentó su nueva propuesta taxonómica para los reinos animal, vegetal y mineral. En 1738 regresó a Suecia, y fue nombrado médico del Almirantazgo en 1739, convirtiéndose en el principal impulsor de la Academia Sueca de las Ciencias. En 1742 Linneo fue nombrado catedrático de medicina práctica en Uppsala, cargo que cambió por la cátedra de botánica y dietética, que impartió hasta el final de sus días, lo que le permitió dedicarse a la botánica y sus tareas de clasificación.

En 1751 Linneo publicó *Philosophia botanica* (Filosofía botánica), su obra más influyente. En ella afirmaba que era posible crear un sistema natural de clasificación a partir de la creación divina, original e inmutable, de todas las especies. Demostró la reproducción sexual de las plantas y dio su nombre actual a las partes de la flor. Creó un esquema taxonómico basado únicamente en estas partes sexuales, utilizando el estambre para determinar la clase y el pistilo para determinar el orden. También utilizó su nomenclatura binómica para nombrar plantas específicas, seleccionando un nombre para el género y otro para la especie. Este sistema reemplazó a otro en el que el nombre del género iba seguido de una extensa descripción de la especie. En la actualidad se utiliza el sistema de Linneo, pero las especies se clasifican sobre la base de sus relaciones evolutivas, determinadas por la genética, la bioquímica y la morfología.

Linneo también contribuyó en gran medida a la taxonomía animal. A diferencia del sistema empleado con las plantas, su clasificación de los animales recurre a una variedad de características que incluyen observaciones de su anatomía interna. Fue el sistema más generalizado en el siglo XIX.

Tras la muerte del hijo de Linneo, su biblioteca y su colección botánica fueron adquiridas por el médico inglés James Edward Smith en 1783. Smith fundó en Londres la Linnaean Society en 1788, que fue la depositaria de la colección original y difundió las ideas de Linneo, cuya taxonomía se convirtió, a principios del siglo XIX, en el sistema de mayor aceptación, en especial en el mundo anglosajón. Entre sus obras destacan: *Genera plantarum* (Géneros de plantas, 1737) y *Species plantarum* (Especies de plantas, 1753).

Joseph Priestley (1733-1804), químico británico, considerado uno de los fundadores de la química moderna por sus aportaciones al campo de la experimentación, que aisló y describió varios gases (el oxígeno entre otros).



Nació el 13 de marzo de 1733 en Fieldhead (Yorkshire), hijo de un ministro calvinista. Su formación estaba orientada para que fuera ministro de la Iglesia de los disidentes que comprendía varias iglesias separadas de la Iglesia de Inglaterra. Estudió en la Academia Daventry, donde empezó a interesarse en la física. Su primer ministerio fue en Needham Market (Suffolk) en 1755, y fue ministro de la Iglesia en Nantwich (Cheshire) desde 1758 hasta 1761.

Más tarde fue tutor en la Academia Warrington en Lancashire, donde destacó por su planificación de cursos prácticos para el ingreso de estudiantes en la industria y en el comercio. También escribió un texto, *Rudimentos de la gramática inglesa* (1761), que difería de todos los enfoques antiguos y convencionales. Fue ordenado en 1762.

Priestley fue animado a dirigir experimentos sobre la nueva ciencia de la electricidad por el estadista y científico estadounidense Benjamin Franklin, a quien conoció en Londres en 1766. Priestley escribió al año siguiente *Historia de la electricidad*. Descubrió también que el carbón de leña es un conductor de la electricidad. En 1767 fue ministro de la Iglesia en Leeds (Yorkshire), donde desarrolló su interés por la investigación sobre los gases. Por su innovador trabajo experimental fue elegido miembro de la Academia Francesa de Ciencias en 1772, el mismo año en que William Petty Fitzmaurice, segundo conde de Shelburne, le empleó como bibliotecario y compañero literario.

Durante los experimentos que Priestley realizó en 1774, descubrió el oxígeno y describió su función en la combustión y en la respiración. Defensor de la teoría del flogisto, Priestley llamó al nuevo gas 'aire deflogistizado' y no fue totalmente consciente de la importancia que su descubrimiento tendría en el futuro. (El químico sueco Carl Wilhelm Scheele podría haber descubierto el oxígeno antes que Priestley, pero no dio a conocer su trabajo a tiempo para que se le acreditara como su descubridor). Priestley también aisló y describió las propiedades de muchos otros gases, como el amoníaco, óxido nítrico, dióxido de azufre y monóxido de carbono. Durante su carrera, se opuso a las teorías revolucionarias del químico francés Antoine Lavoisier, que dio su nombre al oxígeno y describió correctamente su función en la combustión.

En 1780 Priestley dejó su trabajo con Petty debido a diferencias religiosas. Fue ministro en Birmingham (hoy en West Midlands, entonces en Warwickshire). En aquel momento era partidario del pensamiento unitario y estaba considerado como un religioso radical (véase Unitarismo). Su libro *Historia de las corrupciones del cristianismo* (1782), fue quemado oficialmente en 1785. Debido a su apoyo declarado a la Revolución Francesa, las multitudes le quemaron su casa y sus pertenencias en 1791. Se fue a vivir a Londres y en 1794 emigró a Estados Unidos, donde siguió escribiendo durante el resto de su vida. Priestley murió en Northumberland, el 6 de febrero de 1804. Sus *Escritos sobre teología y otros temas* (25 volúmenes, 1817-1832) y *Memorias y correspondencia* (2 volúmenes, 1831-1832) recopilados después de su muerte, abarcan una gran cantidad de temas sobre ciencia, política y religión

Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), químico francés, considerado el fundador de la química moderna.

Nació el 26 de agosto de 1743 en París y estudió en el Instituto Mazarino. Fue elegido miembro de la Academia de Ciencias en 1768. Ocupó diversos cargos públicos, incluidos los de director estatal de los trabajos para la fabricación de la pólvora en 1776, miembro de una comisión para establecer un sistema uniforme de pesas y medidas en 1790 y comisario del tesoro en 1791. Lavoisier trató de introducir reformas en el sistema monetario y tributario francés y en los métodos de producción agrícola. Como dirigente de los campesinos, fue arrestado y juzgado por el Tribunal Revolucionario y guillotinado el 8 de mayo de 1794

Lavoisier realizó los primeros experimentos químicos realmente cuantitativos. Demostró que en una reacción química, la cantidad de materia es la misma al final y al comienzo de la reacción. Estos experimentos proporcionaron pruebas para la ley de la conservación de la materia (véase *Leyes de conservación*). Lavoisier también investigó la composición del agua y denominó a sus componentes oxígeno e hidrógeno.

Algunos de los experimentos más importantes de Lavoisier examinaron la naturaleza de la combustión, demostrando que es un proceso en el que se produce la combinación de una sustancia con oxígeno. También



reveló el papel del oxígeno en la respiración de los animales y las plantas. La explicación de Lavoisier de la combustión reemplazó a la teoría del flogisto, sustancia que desprendían los materiales al arder.

Con el químico francés Claude Louis Berthollet y otros, Lavoisier concibió una nomenclatura química, o sistema de nombres, que sirve de base al sistema moderno. La describió en *Método de nomenclatura química* (1787). En *Tratado elemental de química* (1789), Lavoisier aclaró el concepto de elemento como una sustancia simple que no se puede dividir mediante ningún método de análisis químico conocido, y elaboró una teoría de la formación de compuestos a partir de los elementos. También escribió *Sobre la combustión* (1777) y *Consideraciones sobre la naturaleza de los ácidos* (1778).

Lazzaro Spallanzani (1729-1799), fisiólogo italiano que fue uno de los fundadores de la biología experimental.

Nacido en Scandiano el 12 de enero de 1729, estudió leyes en la Universidad de Bolonia y se dedicó a la lógica y la metafísica antes de convertirse en catedrático de física en la Universidad de Módena y, finalmente, en la de Pavía (1769), donde llevó a cabo la mayoría de sus experimentos. Tras rechazar la teoría de la generación espontánea, Spallanzani diseñó experimentos para refutar los realizados por el sacerdote católico inglés John Turberville Needham, que había calentado y seguidamente sellado caldo de carne en diversos recipientes; dado que se habían encontrado microorganismos en el caldo tras abrir los recipientes, Needham creía que esto demostraba que la vida surge de la materia no viviente. No obstante, prolongando el periodo de calentamiento y sellando con más cuidado los recipientes, Spallanzani pudo demostrar que dichos caldos no generaban microorganismos mientras los recipientes estuvieran sellados.

Posteriormente, Spallanzani amplió el horizonte de sus trabajos experimentales e investigó la capacidad de muchos animales inferiores de regenerar partes de su cuerpo. En un experimento de trasplante implantó con éxito la cabeza de un caracol sobre el cuerpo de otro. Estudió la circulación de la sangre a través de los pulmones y experimentó con los jugos digestivos que, según observó, están especializados en la digestión de diferentes tipos de alimentos. En un intento de descubrir qué parte del semen era esencial para la fecundación, filtró muestras procedentes de anfibios y descubrió que cuanto mayor era el grado de filtración, menos probabilidades había de que se desarrollara el huevo. Aunque Spallanzani estaba muy lejos de comprender el papel que desempeñan los espermatozoos, y creía que eran parásitos, logró la inseminación artificial de una perra y varios animales inferiores mediante sus meticulosos experimentos. En sus últimas experiencias intentó demostrar que los tejidos del cuerpo convierten lo que hoy conocemos como oxígeno en dióxido de carbono. Spallanzani murió en Pavía el 11 de febrero de 1799.

Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829), biólogo y zoólogo francés especializado en invertebrados que formuló una de las primeras teorías de la evolución.

Lamarck nació en Bazentin-le-Petit y asistió a un colegio jesuita en Amiens, donde recibió una educación clásica hasta 1759. Ese año murió su padre, y Lamarck ingresó en el ejército y comenzó a estudiar las plantas. En 1768 abandonó la vida militar y estudió medicina en París durante cuatro años. Durante ese periodo comenzó a interesarse por la meteorología y la química.

Al mismo tiempo, escribió un trabajo sobre sus observaciones botánicas, que el naturalista Georges Louis Buffon publicó en 1779 con el nombre de *Flore françois (Flora francesa)*. Como resultado de la edición del libro y de su amistad con Buffon, Lamarck fue elegido miembro de la Academia de Ciencias. Se convirtió en colaborador botánico en 1783, pero realizó su trabajo más importante cuando empezó a trabajar en el Jardin du Roi en 1788. Tras su reorganización en 1793, las ideas de Lamarck contribuyeron a definir la estructura del nuevo Museo de Historia Natural. Resulta irónico que dicha reorganización supusiera el desplazamiento de Lamarck del departamento de botánica y su



nombramiento como profesor del área de insectos y gusanos, sección que él mismo bautizó como departamento de zoología de invertebrados.

Aunque su contribución a la ciencia incluye trabajos sobre meteorología, botánica, química, geología y paleontología, es especialmente conocido por sus estudios sobre la zoología de los invertebrados y por su teoría sobre la evolución. Publicó una impresionante obra en siete volúmenes, *Historia natural de los animales invertebrados*, (1815-1822).

Las observaciones teóricas de Lamarck respecto a la evolución, conocidas a principios del siglo XIX con el nombre de transformacionismo o transmutación, precedieron a sus extensos trabajos de investigación sobre los invertebrados. Como otros naturalistas, entre los que se contaban Georges Cuvier y Geoffroy Saint-Hilaire, Lamarck defendía el punto de vista según el cual, en la naturaleza, los animales estaban organizados con arreglo a una *scala naturae* (escala natural), sin solución de continuidad. Según Lamarck, una vez que la naturaleza creaba la vida, las subsiguientes formas de vida eran el resultado de la acción del tiempo y el medio ambiente sobre la organización de los seres orgánicos. A partir de las formas de vida más sencillas, surgirían de forma natural otras más complejas. Lamarck expuso estas ideas por primera vez en su principal obra teórica, *Filosofía zoológica*, (1809), aunque continuaría elaborándolas a lo largo de toda su carrera. Incluyó la versión final de esta hipótesis en su trabajo en varios volúmenes sobre los invertebrados. En él, Lamarck explica que su *marche de la nature* (escala natural) está gobernada por tres leyes biológicas: la influencia del medio ambiente sobre el desarrollo de los órganos, el cambio en la estructura corporal basado en el uso o la falta de uso de distintas partes del cuerpo, y la herencia de los caracteres adquiridos. Con todo, Lamarck nunca expuso con claridad ni razonó de forma coherente sus opiniones, de ahí que sus ideas nunca fueran tomadas muy en serio durante su vida. Su teoría de la evolución sufrió grandes contratiempos a manos de Cuvier, que defendía sus propias ideas desde una posición científica mucho más sólida. Lamarck murió sin excesivo reconocimiento científico hacia sus ideas, que no fueron reevaluadas con rigor hasta la segunda mitad del siglo XIX en que se le reconoció como pensador profundo y avanzado para su época.

Alessandro Volta (1745-1827), físico italiano, conocido por sus trabajos sobre la electricidad. Nació en Como y estudió allí, en la escuela pública. En 1774 fue profesor de física en la Escuela Regia de Como y al año siguiente inventó el electróforo, un instrumento que producía cargas eléctricas. Durante 1776 y 1777 se dedicó a la química, estudió la electricidad atmosférica e ideó experimentos como la ignición de gases mediante una chispa eléctrica en un recipiente cerrado. En 1779 fue profesor de física en la Universidad de Pavía, cátedra que ocupó durante 25 años. Hacia 1800 había desarrollado la llamada pila de Volta, precursora de la batería eléctrica, que producía un flujo estable de electricidad. Por su trabajo en el campo de la electricidad, Napoleón le nombró conde en 1801. La unidad eléctrica conocida como voltio recibió ese nombre en su honor.

Pierre Simon Laplace (1749-1827), astrónomo y matemático francés, conocido por haber aplicado con éxito la teoría de la gravitación de Newton a los movimientos planetarios en el Sistema Solar. Nació en Normandía y estudió en la Escuela Militar de Beaumont. En 1767 fue profesor de matemáticas en la Escuela Militar de París y en 1785 fue elegido miembro de la Academia de Ciencias Francesa.

Laplace realizó su trabajo más importante al desarrollar el análisis matemático del sistema de astronomía gravitacional elaborado por el matemático, físico y astrónomo británico Isaac Newton. Demostró que los movimientos planetarios son estables y que las perturbaciones producidas por la influencia mutua de los planetas o por cuerpos externos, como los cometas, solamente son temporales. Trató de dar una teoría racional del origen del Sistema Solar en su hipótesis nebular de la evolución estelar (véase Cosmología). En *Mecánica celeste* (5 volúmenes, 1799-1825) Laplace sistematizó toda la obra matemática que se había realizado sobre la gravitación. *Exposición del sistema del mundo* (1796) contiene un resumen de la historia



de la astronomía. También trabajó sobre la teoría de la probabilidad en su Teoría analítica de las probabilidades (1812) y en Ensayo filosófico sobre la probabilidad. (1814).

Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), químico y físico francés conocido por sus estudios sobre las propiedades físicas de los gases. Nació en Saint Léonard y estudió en la École Polytechnique y en la École des Ponts et Chaussées de París. Después de impartir la enseñanza en diversos institutos fue, desde 1808 hasta 1832, profesor de física en la Sorbona.

