

Ciencia (en latín *scientia*, de *scire*, ‘conocer’), término que en su sentido más amplio se emplea para referirse al conocimiento sistematizado en cualquier campo, pero que suele aplicarse sobre todo a la organización de la experiencia sensorial objetivamente verificable. La búsqueda de conocimiento en ese contexto se conoce como ‘ciencia pura’, para distinguirla de la ‘ciencia aplicada’ —la búsqueda de usos prácticos del conocimiento científico— y de la **tecnología**, a través de la cual se llevan a cabo las aplicaciones.

Orígenes de la ciencia

Los esfuerzos para sistematizar el conocimiento se remontan a los tiempos prehistóricos, como atestiguan los dibujos que los pueblos del paleolítico pintaban en las paredes de las cuevas, los datos numéricos grabados en hueso o piedra o los objetos fabricados por las civilizaciones del neolítico. Los testimonios escritos más antiguos de investigaciones protocientíficas proceden de las culturas mesopotámicas, y corresponden a listas de observaciones astronómicas, sustancias químicas o síntomas de enfermedades —además de numerosas tablas matemáticas— inscritas en caracteres **cuneiformes** sobre tablillas de arcilla. Otras tablillas que datan aproximadamente del 2000 a.C. demuestran que los babilonios conocían el **teorema de Pitágoras**, resolvían ecuaciones cuadráticas y habían desarrollado un sistema sexagesimal de medidas (basado en el número 60) del que se derivan las unidades modernas para tiempos y ángulos.

En el valle del Nilo se han descubierto papiros de una época similar que contienen información sobre el tratamiento de heridas y enfermedades, la distribución de pan y cerveza, y la forma de hallar el volumen de una parte de una pirámide. Algunas de las unidades de longitud actuales proceden de medidas egipcias y el **calendario** que empleamos es el resultado indirecto de observaciones astronómicas prehelénicas.

Orígenes de la teoría científica

El conocimiento científico en Egipto y Mesopotamia era sobre todo de naturaleza práctica, sin demasiada organización racional. Uno de los primeros sabios griegos que buscó las causas fundamentales de los fenómenos naturales fue el filósofo **Tales de Mileto**, en el siglo VI a.C., quien introdujo el concepto de que la Tierra era un disco plano que flotaba en el elemento universal, el agua. El matemático y filósofo **Pitágoras**, de época posterior, estableció una escuela de pensamiento en la que las matemáticas se convirtieron en una disciplina fundamental para toda la investigación científica. Los eruditos pitagóricos postulaban una Tierra esférica que se movía en una órbita circular alrededor de un fuego central. En Atenas, en el siglo IV a.C., la filosofía natural jónica y la ciencia matemática pitagórica se combinaron para producir las síntesis formadas por las filosofías **lógicas** de **Platón** y **Aristóteles**. En la **Academia** de Platón se subrayaba el razonamiento deductivo y la representación matemática; en el Liceo de Aristóteles primaban el razonamiento inductivo y la descripción cualitativa. La interacción entre estos dos enfoques de la ciencia ha llevado a la mayoría de los avances posteriores.

Durante la llamada época helenística, que siguió a la muerte de **Alejandro Magno**, el matemático, astrónomo y geógrafo **Eratóstenes** realizó una medida asombrosamente precisa de las dimensiones de la Tierra. El astrónomo **Aristarco de Samos** propuso un sistema planetario heliocéntrico (con centro en el Sol), aunque este concepto no halló aceptación en la época antigua. El matemático e inventor **Arquímedes** sentó las bases de la mecánica y la hidrostática (una rama de la mecánica de fluidos); el filósofo y científico **Teofrasto** fundó la botánica; el astrónomo **Hiparco de Nicea** desarrolló la

trigonometría, y los anatomistas y médicos **Herófilo** y **Erasístrato** basaron la anatomía y la fisiología en la disección.

