

- **LAS DOS CULTURAS.**
- **Cultura literaria y cultura científico-técnica.**

Desde el siglo XIX la cultura académica ha ido escindiéndose en dos ámbitos separados: el de la **cultura literaria**, por un lado y el de la cultura **científico-técnica**, por otro. Esta separación de las dos culturas se debe a la creciente especialización de las diversas disciplinas o campos del saber y a las transformaciones sociales que han afectado a las instituciones encargadas de desarrollar y transmitir el conocimiento, como son las universidades, los laboratorios de investigación, etc.

- **Separación e interdependencia.**

Las características de la situación a la que se llega debido al propio desarrollo de las ciencias y las técnicas son:

- Existe una interdependencia creciente entre la ciencia y la tecnología, a través de su incorporación a las actividades industriales y productivas en general.
- Las actividades científico-tecnológicas tienen una gran trascendencia social por sus efectos sobre el desarrollo económico, las formas de vida, el bienestar social, los valores vigentes en la sociedad, etc.
- Las ciencias sociales se han desarrollado de forma extraordinaria y nos pueden ayudar a comprender, con métodos científicos la dimensión social y económica del entramado Ciencia-Tecnología-Industria.
- El desarrollo científico-tecnológico plantea problemas de carácter intelectual y práctico cuya respuesta sólo puede elaborarse a través de una reflexión ilustrada, característica de la formación humanística.

- **LAS ACTIVIDADES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS.**
- **Objetivos de las actividades científico-tecnológicas.**

Podemos caracterizar las actividades científico tecnológicas como todas aquellas actividades sociales que de forma sistemática se orientan a la producción, difusión y aplicación del conocimiento científico y técnico

- **Actividades de I+D.**

- Son el **núcleo fundamental de las actividades científico-tecnológicas.**
- Se entiende por **actividades de investigación** aquellas que están orientadas a la obtención de conocimientos nuevos, de carácter tanto teórico como experimental.

- **Actividades de desarrollo experimental.**

- Las **actividades de desarrollo experimental** están orientadas no a la obtención de nuevos conocimientos sino a la implementación de nuevas aplicaciones basadas tanto en el conocimiento disponible, obtenido a través de la investigación, como en el conocimiento práctico basado en la experiencia práctica.
- En el **desarrollo de productos** el objetivo es la producción de nuevos materiales, productos o instrumentos.
- En el **desarrollo de procesos** el objetivo es la **puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas o servicios.**

- **EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO**

No toda forma de conocimiento se puede considerar de interés o naturaleza científica. Los criterios empleados

para acordar lo que es digno de ser considerado genuina investigación científica son:

- Criterio de relevancia científica.
- Criterio de contrastabilidad del conocimiento científico.

- **Relevancia científica.**

Una idea científica debe ser en primer lugar relevante para explicar o comprender fenómenos interesantes. Hay conocimientos de carácter objetivo, preciso e incluso sistemático, pero completamente triviales, o irrelevantes para comprender la realidad, que no tienen por lo tanto ningún interés científico.

- **Contrastabilidad del conocimiento científico**

Las ideas científicas deben ser públicamente contrastables; es decir, debe haber procedimientos para discutir su validez, para comprobar si son verdaderas o falsas y para rechazarlas si son falsas.

Una idea, opinión o teoría es empíricamente contrastable si es posible definir un conjunto de circunstancias o hechos de experiencia tales que, si se dieran realmente, habría que considerar que la teoría es falsa. Este criterio de contrastación empírica es conocido como **criterio de falsabilidad** o refutabilidad de las teorías científicas y fue establecido por el filósofo Karl Popper. Aparentemente es paradójico: para que una teoría pueda ser considerada científica lo importante es que pueda decirse en qué condiciones habría que rechazarla como falsa, no en qué condiciones cabe considerarla verdadera.

- **Algunas características de las teorías científicas**

Del requisito de contrastabilidad de los conocimientos científicos se derivan muchas de las características que esperamos que tengan las teorías y los métodos de la ciencia.

- El uso de un lenguaje objetivo, para describir hechos y propiedades públicamente comprobables o experimentos repetibles.
- La referencia a propiedades cuantitativas y al uso de procedimientos de medición que permiten establecer hechos y contrastar con precisión.
- La utilización de modelos matemáticos para explicar los fenómenos que facilitan el cálculo de las consecuencias que se derivan de una teoría y por lo tanto el control de su coherencia lógica y de su validez empírica, etc.