En 1804 realizó una ascensión en globo para estudiar el magnetismo terrestre y observar la composición y temperatura del aire a diferentes altitudes. En 1809 formuló la ley de los gases que sigue asociada a su nombre. La ley de Gay-Lussac de los volúmenes de combinación afirma que los volúmenes de los gases que intervienen en una reacción química (tanto de reactivos como de productos) están en la proporción de números enteros pequeños. En relación con estos estudios, investigó junto con el naturalista alemán Alexander von Humboldt, la composición del agua, descubriendo que se compone de dos partes de hidrógeno por una de oxígeno. Unos años antes, Gay-Lussac había formulado una ley, independientemente del físico francés Jacques Alexandre Charles, que afirmaba que el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta si la presión se mantiene constante; hoy se conoce como ley de Charles y Gay-Lussac.

En 1809 Gay-Lussac trabajó en la preparación del potasio y el boro e investigó las propiedades del cloro y del ácido cianhídrico. En el campo de la industria química desarrolló mejoras en varios procesos de fabricación y ensayo. En 1831 fue elegido miembro de la Cámara de los Diputados y en 1839 del Senado.

Michael Faraday (1791-1867), físico y químico británico, conocido principalmente por sus descubrimientos de la inducción electromagnética y de las leyes de la electrólisis.

Nació el 22 de septiembre de 1791 en Newington (Surrey). Era hijo de un herrero y recibió poca formación académica. Mientras trabajaba de aprendiz con un encuadernador de Londres, leyó libros de temas científicos y realizó experimentos en el campo de la electricidad. En 1812 asistió a una serie de conferencias impartidas por el químico Humphry Davy y envió a éste las notas que tomó en esas conferencias junto con una petición de empleo. Davy le contrató como ayudante en su laboratorio químico de la Institución Real y en 1813 le llevó con él a un largo viaje por Europa. Faraday entró en la Sociedad Real en 1824 y al año siguiente fue nombrado director del laboratorio de la Institución Real. En 1833 sucedió a Davy como profesor de química en esta Institución. Dos años más tarde le fue concedida una pensión vitalicia de 300 libras anuales. Faraday recibió numerosos galardones científicos.

Realizó sus primeras investigaciones en el campo de la química bajo la dirección de Davy. Un estudio sobre el cloro le llevó al descubrimiento de dos nuevos cloruros de carbono. También descubrió el benceno. Faraday investigó nuevas variedades de vidrio óptico y llevó a cabo con éxito una serie de experimentos de licuefacción de gases comunes (véase Criogenia).

Sin embargo, las investigaciones que convirtieron a Faraday en el primer científico experimental de su época las realizó en los campos de la electricidad y el magnetismo. En 1821 trazó el campo magnético alrededor de un conductor por el que circula una corriente eléctrica (la existencia del campo magnético había sido observada por vez primera por el físico danés Hans Christian Oersted en 1819). En 1831 Faraday descubrió la inducción electromagnética, y el mismo año demostró la inducción de una corriente eléctrica por otra. Durante este mismo periodo investigó los fenómenos de la electrólisis (véase Electroquímica) y descubrió dos leyes fundamentales: que la masa de una sustancia depositada por una corriente eléctrica en una electrólisis es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por el electrólito, y que las cantidades de sustancias electrolíticas depositadas por la acción de una misma cantidad de electricidad son proporcionales a las masas equivalentes de las sustancias. También demostró que un recinto metálico (caja o jaula de Faraday) forma una pantalla eléctrica.



Sus experimentos en magnetismo le llevaron a dos descubrimientos de gran importancia. Uno fue la existencia del diamagnetismo y el otro fue comprobar que un campo magnético tiene fuerza para girar el plano de luz polarizada (véase Óptica) que pasa a través de ciertos tipos de cristal.

Además de muchos artículos para publicaciones especializadas, Faraday escribió Manipulación química (1827), Investigaciones experimentales en electricidad (1844-1855) e Investigaciones experimentales en física y química (1859). Murió el 25 de agosto de 1867, cerca de Hampton Court (Surrey).

Edward Jenner (1749-1823), médico británico que descubrió la vacuna contra la viruela y allanó el terreno para la aparición de la inmunología.

Nació el 17 de mayo de 1749 en Berkeley, Gloucestershire, y fue un excelente observador de la naturaleza desde que era un niño. Después de trabajar nueve años como aprendiz de cirujano, fue a Londres a estudiar anatomía y cirugía con el famoso cirujano John Hunter. Después regresaría a Berkeley para convertirse en médico rural durante el resto de su vida.

La viruela, una de las principales causas de mortalidad en el siglo XVIII, se trataba en tiempos de Jenner mediante la inoculación, en personas sanas, de sustancias extraídas de las pústulas de quienes padecían la enfermedad de forma leve con resultados frecuentemente fatales.

Observó entre sus pacientes que aquéllos que se habían visto expuestos a otra enfermedad más benigna, la viruela vacuna, eran resistentes a esas inoculaciones. En 1796 inyectó dicho virus a un niño de ocho años; seis semanas después de la reacción del paciente, Jenner volvió a inocularle el virus de la viruela, con resultados positivos. En 1798, tras el éxito conseguido en otros casos similares, escribió Investigaciones acerca de las causas y efectos de las vacunas de la viruela, obra en la que introdujo el término virus.

Jenner se enfrentó a cierta resistencia de la gente y a argucias por parte de los profesionales a la hora de hacer públicos sus descubrimientos, y tuvo dificultades para obtener y conservar su vacuna. Sin embargo, su procedimiento fue muy pronto aceptado y la mortalidad debida a la viruela disminuyó de forma drástica.

El uso de la vacuna se implantó rápidamente en Europa y Estados Unidos. Tras estudiar los trabajos de Jenner 75 años después, el químico francés Louis Pasteur abrió el camino para la inmunología y el descubrimiento de las vacunas preventivas actuales. Jenner murió el 26 de enero de 1823 en Berkeley

Thomas Robert Malthus (1766-1834), economista británico, clérigo y demógrafo, que estudió en el Jesus College, de la Universidad de Cambridge. Malthus ofició en la parroquia de Albury, en Surrey, en 1798, cargo que desempeñó muy poco tiempo. De 1805 hasta su muerte fue catedrático de Economía Política e Historia Moderna en el colegio de la East India Company en Haileybury.

La principal contribución de Malthus a la economía fue su teoría de la población, publicada en su libro Ensayo sobre el principio de la población (1798). Según Malthus, la población tiende a crecer más rápidamente que la oferta de alimentos disponible para sus necesidades. Cuando se produce un aumento de la producción de alimentos superior al crecimiento de la población, se estimula la tasa de crecimiento; por otro lado, si la población aumenta demasiado en relación a la producción de alimentos, el crecimiento se frena debido a las hambrunas, las enfermedades y las guerras. La teoría de Malthus contradecía la creencia optimista, prevaeciente en el siglo XIX, según la cual la fertilidad de una sociedad acarrearía el progreso económico. Logró bastante apoyo y fue muchas veces utilizada como argumento en contra de los esfuerzos que pretendían mejorar las condiciones de los pobres.

Los escritos de Malthus animaron a que se produjeran los primeros estudios demográficos sistemáticos. También influyeron sobre los economistas posteriores, particularmente en David Ricardo, cuya "ley de hierro de los salarios" y su teoría de la distribución de la riqueza incluían algunos elementos de los



planteamientos de Malthus. Entre los demás trabajos de Malthus se incluyen Investigación sobre la naturaleza y progreso de la renta (1815) y Principios de Economía Política (1820).

Charles Robert Darwin (1809-1882), científico británico que sentó las bases de la moderna teoría evolutiva, al plantear el concepto de que todas las formas de vida se han desarrollado a través de un lento proceso de selección natural. Su trabajo tuvo una influencia decisiva sobre las diferentes disciplinas científicas, y sobre el pensamiento moderno en general.

Charles Darwin estuvo influenciado por el geólogo Adam Sedgwick y el naturalista John Henslow en el desarrollo de su teoría de la selección natural, que habría de convertirse en el concepto básico de la teoría de la evolución. La teoría de Darwin mantiene que los efectos ambientales conducen al éxito reproductivo diferencial en individuos y grupos de organismos. La selección natural tiende a promover la supervivencia de los más aptos. Esta teoría revolucionaria se publicó en 1859 en el famoso tratado El origen de las especies por medio de la selección natural. Culver Pictures

Nació en Shrewsbury (Shropshire), el 12 de febrero de 1809. Fue el quinto hijo de una acomodada y sofisticada familia inglesa. Su abuelo materno fue el próspero empresario de porcelanas Josiah Wedgwood; su abuelo paterno fue el famoso médico del siglo XVIII Erasmus Darwin. Tras terminar sus estudios en la Shrewsbury School en 1825, estudió Medicina en la Universidad de Edimburgo. En 1827 abandonó la carrera e ingresó en la Universidad de Cambridge con el fin de convertirse en ministro de la Iglesia de Inglaterra. Allí conoció a dos influyentes personalidades: el geólogo Adam Sedgwick y el naturalista John Stevens Henslow. Este último no sólo ayudó a Darwin a ganar confianza en sí mismo, sino que también inculcó a su alumno la necesidad de ser meticuloso y esmerado en la observación de los fenómenos naturales y la recolección de especímenes.

Tras graduarse en Cambridge en 1831, el joven Darwin se enroló a los 22 años en el barco de reconocimiento HMS Beagle como naturalista sin paga, gracias en gran medida a la recomendación de Henslow, para emprender una expedición científica alrededor del mundo.

LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL

Tras su regreso a Inglaterra en 1836, Darwin comenzó a recopilar sus ideas acerca del cambio de las especies en sus Cuadernos sobre la transmutación de las especies. La explicación de la evolución de los organismos le surgió tras la lectura del libro Ensayo sobre el principio de la población (1798) del economista británico Thomas Robert Malthus, que explicaba cómo se mantenía el equilibrio en las poblaciones humanas. Malthus sostenía que ningún aumento en la disponibilidad de alimentos básicos para la supervivencia del ser humano podría compensar el ritmo de crecimiento de la población. Este, por consiguiente, sólo podía verse frenado por limitaciones naturales, como las hambrunas o las enfermedades, o por acciones humanas como la guerra.

Darwin aplicó de inmediato el razonamiento de Malthus a los animales y a las plantas, y en 1838, había elaborado ya un bosquejo de la teoría de la evolución a través de la selección natural. Durante los siguientes veinte años trabajó sobre esta teoría y otros proyectos de historia natural. Darwin disfrutaba de independencia económica y nunca tuvo necesidad de ganarse la vida. En 1839 se casó con su prima, Emma Wedgwood, y poco después se instalaron en la pequeña propiedad de Down House, en Kent. Allí tuvieron diez hijos, tres de los cuales murieron durante la infancia.

La teoría completa de Darwin fue publicada en 1859 como El origen de las especies por medio de la selección natural.

Darwin hizo pública su teoría por primera vez en 1858, al mismo tiempo que lo hacía Alfred Russel Wallace, un joven naturalista que había desarrollado independientemente la teoría de la selección natural. La teoría completa de Darwin fue publicada en 1859 como El origen de las especies por medio de la selección natural.



Este libro, del que se ha dicho que "conmocionó al mundo", se agotó el primer día de su publicación y se tuvieron que hacer seis ediciones sucesivas.

En esencia, la teoría de la evolución por selección natural sostiene que, a causa del problema de la disponibilidad de alimentos descrito por Malthus, los jóvenes miembros de las distintas especies compiten intensamente por su supervivencia. Los que sobreviven, que darán lugar a la siguiente generación, tienden a incorporar variaciones naturales favorables (por leve que pueda ser la ventaja que éstas otorguen), al proceso de selección natural, y estas variaciones se transmitirán a través de la herencia. En consecuencia, cada generación mejorará en términos adaptativos con respecto a las anteriores, y este proceso gradual y continuo es la causa de la evolución de las especies. La selección natural es sólo parte del amplio esquema conceptual de Darwin. Introdujo también el concepto de que todos los organismos emparentados descienden de antecesores comunes. Además ofreció un respaldo adicional al antiguo concepto de que la propia Tierra no es estática sino que está evolucionando.

Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), físico alemán y primer Premio Nobel de Física. Roentgen nació en Lennep (hoy parte de Remscheid, Alemania) y estudió en la Universidad de Zurich. En noviembre de 1895 leyó ante la Sociedad Físico-Médica de Würzburg un informe sobre su descubrimiento de radiaciones de onda corta a las que denominó rayos X. Más tarde estos rayos recibieron su nombre pero se siguen conociendo como rayos X. Entre los muchos galardones por su hallazgo, que revolucionó la física y la medicina, recibió la Medalla Rumford de la Sociedad Real de Londres en 1896 y el primer Premio Nobel de Física en 1901. También realizó descubrimientos en mecánica, calor y electricidad.

RAYOS X

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda va desde unos 10 nm hasta 0,001 nm (1 nm o nanómetro equivale a 10^{-9} m). Cuanto menor es la longitud de onda de los rayos X, mayores son su energía y poder de penetración. Los rayos de mayor longitud de onda, cercanos a la banda ultravioleta del espectro electromagnético, se conocen como rayos X blandos; los de menor longitud de onda, que están más próximos a la zona de rayos gamma o incluso se solapan con ésta, se denominan rayos X duros. Los rayos X formados por una mezcla de muchas longitudes de onda diferentes se conocen como rayos X 'blancos', para diferenciarlos de los rayos X monocromáticos, que tienen una única longitud de onda. Tanto la luz visible como los rayos X se producen a raíz de las transiciones de los electrones atómicos de una órbita a otra. La luz visible corresponde a transiciones de electrones externos y los rayos X a transiciones de electrones internos. En el caso de la radiación de frenado o bremsstrahlung (ver más adelante), los rayos X se producen por el frenado o deflexión de electrones libres que atraviesan un campo eléctrico intenso. Los rayos gamma, cuyos efectos son similares a los de los rayos X, se producen por transiciones de energía en el interior de núcleos excitados.

Los rayos X se producen siempre que se bombardea un objeto material con electrones de alta velocidad. Gran parte de la energía de los electrones se pierde en forma de calor; el resto produce rayos X al provocar cambios en los átomos del blanco como resultado del impacto. Los rayos X emitidos no pueden tener una energía mayor que la energía cinética de los electrones que los producen. La radiación emitida no es monocromática, sino que se compone de una amplia gama de longitudes de onda, con un marcado límite inferior que corresponde a la energía máxima de los electrones empleados para el bombardeo. Este espectro continuo se denomina a veces con el término alemán bremsstrahlung, que significa 'radiación de frenado', y es independiente de la naturaleza del blanco. Si se analizan los rayos X emitidos con un espectrómetro de rayos X, se encuentran ciertas líneas definidas superpuestas sobre el espectro continuo; estas líneas, conocidas como rayos X característicos, corresponden a longitudes de onda que dependen exclusivamente de la estructura de los átomos del blanco. En otras palabras, un electrón de alta velocidad que choca contra el blanco puede hacer dos cosas: inducir la emisión de rayos X de cualquier energía menor que su energía cinética o provocar la emisión de rayos X de energías determinadas, que dependen de la naturaleza de los átomos del blanco.



Louis Pasteur (1822-1895), químico y biólogo francés que fundó la ciencia de la microbiología, demostró la teoría de los gérmenes como causantes de enfermedades (patógenos), inventó el proceso que lleva su nombre y desarrolló vacunas contra varias enfermedades, incluida la rabia.