Después de que los romanos destruyeran Cartago y Corinto en el año 146 a.C., la investigación científica perdió impulso hasta que se produjo una breve recuperación en el siglo II d.C. bajo el emperador y filósofo romano **Marco Aurelio**. En esa época el **sistema de Tolomeo** —una teoría geocéntrica de los planetas (con centro en la Tierra) propuesta por el astrónomo **Claudio Tolomeo**— y las obras médicas del filósofo y médico **Galeno** se convirtieron en tratados científicos de referencia para la era posterior. Un siglo después surgió la nueva ciencia experimental de la **alquimia** a partir de la práctica de la metalurgia. Sin embargo, por el año 300 la alquimia fue adquiriendo un tinte de secretismo y simbolismo que redujo los avances que sus experimentos podrían haber proporcionado a la ciencia.

La ciencia medieval y renacentista

Durante la **edad media** existían seis grupos culturales principales: el Occidente latino, el Oriente griego, China, India, el mundo árabe y el Imperio maya. El grupo latino no contribuyó demasiado a la ciencia antes del siglo XIII; los griegos nunca pasaron de meras paráfrasis de la sabiduría antigua; los mayas, en cambio, descubrieron y emplearon el cero en sus cálculos astronómicos, antes que ningún otro pueblo. En China la ciencia vivió épocas de esplendor, pero no existió un impulso sostenido. Las matemáticas chinas alcanzaron su apogeo en el siglo XIII con el desarrollo de métodos para resolver ecuaciones algebraicas mediante matrices y con el empleo del triángulo aritmético. Pero lo más importante fue el impacto que tuvieron en Europa varias innovaciones prácticas de origen chino. Entre ellas estaban los procesos de fabricación del papel y la pólvora, el uso de la imprenta y el empleo de la brújula en la navegación. Las principales contribuciones indias a la ciencia fueron la formulación de los numerales denominados indoarábigos, empleados actualmente, y la conversión de la trigonometría a una forma casi moderna. Estos avances se transmitieron en primer lugar a los árabes, que combinaron los mejores elementos de las fuentes babilónicas, griegas, chinas e indias. En el siglo IX Bagdad, situada a orillas del río Tigris, era un centro de traducción de obras científicas y en el siglo XII estos conocimientos se transmitieron a Europa a través de España, Sicilia y Bizancio.

En el siglo XIII la recuperación de obras científicas de la antigüedad en las universidades europeas llevó a una controversia sobre el método científico. Los llamados **realistas** apoyaban el enfoque platónico, mientras que los **nominalistas** preferían la visión de Aristóteles. En las universidades de Oxford y París estas discusiones llevaron a descubrimientos de óptica y cinemática que prepararon el camino para **Galileo** y para el astrónomo alemán **Johannes Kepler**.

La gran epidemia de peste y la guerra de los Cien Años interrumpieron el avance científico durante más de un siglo, pero en el siglo XVI la recuperación ya estaba plenamente en marcha. En 1543 el astrónomo polaco **Nicolás Copérnico** publicó *De revolutionibus orbium caelestium* (*Sobre las revoluciones de los cuerpos celestes*), que conmocionó la astronomía. Otra obra publicada ese mismo año, *De corporis humani fabrica* (*Sobre la estructura del cuerpo humano*), del anatomista belga **Andrés Vesalio**, corrigió y modernizó las enseñanzas anatómicas de Galeno y llevó al descubrimiento de la circulación de la sangre. Dos años después, el libro *Ars magna* (*Gran arte*), del matemático, físico y astrólogo italiano **Gerolamo Cardano**, inició el periodo moderno en el álgebra con la solución de ecuaciones de tercer y cuarto grado.

La ciencia moderna

Esencialmente, los métodos y resultados científicos modernos aparecieron en el siglo XVII gracias al éxito de Galileo al combinar las funciones de erudito y artesano. A los métodos antiguos de **inducción** y **deducción**, Galileo añadió la verificación sistemática a través de experimentos planificados, en los que empleó instrumentos científicos de invención reciente como el telescopio, el microscopio o el termómetro. A finales del siglo XVII se amplió la experimentación: el matemático y físico **Evangelista Torricelli** empleó el barómetro; el matemático, físico y astrónomo holandés **Christiaan Huygens** usó el reloj de péndulo; el físico y químico británico **Robert Boyle** y el físico alemán **Otto von Guericke** utilizaron la bomba de vacío.