La principal diferencia entre una comunidad científica y una secta es que en la comunidad científica el acceso es libre, los criterios de entrada y salida son públicos y el conocimiento compartido por los miembros de la comunidad está sometido a público escrutinio, discusión y revisión.

- **TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS.**

- Los conocimientos científicos proporcionan información acerca de cómo es el mundo; es decir, qué hechos y propiedades forman parte de la realidad.
- Los conocimientos técnicos proporcionan información acerca de cómo se puede actuar sobre el mundo; es decir, qué acciones se pueden realizar para transformar la realidad.

- **Los sistemas técnicos.**

Una **técnica** es un sistema de reglas de acción cuyo objetivo es la transformación de la realidad para conseguir de forma eficiente un resultado que se considera valioso.

Las reglas técnicas pueden basarse en la experiencia práctica o en el conocimiento científico.

Mientras las técnicas tradicionales generalmente se basaban en la experiencia práctica y evolucionaban muy lentamente, las técnicas de producción industrial, aunque incorporan también muchos elementos de experiencia práctica, dependen cada vez más del conocimiento científico, se inventan como resultado de un proceso sistemático de I+D y evolucionan muy rápidamente. Así, la palabra **tecnología** se usa para referirse a técnicas industriales de base científica y en especial a los conocimientos incorporados en esas técnicas.

Cuando aplicamos una técnica a una situación concreta, lo que tenemos es un **sistema técnico** o una **realización técnica**, que puede entenderse como la realización o aplicación de una técnica en una determinada situación concreta, y está formado por un conjunto de acciones y procesos sistemáticamente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado que se considera valioso.

• **Invención e innovación.**

- La operación de concebir y diseñar un nuevo sistema técnico se llama **invención**.
- La construcción de un primer ejemplar o prototipo de una invención y su puesta a prueba constituye el contenido de las **actividades de desarrollo experimental**.
- Cuando una invención ya comprobada y aceptada como válida, se produce industrialmente y se comercializa, se denomina **innovación**. Hay dos tipos de innovaciones tecnológicas:
 - Innovaciones radicales: son las que introducen productos o procesos completamente nuevos.
 - Innovaciones incrementales: son las que introducen modificaciones parciales en innovaciones previas.

• **Valoración de los sistemas técnicos.**

Un criterio importante en las discusiones técnicas es distinguir claramente las cuestiones de hecho de las cuestiones de valor.

Un proyecto tecnológico debe definir claramente sus objetivos y resultados, los criterios de valoración en que se basa, y las circunstancias empíricas que harían recomendable rechazar el proyecto.

• **LAS COMPLEJAS RELACIONES ENTRE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD.**

Durante muchos años se ha creído que la relación entre Ciencia, Tecnología y sociedad se podía pensar como una relación lineal: la ciencia proporciona los conocimientos necesarios para diseñar nuevas aplicaciones tecnológicas que benefician a la sociedad. En consecuencia la sociedad apoya a los investigadores, proporcionándoles los medios materiales para las actividades de I+D. Este apoyo puede ser desinteresado, especialmente en lo que se refiere a la investigación básica, que será financiada principalmente por los gobiernos, con fondos públicos. Pero puede ser también un apoyo interesado por los beneficios económicos que se pueden derivar de la introducción de innovaciones tecnológicas en el mercado.

En la actualidad este modelo lineal de la innovación tecnológica está seriamente cuestionado. Las innovaciones tecnológicas no dependen sólo de los conocimientos científicos, sino también de la experiencia técnica previamente acumulada, así como de los valores y preferencias establecidas por la sociedad, y el avance del conocimiento científico está también seriamente condicionado por factores sociales, económicos, culturales y políticos además de por el propio desarrollo tecnológico.

• **LA INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA CIENCIA.**

Las actividades científicas las realizan hombres y mujeres concretos, que trabajan en instituciones sociales especializadas en el cultivo y la transmisión de los saberes científicos. En nuestros días las instituciones científicas más importantes son las **universidades**, los **laboratorios** e **institutos de investigación**

financiados por los gobiernos, y los laboratorios de las empresas que realizan actividades propias de I+D.

Pero existen otras muchas instituciones sociales que son esenciales para la investigación científica. Por una parte están las instituciones vinculadas directamente a la ejecución de actividades de investigación y a la difusión de sus resultados: las academias, las sociedades científicas, los congresos, las revistas y publicaciones científicas, etc. Por otra parte están las instituciones que intervienen en la investigación científica de forma indirecta, a través de su financiación, estableciendo prioridades para la investigación, regulando los sistemas de contratación y promoción de los científicos, etc.: los gobiernos y parlamentos, las empresas, etc.