Louis Pasteur hizo importantes contribuciones en el campo de la química orgánica a mediados del siglo XIX, desarrolló varias vacunas, incluida la de la rabia, y desautorizó la teoría de la generación espontánea. Se le considera fundador de la microbiología. Desarrolló la teoría de los gérmenes para determinar la causa de muchas enfermedades. Culver Pictures

Pasteur, hijo de un curtidor, nació en Dole el 27 de diciembre de 1822, y creció en la pequeña ciudad de Arbois. En 1847 obtuvo un doctorado en Física y Química por la Escuela Normal de París. Tras convertirse en ayudante de uno de sus profesores, inició investigaciones que le llevaron a un descubrimiento significativo: comprobó que un rayo de luz polarizada (véase Óptica) experimentaba una rotación bien a la izquierda o a la derecha cuando atravesaba una solución pura de nutrientes producidos naturalmente, mientras que si atravesaba una solución de nutrientes orgánicos producidos artificialmente no se producía rotación alguna. No obstante, si se incorporaban bacterias u otros microorganismos a la segunda solución, al cabo de cierto tiempo también hacía rotar la luz a la izquierda o a la derecha.

Llegó a la conclusión de que las moléculas orgánicas pueden existir en una o dos formas, llamadas isómeros (es decir, que tienen la misma estructura y difieren tan sólo en que son imágenes especulares la una de la otra), que llamó, respectivamente, formas levóginas y formas dextróginas. Cuando los químicos sintetizan un compuesto orgánico, se producen ambas formas en igual proporción, cancelando sus respectivos efectos ópticos. Los sistemas orgánicos, por el contrario, tienen un elevado grado de especificidad y capacidad para discriminar entre ambas formas, metabolizando una de ellas y dejando la otra intacta y libre para rotar la luz. Pasteur es considerado, por estos estudios, el fundador de la estereoquímica (área de la química que estudia la estructura tridimensional de las moléculas).

TRABAJOS SOBRE LA FERMENTACIÓN

Tras pasar varios años investigando e impartiendo clases en Dijon y Estrasburgo, en 1854 se marchó a la Universidad de Lille, donde fue nombrado catedrático de Química y decano de la Facultad de Ciencias. Esta facultad se había creado, en parte, como medio para aplicar la ciencia a los problemas prácticos de las industrias de la región, en especial a la fabricación de bebidas alcohólicas. Pasteur se dedicó de inmediato a investigar el proceso de la fermentación. Aunque su convicción de que la levadura desempeñaba algún tipo de papel en este proceso, no era original, logró demostrar, gracias a sus anteriores trabajos sobre la especificidad química, que la producción de alcohol en la fermentación se debe, en efecto, a las levaduras y que la indeseable producción de sustancias (como el ácido láctico o el ácido acético) que agrian el vino se debe a la presencia de organismos como las bacterias. La acidificación del vino y la cerveza había constituido un grave problema económico en Francia; Pasteur contribuyó a resolver el problema demostrando que era posible eliminar las bacterias calentando las soluciones azucaradas iniciales hasta una temperatura elevada.

Pasteur hizo extensivos estos estudios a otros problemas, como la conservación de la leche, y propuso una solución similar: calentar la leche a temperatura y presión elevadas antes de su embotellado. Este proceso recibe hoy el nombre de pasteurización.

REFUTACIÓN DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA

Plenamente consciente de la presencia de microorganismos en la naturaleza, Pasteur emprendió una serie de experimentos diseñados para hacer frente a la cuestión de la procedencia de estos gérmenes. ¿Se generaban de forma espontánea en las propias sustancias o penetraban en ellas desde el entorno? Pasteur llegó a la conclusión de que la respuesta era siempre la segunda. Observó que en los cultivos que dejaba



expuestos al aire aparecían gran número de microorganismos pero en los que se mantenían en condiciones estériles esto no sucedía. De este modo, Pasteur demostró que todo ser vivo procede de otro y nunca por generación espontánea. Sus descubrimientos dieron lugar a un feroz debate con el biólogo francés Félix Pouchet —y posteriormente con el reputado bacteriólogo inglés Henry Bastion— que mantenía que, en las condiciones apropiadas, podían darse casos de generación espontánea. Estos debates, que duraron hasta bien entrada la década de 1870, a pesar de que una comisión de la Academia de Ciencias aceptó oficialmente los resultados de Pasteur en 1864, dieron un gran impulso a la mejora de las técnicas experimentales en el campo de la microbiología.

ESTUDIOS SOBRE EL GUSANO DE SEDA

En 1865 se marchó de París, donde era administrador y director de estudios científicos de la Escuela Normal, en auxilio de la industria de la seda del sur de Francia. La enorme producción de seda del país se había visto muy afectada porque una enfermedad del gusano de seda, conocida como pebrina, había alcanzado proporciones epidémicas. Al sospechar que ciertos objetos microscópicos hallados en los gusanos enfermos (y en las mariposas y sus huevos) eran los organismos responsables de la enfermedad, Pasteur experimentó con la cría controlada y demostró que la pebrina no sólo era contagiosa, sino también hereditaria.

Llegó a la conclusión de que la causa de la enfermedad sólo sobrevivía en los huevos enfermos vivos, por tanto, la solución era la selección de huevos libres de la enfermedad. Merced a la adopción de este método, la industria de la seda se salvó del desastre.

TEORÍA DE LOS GÉRMEENES COMO CAUSA DE ENFERMEDADES

Los trabajos de Pasteur sobre la fermentación y la generación espontánea tuvieron importantes consecuencias para la medicina, ya que Pasteur opinaba que el origen y evolución de las enfermedades eran análogos a los del proceso de fermentación. Es decir, consideraba que la enfermedad surge por el ataque de gérmenes procedentes del exterior del organismo, del mismo modo que los microorganismos no deseados invaden la leche y causan su fermentación. Este concepto, llamado teoría microbiana de la enfermedad, fue muy debatido por médicos y científicos de todo el mundo. Uno de los principales razonamientos aducidos en su contra era que el papel desempeñado por los gérmenes en la enfermedad era secundario y carecía de importancia; la idea de que organismos diminutos fueran capaces de matar a otros inmensamente mayores le parecía ridícula a mucha gente. No obstante, los estudios de Pasteur mostraban que estaba en lo cierto, y en el transcurso de su carrera hizo extensiva esta teoría para explicar las causas de muchas enfermedades.

LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL CARBUNCO

Pasteur desveló también la historia natural del carbunco, una enfermedad mortal del ganado vacuno. Demostró que el carbunco está causado por un bacilo determinado y sugirió que era posible inducir una forma leve de la enfermedad en los animales vacunándoles con bacilos debilitados, lo que les inmunizaría contra ataques potencialmente letales. Con el fin de demostrar su teoría, Pasteur empezó inoculando a 25 ovejas con la vacuna "atenuada"; pocos días más tarde inoculó a éstas y a otras 25 con una muestra de un cultivo especialmente fuerte de carbunco. Predijo que las segundas 25 ovejas perecerían y concluyó el experimento de forma espectacular mostrando a una multitud escéptica los cadáveres de las mismas dispuestos unos junto a otros.

LA VACUNA CONTRA LA RABIA

Pasteur dedicó el resto de su vida a investigar las causas de diversas enfermedades —como la septicemia, el cólera, la difteria, el cólera de las gallinas, la tuberculosis y la viruela— y su prevención por medio de la vacunación. Es especialmente conocido por sus investigaciones sobre la prevención de la rabia, llamada



también hidrofobia en la especie humana, una enfermedad terrible y contagiosa que casi siempre era mortal. Tras experimentar con la saliva de animales afectados por la enfermedad, Pasteur llegó a la conclusión de que la enfermedad residía en los centros nerviosos: inyectando un extracto de la médula espinal de un perro rabioso a animales sanos, éstos mostraban síntomas de rabia. Estudiando los tejidos de animales infectados, sobre todo de conejos, Pasteur consiguió desarrollar una forma atenuada del virus que podía emplearse en inoculaciones.

En 1885 llegaron al laboratorio de Pasteur un muchacho y su madre. El joven había sufrido graves mordeduras de un perro rabioso y su madre le pidió a Pasteur que le tratara con su nuevo método. Al final del tratamiento, que duraba diez días, el muchacho estaba siendo inoculado con el virus de la rabia más potente que se conocía; se recuperó y conservó la salud. Desde entonces, miles de personas se han salvado de la enfermedad gracias a este tratamiento.

Las investigaciones de Pasteur sobre la rabia inspiraron la creación, en 1888, de un instituto especial para el tratamiento de la enfermedad en París. Este acabó llamándose Instituto Pasteur, y fue dirigido por el propio Pasteur hasta su muerte. El Instituto continúa en funcionamiento y es uno de los centros más importantes del mundo para el estudio de enfermedades infecciosas y otros temas relacionados con los microorganismos, incluida la genética molecular.

Cuando le llegó la muerte en St. Cloud el 28 de septiembre de 1895, Pasteur era ya considerado un héroe nacional y había recibido todo tipo de honores. Se celebró un funeral propio de un jefe de estado en la catedral de Notre Dame y su cuerpo fue inhumado en una cripta en el Instituto que lleva su nombre.

PASTEURIZACIÓN

Proceso de calentamiento de un líquido, en particular de la leche, hasta una temperatura que oscila entre 55 y 70 °C para destruir las bacterias perjudiciales, sin producir cambios materiales en la composición, en el sabor, o en el valor nutritivo del líquido. El proceso se llama así en honor del químico francés Louis Pasteur, quien lo ideó en 1865 con el fin de inhibir la fermentación del vino y de la leche. La leche se pasteuriza al calentarla a 63 °C durante 30 minutos, luego se enfría con rapidez, y se envasa a una temperatura de 10 °C. La cerveza y el vino se pasteurizan al ser calentados a unos 60 °C durante unos 20 minutos; también se hace, según un método más reciente, calentando a 70 °C durante 30 segundos y envasando en condiciones estériles.

Dmitri Ivánovich Mendeléiev (1834-1907), químico ruso conocido sobre todo por haber elaborado la tabla periódica de los elementos químicos. Esta tabla expone una periodicidad (una cadencia regular) de las propiedades de los elementos cuando están dispuestos según la masa atómica.

Mendeléiev nació en Tobolsk (Siberia), estudió química en la Universidad de San Petersburgo y en 1859 fue enviado a estudiar a la Universidad de Heidelberg. Allí conoció al químico italiano Stanislao Cannizzaro, cuyos planteamientos sobre la masa atómica (véase Átomo) determinaron su opinión. Mendeléiev regresó a San Petersburgo y fue profesor de química en el Instituto Técnico en 1863 y profesor de química general en la Universidad de San Petersburgo en 1866. Escribió los dos volúmenes de Principios de química (1868-1870), uno de los primeros libros de texto sobre química, que se convirtió en un clásico.

Durante la elaboración de este libro, Mendeléiev intentó clasificar los elementos según sus propiedades químicas. En 1869 publicó la primera versión de la tabla periódica. En 1871 publicó una versión corregida en la que dejaba huecos para elementos todavía desconocidos. Su tabla y sus teorías ganaron una mayor aceptación cuando posteriormente se descubrieron tres de estos elementos: el galio, el germanio y el escandio.

Entre las investigaciones de Mendeléiev también hay que mencionar el estudio de la teoría química de la disolución, la expansión térmica de los líquidos y la naturaleza del petróleo. En 1887 emprendió un viaje en globo en solitario para estudiar un eclipse solar.



En 1890 abandonó la universidad como consecuencia de su postura política partidaria de reformas sociales. En 1893 fue director del departamento de Pesas y Medidas de San Petersburgo, cargo que desempeñó hasta su muerte.

Gregor Johann Mendel (1822-1884), monje austriaco cuyos experimentos se convirtieron en el fundamento de la actual teoría de la herencia.

Nacido el 22 de julio de 1822, en el seno de una familia campesina de Heinzendorf (hoy Hyncice, República Checa), ingresó en el monasterio de agustinos de Brunn (hoy Brno, República Checa), reputado centro de estudio y trabajo científico. Más adelante trabajaría como profesor suplente en la Escuela Técnica de Brunn. Allí, Mendel se dedicó de forma activa a investigar la variedad, herencia y evolución de las plantas en un jardín del monasterio destinado a los experimentos. Entre 1856 y 1863 cultivó y estudió al menos 28.000 plantas de guisante o chícharo, analizando con detalle siete pares de características de la semilla y la planta. Sus exhaustivos experimentos tuvieron como resultado el enunciado de dos principios que más tarde serían conocidos como leyes de la herencia. Sus observaciones le llevaron también a acuñar dos términos que siguen empleándose en la genética de nuestros días: dominante y recesivo. (Véase Leyes de Mendel).

Mendel publicó su obra más importante sobre la herencia en 1866. A pesar de, o quizá debido a la descripción de gran número de cruzamientos experimentales, que le permitió expresar numéricamente los resultados obtenidos y someterlos a un análisis estadístico, su trabajo no tuvo trascendencia alguna en los siguientes treinta y cuatro años. Sólo obtuvo el debido reconocimiento en 1900, de manera más o menos independiente, por parte de tres investigadores, uno de los cuales fue el botánico holandés Hugo de Vries, y sólo a finales de la década de 1920 y comienzos de 1930 se comprendió su verdadero alcance, en especial en lo que se refiere a la teoría evolutiva. Como resultado de años de investigación en el campo de la genética de poblaciones, se pudo demostrar que la evolución darwiniana podía describirse en términos del cambio en la frecuencia de aparición de pares de genes mendelianos en una población a lo largo de sucesivas generaciones.

Los experimentos posteriores de Mendel con la vellosilla Hieracium, no fueron concluyentes, y debido a la presión de otras ocupaciones, en la década de 1870 había abandonado ya sus experimentos sobre la herencia. Murió el 6 de enero de 1884 en Brunn.

Iván Petróvich Pávlov (1849-1936), fisiólogo y premio Nobel ruso, conocido por sus estudios sobre el comportamiento reflejo. Nació en Riazán y estudió en la Universidad y en la Academia Militar de Medicina de San Petersburgo; desde 1884 hasta 1886 estudió en Breslau (hoy Wroclaw, Polonia) y en Leipzig, Alemania. Antes de la Revolución Rusa fue director del departamento de fisiología del Instituto de Medicina Experimental (parte de la actual Academia de Ciencias Médicas), en San Petersburgo, y fue catedrático de medicina en la Academia Militar de Medicina. A pesar de su oposición al comunismo, a Pávlov se le permitió continuar sus investigaciones en un laboratorio construido por el gobierno soviético desde 1935. Pávlov es reconocido por sus trabajos precursores sobre la fisiología del corazón, el sistema nervioso y el aparato digestivo. Sus experimentos más famosos, que realizó en 1889, demostraron la existencia de reflejos condicionados y no condicionados en los perros, y tuvieron gran influencia en el desarrollo de teorías psicológicas conductistas, fisiológicamente orientadas, durante los primeros años del siglo XX (véase Psicología experimental). Sus trabajos sobre la fisiología de las glándulas digestivas le hicieron acreedor en 1904 al Premio Nobel de Fisiología y Medicina. Su principal obra es Reflejos condicionados (1926).