La culminación de esos esfuerzos fue la ley de la **gravitación** universal, expuesta en 1687 por el matemático y físico británico **Isaac Newton** en su obra *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Principios matemáticos de la filosofía natural*). Al mismo tiempo, la invención del **cálculo** infinitesimal por parte de Newton y del filósofo y matemático alemán **Gottfried Wilhelm Leibniz** sentó las bases para alcanzar el nivel actual de ciencia y matemáticas.

Los descubrimientos científicos de Newton y el sistema filosófico del matemático y filósofo francés **René Descartes** dieron paso a la ciencia materialista del siglo XVIII, que trataba de explicar los procesos vitales a partir de su base físico-química. La confianza en la actitud científica influyó también en las ciencias sociales e inspiró el llamado **Siglo de las Luces**, que culminó en la Revolución Francesa de 1789. El químico francés **Antoine Laurent de Lavoisier** publicó el *Tratado elemental de química* en 1789 e inició así la revolución de la química cuantitativa.

Los avances científicos del siglo XVII prepararon el camino para el siguiente siglo, llamado a veces ‘siglo de la correlación’ por las amplias generalizaciones que tuvieron lugar en la ciencia. Entre ellas figuran la teoría atómica de la materia postulada por el químico y físico británico **John Dalton**, las teorías electromagnéticas de **Michael Faraday** y **James Clerk Maxwell**, también británicos, o la ley de la conservación de la energía, enunciada por el físico británico **James Prescott Joule** y otros científicos.

La teoría biológica de alcance más global fue la teoría de la **evolución**, propuesta por **Charles Darwin** en su libro *El origen de las especies*, publicado en 1859, que provocó una polémica en la sociedad —no sólo en los ámbitos científicos— tan grande como la obra de Copérnico. Sin embargo, al empezar el siglo XX el concepto de evolución ya se aceptaba de forma generalizada, aunque su mecanismo genético siguió siendo discutido.

Mientras la biología adquiría una base más firme, la física se vio sacudida por las inesperadas consecuencias de la **teoría cuántica** y la de la **relatividad**. En 1927 el físico alemán **Werner Heisenberg** formuló el llamado **principio de incertidumbre**, que afirma que existen límites a la precisión con que pueden determinarse a escala subatómica las coordenadas de un suceso dado. En otras palabras, el principio afirmaba la imposibilidad de predecir con precisión que una partícula, por ejemplo un electrón, estará en un lugar determinado en un momento determinado y con una velocidad determinada. La mecánica cuántica no opera con datos exactos, sino con deducciones estadísticas relativas a un gran número de sucesos individuales.

Campos de la ciencia

Originalmente el conocimiento de la naturaleza era en gran medida la observación e interrelación de todas las experiencias, sin establecer divisiones. Los eruditos pitagóricos sólo distinguían cuatro

ciencias: aritmética, geometría, música y astronomía. En la época de Aristóteles, sin embargo, ya se reconocían otros campos: mecánica, óptica, física, meteorología, zoología y botánica. La química permaneció fuera de la corriente principal de la ciencia hasta la época de Robert Boyle, en el siglo XVII, y la geología sólo alcanzó la categoría de ciencia en el siglo XVIII. Para entonces el estudio del calor, el magnetismo y la electricidad se había convertido en una parte de la física. Durante el siglo XIX los científicos reconocieron que las matemáticas puras se distinguían de las otras ciencias por ser una lógica de relaciones cuya estructura no depende de las leyes de la naturaleza. Sin embargo, su aplicación a la elaboración de teorías científicas ha hecho que se las siga clasificando como ciencia.

Las ciencias naturales puras suelen dividirse en ciencias físicas y químicas, y ciencias de la vida y de la Tierra. Las principales ramas del primer grupo son la física, la astronomía y la química, que a su vez se pueden subdividir en campos como la mecánica o la cosmología. Entre las ciencias de la vida se encuentran la botánica y la zoología; algunas subdivisiones de estas ciencias son la fisiología, la anatomía o la microbiología. La geología es una rama de las ciencias de la Tierra.