- **EL ESTUDIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.**

- **Historia de la ciencia.**

La historia de la ciencia y de la técnica nos permite conocer la evolución temporal de los conocimientos y metodologías científicas y de las realizaciones e invenciones técnicas. Se puede hacer desde dos puntos de vista:

- La historia interna de la ciencia se ocupa de explicar la sucesión de los conocimientos y teorías científicas, analizando fundamentalmente las relaciones conceptuales que existen entre ellos.
- La historia externa se fija en el análisis de las condiciones sociales, económicas e institucionales en que se desenvuelve la actividad científica.

Lo mismo cabe decir de la historia de las técnicas.

- **Sociología de la ciencia.**

Su objetivo es el estudio de las condiciones sociales en las que se lleva a cabo la actividad científica y las consecuencias que esos factores sociales tienen sobre el desarrollo de la ciencia. El enfoque puede ser:

- **Microsociológico:** que se centra en las relaciones sociales que se generan entre los investigadores científicos.
- **Macrosociológico:** orientado al estudio del marco social e institucional de la actividad científica.

- **Economía.**

La economía también se ha ocupado de la ciencia y especialmente de la técnica. Los economistas se han interesado en estudiar los mecanismos que facilitan la innovación (gastos en investigación y desarrollo), y en medir las consecuencias que las actividades científico-técnicas tienen para el sistema productivo.

- **Filosofía de la ciencia.**

- La **filosofía de la ciencia** se ocupa de la elucidación de conceptos básicos para entender la naturaleza del conocimiento científico y de la metodología de la ciencia: la estructura de las teorías científicas, la naturaleza de la experimentación, los criterios de científicidad, etc.
- La **filosofía de la técnica y de la tecnología** se ocupa por un lado, de elucidar los problemas conceptuales básicos que plantean las técnicas y en especial las tecnologías de base científica; y por otro, de afrontar los problemas morales y antropológicos que plantea el desarrollo tecnológico.

- **LA TRADICIÓN CLÁSICA.**

La historia de la ciencia anterior al siglo XIX es extensa y diversa. Se puede tratar la ciencia de los babilonios y egipcios, o surcar los inmensos dominios de la ciencia helénica, donde dejaron sus huellas personajes de la talla de **Euclides, Aristóteles, Arquímedes, Pitágoras o Hipócrates.**

Las contribuciones matemáticas de Euclides y Pitágoras han permanecido con nosotros hasta nuestros días.

En cuanto a Aristóteles, fue uno de los creadores de la **lógica**, un tipo de razonamiento matemático que constituye uno de los pilares básicos del conocimiento. Nadie antes que Darwin realizó una contribución mayor a nuestro conocimiento del mundo viviente que Aristóteles.

Es necesario reconocer que tenemos una profunda deuda con el pensamiento científico–filosófico de la Antigüedad clásica.

• LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA.

Por revolución científica se denomina habitualmente el periodo comprendido entre 1500 y 1700 durante el cual se establecen los fundamentos conceptuales e institucionales de la ciencia moderna.

En lo que a conceptos, el elemento central de la revolución Científica es el abandono de la visión cosmogónica en la que la Tierra ocupaba el centro del Universo (sistema geocéntrico de Ptolomeo) y de la física aristotélica (la dinámica particularmente) por una en la que los planetas se mueven en torno al Sol (sistema heliocéntrico), una idea que, aunque también habían considerado algunos antiguos (Astiarco), fue introducida con detalle por Nicolás Copérnico (1476–1543).

Fue **Galileo Galilei** (1564–1642) quien más hizo inicialmente en la dirección de desarrollar una ciencia del movimiento que diese sentido al sistema heliocéntrico.

• Galileo.

Pero Galileo no sólo contribuyó a resolver los problemas del modelo copernicano, sino que también realizó observaciones que sacaron a la luz las deficiencias del universo aristotélico.

Galileo se enteró durante una visita que realizó a Venecia en julio de 1609 de la existencia del telescopio, y que un extranjero estaba a punto de llegar a Padua con uno de aquellos instrumentos. Ante esta situación decidió construir su propio telescopio, lo cual llevó a cabo por un procedimiento mucho más empírico y artesanal que científico.