Joseph John Thomson (1856-1940), físico británico, premiado con el Nobel. Nació cerca de Manchester, Lancashire, y estudió en el Owens College (hoy parte de la Universidad de Manchester) y en el Trinity College, de la Universidad de Cambridge. En esta institución enseñó matemáticas y física, fue



profesor de física experimental en el laboratorio de Cavendish, y rector del Trinity College (1918-1940). También fue presidente de la Sociedad Real (1915-1920) y profesor de filosofía natural de la Institución regia de Gran Bretaña (1905-1918).

En 1906 Thomson recibió el Premio Nobel de Física por su trabajo sobre la conducción de la electricidad a través de los gases. Se le considera el descubridor del electrón por sus experimentos con el flujo de partículas (electrones) que componen los rayos catódicos. Teórico y un experimentador, Thomson elaboró en 1898 la teoría del pudín de ciruelas de la estructura atómica, en la que sostenía que los electrones eran como 'ciruelas' negativas incrustadas en un 'pudín' de materia positiva. En 1908 fue nombrado sir.

Electrón

Tipo de partícula elemental de carga negativa que forma parte de la familia de los leptones y que, junto con los protones y los neutrones, forma los átomos y las moléculas. Los electrones están presentes en todos los átomos y cuando son arrancados del átomo se llaman electrones libres.

Maurice Maeterlinck (1862-1949), autor belga, principal exponente del teatro simbolista y creador de El pájaro azul y Peleas y Melisanda.

Maeterlinck nació en Gante, el 29 de agosto de 1862, y estudió leyes en la universidad de esta ciudad. Abandonó la profesión cuando se trasladó a París, en 1886, y conoció a los poetas simbolistas. Como reacción ante el naturalismo predominante en la literatura francesa, Maeterlinck escribió poesía simbolista, entre la que cabe destacar Invernaderos cálidos (1889). Se le conoce principalmente por sus obras de teatro, por las que recibió el Premio Nobel en 1911. En 1921 dio clases en Estados Unidos y en este país pasó la II Guerra Mundial. Regresó a Europa después de la guerra y murió el 6 de mayo de 1949, en la localidad francesa de Niza.

Las obras de Maeterlinck se caracterizan por su estilo claro y sencillo para expresar ideas y emociones. Sus primeros escritos están marcados por una actitud profundamente melancólica y pesimista ante el mal y la muerte. Más adelante, esta actitud inicial da paso a la creencia en el poder redentor del amor y en la realidad de la felicidad humana que se refleja en La princesa Malena (1889) la fantasía melancólica Peleas y Melisanda (1892), transformada en ópera (1902) por el compositor francés Claude Debussy; y El pájaro azul (1909), que se ha convertido en un clásico infantil. Menos populares son Mona Vanna (1902) y El Burgomaestre de Stilmonde (1918). Maeterlinck es también autor de numerosas obras en prosa que abordan cuestiones filosóficas y se ocupan de la naturaleza y el ser humano. Entre ellas se incluyen El tesoro de los humildes (1896), La vida de las abejas (1901) y La inteligencia de las flores (1907).

Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), físico alemán, premiado con el Nobel, considerado el creador de la teoría cuántica.

Planck nació en Kiel el 23 de abril de 1858 y estudió en las universidades de Munich y Berlín. Fue nombrado profesor de física en la Universidad de Kiel en 1885, y desde 1889 hasta 1928 ocupó el mismo cargo en la Universidad de Berlín. En 1900 Planck formuló que la energía se radia en unidades pequeñas separadas denominadas cuantos. Avanzando en el desarrollo de esta teoría, descubrió una constante de naturaleza universal que se conoce como la constante de Planck. La ley de Planck establece que la energía de cada cuanto es igual a la frecuencia de la radiación multiplicada por la constante universal. Sus descubrimientos, sin embargo, no invalidaron la teoría de que la radiación se propagaba por ondas. Los físicos en la actualidad creen que la radiación electromagnética combina las propiedades de las ondas y de las partículas. Los descubrimientos de Planck, que fueron verificados posteriormente por otros científicos, fueron el nacimiento de un campo totalmente nuevo de la física, conocido como mecánica cuántica y proporcionaron los cimientos para la investigación en campos como el de la energía atómica. Reconoció en 1905 la importancia de las ideas sobre la cuantificación de la radiación electromagnética expuestas por Albert Einstein, con quien colaboró a lo largo de su carrera. Véase Átomo.



Planck recibió muchos premios por este trabajo, especialmente, el Premio Nobel de Física, en 1918. En 1930 Planck fue elegido presidente de la Sociedad Kaiser Guillermo para el Progreso de la Ciencia, la principal asociación de científicos alemanes, que después se llamó Sociedad Max Planck. Sus críticas abiertas al régimen nazi que había llegado al poder en Alemania en 1933 le forzaron a abandonar la Sociedad, de la que volvió a ser su presidente al acabar la II Guerra Mundial. Murió en Gotinga el 4 de octubre de 1947. Entre sus obras más importantes se encuentran Introducción a la física teórica (5 volúmenes, 1932-1933) y Filosofía de la física (1936).

TEORÍA CUÁNTICA

Teoría física basada en la utilización del concepto de unidad cuántica para describir las propiedades dinámicas de las partículas subatómicas y las interacciones entre la materia y la radiación. Las bases de la teoría fueron sentadas por el físico alemán Max Planck, que en 1900 postuló que la materia sólo puede emitir o absorber energía en pequeñas unidades discretas llamadas cuantos. Otra contribución fundamental al desarrollo de la teoría fue el principio de incertidumbre, formulado por el físico alemán Werner Heisenberg en 1927, y que afirma que no es posible especificar con exactitud simultáneamente la posición y el momento lineal de una partícula subatómica.

INTRODUCCIÓN DEL CUANTO DE PLANCK

A principios del siglo XX, los físicos aún no reconocían claramente que éstas y otras dificultades de la física estaban relacionadas entre sí. El primer avance que llevó a la solución de aquellas dificultades fue la introducción por parte de Planck del concepto de cuanto, como resultado de los estudios de la radiación del cuerpo negro realizados por los físicos en los últimos años del siglo XIX (el término 'cuerpo negro' se refiere a un cuerpo o superficie ideal que absorbe toda la energía radiante sin reflejar ninguna). Un cuerpo a temperatura alta —al rojo vivo— emite la mayor parte de su radiación en las zonas de baja frecuencia (rojo e infrarrojo); un cuerpo a temperatura más alta —al rojo blanco— emite proporcionalmente más radiación en frecuencias más altas (amarillo, verde o azul). Durante la década de 1890, los físicos llevaron a cabo estudios cuantitativos detallados de esos fenómenos y expresaron sus resultados en una serie de curvas o gráficas. La teoría clásica, o precuántica, predecía un conjunto de curvas radicalmente diferentes de las observadas.

Lo que hizo Planck fue diseñar una fórmula matemática que describiera las curvas reales con exactitud; después dedujo una hipótesis física que pudiera explicar la fórmula. Su hipótesis fue que la energía sólo es radiada en cuantos cuya energía es hu , donde u es la frecuencia de la radiación y h es el 'cuanto de acción', ahora conocido como constante de Planck.

Marie y Pierre Curie (1867-1934) y (1859-1906), matrimonio de físicos franceses, premiados con el Nobel, que descubrieron conjuntamente los elementos químicos radio y polonio. El estudio del matrimonio Curie de los elementos radiactivos contribuyó a la comprensión de los átomos en los que se basa la física nuclear moderna.

Pierre Curie nació en París el 15 de mayo de 1859, y estudió ciencias en la Sorbona. En 1880 él y su hermano Jacques observaron que se produce un potencial eléctrico cuando se ejerce una presión en un cristal de cuarzo; los hermanos llamaron piezoelectricidad al fenómeno (véase Efecto piezoeléctrico). Durante los estudios posteriores sobre magnetismo, Pierre Curie descubrió que las sustancias magnéticas, a una cierta temperatura (conocida como punto de Curie), pierden su magnetismo. En 1895 fue profesor de la Escuela de Física y Química de París.



Marie Curie, de soltera Marja Sklodowska, nació en Varsovia (Polonia) el 7 de noviembre de 1867. Su padre fue profesor de física. En 1891 se trasladó a París (donde cambió su nombre por Marie) y se incorporó a la Sorbona. Dos años más tarde acabó sus estudios de física con el número uno de su promoción. En 1894 conoció a Pierre Curie y se casaron en 1895.

Marie Curie estaba interesada en los recientes descubrimientos de los nuevos tipos de radiación. Wilhelm Roentgen había descubierto los rayos X en 1895, y en 1896 Antoine Henri Becquerel descubrió que el uranio emitía radiaciones invisibles similares. Curie comenzó a estudiar las radiaciones del uranio y, utilizando las técnicas piezoeléctricas inventadas por su marido, midió cuidadosamente las radiaciones en la pechblenda, un mineral que contiene uranio. Cuando vio que las radiaciones del mineral eran más intensas que las del propio uranio, se dio cuenta de que tenía que haber elementos desconocidos, incluso más radiactivos que el uranio. Marie Curie fue la primera en utilizar el término 'radiactivo' para describir los elementos que emiten radiaciones cuando se descomponen sus núcleos.

Pierre Curie finalizó su trabajo sobre el magnetismo para unirse a la investigación de su esposa, y en 1898 el matrimonio anunció el descubrimiento de dos nuevos elementos: el polonio (Marie le dio ese nombre en honor de su Polonia natal) y el radio. Durante los cuatro años siguientes los Curie, trabajando en condiciones muy precarias, trataron una tonelada de pechblenda, de la que aislaron una fracción de radio de un gramo. En 1903 compartieron con Becquerel el Premio Nobel de Física por el descubrimiento de los elementos radiactivos. Marie Curie fue la primera mujer en recibir un Nobel.

En 1904 Pierre Curie fue nombrado profesor de física en la Universidad de París, y en 1905 miembro de la Academia Francesa. Estos cargos no eran normalmente ocupados por mujeres, y Marie no tuvo el mismo reconocimiento. Pierre murió el 19 de abril de 1906, al ser atropellado por un coche de caballos. Su esposa se hizo cargo de sus clases y continuó sus propias investigaciones. En 1911 recibió un segundo Nobel, un hecho sin precedentes. En esta ocasión fue el de Química, por sus investigaciones sobre el radio y sus compuestos. Fue nombrada directora del Instituto de Radio de París en 1914 y se fundó el Instituto Curie. Marie Curie sufrió una anemia perniciosa causada por las largas exposiciones a la radiación. Murió el 4 de julio de 1934 en la Alta Saboya.

Los Curie tuvieron dos hijas, una de ellas también ganó un Nobel: Irène Joliot-Curie y su marido, Frédéric, recibieron el Premio Nobel de Química en 1935 por la obtención de nuevos elementos radiactivos.

Radiactividad

Desintegración espontánea de núcleos atómicos mediante la emisión de partículas subatómicas llamadas partículas alfa y partículas beta, y de radiaciones electromagnéticas denominadas rayos X y rayos gamma. El fenómeno fue descubierto en 1896 por el físico francés Antoine Henri Becquerel al observar que las sales de uranio podían ennegrecer una placa fotográfica aunque estuvieran separadas de la misma por una lámina de vidrio o un papel negro. También comprobó que los rayos que producían el oscurecimiento podían descargar un electroscopio, lo que indicaba que poseían carga eléctrica. En 1898, los químicos franceses Marie y Pierre Curie dedujeron que la radiactividad es un fenómeno asociado a los átomos e independiente de su estado físico o químico. También llegaron a la conclusión de que la pechblenda, un mineral de uranio, tenía que contener otros elementos radiactivos ya que presentaba una radiactividad más intensa que las sales de uranio empleadas por Becquerel. El matrimonio Curie llevó a cabo una serie de tratamientos químicos de la pechblenda que condujeron al descubrimiento de dos nuevos elementos radiactivos, el polonio y el radio. Marie Curie también descubrió que el torio es radiactivo. En 1899, el químico francés André Louis Debierne descubrió otro elemento radiactivo, el actinio. Ese mismo año, los físicos británicos Ernest Rutherford y Frederick Soddy descubrieron el gas radiactivo radón, observado en asociación con el torio, el actinio y el radio.

Marie Curie Marie Curie acuñó el término radiactividad para las emisiones del uranio detectadas en sus primeros experimentos. Más tarde, junto con su marido, descubrió los elementos polonio y radio



Pronto se reconoció que la radiactividad era una fuente de energía más potente que ninguna de las conocidas. Los Curie midieron el calor asociado con la desintegración del radio y establecieron que 1 gramo de radio desprende aproximadamente unos 420 julios (100 calorías) de energía cada hora. Este efecto de calentamiento continúa hora tras hora y año tras año, mientras que la combustión completa de un gramo de carbón produce un total de 34.000 julios (unas 8.000 calorías) de energía. Tras estos primeros descubrimientos, la radiactividad atrajo la atención de científicos de todo el mundo. En las décadas siguientes se investigaron a fondo muchos aspectos del fenómeno.

Sigmund Freud (1856-1939), médico y neurólogo austriaco, fundador del psicoanálisis.

Sigmund Freud El neurólogo austriaco Sigmund Freud es considerado el fundador del psicoanálisis, método de fragmentación de la estructura psíquica cuyo objetivo es la investigación de los significados inconscientes del comportamiento, así como los sueños y fantasías del individuo. El psicoanálisis es un procedimiento curativo de los trastornos mentales, principalmente de las neurosis. Culver Pictures

Freud nació en Freiberg (actual Příbor, República Checa), el 6 de mayo de 1856 y se educó en la Universidad de Viena. Cuando apenas tenía tres años, su familia, huyendo de los disturbios antisemitas que entonces se producían en Freiberg, se trasladó a Leipzig. Poco tiempo después, la familia se instaló en Viena, donde Freud residió la mayor parte de su vida.

Aunque su ambición desde niño había sido dedicarse al ejercicio del derecho, Freud se decidió a estudiar medicina justo antes de entrar en la Universidad de Viena en 1873. Inspirado por las investigaciones científicas del poeta alemán Goethe, sintió un vehemente deseo de estudiar ciencias naturales y de resolver alguno de los retos que en aquel momento afrontaban los investigadores de su tiempo.

Ya durante el tercer curso, Freud comenzó a investigar sobre el sistema nervioso central de los invertebrados, en el laboratorio de fisiología que dirigía el médico alemán Ernst Wilhelm von Brücke. Estas investigaciones neurológicas fueron tan absorbentes que Freud descuidó sus obligaciones académicas, permaneciendo en la facultad tres años más de lo habitual antes de obtener su licenciatura en Medicina.

En 1881, después de cumplir un año de servicio militar obligatorio, finalizó su licenciatura. Sin embargo, no quiso abandonar el trabajo experimental y permaneció en la universidad como ayudante en el laboratorio de fisiología. En 1883, presionado por Brücke, se vio obligado a abandonar la investigación teórica.

Así, Freud estuvo tres años en el Hospital General de Viena, dedicándose sucesivamente a la psiquiatría, la dermatología y los trastornos nerviosos. En 1885, tras su designación como profesor adjunto de Neuropatología en la Universidad de Viena, dejó su trabajo en el hospital. A finales del mismo año, recibiría una beca del gobierno para estudiar en París diecinueve semanas junto al neurólogo Jean Charcot, que a la sazón trabajaba en el tratamiento de ciertos trastornos mentales mediante la hipnosis, en el manicomio de Salpêtrière del que era director. Los estudios de Freud con Charcot, centrados en la histeria, encauzarían definitivamente sus intereses hacia la psicopatología, el estudio científico de las enfermedades mentales.