Sin embargo, todas las clasificaciones de las ciencias puras son arbitrarias. En las formulaciones de leyes científicas generales se reconocen vínculos que relacionan las ciencias entre sí. Se considera que estas relaciones son responsables de gran parte del progreso actual en varios campos de investigación especializados, como la biología molecular y la genética. Han surgido varias ciencias interdisciplinarias, como la bioquímica, la biofísica, las biomatemáticas o la bioingeniería, en las que se explican los procesos vitales a partir de principios físico-químicos. Los bioquímicos, por ejemplo, sintetizaron el ácido desoxirribonucleico (ADN); la cooperación de biólogos y físicos llevó a la invención del microscopio electrónico, que permite el estudio de estructuras poco mayores que un átomo. Se prevé que la aplicación de estos métodos interdisciplinarios produzca también resultados significativos en el terreno de las **ciencias sociales** y las **ciencias de la conducta**.

Las ciencias aplicadas incluyen campos como la aeronáutica, la electrónica, la ingeniería y la metalurgia —ciencias físicas aplicadas— o la agronomía y la medicina —ciencias biológicas aplicadas. También en este caso existe un solapamiento entre las ramas. Por ejemplo, la cooperación entre la iatrofísica (una rama de la investigación médica basada en principios de la física) y la bioingeniería llevó al desarrollo de la bomba corazón-pulmón empleada en la cirugía a corazón abierto y al diseño de órganos artificiales como cavidades y válvulas cardíacas, riñones, vasos sanguíneos o la cadena de huesecillos del oído interno. Este tipo de avances suelen deberse a las investigaciones de especialistas procedentes de diversas ciencias, tanto puras como aplicadas. La relación entre teoría y práctica es tan importante para el avance de la ciencia en nuestros días como en la época de Galileo.

Tecnología, término general que se aplica al proceso a través del cual los seres humanos diseñan herramientas y máquinas para incrementar su control y su comprensión del entorno material. El término proviene de las palabras griegas *tecné*, que significa 'arte' u 'oficio', y *logos*, 'conocimiento' o 'ciencia', área de estudio; por tanto, la tecnología es el estudio o ciencia de los oficios.

Algunos historiadores científicos argumentan que la tecnología no es sólo una condición esencial para la civilización avanzada y muchas veces industrial, sino que también la velocidad del cambio tecnológico ha desarrollado su propio ímpetu en los últimos siglos. Las innovaciones parecen surgir a un ritmo que se incrementa en progresión geométrica, sin tener en cuenta los límites geográficos ni los sistemas políticos. Estas innovaciones tienden a transformar los sistemas de cultura tradicionales, produciéndose con frecuencia consecuencias sociales inesperadas. Por ello, la tecnología debe concebirse como un proceso creativo y destructivo a la vez.

Ciencia y tecnología

Los significados de los términos ciencia y tecnología han variado significativamente de una generación a otra. Sin embargo, se encuentran más similitudes que diferencias entre ambos términos.

Tanto la ciencia como la tecnología implican un proceso intelectual, ambas se refieren a relaciones causales dentro del mundo material y emplean una metodología experimental que tiene como resultado demostraciones empíricas que pueden verificarse mediante repetición. La ciencia, al menos en teoría, está menos relacionada con el sentido práctico de sus resultados y se refiere más al desarrollo de leyes generales; pero la ciencia práctica y la tecnología están inextricablemente relacionadas entre sí. La interacción variable de las dos puede observarse en el desarrollo histórico de algunos sectores.

En realidad, el concepto de que la ciencia proporciona las ideas para las innovaciones tecnológicas, y que la investigación pura, por tanto, es fundamental para cualquier avance significativo de la civilización industrial tiene mucho de mito. La mayoría de los grandes cambios de la civilización industrial no tuvieron su origen en los laboratorios. Las herramientas y los procesos fundamentales en los campos de la **mecánica**, la **química**, la **astronomía**, la **metalurgia** y la **hidráulica** fueron desarrollados antes de que se descubrieran las leyes que los gobernaban. Por ejemplo, la **máquina de vapor** era de uso común antes de que la ciencia de la **termodinámica** dilucidara los principios físicos que sostenían sus operaciones. Sin embargo, algunas actividades tecnológicas modernas, como la **astronáutica** y la **energía nuclear**, dependen de la ciencia.