Ciencia y tecnología, una tecnología empírica y artesanal, se complementaban. Al principio, Galileo pensó en el telescopio como un instrumento cuya utilidad era más práctica que científica, pero no tardó en dirigirlo hacia la Luna, viendo superficies irregulares, exactamente igual que algunos paisajes terrestres y no la perfección de una superficie completamente esférica. Sus posteriores observaciones de los satélites de Júpiter no hicieron sino socavar aún más los modelos clásicos.

Fue objeto de juicio por la Inquisición en 1633, en el que se vio obligado bajo la amenaza de tortura, a renegar del sistema copernicano y reconocer el aristotélico–ptolemaico.

En 1616, la Iglesia había condenado el *De revolutionibus* de Copérnico, incluyéndolo en el Índice de libros prohibidos, de donde no sería rescatado hasta 1835, a pesar de que en 1757 el Papa Benedicto XIV había revocado el decreto anticopernicano. El porqué la Iglesia católica llegó a favorecer tan firmemente al sistema aristotélico–ptolemaico tiene que ver con el hecho de que la Tierra es en este modelo el centro del Universo, un hecho que se acomoda bastante bien con la idea cristiana de que los seres humanos (la única criatura hecha a imagen de Dios) constituyen la obra favorita, central de Dios.

• Isaac Newton.

Tanto Johanes Kepler (1571–1630) como **René Descartes** (1596–1650) allanaron el camino para la obra, de

Isaac Newton (1642–1727), posiblemente el científico más importante de toda la historia. Newton completó la estructura básica de la dinámica y mostró, en una teoría de la gravitación universal, que las elipses, al igual que las restantes leyes de Kepler (como la de las áreas) se obtenían como consecuencia de una fuerza universal, que dependía del inverso del cuadrado de la distancia entre dos cuerpos con masa. Fue un extenso libro titulado *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687), en donde Newton expuso su gran síntesis dinámica y gravitacional

Pero Newton no nos dejó únicamente esta gran síntesis. Más que ningún otro científico, nos legó lo que constituye la esencia del método científico: la elaboración de **modelos matemáticos simples** que se comparan con los fenómenos naturales, comparaciones de las que surgen nuevas versiones, más complicadas de los modelos previos.

- **Ciencia y religión, a propósito de Newton.**

Él mismo no contemplaba su obra científica como separada de una cuestión que le preocupó – y ocupó– durante prácticamente toda su vida: **la naturaleza y la acción de Dios.**

Que existía una profunda unidad metodológica en la actividad intelectual de Newton, independientemente de que se estuviese ocupando de física, de teología, de historia, de alquimia o de matemáticas, es algo que se puede apreciar incluso en sus principales obras científicas.

En su libro *Óptica* publicado en 1704 decía: Como en las matemáticas, en la filosofía natural la investigación de las cosas difíciles por el método de análisis ha de preceder siempre al método de composición. Este método podía y debía utilizarse también en otros dominios: No sólo la filosofía natural se perfeccionará en todas sus partes siguiendo este método, sino que también la filosofía moral ensanchará sus fronteras.

Mantenía la idea de que la religión, tal y como se conocía en su tiempo estaba corrompida por deformaciones e idolatrías introducidas en el pasado; consecuentemente, la religión verdadera solamente se podía llegar a conocer sumergiéndose en el mundo de los antiguos (Newton fue, en su tiempo, un hereje: era lo que se denominaba un unitarista, un arriano –defensor de las ideas de Arrio–, creía en un solo Dios, frente al trinitarismo –Padre, Hijo y Espíritu Santo–; se cuidó mucho, no obstante, de que sus ideas fuesen conocidas). La búsqueda de aquel conocimiento primordial no contaminado constituyó el gran objetivo de la vida de Newton, dedicándole mucho más tiempo y esfuerzos que a sus investigaciones científicas, que también participaban de sus preocupaciones religiosas.

- **INSTITUCIONES CIENTÍFICAS.**

La actividad científica requiere –más cuanto más desarrollada y profesionalizada está– de instituciones en las que los científicos reciban educación especializada, realicen sus experimentos, intercambien sus ideas y publiquen sus trabajos. También en este sentido es la época de la revolución científica singular, ya que en ella se crearon instituciones como las primeras sociedades científicas realmente significativas y estables.