En 1886 Freud se estableció como médico privado en Viena, especializándose en los trastornos nerviosos. Sufrió una fuerte oposición de la clase médica vienesa por su defensa del punto de vista de Charcot sobre la histeria y el uso de la hipnosis, entonces considerados como enfoques poco ortodoxos. El enfrentamiento resultante retrasó la aceptación de sus hallazgos posteriores sobre el origen de las neurosis.

LOS COMIENZOS DEL PSICOANÁLISIS

Pioneros del psicoanálisis En 1909 los pioneros del naciente movimiento psicoanalítico se reunieron en la Universidad de Clark (Worcester, Massachusetts) para escuchar una conferencia de Sigmund Freud, fundador del psicoanálisis. El grupo estaba formado por, fila de arriba, de izquierda a derecha, Abraham Arden Brill, Ernest Jones, Sandor Ferenczi, y, fila de abajo, Sigmund Freud, C. Stanley Hall (presidente de



esta universidad) y Carl Gustav Jung. La presencia de Freud en Estados Unidos, única vez que visitó este país, amplió la influencia y popularidad de este movimiento. Corbis

El primer trabajo publicado de Freud sobre psicopatología, Sobre la afasia, apareció en 1891; era un estudio de este trastorno neurológico en el que la capacidad para pronunciar palabras o nombrar objetos comunes se pierde como consecuencia de una enfermedad orgánica en el cerebro. Su último trabajo sobre neurología, el artículo, 'Parálisis cerebrales infantiles', fue escrito para una enciclopedia en 1897 sólo por la insistencia del editor, porque en aquel momento Freud estaba más ocupado en las explicaciones psicológicas de las enfermedades mentales que en las fisiológicas. Sus trabajos posteriores se inscriben enteramente en ese terreno, que él mismo había bautizado como psicoanálisis en 1896.

Esta nueva orientación de Freud se dio a conocer por vez primera en su trabajo Estudios sobre la histeria (1893), elaborado en colaboración con el médico vienés Josef Breuer, que dos años después se publicaría con mayor extensión. Se consideraban los síntomas de la histeria como manifestaciones de energía emocional no descargada, asociada con traumas psíquicos olvidados.

El procedimiento terapéutico consistía en sumir al paciente en un estado hipnótico, para forzarle a recordar y revivir la experiencia traumática origen del trastorno, con lo que se descargarían por catarsis las emociones causantes de los síntomas. La publicación de esta obra marcó el comienzo de la teoría psicoanalítica, formulada sobre la base de las observaciones clínicas.

Durante el periodo de 1895 a 1900, Freud desarrolló muchos de los conceptos posteriormente incorporados tanto a la práctica como a la doctrina psicoanalítica. Poco después de la publicación de los estudios sobre la histeria, Freud abandonó el uso de la hipnosis como procedimiento catártico, para reemplazarlo por la investigación del curso espontáneo de pensamientos del paciente —llamado asociación libre—, como método idóneo para comprender los procesos mentales inconscientes que están en la raíz de los trastornos neuróticos.

En sus observaciones clínicas, Freud halló evidencias de los mecanismos mentales de la represión y la resistencia, describiendo la primera como un mecanismo inconsciente que hace inaccesible a la mente consciente el recuerdo de hechos dolorosos o traumáticos; y la segunda como la defensa inconsciente contra la accesibilidad a la consciencia de las experiencias reprimidas, para evitar la ansiedad que de ella se deriva.

Freud propuso seguir el curso de los procesos inconscientes, usando las asociaciones libres del paciente como guía para interpretar los sueños y los lapsus en el lenguaje (además de chistes, actos fallidos, etc). Mediante el análisis de los sueños llegó a sus teorías sobre la sexualidad infantil y el complejo de Edipo, que explicaría el apego del niño al progenitor del sexo contrario, junto con los sentimientos hostiles hacia el del propio sexo (considerado —en principio— un rival). Estos planteamientos, que hacían hincapié en la base biológica del comportamiento humano —particularmente el sexo y la agresividad—, fueron muy controvertidos.

En estos años, desarrolló también la teoría de la transferencia, proceso por el que las actitudes emocionales, establecidas originalmente hacia las figuras de los padres durante la infancia, son transferidas en la vida adulta a otros personajes (maestros, autoridades, jefes, el propio psicoanalista, etc.). El final de este periodo viene marcado por la aparición de su obra más importante, La interpretación de los sueños (1900 primera edición, que posteriormente el mismo Freud ampliaría). En ella analiza (además de algunos sueños de sus pacientes, amigos, hijos, e incluso de personajes famosos) muchos de sus propios sueños, registrados durante tres años de autoanálisis iniciados en 1897. Este trabajo expone todos los conceptos fundamentales en que se asienta la teoría y la técnica psicoanalítica.

En 1902 Freud fue nombrado profesor titular de la Universidad de Viena. Este honor no era, sin embargo, debido al reconocimiento de sus aportaciones, sino como resultado de los esfuerzos de un paciente con influencias. El mundo médico todavía contemplaba su trabajo con hostilidad, y sus siguientes escritos, Psicopatología de la vida cotidiana (1904) y Tres ensayos para una teoría sexual (1905), no hicieron más que



umentar este antagonismo. Como consecuencia, Freud continuó trabajando virtualmente solo, en lo que él mismo denominó "una espléndida soledad".

Sin embargo, hacia 1906, Freud contaba ya con un reducido número de alumnos y seguidores destacando los psiquiatras austriacos William Stekel y Alfred Adler, el psicólogo austriaco Otto Rank, el psiquiatra estadounidense Abraham Brill, y los psiquiatras suizos Eugen Bleuler y Carl Jung, además del húngaro Sándor Ferenczi, que se unió al grupo en 1908.

RECONOCIMIENTO INTERNACIONAL

El creciente reconocimiento del movimiento psicoanalítico hizo posible crear en 1910 una organización de ámbito mundial denominada Asociación Psicoanalítica Internacional. Mientras el movimiento se extendía, ganando adeptos en Europa y Estados Unidos, Freud estaba preocupado por las disensiones aparecidas entre los componentes de su círculo original, sobre todo las de Adler y Jung, cada uno de los cuales desarrolló una base teórica diferente en desacuerdo con la tesis de Freud sobre el origen sexual de las neurosis. Freud se enfrentó a estas posturas desarrollando sus conceptos básicos y sus puntos de vista en publicaciones y conferencias.

Tras el comienzo de la I Guerra Mundial, Freud abandonó casi la observación clínica y se concentró en la aplicación de sus teorías a la interpretación psicoanalítica de fenómenos sociales, como la religión, la mitología, el arte, la literatura, el orden social o la propia guerra.

En 1923 se le detectó un cáncer en la mandíbula que precisó de un tratamiento constante y doloroso, por el que tuvo que someterse a varias operaciones quirúrgicas. A pesar de estos sufrimientos, continuó su actividad durante los dieciséis años siguientes, escribiendo principalmente sobre asuntos filosóficos o culturales.

Cuando los nazis ocuparon Austria, en 1938, Freud se trasladó con su familia a Londres, donde falleció el 23 de septiembre de 1939.

La principal contribución de Freud fue la creación de un enfoque radicalmente nuevo en la comprensión de la personalidad humana, al demostrar la existencia y poder de lo inconsciente. Además, fundó una nueva disciplina médica y formuló procedimientos terapéuticos básicos que, más o menos modificados aún se aplican, en el tratamiento mediante psicoterapia de las neurosis (y, parcialmente, de las psicosis). Aunque nunca conoció en vida un reconocimiento unánime, y ha sido a menudo cuestionado desde entonces, Freud es indudablemente uno de los grandes pensadores del mundo contemporáneo.

Entre otros de sus trabajos habría que destacar *Tótem y Tabú* (1913), *Más allá del principio del placer* (1920), *Psicología de masas* (1920), *El yo y el ello* (1923), *El malestar en la cultura* (1930), *El porvenir de una ilusión* (1927), *Introducción al psicoanálisis* (1933), y *Moisés y el monoteísmo* (1939).

Psicoanálisis

Nombre que se da a un método específico para investigar los procesos mentales inconscientes y a un enfoque de la psicoterapia. El término se refiere también a la estructuración sistemática de la teoría psicoanalítica, basada en la relación entre los procesos mentales conscientes e inconscientes.

TEORÍA PSICOANALÍTICA

Sigmund Freud El médico austriaco Sigmund Freud desarrolló teorías centrales para el psicoanálisis, la psicología de la sexualidad humana y la interpretación de los sueños. A pesar de que sus teorías, aparecidas a finales del siglo XIX, fueron muy controvertidas en su época, su trabajo se aceptó posteriormente.



Quizás su contribución más importante sea el haber establecido una conexión entre los comportamientos humanos anómalos y el inconsciente. Culver Pictures

Las técnicas del psicoanálisis y gran parte de la teoría psicoanalítica basada en su aplicación fueron desarrolladas por el neurólogo austriaco Sigmund Freud. Sus trabajos sobre la estructura y el funcionamiento de la mente humana tuvieron un gran alcance, tanto en el ámbito científico como en el de la práctica clínica.

El inconsciente

La primera de las aportaciones de Freud fue el descubrimiento de la existencia de procesos psíquicos inconscientes ordenados según leyes propias, distintas a las que gobiernan la experiencia consciente. En el ámbito inconsciente, pensamientos y sentimientos que se daban unidos se dividen o desplazan fuera de su contexto original; dos imágenes o ideas dispares pueden ser reunidas (condensadas) en una sola; los pensamientos pueden ser dramatizados formando imágenes, en vez de expresarse como conceptos abstractos, y ciertos objetos pueden ser sustituidos y representados simbólicamente por imágenes de otros, aun cuando el parecido entre el símbolo y lo simbolizado sea vago, o explicarse sólo por su coexistencia en momentos alejados del presente. Las leyes de la lógica, básicas en el pensamiento consciente, dejan de ejercer su dominio en el inconsciente.

Comprender cómo funcionan los procesos mentales inconscientes hizo posible la comprensión de fenómenos psíquicos previamente incomprensibles, como los sueños. A través del análisis de los procesos inconscientes, Freud vio que este estado servía para proteger el sueño (el reposo) del individuo contra los elementos perturbadores procedentes de deseos reprimidos, relacionados con las primeras experiencias del desarrollo que afloran en ese momento a la conciencia. Así, los deseos y pensamientos moralmente inaceptables, es decir, el 'contenido latente' del sueño, se transforman en una experiencia consciente, aunque no inmediatamente comprensible, a veces absurda, denominada 'contenido manifiesto'. El conocimiento de estos mecanismos inconscientes permite al analista invertir el proceso de elaboración onírica, por el que el contenido latente se transforma en el contenido manifiesto, accediendo a través de la interpretación de los sueños a su significado subyacente.

Pulsiones

Una suposición esencial de la teoría freudiana es que los conflictos inconscientes involucran deseos y pulsiones (instintos), originadas en las primeras etapas del desarrollo. Al serle desvelados al paciente los conflictos inconscientes mediante el psicoanálisis, su mente adulta puede encontrar soluciones inaccesibles a la mente inmadura del niño que fue. Esta descripción de la función que cumplen las pulsiones básicas en la vida humana es otra de las aportaciones cruciales de la teoría freudiana.

Según su teoría sobre la sexualidad infantil, la sexualidad adulta es el resultado de un complejo proceso de desarrollo que comienza en la infancia, pasa por una serie de etapas ligadas a diferentes funciones y áreas corporales (oral, anal y genital), y se corresponde con distintas fases en la relación del niño con los adultos, especialmente con sus padres. En este desarrollo es esencial el periodo edípico (Complejo de Edipo), momento en el que el niño por primera vez es capaz de establecer un vínculo afectivo con su progenitor del sexo opuesto, semejante a la relación de un adulto con su pareja, con lo que el progenitor del mismo sexo es considerado un rival. La inmadurez psíquica del niño condena al fracaso los deseos infantiles y malogra su primer paso hacia lo adulto. Además, la inmadurez intelectual del niño complica aún más la situación porque le hace temer sus propias fantasías. El grado en el que el niño supere este trauma y en el que estos vínculos, miedos y fantasías pervivan de modo inconsciente será decisivo en su vida posterior, especialmente en sus relaciones afectivas.

Los conflictos que ocurren en las etapas iniciales del desarrollo no son menos significativos como influencia formativa, porque representan los prototipos iniciales de situaciones sociales tan básicas como la dependencia de otros o la relación con la autoridad. Por ello, en estas primeras etapas de su desarrollo,



también será básico en la formación de la personalidad del niño el comportamiento de los padres. Sin embargo, el hecho de que el niño reaccione no sólo ante la realidad objetiva, sino también ante la distorsión fantástica de la realidad, complica significativamente incluso los esfuerzos educativos mejor intencionados.

Ello (psicoanálisis)

En el psicoanálisis, una de las tres instancias básicas de la personalidad, junto al yo y el superyó.

El ello se asimila a veces, incorrectamente, con la idea común del inconsciente, que no es una instancia en la concepción dinámica psicoanalítica, sino una categoría descriptiva: por ejemplo, son inconscientes no sólo ciertas pulsiones del ello, sino también muchos contenidos del superyó o conciencia moral, así como la mayor parte de las operaciones del yo. Para distinguir aquellos contenidos y operaciones inconscientes del aparato psíquico que pueden hacerse conscientes con un esfuerzo de conciencia por parte del individuo, Freud acuñó el concepto de 'preconsciente'. El resto de los contenidos y operaciones del inconsciente —todos los del ello y parte de los del yo y superyó— constituyen el inconsciente propiamente dicho, y sólo pueden ser sacadas a la luz de la conciencia por medio de la práctica psicoanalítica.

El ello se refiere en realidad al conjunto de impulsos instintivos del individuo, necesidades biológicas, deseos y motivaciones afectivas primarias que, bajo el principio del placer, buscan su realización inmediata, presionando al yo, que opera con el sentido de realidad para obtener su gratificación urgente. En la teoría de Sigmund Freud, la energía subyacente a las pulsiones instintivas del ello se conoce como libido —fuerza psicológica general que es básicamente de naturaleza sexual— a través de la cual se expresa la conformación psicosexual del individuo.

Conviene matizar que al indicar la naturaleza sexual de los contenidos del ello, Freud no se refería exactamente a la acepción de sexualidad en sentido biológico estricto (es decir, al coito), sino a todo el conjunto de contenidos y conductas afectivas del ser humano, básicas para la construcción de su existencia social, que comienzan a desarrollarse desde la infancia en las relaciones materno-filiales.

Yo (psicoanálisis)

En la teoría del psicoanálisis, término que designa la parte central de la estructura de la personalidad.

El yo es una de las tres instancias del aparato psíquico. La formación del yo comienza con el nacimiento, en el primer encuentro con el mundo externo. El yo, ateniéndose al principio de realidad, trata de ajustar las pulsiones del ello (dominado por el principio del placer) a las exigencias del superyó (dominado por el deber moral). Su papel, por tanto, es interceder entre los impulsos y deseos instintivos, por un lado, y las presiones morales, por otro, fuerzas a menudo inconscientes, y entre éstas y las exigencias del medio social.