En los últimos años se ha desarrollado una distinción radical entre ciencia y tecnología. Con frecuencia los avances científicos soportan una fuerte oposición, pero en los últimos tiempos muchas personas han llegado a temer más a la tecnología que a la ciencia. Para estas personas, la ciencia puede percibirse como una fuente objetiva y serena de las leyes eternas de la naturaleza, mientras que estiman que las manifestaciones de la tecnología son algo fuera de control.

La tecnología en la edad moderna

Al final de la edad media, los sistemas tecnológicos denominados ciudades hacía mucho que eran la característica principal de la vida occidental. En 1600, Londres y Amsterdam tenían poblaciones superiores a 100.000 habitantes, y París duplicaba esa cantidad. Además, los alemanes, los ingleses, los españoles y los franceses comenzaron a desarrollar imperios mundiales. A principios del siglo XVIII, los recursos de capital y los sistemas bancarios estaban lo suficientemente bien establecidos en Gran Bretaña como para iniciar la inversión en las técnicas de producción en serie que satisfacerían algunas de esas aspiraciones de la clase media.

La Revolución Industrial

La **Revolución Industrial** comenzó en Inglaterra porque este país tenía los medios técnicos precisos, un fuerte apoyo institucional y una red comercial amplia y variada. Los cambios económicos, incluida una mayor distribución de la riqueza y un aumento del poder de la clase media, la pérdida de importancia de la tierra como fuente fundamental de riqueza y poder, y los negocios oportunistas, contribuyeron a que la Revolución Industrial comenzara en Gran Bretaña. Las primeras fábricas aparecieron en 1740, concentrándose en la producción textil. En esa época, la mayoría de los ingleses usaban prendas de lana, pero en 100 años las prendas de lana ásperas se vieron desplazadas por el algodón, especialmente tras la

invención de la desmotadora de algodón del estadounidense Eli Whitney en 1793. Algunas inventos británicos, como la cardadora y las máquinas de lanzadera volante de John Kay, la máquina de hilar algodón de James Hargreaves y las mejoras en los telares realizadas por Samuel Crompton fueron integrados con una nueva fuente de potencia: la máquina de vapor, desarrollada en Gran Bretaña por **Thomas Newcomen**, **James Watt** y **Richard Trevithick**, y en Estados Unidos por Oliver Evans. En un periodo de 35 años, desde la década de 1790 hasta la de 1830, se pusieron en marcha en las islas Británicas más de 100.000 telares mecánicos.

Una de las innovaciones más importantes en el proceso de telares fue introducida en Francia en 1801 por Joseph Jacquard. Su **telar** usaba tarjetas con perforaciones para determinar la ubicación del hilo en la urdimbre. El uso de las tarjetas perforadas inspiró al matemático **Charles Babbage** para intentar diseñar una máquina calculadora basada en el mismo principio. A pesar de que la máquina no se convirtió nunca en realidad, presagiaba la gran revolución de las **computadoras** de la última parte del siglo XX.

Nuevas prácticas laborales

La Revolución Industrial condujo a un nuevo modelo de división del trabajo, creando la fábrica moderna, una red tecnológica cuyos trabajadores no necesitan ser artesanos y no tienen que poseer conocimientos específicos. Por ello, la fábrica introdujo un proceso de remuneración impersonal basado en un sistema de salarios. Como resultado de los riesgos financieros asumidos por los sistemas económicos que acompañaban a los desarrollos industriales, la fábrica condujo también a los trabajadores a la amenaza constante del despido.

El sistema de fábricas triunfó después de una gran resistencia por parte de los **gremios** ingleses y de los artesanos, que veían con claridad la amenaza sobre sus ingresos y forma de vida. En la fabricación de mosquetes, por ejemplo, los armeros lucharon contra el uso de partes intercambiables y la producción en serie de rifles. Sin embargo, el sistema de fábricas se convirtió en una institución básica de la tecnología moderna, y el trabajo de hombres, mujeres y niños se convirtió en otra mera mercancía dentro del proceso productivo. El montaje final de un producto (ya sea una segadora mecánica o una máquina de coser) no es el trabajo de una persona, sino el resultado de un sistema integrado y colectivo. Esta división del trabajo en operaciones, que cada vez se especificaba más, llegó a ser la característica determinante del trabajo en la nueva sociedad industrial, con todas las horas de tedio que esto supone.