- **Laboratorios.**

Hay indicios de que el laboratorio estaba inicialmente ligado exclusivamente con la alquimia/química; solamente de manera gradual, parece, se extendió el término para describir todos aquellos lugares en donde tenía lugar la investigación mediante manipulaciones de los fenómenos naturales. No obstante, sin duda que cualquier exposición con pretensiones de completud acerca del desarrollo del laboratorio en los orígenes de la ciencia moderna debe incluir no sólo el laboratorio químico, sino también el teatro anatómico, el gabinete de curiosidades, el jardín botánico y el observatorio astronómico.

La aparición del laboratorio es indicativa de un nuevo modo de investigación científica, uno que involucra la

observación y manipulación de la naturaleza mediante instrumentos especializados, técnicas y aparatos que requieren de habilidades manuales, al igual que de conocimiento conceptual para su construcción y explotación. No es que la ciencia de la Antigüedad o de la Edad Media, careciese de observación sistemática o incluso de instrumentos, pero el énfasis dado a esta clase de actividad fue uno de los rasgos distintivos de la nueva ciencia que emergió de los siglos XVI y XVII. Este énfasis produjo un desplazamiento en el significado de la propia ciencia: la ciencia ya no fue simplemente un tipo de conocimiento (uno poseía scientia); cada vez más se convirtió en una forma de actividad (uno hacía ciencia). Y así comenzaron a aparecer laboratorios.

- **Academias.**

Siglo XVI

Las primeras academias, agrupaciones de personas que basaban su relación en un interés compartido por alguna rama de la cultura clásica, surgieron en la Italia del siglo XV. Los trabajos de aquellas primeras academias eran de alcances enciclopédicos. La idea de las divisiones compartimentadas del conocimiento –la especialización en el sentido moderno– no había surgido todavía, y los científicos de la época consideraban a todo el conocimiento como su patrimonio. Aun así, mientras la **Academia Platónica de Florencia** se dedicaba principalmente a la filosofía, los estudios de la **Academia Romana** se enfocaron más hacia el conocimiento clásico la arqueología, y la gran labor de la **Academia Veneciana** consistía en hacer asequibles para toda Europa tesoros del pensamiento y literatura griegos imprimiendo ediciones de esos clásicos.

Siglo XVII

Entre aquellas academias surgieron las primeras que podríamos denominar modernas. Comenzando con la **Accademia dei Lindei** en Roma (1601–1630). Allí se reunía de manera regular un grupo de hasta 32 miembros entre los que se llegó a contar Galileo. La idea era establecer monasterios comunales científicos, no monacales, no solamente en Roma, sino en todo los confines del globo. Habría una **biblioteca**, un **museo** y una **imprenta**, además de **instrumentos científicos**, **jardines botánicos** o **laboratorios**.

Surgió después la **Accademia del Cimento** (cimento significa experimento) de Florencia (1657–1667), en la que nueve científicos (la mayor parte discípulos de Galileo) se esforzaron durante una década en construir instrumentos, desarrollar sus habilidades experimentales y buscar verdades básicas.

De Italia el modelo de las academias se fue extendiendo a Inglaterra, con la **Royal Society** (1660), que llegó a presidir Newton; a Francia con la **Académie des Sciences** (1666); a Alemania con la **Academia de Berlín** (1700). Comenzaba de esta manera una nueva era de la ciencia.

- **Comunicaciones científicas.**

La ciencia es una empresa colectiva que requiere intercambio de resultados. No hay por consiguiente, ciencia sin medios para transmitir, para comunicar, la información que genera.

El siglo XVII facilitó esta característica de la ciencia, ya que fue entonces cuando los medios de transporte y comunicación mejoraron considerablemente, expandiéndose su utilización. Así la **diligencia**, que fue introducida en Londres en 1608, se difundió rápidamente por el país y en 1685 había un sistema de servicio de diligencias entre Londres y las estaciones terminales importantes de toda Inglaterra, que llegaban hasta Edimburgo. El desarrollo de las comunicaciones fue similar. Aunque existía desde comienzos del siglo XVI un servicio postal para las cartas del Estado, sólo a mediados del siglo XVII se creó en Inglaterra una oficina postal general para la correspondencia privada. Y, lo que fue quizá más importante, las relaciones postales internacionales mejoraron continuamente, de modo que a fines del siglo la comunicación con el continente europeo era constante y regular. Así, la correspondencia entre los científicos, que constituyó el único medio de comunicación científica a principios del siglo XVII, se vio facilitada por las mejoras en el **servicio postal**.

Otro medio de comunicación y difusión científica, desarrollado durante la revolución científica, fueron las **revistas** donde se publicaron descripciones de muchas de las principales investigaciones de la época.