Superyó (psicoanálisis)

Según la teoría psicoanalítica, el superyó se desarrolla a medida que el niño adopta gradual e inconscientemente los valores y normas, primero de los padres y después del entorno social. Según el psicoanálisis freudiano contemporáneo, el superyó engloba también el yo positivo (yo ideal o autoimagen consciente) que cada individuo desarrolla.

Ansiedad

Temor anticipado de un peligro futuro, cuyo origen es desconocido o no se reconoce.

El rasgo central de la ansiedad es el intenso malestar mental, el sentimiento que tiene el sujeto de que no será capaz de controlar los sucesos futuros. La persona tiende a centrarse sólo en el presente y a abordar



las tareas de una en una. Los síntomas físicos son tensión muscular, sudor en las palmas de las manos, molestias estomacales, respiración entrecortada, sensación de desmayo inminente y taquicardia.

Hasta finales del siglo XIX, la ansiedad extrema se atribuía, de forma errónea y rutinaria, a trastornos respiratorios o cardíacos. Por aquel entonces, Sigmund Freud identificó la neurosis de angustia como un diagnóstico diferenciado. Freud creía que la angustia tiene su origen en las pulsiones sexuales o agresivas de una persona que resultan inaceptables a la misma. La angustia actúa entonces como acción defensiva para reprimir o reconducir tales pulsiones. Cuando los mecanismos de defensa inconscientes son insatisfactorios, aparece una reacción de angustia neurótica.

Los síntomas de la neurosis de angustia, descrita por el psicoanálisis, son similares al complejo sintomático que se denomina, genéricamente, ansiedad. Pero cuando los psicólogos y los médicos hablan de la ansiedad en general, no suelen implicar los mecanismos pulsionales internos que Freud describió como neurosis de angustia.

Los teóricos del aprendizaje ven la ansiedad desde otra perspectiva. Algunos creen que la ansiedad se aprende cuando los miedos innatos del individuo concurren con objetos y sucesos previamente neutrales. Por ejemplo, un niño que se asusta por un fuerte ruido cuando juega con un juguete determinado puede asociar la ansiedad a este juguete. Otros teóricos del aprendizaje, por su parte, subrayan la importancia del aprendizaje por imitación de modelos y el desarrollo de pautas de pensamiento específicas, favorecedoras de la ansiedad.

Los psiquiatras reconocen diversas enfermedades mentales en las que la ansiedad es el principal problema, como los ataques de pánico o el trastorno de ansiedad generalizada. Los ataques de pánico ocurren intermitentemente, mientras que la ansiedad generalizada es crónica. En las fobias y los trastornos obsesivo-compulsivos, el miedo se experimenta cuando se trata de dominar otros síntomas.

Los trastornos de ansiedad son los trastornos mentales más comunes en los países occidentales. Además hay evidencia de que el trastorno de ansiedad se da en más de un miembro de la misma familia. El tratamiento más común para la ansiedad es la combinación de: medicamentos, psicoterapia, modificación de conducta y otros tratamientos de apoyo como las técnicas de relajación.

Neurosis

También llamada psiconeurosis, término que describe una variedad de trastornos psicológicos que originalmente parecieron tener su origen en algún problema neurológico, pero a los que hoy se atribuye un origen psíquico, emocional o psicosocial. Una de sus características es la ansiedad, personalmente dolorosa y origen de un comportamiento inadaptado.

Es ampliamente aceptado que el término neurosis se aplica para intentar diagnosticar aquellas afecciones cuyos síntomas son la expresión simbólica de un conflicto psíquico. El psicoanálisis adoptó este término y lo convirtió en una de las más importantes aportaciones a la psiquiatría clásica, un concepto que designa la respuesta de un sujeto como solución de compromiso entre el deseo y la defensa. El diagnóstico de estructura, que distingue tres grandes estructuras clínicas —neurosis, psicosis y perversión—, es un instrumento clínico fundamental frente a cualquier clasificación nosográfica que tienda a agrupar síntomas y trastornos, y a imposibilitar, precisamente, el diagnóstico.

En el DSM-IV, Manual de Clasificación de las Enfermedades Mentales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de orientación terapéutica conductista, la neurosis no es definida como enfermedad mental, aunque incluye en este trastorno las siguientes enfermedades:



TRASTORNO POR ANSIEDAD GENERALIZADA

También conocida como ansiedad libre flotante, es una condición constante de displacer y de sentimientos aprensivos, que supone una sobrerreacción al estrés normal, que no afectaría a una persona equilibrada.

CRISIS DE ANGUSTIA

Se caracteriza por los ataques de pánico que también se dan en el trastorno anterior y que son episodios de aprensión aguda, imposible de sobrellevar, acompañados de síntomas físicos como palpitaciones cardiacas, transpiración copiosa, respiración entrecortada, temblores musculares, náuseas y desmayos (una persona que sufre un ataque de angustia se siente como si fuera a morir).

FOBIAS

Consisten en una respuesta de miedo desmedido ante un estímulo o ante situaciones que normalmente no se consideran peligrosas (por ejemplo, viajar en el metro). Para diagnosticarse como una fobia, el pánico debe ser lo suficientemente intenso y constante como para que interfiera en la vida normal del individuo. La reacción emocional varía desde el mero disgusto al pánico. Normalmente, una persona que sufre de alguna fobia es consciente de que su miedo es irracional, pero es incapaz de controlarlo.

TRASTORNO OBSESIVO-COMPULSIVO

Este trastorno consiste en la persistente intrusión de pensamientos o impulsos desagradables en la conciencia del individuo, y en las urgencias irresistibles —compulsiones— a desarrollar acciones o rituales para reducir la ansiedad consiguiente. Ambas características se suelen dar juntas en este trastorno (por ejemplo, una persona obsesionada con la idea de que su vivienda puede ser saqueada y su familia atacada, comprobará de forma constante que todas las ventanas y puertas estén cerradas, numerosas veces al día; otro caso típico es el de las personas que tienen la compulsión de lavarse las manos constantemente).

TRASTORNO POR ANGUSTIA DE SEPARACIÓN

Ocurre durante la infancia y consiste en un miedo irracional a estar separado de los padres. A menudo los adultos que sufren de agorafobia (miedo a espacios públicos abiertos) han sufrido la angustia de separación cuando eran niños.

TRASTORNO POR ESTRÉS POSTRAUMÁTICO

Este término se acuñó después de la guerra del Vietnam para describir los síntomas psicopatológicos experimentados por los veteranos de guerra cuando retornaban al hogar. En la I Guerra Mundial se llamó 'neurosis de guerra', y en la II Guerra Mundial, 'fatiga del combate'. Pero este trastorno no es exclusivo de estas situaciones, ya que puede aparecer después de cualquier tipo de desastre, como un accidente aéreo o una catástrofe natural.

Los síntomas consisten en revivir los sucesos traumáticos, sufrir desarreglos del sueño, como pesadillas e insomnio, padecer ansiedad, distanciarse de los entornos normales, y perder el interés por las actividades que se realizaban antes de que ocurriera el desastre.

PERSONALIDAD MÚLTIPLE

Trastorno extremadamente infrecuente en el que más de una personalidad coexiste en el mismo individuo. A menudo, una de las personalidades es inconsciente de lo que ocurre mientras la otra domina, por lo que aparecen periodos de amnesia. Este trastorno sigue a una experiencia infantil extremadamente traumática.



TRATAMIENTO DE LAS NEUROSIS

Las neurosis pueden ser tratadas mediante el psicoanálisis, la psicoterapia o la modificación de conducta (especialmente en el caso de las fobias y de los trastornos obsesivo-compulsivos). En este tipo de trastornos, la medicación suele ser sólo un medio complementario para reducir los niveles de ansiedad, como la relajación o la hipnosis. Muchas de las neurosis responden bien al tratamiento y sus efectos perturbadores sobre el individuo se logran atenuar en gran medida.

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), científico alemán, cuyas aportaciones en el campo de la fisiología, la óptica, la acústica y la electrodinámica impulsaron el pensamiento científico del siglo XIX.

Helmholtz nació el 31 de agosto de 1821 en Potsdam, donde su padre, profesor en el instituto local, le enseñó idiomas y el pensamiento científico de la época. En 1838 ingresó en el Instituto Médico Friedrich Wilhelm de Berlín, donde el renombrado fisiólogo Johannes Müller le puso en contacto con el enfoque kantiano de la filosofía de la naturaleza, que mantenía que las funciones fisiológicas se deben a fuerzas vitales imperceptibles para los sentidos. En oposición a esta teoría, Helmholtz no tardó en llegar a la conclusión de que tanto las fuerzas fisiológicas como las de naturaleza inorgánica podían ser percibidas por los sentidos. Más adelante, llegó a la convicción de que tales fuerzas podían ser comprendidas y medidas por medios mecánicos. Esta creencia, que sostuvo durante el resto de su vida, le llevó a sus posteriores investigaciones y descubrimientos.

En su etapa como cirujano militar escribió su famosa obra *Sobre la conservación de la fuerza* (1847), en la que explicaba que el calor animal y la contracción muscular eran resultado de fuerzas físicas y químicas. Junto con varios de sus coetáneos constituyó la llamada escuela de fisiología mecanicista o escuela de 1847. A continuación examinó los nervios ciáticos de la rana, y fue el primero en medir la velocidad de los impulsos nerviosos (Sistema nervioso). De 1856 a 1866, siendo catedrático de anatomía en la Universidad de Heidelberg, estudió el ojo, que según los vitalistas de su tiempo era el órgano que mejor ilustraba el funcionamiento de las fuerzas no materiales. El resultado de sus exhaustivas investigaciones fue una obra en varios volúmenes, *Óptica Fisiológica*, un libro que durante muchas décadas fue el texto definitivo sobre la fisiología de la visión. Durante sus estudios, Helmholtz inventó el oftalmoscopio (un instrumento empleado para examinar el interior del ojo) y desarrolló una teoría del color.

Más tarde, mientras estudiaba el oído, formuló la teoría de la resonancia, según la cual determinados órganos del oído interno actuaban como resonadores. En 1863, con la publicación de *Sobre la sensación del tono como base fisiológica de la teoría de la música*, refutó las teorías vitalistas, demostrando que la estética de la música estaba en función de la capacidad mecánica del oído para percibir el movimiento de las ondas de los sonidos musicales.

Después de 1871, siendo catedrático de física de la Universidad de Berlín, se interesó por la electrodinámica, que intentó reducir a unos pocos principios matemáticos. Partiendo de sus anteriores descubrimientos sobre el movimiento de las ondas y la transferencia de energía, aplicó su enfoque mecanicista a la meteorología. Cuando le llegó la muerte el 8 de septiembre de 1894 en Berlín, la explicación del mundo físico en términos de la mecánica clásica estaba ya casi agotada. La revolución producida en la física por el descubrimiento de los rayos X y la radiactividad, así como el desarrollo de la teoría de la relatividad, no tardaron en relegar al olvido los considerables adelantos logrados por Helmholtz.

Ernest Rutherford (1871-1937), físico británico, premio Nobel por su trabajo en física nuclear y por su teoría de la estructura del átomo.

Nació el 30 de agosto de 1871, en Nelson, Nueva Zelanda y estudió en la Universidad de Nueva Zelanda y en la de Cambridge. Fue profesor de física en la Universidad McGill de Montreal, Canadá, desde 1898 a 1907 y en la de Manchester, en Inglaterra, durante los 12 años siguientes. A partir de 1919 ejerció como profesor



de física experimental y director del Laboratorio Cavendish en la Universidad de Cambridge y también mantuvo una cátedra, a partir de 1920, en la Institución Real de Gran Bretaña en Londres.

Rutherford fue uno de los primeros y más importantes investigadores en física nuclear. Poco después del descubrimiento de la radiactividad en 1896 por el físico francés Antoine Henri Becquerel, Rutherford identificó los tres componentes principales de la radiación y los denominó rayos alfa, beta y gamma. También demostró que las partículas alfa son núcleos de helio. Su estudio de la radiación le llevó a formular una teoría de la estructura atómica que fue la primera en describir el átomo como un núcleo denso alrededor del cual giran los electrones.

En 1919 Rutherford dirigió un importante experimento en física nuclear cuando bombardeó nitrógeno con partículas alfa y obtuvo átomos de un isótopo de oxígeno y protones. Esta transmutación de nitrógeno en oxígeno fue la primera que produjo una reacción nuclear de forma artificial. Inspiró la investigación de los científicos posteriores sobre otras transformaciones nucleares y sobre la naturaleza y las propiedades de la radiación. Rutherford y el físico británico Frederick Soddy desarrollaron la explicación de la radiactividad que todavía aceptan los científicos actuales.

Rutherford fue elegido miembro de la Sociedad Real en 1903 y ejerció como presidente de esta institución desde 1925 a 1930. En 1908 fue galardonado con el Premio Nobel de Química y recibió el título de sir en 1914. Murió en Londres el 19 de octubre de 1937 y fue enterrado en la Abadía de Westminster. Entre sus escritos se encuentran: Radioactivity (Radiactividad, 1904); Radiations from Radioactive Substances (Radiaciones de las sustancias radiactivas, 1930), que redactó con los físicos James Chadwick y Charles Drummond Ellis y que se ha convertido en un texto clásico, y The Newer Alchemy (La Nueva alquimia, 1937).

Thomas Hunt Morgan (1866-1945), biólogo y genetista estadounidense que descubrió cómo los genes se transmiten a través de los cromosomas, y confirmó así las leyes de la herencia (véase Leyes de Mendel) del botánico austriaco Gregor Mendel y sentó las bases de la genética experimental moderna.

Nacido en Lexington, Kentucky, estudió en el State College de Kentucky, y más tarde estudió embriología en la Universidad John Hopkins, donde se doctoró en 1891. Como catedrático de zoología experimental en la Universidad de Columbia de 1904 a 1928, se mostró en un principio crítico respecto a la teoría mendeliana, que aún no había sido físicamente demostrada. Numerosos genetistas realizaron sus primeras investigaciones en el laboratorio de Morgan, incluido el español José Fernández Nonidez. Mientras realizaban experimentos y análisis citológicos sobre la mosca del vinagre, *Drosophila melanogaster*, Morgan y sus alumnos Alfred Henry Sturtevant, Calvin Blackman Ridges y Hermann Joseph Muller descubrieron que los cromosomas se comportaban de modo similar a como Mendel creía que se segregaban y apareaban aleatoriamente los genes. Al descubrir también que los genes transmisores de multitud de caracteres se disponían de forma lineal en cada cromosoma, Morgan y sus colaboradores crearon mapas cromosómicos lineales en los que a cada gen se le asignaba una posición específica. Este trabajo dio como resultado la obra *El mecanismo de la herencia mendeliana* (1915), un libro muy influyente que representó un importante paso en el desarrollo de la genética moderna.

Morgan continuó sus experimentos y demostró en su *Teoría de los genes* (1926) que los genes se encuentran unidos en diferentes grupos de encadenamiento, y que los alelos (pares de genes que afectan al mismo carácter) se intercambian o entrecruzan dentro del mismo grupo. En 1933 Morgan obtuvo el Premio Nobel de Fisiología y Medicina.

Bertrand Russell (1872-1970), filósofo, matemático y escritor británico, galardonado con el Premio Nobel de Literatura en 1950. Su énfasis en el análisis lógico repercutió de forma notable en el curso de la filosofía del siglo XX.