Aceleración de las innovaciones

Al aumentar la productividad agrícola y desarrollarse la ciencia médica, la sociedad occidental llegó a tener gran fe en lo positivo del cambio tecnológico, a pesar de sus aspectos menos agradables. Algunas realizaciones de ingeniería como la construcción del **canal de Suez**, el **canal de Panamá** y la **torre Eiffel** (1889) produjeron orgullo y, en gran medida, asombro. El telégrafo y el ferrocarril interconectaron la mayoría de las grandes ciudades. A finales del siglo XIX, la bombilla (foco) inventada por **Thomas Alva Edison** comenzó a reemplazar a las velas y las lámparas. En treinta años todas las naciones industrializadas generaban potencia eléctrica para el alumbrado y otros sistemas.

Algunos inventos del siglo XIX y XX, como el **teléfono**, la **radio**, el **automóvil** con motor y el **aeroplano** sirvieron no sólo para mejorar la vida, sino también para aumentar el respeto universal que la sociedad en general sentía por la tecnología. Con el desarrollo de la producción en serie con cadenas de montaje para los automóviles y para aparatos domésticos, y la invención aparentemente ilimitada de más máquinas para todo tipo de tareas, la aceptación de las innovaciones por parte de los países más avanzados, sobre todo en Estados Unidos, se convirtió no sólo en un hecho de la vida diaria, sino en un modo de vida en sí mismo. Las sociedades industriales se transformaron con rapidez gracias al

incremento de la movilidad, la comunicación rápida y a una avalancha de información disponible en los medios de comunicación.

La I Guerra Mundial y la Gran Depresión forzaron un reajuste de esta rápida explosión tecnológica. El desarrollo de los submarinos, armas, acorazados y armamento químico hizo ver más claramente la cara destructiva del cambio tecnológico. Además, la tasa de desempleados en todo el mundo y los desastres provocados por las instituciones capitalistas en la década de 1930 suscitaron en algunos sectores la crítica más enérgica sobre los beneficios que resultaban del progreso tecnológico.

Con la II Guerra Mundial llegó el desarrollo del arma que desde entonces constituye una amenaza general para la vida sobre el planeta: la bomba atómica. El gran programa para fabricar las primeras bombas atómicas durante la guerra, el Proyecto Manhattan, fue el esfuerzo tecnológico más grande y más caro de la historia hasta la fecha. Este programa abrió una época no sólo de armamento de destrucción en masa, sino también de ciencia de alto nivel, con proyectos tecnológicos a gran escala, que a menudo financiaban los gobiernos y se dirigían desde importantes laboratorios científicos. Una tecnología más pacífica surgida de la II Guerra Mundial (el desarrollo de las computadoras, transistores, electrónica y las tendencias hacia la miniaturización) tuvo un efecto mayor sobre la sociedad. Las enormes posibilidades que se ofrecían se fueron convirtiendo rápidamente en realidad; esto trajo consigo la sustitución de la mano de obra por sistemas **automatizados** y los cambios rápidos y radicales en los métodos y prácticas de trabajo.

Logros y beneficios tecnológicos

Dejando a un lado los efectos negativos, la tecnología hizo que las personas ganaran en control sobre la naturaleza y construyeran una existencia civilizada. Gracias a ello, incrementaron la producción de bienes materiales y de servicios y redujeron la cantidad de trabajo necesario para fabricar una gran serie de cosas. En el mundo industrial avanzado, las máquinas realizan la mayoría del trabajo en la agricultura y en muchas industrias, y los trabajadores producen más bienes que hace un siglo con menos horas de trabajo. Una buena parte de la población de los países industrializados tiene un mejor nivel de vida (mejor alimentación, vestimenta, alojamiento y una variedad de aparatos para el uso doméstico y el ocio). En la actualidad, muchas personas viven más y de forma más sana como resultado de la tecnología.