• TECNOLOGÍA.

Hasta ahora casi sólo hemos prestado atención a la ciencia, no a la tecnología. Per los desarrollos de carácter tecnológico han jalonado la historia de la humanidad; hubo innovaciones tecnológicas mucho antes, por supuesto, de que pudiésemos hablar de una Revolución Científica (tenemos, por ejemplo, la invención de la rueda, que hizo su aparición en el cuarto milenio a. De C.).

Es imposible resumir cuáles fueron las principales **innovaciones tecnológicas** a lo largo de la historia. Aún limitándonos al segundo milenio tras el nacimiento de Cristo, podríamos referirnos a multitud de inventos: relojes mecánicos, el telescopio, papel barato, la prensa de imprimir, la brújula, el pararrayos; invenciones que eran medios para otras invenciones. Algunas de estas invenciones, como el torno y el telar eran muy antiguas; otras como el reloj mecánico nacieron con el renovado impulso hacia la regularidad y la regimentación. Sólo después de haber dado aquellos pasos podían florecer las invenciones secundarias: la regulación del movimiento, que hizo al reloj más preciso; el invento de la lanzadera móvil que hacía más rápido el tejer, la prensa rotativa, que incrementaba la producción de material impreso.

Otro hecho que hay que considerar cuando se trata de innovaciones tecnológicas, es el de que en ocasiones pequeños inventos producen importantes efectos en la historia. Un ejemplo de esto es la **introducción del estribo**. Las necesidades de la nueva modalidad de guerra que el estribo hizo posible, tales como tener que equipar y armar grandes cantidades de caballeros, en un contexto en el que escaseaban tanto los caballos como el hierro, obligaron, para pagar tales gastos, a una reorganización de todo el sistema económico, conduciendo finalmente a una nueva forma de sociedad europea occidental, dominada por una aristocracia de guerreros a quienes se concedían tierras para que pudiesen combatir con un estilo nuevo y altamente especializado.

A pesar de la importancia de invenciones como las anteriores, las tecnologías medievales más importantes fueron las energéticas. El **molino de agua** junto con el **molino de viento**, constituyen una revolución energética que distinguió a la civilización medieval de todas las anteriores, y que sentó en gran medida las bases para la posterior industrialización del siglo XVIII. Por primera vez se construyó una gran civilización sobre una energía no humana.

Más que la eólica, fue la **tecnología hidráulica**, la derivada del uso industrial de la rueda hidráulica, la que hizo que la economía industrial de los siglos XVI, XVII y XVIII progresara rápidamente. En Europa occidental e Inglaterra se multiplicó el número de molinos de agua, se diseñaron ruedas hidráulicas cada vez más potentes y aumentaron las aplicaciones industriales de la energía hidráulica. Y todo esto con ruedas hidráulicas de madera, construidas a partir de conocimientos acumulados de siglos de construcción de ruedas y diques.

• TECNOLOGÍA Y CIENCIA.

¿Se necesitaba del conocimiento científico para el desarrollo tecnológico medieval? La respuesta a esta pregunta es clara: no (salvo alguna excepción, naturalmente).

A pesar de todos sus avances, la ciencia medieval y la de la Revolución Científica todavía carecía de la precisa información cuantitativa que es útil para los técnicos e ingenieros de la época. Los logros de la ciencia medieval fueron más bien conceptuales o pertenecientes a las sublimes alturas de la teoría matemática, como muestran los Principia de Isaac Newton, que pocos –si alguno– de aquellos que podríamos equiparar a nuestros ingenieros actuales leyeron. Lo que no quiere decir que el propio Newton no fuese sensible a las necesidades prácticas, que, de hecho, enriquecieron su obra, especialmente el libro II de los Principia, en donde se encuentran las trayectorias de proyectiles, así como ocasionales reflexiones sobre los movimientos

de los barcos.

Pero en general, los grandes descubrimientos de los científicos no sólo estuvieron por encima de las cabezas de los ingenieros prácticos y artesanos, sino que les resultaban inútiles. Así las investigaciones teóricas de Christian Huygens acerca del isocronismo del péndulo no tuvieron ningún efecto en la mejora de los relojes.