Bertrand Russell Los tres volúmenes de Principia Mathematica, escritos por Bertrand Russell (en la imagen) y Alfred North Whitehead, influyeron de forma decisiva en el posterior desarrollo de las matemáticas y la lógica filosófica. Russell también estuvo profundamente interesado en el campo de la teoría educacional y puso en práctica sus innovadores métodos de enseñanza en el Beacon Hill School, centro que dirigió desde 1928 hasta 1932. UPI/Corbis

Nacido en Trelleck (Gales) el 18 de mayo de 1872, estudió Matemáticas y Filosofía en el Trinity College de la Universidad de Cambridge desde 1890 hasta 1894. Tras graduarse este último año, viajó a Francia, Alemania y Estados Unidos. Posteriormente fue nombrado miembro del consejo de gobierno del Trinity College, centro en el cual había empezado a impartir clases desde su licenciatura. Al tiempo que desde su juventud mostró un acusado sentido de conciencia social, se especializó en cuestiones de lógica y matemáticas, áreas sobre las que dio conferencias en muchas instituciones de todo el mundo. Alcanzó un notable éxito con su primera gran obra, Los principios de la matemática (1903), en la que intentó trasladar la matemática al área de la lógica filosófica para dotar a ésta de un marco científico preciso. Colaboró durante ocho años con el filósofo y matemático británico Alfred North Whitehead en la elaboración de la monumental obra Principia Mathematica (3 vols., 1910-1913), en la que se mostraba que esta materia puede ser planteada en los términos conceptuales de la lógica general, como clase y pertenencia a una clase. Este libro se convirtió en una obra maestra del pensamiento racional. Russell y Whitehead demostraron que los números pueden ser definidos como clases de un tipo determinado, y en este proceso desarrollaron conceptos racionales y una notación que hizo de la lógica simbólica una especialización importante dentro del campo de la filosofía.

En su siguiente gran obra, Los problemas de la filosofía (1912), Russell recurrió a la sociología, la psicología, la física y las matemáticas para refutar las doctrinas del idealismo, la escuela filosófica dominante en aquel momento, que mantenía que todos los objetos y experiencias son fruto del intelecto; Russell, una persona realista, creía que los objetos percibidos por los sentidos poseen una realidad inherente al margen de la mente.

SOCIALISTA Y PACIFISTA

Pacifista convencido, condenó la actitud de los gobiernos que había conducido a la I Guerra Mundial y, por mantener dicha posición, en 1916 fue privado de su puesto académico en Cambridge y encarcelado. Durante los seis meses que permaneció en prisión escribió Introducción a la filosofía matemática (1919), trabajo en el que combinó las dos áreas del saber que él consideraba inseparables. Una vez finalizada la contienda visitó la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, y en su libro Teoría y práctica del bolchevismo (1920) mostró su desacuerdo con la forma soviética de aplicación del socialismo. Consideraba que los métodos utilizados para alcanzar un sistema comunista eran intolerables y que los resultados obtenidos no justificaban el precio que se estaba pagando.

Impartió clases en la Universidad de Pekín (en China) durante dos años (1921-1922) y, tras regresar al Reino Unido, dirigió el Beacon Hill School (1928-1932), escuela privada fundada por él que se caracterizó por la aplicación de innovadores y muy progresistas métodos de enseñanza. Desde 1938 hasta 1944 fue profesor en varias instituciones estadounidenses y fue durante este periodo cuando redactó Historia de la filosofía occidental (1947). Sin embargo, y debido a sus ideas radicales, la Corte Suprema de Nueva York le prohibió impartir clases en el College de esta ciudad (actual City College de la Universidad de Nueva York) por lo que consideraban sus ataques a la religión contenidos en textos como Lo que creo (1925) y su defensa de la libertad sexual, manifestada en Matrimonio y moral (1929).

Regresó a su país en 1944 y fue restituido en su puesto del Trinity College. Aunque moderó su pacifismo para apoyar la causa aliada en la II Guerra Mundial, fue un ardiente y activo detractor de las armas nucleares. En 1949 el rey Jorge VI le otorgó la Orden al Mérito. Un año después recibió el Premio Nobel de Literatura y fue calificado como "un campeón de la humanidad y de la libertad de pensamiento". Encabezó un movimiento a finales de la década de 1950 que exigía el desarme nuclear unilateral del Reino Unido y fue encarcelado a los 89 años tras una manifestación antinuclear. Falleció el 2 de febrero de 1970.



FILÓSOFO Y AUTOR

Russell contribuyó de forma definitiva al desarrollo del positivismo lógico, importante corriente filosófica durante las décadas de 1930 y 1940. El más importante pensador austriaco de aquellos tiempos, Ludwig Wittgenstein, que fue alumno suyo en Cambridge, recibió su influencia en sus primeros estudios filosóficos por su original concepto del atomismo lógico. En su búsqueda de la naturaleza y límites del conocimiento, desempeñó un gran papel en el resurgir del empirismo dentro del campo más amplio de la epistemología. En *Nuestro conocimiento del mundo externo* (1926) e *Investigación sobre el significado y la verdad* (1962), intentó explicar todo el conocimiento objetivo como construido a partir de las experiencias inmediatas. Escribió, entre otros libros, *El ABC de la relatividad* (1925), *Educación y orden social* (1932), *El impacto de la ciencia sobre la sociedad* (1951), *La evolución de mi pensamiento filosófico* (1959), *Crímenes de guerra en Vietnam* (1967) y *Autobiografía* (3 vols., 1968-1970).

Niels Bohr (1885-1962), físico danés, galardonado con el premio Nobel, que hizo aportaciones fundamentales en el campo de la física nuclear y en el de la estructura atómica.

Bohr nació en Copenhague el 7 de octubre de 1885; era hijo de un profesor de fisiología y estudió en la universidad de su ciudad natal, donde alcanzó el doctorado en 1911. Ese mismo año fue a la Universidad de Cambridge (Inglaterra) para estudiar física nuclear con J.J. Thomson, pero pronto se trasladó a la Universidad de Manchester para trabajar con Ernest Rutherford.

La teoría de la estructura atómica de Bohr, que le valió el Premio Nobel de Física en 1922, se publicó en una memoria entre 1913 y 1915. Su trabajo giró sobre el modelo nuclear del átomo de Rutherford, en el que el átomo se ve como un núcleo compacto rodeado por un enjambre de electrones más ligeros. El modelo de átomo de Bohr utilizó la teoría cuántica y la constante de Planck. El modelo de Bohr establece que un átomo emite radiación electromagnética sólo cuando un electrón del átomo salta de un nivel cuántico a otro. Este modelo contribuyó enormemente al desarrollo de la física atómica teórica.

En 1916, Bohr regresó a la Universidad de Copenhague como profesor de física, y en 1920 fue nombrado director del Instituto de Física Teórica de esa universidad, recién constituido. Allí, Bohr elaboró una teoría que relaciona los números cuánticos de los átomos con los grandes sistemas que siguen las leyes clásicas, y realizó otras importantes aportaciones a la física teórica. Su trabajo ayudó a impulsar el concepto de que los electrones se encuentran en capas y que los de la última capa determinan las propiedades químicas de un átomo.

En 1939, reconociendo el significado de los experimentos de la fisión (véase Energía nuclear) de los científicos alemanes Otto Hahn y Fritz Strassmann, Bohr convenció a los físicos en una conferencia en Estados Unidos de la importancia de estos experimentos. Más tarde, demostró que el uranio 235 es el isótopo del uranio que experimenta la fisión nuclear. Bohr regresó posteriormente a Dinamarca, donde fue obligado a permanecer después de la ocupación alemana del país en 1940. Sin embargo, consiguió llegar a Suecia con gran peligro de su vida y de la de su familia. Desde Suecia, la familia Bohr viajó a Inglaterra y por último a los Estados Unidos, donde Bohr se incorporó al equipo que trabajaba en la construcción de la primera bomba atómica en Los Álamos (Nuevo México), hasta su explosión en 1945. Bohr se opuso, sin embargo, a que el proyecto se llevara a cabo en total secreto, y temía las consecuencias de este siniestro nuevo invento. Deseaba un control internacional.

En 1945, Bohr regresó a la Universidad de Copenhague donde, inmediatamente, comenzó a desarrollar usos pacifistas para la energía atómica. Organizó la primera conferencia 'Átomos para la paz' en Ginebra, celebrada en 1955, y dos años más tarde recibió el primer premio 'Átomos para la paz'. Bohr murió el 18 de diciembre de 1962 en Copenhague.



Albert Einstein (1879-1955), físico alemán nacionalizado estadounidense, premiado con un Nobel, famoso por ser el autor de las teorías general y restringida de la relatividad y por sus hipótesis sobre la naturaleza corpuscular de la luz. Es probablemente el científico más conocido del siglo XX.

Nació en Ulm el 14 de marzo de 1879 y pasó su juventud en Munich, donde su familia poseía un pequeño taller de máquinas eléctricas. Ya desde muy joven mostraba una curiosidad excepcional por la naturaleza y una capacidad notable para entender los conceptos matemáticos más complejos. A los doce años ya conocía la geometría de Euclides.

A la edad de 15 años, cuando su familia se trasladó a Milán, Italia, a causa de sucesivos fracasos en los negocios, Einstein abandonó la escuela. Pasó un año con sus padres en Milán y viajó a Suiza, donde terminó los estudios secundarios e ingresó en el Instituto Politécnico Nacional de Zurich.

Durante dos años Einstein trabajó dando clases particulares y de profesor suplente. En 1902 consiguió un trabajo estable como examinador en la Oficina Suiza de Patentes en Berna.

TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD DE EINSTEIN

La tercera publicación de Einstein en 1905, Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento, y la cuarta titulada ¿Depende la inercia de un cuerpo de la energía que contiene?, formulaban lo que después llegó a conocerse como la teoría especial de la relatividad (o teoría restringida de la relatividad). Desde los tiempos del matemático y físico inglés Isaac Newton, los filósofos de las ciencias naturales (nombre que recibían los físicos y químicos) habían intentado comprender la naturaleza de la materia y la radiación, y su interacción en algunos modelos unificados del mundo. La hipótesis que sostenía que las leyes mecánicas eran fundamentales se denominó visión mecánica del mundo. La hipótesis que mantenía que eran las leyes eléctricas las fundamentales recibió el nombre de visión electromagnética del mundo. Ninguna de las dos concepciones era capaz de explicar con fundamento la interacción de la radiación (por ejemplo, la luz) y la materia al ser observadas desde diferentes sistemas de inercia de referencia, o sea, la interacción producida en la observación simultánea por una persona parada y otra moviéndose a una velocidad constante.

En la primavera de 1905, tras haber reflexionado sobre estos problemas durante diez años, Einstein se dio cuenta de que la solución no estaba en la teoría de la materia sino en la teoría de las medidas. En el fondo de su teoría restringida de la relatividad se encontraba el hallazgo de que toda medición del espacio y del tiempo es subjetiva. Esto le llevó a desarrollar una teoría basada en dos premisas: el principio de la relatividad, según el cual las leyes físicas son las mismas en todos los sistemas de inercia de referencia, y el principio de la invariabilidad de la velocidad de la luz, según el cual la velocidad de la luz en el vacío es constante. De este modo pudo explicar los fenómenos físicos observados en sistemas de inercia de referencia distintos, sin tener que entrar en la naturaleza de la materia o de la radiación y su interacción, pero nadie entendió su razonamiento.

En su cuarto artículo, Einstein dedujo la famosísima fórmula $E = mc^2$ que relaciona la energía (E) con la masa (m) y la velocidad de la luz (c). Como el valor de c es muy elevado, una pequeña masa equivale a una gran cantidad de energía.

PRIMERAS REACCIONES A EINSTEIN

La dificultad de otros científicos para aceptar la teoría de Einstein no estribaba en sus complejos cálculos matemáticos y su dificultad técnica, sino que partía del concepto que tenía Einstein de las buenas teorías y su relación con la experimentación. Aunque sostenía que la única fuente del conocimiento era la experiencia, también pensaba que las teorías científicas eran creaciones libres de una aguda intuición física, y que las premisas en que se basaban no podían aplicarse de un modo lógico al experimento. Una buena teoría sería, pues, aquella que necesitara los mínimos postulados para explicar un hecho físico. Esta escasez de postulados, característica de la obra de Einstein, provocó que su trabajo no fuera accesible para sus colegas, que le dejaron solo.



Aun así, tenía importantes seguidores. Su primer defensor fue el físico alemán Max Planck. Einstein permaneció cuatro años en la oficina de patentes, y luego empezó a destacar dentro de la comunidad científica, y así ascendió en el mundo académico de lengua alemana. Primero fue a la Universidad de Zurich en 1909; dos años más tarde se trasladó a la Universidad de Praga, de lengua alemana, y en 1912 regresó al Instituto Politécnico Nacional de Zurich. Finalmente, en 1913 fue nombrado director del Instituto de Física Kaiser Guillermo en Berlín.

LA TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD

Antes de dejar la oficina de patentes, en 1907, Einstein ya trabajaba en la extensión y generalización de la teoría de la relatividad a todo sistema de coordenadas. Empezó con el enunciado del principio de equivalencia según el cual los campos gravitacionales son equivalentes a las aceleraciones del sistema de referencia. De este modo, una persona que viajara en un elevador o ascensor no podría en principio determinar si la fuerza que actúa sobre ella se debe a la gravitación o a la aceleración constante del ascensor. Esta teoría general completa de la relatividad no fue publicada hasta 1916. De acuerdo con ella, las interacciones entre los cuerpos, que hasta entonces se atribuían a fuerzas gravitacionales, se explican por la influencia de aquéllos sobre la geometría espacio-tiempo (espacio de cuatro dimensiones, una abstracción matemática en la que el tiempo se une, como cuarta dimensión, a las tres dimensiones euclídeas).

Basándose en la teoría general de la relatividad, Einstein pudo entender las variaciones hasta entonces inexplicables del movimiento de rotación de los planetas y logró predecir la inclinación de la luz de las estrellas al aproximarse a cuerpos como el Sol. La confirmación de este fenómeno durante un eclipse de Sol en 1919 fue toda una noticia y su fama se extendió por todo el mundo.

Einstein consagró gran parte del resto de su vida a generalizar su teoría. Su último trabajo, la teoría del campo unificado, que no tuvo demasiado éxito, consistía en un intento de explicar todas las interacciones físicas, incluidas la interacción electromagnética y las interacciones nucleares fuerte y débil, a través de la modificación de la geometría del espacio-tiempo entre entidades interactivas.

La mayoría de sus colegas pensaron que sus esfuerzos iban en dirección equivocada. Entre 1915 y 1930 la corriente principal entre los físicos era el desarrollo de una nueva concepción del carácter fundamental de la materia, conocida como la teoría cuántica. Esta teoría contempla la característica de la dualidad onda-partícula (la luz presenta las propiedades de una partícula, así como las de una onda), que Einstein había intuido como necesaria, y el principio de incertidumbre, que establece que la exactitud de los procedimientos de medición es limitada. Además, esta teoría suponía un rechazo fundamental a la noción estricta de causalidad. Sin embargo, Einstein mantuvo una posición crítica respecto a estas tesis hasta el final de su vida. "Dios no juega a los dados con el mundo", llegó a decir.