En el siglo XX los logros tecnológicos fueron insuperables, con un ritmo de desarrollo mucho mayor que en periodos anteriores. La invención del automóvil, la radio, la **televisión** y teléfono revolucionó el modo de vida y de trabajo de muchos millones de personas. Las dos áreas de mayor avance han sido la tecnología médica, que ha proporcionado los medios para diagnosticar y vencer muchas enfermedades mortales, y la exploración del espacio, donde se ha producido el logro tecnológico más espectacular del siglo: por primera vez los hombres consiguieron abandonar y regresar a la biosfera terrestre.

Efectos de la tecnología

Durante las últimas décadas, algunos observadores han comenzado a advertir sobre algunos resultados de la tecnología que también poseen aspectos destructivos y perjudiciales. De la década de 1970 a la de 1980, el número de estos resultados negativos ha aumentado y sus problemas han alcanzado difusión pública. Los observadores señalaron, entre otros peligros, que los tubos de escape de los automóviles estaban contaminando la atmósfera, que los recursos mundiales se estaban usando por encima de sus posibilidades, que pesticidas como el DDT amenazaban la cadena alimenticia, y que los residuos

minerales de una gran variedad de recursos industriales estaban contaminando las reservas de agua subterránea. En las últimas décadas, se argumenta que el medio ambiente ha sido tan dañado por los procesos tecnológicos que uno de los mayores desafíos de la sociedad moderna es la búsqueda de lugares para almacenar la gran cantidad de residuos que se producen. Los problemas originados por la tecnología son la consecuencia de la incapacidad de predecir o valorar sus posibles consecuencias negativas. Se seguirán sopesando las ventajas y las desventajas de la tecnología, mientras se aprovechan sus resultados.

Alternativas propuestas

El concepto denominado tecnología apropiada, conveniente o intermedia se acepta como alternativa a los problemas tecnológicos de las naciones industrializadas y, lo que es más importante, como solución al problema del desequilibrio social provocado por la transferencia de tecnologías avanzadas a países en vías de desarrollo. Se dice que el carácter arrollador de la tecnología moderna amenaza a ciertos valores, como la calidad de vida, la libertad de elección, el sentido humano de la medida y la igualdad de oportunidades ante la justicia y la creatividad individual. Los defensores de este punto de vista proponen un sistema de valores en el que las personas reconozcan que los recursos de la Tierra son limitados y que la vida humana debe reestructurarse alrededor del compromiso de controlar el crecimiento de la industria, el tamaño de las ciudades y el uso de la energía. La restauración y la renovación de los recursos naturales son los principales objetivos tecnológicos.

La tecnología ha sido siempre un medio importante para crear entornos físicos y humanos nuevos. Sólo durante el siglo XX se hizo necesario preguntar si la tecnología destruiría total o parcialmente la civilización creada por el ser humano.

Perspectivas

A lo largo del siglo XX la tecnología se extendió desde Europa y Estados Unidos a otras naciones importantes como Japón y la antigua Unión Soviética, pero en ningún caso lo hizo a todos los países del mundo. Muchos de los países de los denominados en vías de desarrollo no han experimentado nunca el sistema de fábricas ni otras instituciones de la industrialización, y muchos millones de personas sólo disponen de la tecnología más básica. La introducción de la tecnología occidental ha llevado a menudo a una dependencia demasiado grande de los productos occidentales. Para la población de los países en vías de desarrollo que depende de la agricultura de subsistencia tiene poca relevancia este tipo de tecnologías. En los últimos años, grupos de ayuda occidentales han intentado desarrollar tecnologías apropiadas, usando las técnicas y materiales de los pueblos indígenas.

Invencción, creación de nuevos dispositivos, objetos, ideas o procedimientos para conseguir un objetivo humano. El proceso de invención va invariablemente precedido de uno o más descubrimientos que ayudan al inventor a resolver el problema en cuestión. Un descubrimiento puede ser accidental (como el descubrimiento de los **rayos X** por **Wilhelm Conrad Roentgen** al experimentar con los **rayos catódicos**), o inducido (como cuando **Benjamin Franklin** inventó el pararrayos después de descubrir la naturaleza eléctrica del rayo).