Es imposible siquiera plantearse la cuestión de la tecnología como ciencia aplicada hasta que el desarrollo científico–tecnológico permitió que existiesen los elementos necesarios para que la técnica pudiese ser algo más que artesanía depurada y reglas empíricas. Salvo unas pocas excepciones (como la relación entre la astronomía y la navegación), las primeras ciencias que se aplicaron a la tecnología fueron las **ciencias químicas y eléctricas** en el siglo XIX, que condujeron al desarrollo de las industrias de los tintes y de los cables telegráficos. Antes del siglo XIX la ciencia y la tecnología eran actividades esencialmente separadas. Lo que no impidió que ambas avanzaran. Se trata de una coincidencia el que la Revolución Científica comenzada durante el siglo XVII y desarrollada en el XVIII, haya precedido a las revoluciones industriales que se diseminaron por Europa durante los siglos XVIII y XIX. Hasta la segunda mitad del siglo XIX las innovaciones tecnológicas importantes casi nunca provinieron de las personas, las instituciones, o los grupos sociales que trabajaban para las ciencias.

Aunque los científicos hicieron algunas incursiones en la tecnología, quienes verdaderamente contribuyeron al desarrollo tecnológico fueron predominantemente los maestros de oficios, los artesanos, los trabajadores y los ingeniosos inventores, individuos que basaban sus innovaciones en la experiencia. Aunque no fuese ciencia aplicada, existía tecnología.

• ILUSTRACIÓN Y REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.

El siglo XVIII constituye un periodo muy interesante, e importante, de la historia. Fue denominado el **Siglo de las Luces** o la **Ilustración**, en el que animados por una gran confianza en la capacidad –científica y tecnológica especialmente– humana de comprender y utilizar la naturaleza, se creyó que era posible construir una sociedad más racional, justa y cómoda. La unión que para los ilustrados existía entre ciencia, tecnología y sociedad queda clara a través del título de la obra más característica de aquella época: Enciclopedia o Diccionario razonado de las ciencias, las artes y los oficios (1751–1780), coordinada por dos grandes pensadores, el filósofo Denis Diderot y el físico y matemático Jean Le Rond d'Alembert. A pesar de la importancia del movimiento ilustrado, y de los importantes desarrollos que se produjeron en el ámbito de la ciencia newtoniana, desarrollos que culminaron en, por ejemplo, la estructura de la mecánica racional, el siglo XVIII quedó marcado por el inicio, en torno a 1780, de la Revolución Industrial (terminó siendo la Primera Revolución Industrial), que cristalizó a partir de 1815, por lo que es en buena medida también un fenómeno decimonónico.

La característica más notable de la Revolución Industrial fue la introducción de la máquina de vapor, una fuente energética que sustituyó a la rueda hidráulica. En 1698, **Thomas Savery**, un comerciante e inventor, ideó una máquina de vapor para extraer agua de las minas, una necesidad apremiante en la minería, más tarde, en 1712, **Thomas Newcomen**, un quincallero de profesión, introdujo otra versión, mucho más avanzada de la máquina de vapor que condujo a la de **James Watt** (1736–1819), en la que se introducía importantes mejoras (como la de prevenir la pérdida de energía a lo largo del proceso de condensación del vapor de agua en el cilindro). Watt formó una sociedad con otros colaboradores y en 1790 construyó la máquina que resultó de crucial importancia para el verdadero inicio de la Revolución Industrial. Poco después, en efecto, comenzó a ser utilizada para bombear agua en las minas, así como para suministrar energía a las fábricas de harina, algodón y papel. Comenzaba de esta manera una nueva era en la producción de energía mecánica.

En cuanto a la dimensión científica de la Revolución Industrial, es frecuente que se tienda a contemplarla como una aplicación de los principios energéticos que describe la física. Es conveniente señalar, sin embargo, que la máquina de vapor fue anterior a la creación que formalizó los principios en los que se basaba: la

termodinámica, creada en 1824 por el francés **Sadi Carnot**, después de observar el funcionamiento de una de esas máquinas de vapor. Los principales protagonistas de la Revolución Industrial fueron técnicos e inventores, no científicos.

• **A MODO DE EJEMPLO: LUCHANDO CONTRA EL EUROCENTRISMO.**

Hasta el momento hemos estado tratando con aportaciones occidentales, europeas básicamente. Pero la historia del desarrollo científico–tecnológico no se reduce a ese escenario, y aunque por motivos evidentes nuestros intereses se centren en él, es necesario luchar contra una visión excesivamente eurocéntrica.

• **LA CIENCIA A COMIENZOS DE SIGLO.**

1.1 Cambios cualitativos en la Ciencia.

A comienzos del siglo XIX la ciencia y los científicos se encontraban a merced de sus propios medios, más aún si tenían la intención de intentar hacer avanzar su disciplina (esto es, cuando pretendían ser investigadores u no meros profesores).