CIUDADANO DEL MUNDO

A partir de 1919, Einstein recibió el reconocimiento internacional y acumuló honores y premios de distintas sociedades científicas, como el Nobel de Física en 1921. Sus visitas a países de todo el mundo, como la que realizó a España en 1923, impulsada por el matemático Julio Rey Pastor, o las que realizó a Argentina, Uruguay y Brasil en 1925, eran un acontecimiento; le seguían fotógrafos y periodistas.

El pacifismo y el sionismo fueron los dos movimientos sociales que recibieron todo su apoyo. Durante la I Guerra Mundial, Einstein fue uno de los pocos académicos alemanes que condenaron públicamente la participación de Alemania en el conflicto.

Después de la guerra siguió con sus actividades pacifistas y sionistas, por lo que fue blanco de los ataques de grupos antisionistas y de derechas alemanes. Sus teorías llegaron a ser ridiculizadas en público, especialmente la de la relatividad.



Cuando Hitler llegó al poder en 1933, Einstein abandonó Alemania y emigró a Estados Unidos, donde ocupó un puesto en el Instituto de Estudios Superiores en Princeton, Nueva Jersey. Siguió con sus actividades en favor del sionismo pero abandonó su postura pacifista anterior a la vista de la amenaza que suponía para la humanidad el régimen nazi en Alemania.

En 1939 Einstein participó junto con otros físicos en la redacción de una carta dirigida al presidente Franklin D. Roosevelt en la que se pedía la creación de un programa de investigación sobre las reacciones en cadena. La carta, que sólo iba firmada por Einstein, consiguió acelerar la fabricación de la bomba atómica, en la que él no participó ni supo de su finalización. En 1945, cuando ya era evidente la existencia de la bomba, Einstein volvió a escribir al presidente para intentar disuadirlo de utilizar el arma nuclear.

Después de la guerra, Einstein se convirtió en activista del desarme internacional y del gobierno mundial, y siguió contribuyendo a la causa del sionismo, pero declinó una oferta de los líderes del Estado de Israel para ocupar el cargo de presidente. A finales de la década de 1940 y principios de la de 1950, defendió en Estados Unidos la necesidad de que los intelectuales del país hicieran todo lo posible para mantener la libertad política. Einstein murió el 18 de abril de 1955 en Princeton.

Los esfuerzos de Einstein en apoyo de causas sociales fueron a menudo percibidos como poco realistas. Sus propuestas nacían de razonamientos cuidadosamente elaborados. Al igual que sus teorías, eran fruto de una asombrosa intuición basada en cuidadosas y astutas valoraciones y en la observación. A pesar de su actividad en favor de causas políticas y sociales, la ciencia siempre ocupó el primer lugar en su vida, pues, como solía decir, sólo el descubrimiento de la naturaleza del Universo tiene un sentido duradero. Entre sus obras se encuentran *La relatividad: la teoría especial y restringida* (1916); *Sobre el sionismo* (1931); *Los constructores del Universo* (1932); *¿Por qué la guerra?* (1933), con Sigmund Freud; *El mundo como yo lo veo* (1934); *La evolución de la Física* (1938) con el físico polaco Leopold Infeld, y *En mis últimos años* (1950). La colección de los artículos de Einstein comenzó a publicarse en 1987 en varios volúmenes.

Werner Karl Heisenberg (1901-1976), físico y Premio Nobel alemán, que desarrolló un sistema de mecánica cuántica y cuya indeterminación o principio de incertidumbre ha ejercido una profunda influencia en la física y en la filosofía del siglo XX.

Heisenberg nació el 5 de diciembre de 1901 en Würzburgo y estudió en la Universidad de Munich. En 1923 fue ayudante del físico alemán Max Born en la Universidad de Gotinga, y desde 1924 a 1927 obtuvo una beca de la Fundación Rockefeller para trabajar con el físico danés Niels Bohr en la Universidad de Copenhague. En 1927 fue nombrado profesor de física teórica en la Universidad de Leipzig. Después fue profesor en las universidades de Berlín (1941-1945), Gotinga (1946-1958) y Munich (1958-1976). En 1941 ocupó el cargo de director del Instituto Kaiser Wilhelm de Química Física (que en 1946 pasó a llamarse Instituto Max Planck de Física).

Estuvo a cargo de la investigación científica del proyecto de la bomba atómica alemana durante la II Guerra Mundial. Bajo su dirección se intentó construir un reactor nuclear en el que la reacción en cadena se llevara a cabo con tanta rapidez que produjera una explosión, pero estos intentos no alcanzaron éxito. Estuvo preso en Inglaterra después de la guerra.

Heisenberg, uno de los primeros físicos teóricos del mundo, realizó sus aportaciones más importantes en la teoría de la estructura atómica. En 1925 comenzó a desarrollar un sistema de mecánica cuántica, denominado mecánica matricial, en el que la formulación matemática se basaba en las frecuencias y amplitudes de las radiaciones absorbidas y emitidas por el átomo y en los niveles de energía del sistema atómico. El principio de incertidumbre desempeñó un importante papel en el desarrollo de la mecánica cuántica y en el progreso del pensamiento filosófico moderno. En 1932, Heisenberg fue galardonado con el Premio Nobel de Física. Entre sus numerosos escritos se encuentran *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie* (Los principios físicos de la teoría cuántica, 1930), *Cosmic Radiation* (Radiación cósmica,



1946), *Physics and Philosophy* (Física y filosofía, 1958) e *Introduction to the Unified Theory of Elementary Particles* (Introducción a la teoría unificada de las partículas elementales, 1967).

John Broadus Watson (1878-1958), psicólogo estadounidense, reconocido como el fundador y principal representante del conductismo.

Nacido en Greenville, Carolina del Sur, estudió en la Universidad Furman y en la de Chicago. Desde 1908 hasta 1920 fue profesor y director del laboratorio de psicología de la Universidad Johns Hopkins de Baltimore. En 1920 abandonó su carrera académica y se dedicó a escribir ensayos sobre su visión de la psicología; también continuó sus investigaciones, sobre todo con la observación de niños. En 1913 Watson fundó el conductismo con su ensayo *La psicología como la ve el conductista*, movimiento que reducía la psicología al estudio de la conducta externa observable de forma objetiva, cuyas unidades son las conexiones innatas o adquiridas por condicionamiento entre el estímulo y la respuesta. Watson no creía que la conciencia fuera objeto de estudio de la psicología y explicó el pensamiento como un "habla subvocal", es decir, que surge de los movimientos de la lengua y las cuerdas vocales. En su obra *El comportamiento* (1914), afirma: "Dadme a una docena de niños sanos y bien formados y mi propio mundo específico para criarlos, y os garantizo que elegiré uno al azar y lo educaré de manera que se convierta en un especialista en cualquier ramo que yo elija (...), cualesquiera que sean sus aptitudes, inclinaciones, propósitos, talento, o independientemente de quienes sean sus ascendientes".

Otras de sus obras son: *La educación animal* (1903), *La psicología desde el punto de vista del conductismo* (1919), *El conductismo* (1925) y *La atención psicológica del bebé y del niño* (1928).

Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955), sacerdote católico, paleontólogo, geólogo, filósofo y teólogo francés, autor de una interpretación evolucionista de la humanidad y del Universo compatible con el cristianismo.

VIDA

Nació el 1 de mayo de 1881 en Sarcenat, cerca de Clermont-Ferrand. Tras ingresar en la Compañía de Jesús (1899), en 1911 fue ordenado sacerdote. Posteriormente estudió en la Sorbona de París, centro por el que se doctoró en Paleontología en 1922. Su carrera docente en el Instituto Católico de París se vio interrumpida al considerar sus superiores religiosos que sus opiniones eran heterodoxas. Permaneció en China durante casi 20 años, salvo escasos intervalos, realizando investigaciones paleontológicas y reflexionando sobre temas filosóficos. Participó en las excavaciones que tuvieron como resultado el descubrimiento de los restos del entonces denominado *Sinanthropus pekinensis* (hombre de Pekín). Desde 1952 fue miembro de la fundación Wenner Gren para la investigación paleontológica de Nueva York, ciudad en la que, el 10 de abril de 1955, falleció.

PENSAMIENTO

La teoría científica de la evolución es la clave del pensamiento de Teilhard. La evolución, escribió, "es una condición general que de ahora en adelante todas las teorías, hipótesis y sistemas deben convenir y satisfacer si quieren ser coherentes y verdaderas. La evolución es la luz que ilumina todos los hechos...". Su obra principal, *El fenómeno humano* (escrita entre 1938 y 1940, no publicada hasta 1955), expone una visión evolutiva razonada desde una perspectiva tanto científica como religiosa. Teilhard, para quien la materia siempre ha obedecido a "esa gran ley de la biología... la ley de la 'complicación'", interpretó la evolución como un proceso deliberado en el que la materia y la energía del Universo han estado cambiando de un modo continuo en la dirección de un incremento de la complejidad. Con la llegada del hombre, dijo, el desarrollo evolutivo entró en una nueva dimensión. De la biosfera, que es la parte de la Tierra donde se desarrollan los seres vivos, emergió la noosfera, una capa espiritual que rodea el planeta. Esta capa mental, o conciencia



humana, genera disposiciones sociales de mayor complejidad que a su vez dan origen a conciencias cada vez más profundas. Por último, el proceso evolutivo culmina con la convergencia de lo espiritual y lo material en una superconciencia que Teilhard denominó el punto Omega. Este Dios-Omega, cuya manifestación más evidente se encuentra en el Jesucristo universal, ejerce una atracción por medio de su amor dirigiendo así todo el proceso evolutivo.

Otra obra importante de Teilhard es *El ambiente divino* (1957).

Louis Victor de Broglie (1892-1987), físico y premio Nobel francés, que contribuyó de manera fundamental al desarrollo de la teoría cuántica. De Broglie nació en Dieppe y estudió en la Universidad de París. Trató de racionalizar la doble naturaleza de la materia y la energía, comprobando que las dos están compuestas de corpúsculos y tienen propiedades ondulatorias. Por su descubrimiento de la naturaleza ondulatoria de los electrones (1924), recibió el Premio Nobel de Física en 1929. Fue elegido miembro de la Academia de Ciencias (1933) y de la Academia Francesa (1943). Fue nombrado profesor de física teórica en la Universidad de París (1928), secretario permanente de la Academia de Ciencias (1942) y consejero de la Comisión de Energía Atómica Francesa (1945). Entre sus obras destacan *La física nueva y los cuantos* (1937), *Continuidad y discontinuidad en física moderna* (1941) y *Física y microfísica* (1947).

Dualidad onda-corpúsculo

Posesión de propiedades tanto ondulatorias como corpusculares por parte de los objetos subatómicos. El principio fundamental de la teoría cuántica es que una entidad que estamos acostumbrados a considerar como una partícula (por ejemplo, un electrón, con un momento lineal p) puede comportarse también como una onda, mientras que otras entidades que solemos concebir como ondas (por ejemplo, la luz, con una longitud de onda λ) también pueden describirse como corpúsculos (en este caso, fotones). La longitud de onda λ y el momento lineal p de una entidad cuántica están relacionados por la ecuación $p\lambda = h$, donde h es una constante conocida como constante de Planck.

Esta dualidad onda-corpúsculo se aprecia especialmente bien en los experimentos de 'doble rendija', en los que un cañón de partículas dispara electrones o fotones (uno cada vez) a través de un par de agujeros en una barrera, tras lo que son detectados en una pantalla situada al otro lado. En ambos casos, lo que sale del cañón y lo que llega a la pantalla detectora son partículas, y cada una marca un punto individual en la pantalla. No obstante, la figura global que se acumula en la pantalla a medida que se disparan más y más corpúsculos a través de los dos agujeros es un diagrama de interferencia formado por franjas claras y oscuras, que sólo pueden explicarse como resultado de ondas que pasan por ambos agujeros de la barrera e interfieren entre sí. Esto se expresa en el aforismo de que las entidades cuánticas "viajan como ondas pero llegan como partículas".

Norbert Wiener (1894-1964), matemático estadounidense, fundador de la cibernética, el estudio del control y la comunicación en las máquinas, los animales y las organizaciones. Nació en Columbia, Missouri, y estudió en el Tufts College, y en las universidades de Cornell, Harvard, Cambridge, Gotinga y Columbia. Fue profesor auxiliar de matemáticas en el Instituto de Tecnología de Massachusetts en 1919 y desde 1932 a 1960 profesor titular.

Wiener se especializó en matemáticas y en física matemática. Durante la II Guerra Mundial, mientras se dedicaba a la investigación de técnicas de defensa antiaérea, se interesó por el cálculo automático y la teoría de la realimentación. De este modo fundó la ciencia de la cibernética, que trata no sólo del control automático de la maquinaria por computadoras y otros aparatos electrónicos, sino también del estudio del cerebro y del sistema nervioso humano y la relación entre los dos sistemas de comunicación y control. Resumió sus teorías en *Cibernética* (1948) y también escribió *The Human Use of Human Beings* (1950), *Nonlinear Problems of Random Theory* (1958) y *God and Golem, Inc.* (1964).



Cibernética

Ciencia interdisciplinar que trata de los sistemas de comunicación y control en los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. El término cibernética, que proviene del griego *kyberneees* ('timonel' o 'gobernador'), fue aplicado por primera vez en 1948 por el matemático estadounidense Norbert Wiener a la teoría de los mecanismos de control.

La cibernética se desarrolló como investigación de las técnicas por las cuales la información se transforma en la actuación deseada. Esta ciencia surgió de los problemas planteados durante la II Guerra Mundial al desarrollar los denominados cerebros electrónicos y los mecanismos de control automático para los equipos militares como los visores de bombardeo.

Esta ciencia contempla de igual forma los sistemas de comunicación y control de los organismos vivos que los de las máquinas. Para obtener la respuesta deseada en un organismo humano o en un dispositivo mecánico, habrá que proporcionarle, como guía para acciones futuras, la información relativa a los resultados reales de la acción prevista. En el cuerpo humano, el cerebro y el sistema nervioso coordinan dicha información, que sirve para determinar una futura línea de conducta; los mecanismos de control y de autocorrección en las máquinas sirven para lo mismo. El principio se conoce como *feedback* (realimentación), y constituye el concepto fundamental de la automatización.

Según la teoría de la información, uno de los principios básicos de la cibernética establece que la información es estadística por naturaleza y se mide de acuerdo con las leyes de la probabilidad. En este sentido, la información es concebida como una medida de la libertad de elección implícita en la selección. A medida que aumenta la libertad de elección, disminuye la probabilidad de que sea elegido un determinado mensaje. La medida de la probabilidad se conoce como entropía. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, en los procesos naturales existe una tendencia hacia un estado de desorganización, o caos, que se produce sin ninguna intervención o control. En consecuencia, de acuerdo con los principios de la cibernética, el orden (disminución de la entropía) es lo menos probable, y el caos (aumento de la entropía) es lo más probable. La conducta intencionada en las personas o en las máquinas exige mecanismos de control que mantengan el orden, contrarrestando la tendencia natural hacia la desorganización.

La cibernética también se aplica al estudio de la psicología, la inteligencia artificial, los servomecanismos, la economía, la neurofisiología, la ingeniería de sistemas y al de los sistemas sociales. La palabra cibernética ha dejado de identificar un área independiente de estudio y la mayor parte de la actividad investigadora se centra ahora en el estudio y diseño de redes neurales artificiales.