Generalmente, el término invención se aplica sólo a la creación de un nuevo material o dispositivo y el término inventor a la persona que lo ha creado. A veces el término invención se aplica también a un nuevo procedimiento, como cuando, por ejemplo, una persona inventa un nuevo juego o un nuevo sistema de contabilidad. Sin embargo, la definición estricta de invento es cualquier cosa producida por una persona que tenga la característica de ser relativamente nueva y única. Esta definición fue adoptada por Johann Sebastian Bach cuando tituló *Invenções* a una serie de composiciones para teclado.

En la mayoría de los países se reconocen legalmente determinadas clases de invenciones, y su uso queda durante un tiempo bajo control del inventor. En los países industrializados cualquier arte, máquina, fabricación o material nuevo y útil o cualquier mejora o modificación de éstos puede quedar protegido con una **patente**. Textos escritos, música, pinturas, esculturas y fotografías pueden protegerse con los **derechos de autor**. La protección que supone este reconocimiento legal es limitada y en muchos casos si una persona modifica un invento con el fin de mejorarlo tiene opción a solicitar una nueva patente o derechos de autor. La legislación sobre patentes y derechos de autor no cubre todas las invenciones. Muchos procesos e ideas que no presentan unas características claras (como los conceptos psicológicos utilizados en publicidad) carecen de protección legal.

Adaptabilidad

La capacidad de invención, restringida al *Homo sapiens* y tal vez a unos pocos animales, implica también una capacidad continuada para adaptar los descubrimientos a la vida cotidiana. En el caso de los seres humanos, el desarrollo de las metodologías va precedido y seguido por descubrimientos de leyes naturales que facilitan la construcción. El patrón de descubrimiento seguido de invención, seguida de otro descubrimiento (que supone un continuo desarrollo de nuevos conceptos, procedimientos y dispositivos) es característico de la capacidad de invención de la especie humana.

Ingeniería, término aplicado a la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas y la física, alcanzado con estudio, experiencia y práctica, se aplica a la utilización eficaz de los materiales y las fuerzas de la naturaleza. El término ingeniero alude a la persona que ha recibido preparación profesional en ciencias puras y aplicadas; sin embargo, otras personas como técnicos, inspectores o proyectistas también aplican técnicas científicas y de ingeniería para solventar problemas técnicos.

Antes de mediados del siglo XVIII los trabajos de construcción a gran escala se ponían en manos de los ingenieros militares. La ingeniería militar englobaba tareas tales como la preparación de mapas topográficos, la ubicación, diseño y construcción de carreteras y puentes, y la construcción de fuertes y muelles. Sin embargo, en el siglo XVIII se empezó a utilizar el término ingeniería civil o de caminos para designar a los trabajos de ingeniería efectuados con propósitos no militares. Debido al aumento de la utilización de maquinaria en el siglo XIX como consecuencia de la Revolución Industrial, la ingeniería mecánica se consolidó como rama independiente de la ingeniería; posteriormente ocurrió lo mismo con la ingeniería de minas.

Los avances técnicos del siglo XIX ampliaron en gran medida el campo de la ingeniería e introdujeron un gran número de especializaciones. Las incesantes demandas del entorno socioeconómico del siglo XX han incrementado aún más su campo de acción; y se ha producido una gran diferenciación de disciplinas, con distinción de múltiples ramas en ámbitos tales como la aeronáutica, la química, la construcción naval, de caminos, canales y puertos, las telecomunicaciones, la electrónica, la ingeniería industrial, naval, militar, de minas y geología e informática. Además en los últimos tiempos se han

incorporado campos del conocimiento que antes eran ajenos a la ingeniería como la investigación genética y nuclear.

El ingeniero que desarrolla su actividad en una de las ramas o especialización de la ingeniería ha de tener conocimientos básicos de otras áreas afines, ya que muchos problemas que se presentan en ingeniería son complejos y están interrelacionados. Por ejemplo, un ingeniero químico que tiene que diseñar una planta para el refinamiento electrolítico de minerales metálicos debe enfrentarse al diseño de estructuras, maquinaria, dispositivos eléctricos, además de los problemas estrictamente químicos.