Fue de la mano de la química y la física como la situación comenzó a cambiar. Es curioso que en este sentido que justo al comienzo del siglo, química y física se uniesen espectacularmente, como si quisieran presagiar lo mucho que ambas disciplinas aportarían a lo largo de la centuria al conocimiento y explotación de la naturaleza.

- En 1800, un italiano, Alessandro Volta descubría la pila (o batería) eléctrica.
- En 1833, partiendo del descubrimiento de la pila, Michael Faraday, tal vez el científico más importante de todo el siglo XIX, enuncia las leyes de la electrólisis del agua.
- Se explotó la técnica electroquímica para producir un aumento sustancial del número de elementos químicos conocidos.

1.2 El desarrollo desigual de la Ciencia.

¿Por qué la ciencia se desarrolla más en unas naciones que en otras, al menos durante algunos periodos de tiempo?

1.3 Problemas de la Ciencia francesa.

A principios del siglo XIX la ciencia francesa se encontraba en una posición de privilegio, que iría perdiendo según avanzaba el siglo, especialmente con relación a Alemania.

A lo largo del siglo XVIII se crearon una serie de centros educativos de alto nivel científico y técnico:

- La Escuela de Puentes y Caminos (1715).
- La Escuela Real de Ingenieros (1748).
- La Escuela de Minas (1783).
- La Escuela Politécnica (1794).

Gracias a estas escuelas, que adquirieron un gran prestigio, y al apoyo que recibían del Estado, Francia disfrutó de una preeminencia científica mundial entre, aproximadamente 1750 y 1840 (tampoco hay que olvidar la Academia de las Ciencias, mucho más activa que las academias de otras naciones).

A partir de entonces comenzó a perder su posición de privilegio, en parte porque estas instituciones, que en 1800 se encontraban en la avanzadilla de la cultura científica y tecnológica, en 1850 eran ya mucho más

anacrónicas. La naturaleza y prestigio de las grandes escuelas aportó probablemente más obstáculos que beneficios, ya que conservaron demasiado del espíritu del siglo XVIII; sus graduados vigilaban las minas, puentes, carreteras, instalaciones militares y monopolios estatales de la nación, pero descuidaban las ciencias aplicadas, que en el siglo XIX constituían con frecuencia una vía para contribuir a la propia ciencia.

El excesivo centralismo administrativo francés, particularmente notorio en el sistema educativo superior, constituye otro de los males más fácilmente identificables de la ciencia francesa de la época. París era el centro incontestable de la nación, su ciencia incluida. Las provincias tardaron mucho en incorporarse de manera efectiva al desarrollo científico-tecnológico, y cuando lo hicieron predominó con mucho, la tecnología. Este retraso pudo ser decisivo para la competencia industrial con otras naciones (retraso científico y retraso tecnológico/industrial suelen estar relacionados).

Por último, entre las causas posibles que expliquen –desde la ciencia y la educación– el retraso sufrido por la ciencia francesa durante el siglo XIX con respecto a la alemana, hay que referirse al escaso papel que desempeñaba la investigación en las universidades. La enseñanza avanzada en ciencia y matemáticas tuvo lugar en las escuelas profesionales como la Escuela de Minas, la Escuela de Puentes y caminos, la Escuela Politécnica y la Escuela Normal Superior, algo que no favoreció a la institucionalización de la ciencia en las universidades; hasta las reformas de la década de 1860 que institucionalizó y legitimizó la investigación con la creación en 1868 de la Escuela de Altos Estudios.

1.4 Desarrollo e institucionalización de la Química en Alemania.

La ciencia alemana de finales del siglo XIX y primer tercio del XX ocupó una situación de liderazgo mundial.

Al iniciarse el siglo XIX, cada una de las dieciocho universidades alemanas existentes poseía todavía la tradicional estructura medieval, con Facultades de Teología, Derecho, Medicina y Filosofía. La finalidad de la educación académica era la formación de fieles servidores del Estado, al igual que de profesionales –como médicos o teólogos– en materias consideradas necesarias.

Habida cuenta de este hecho, es sorprendente no tanto que la investigación científica prosperase enormemente en Alemania, sino que terminase haciéndolo sobre todo en las universidades, no en laboratorios privados o en instituciones independientes de la universidad.

Un elemento importante en el progreso de la ciencia alemana fue la creación de centros, dentro del ámbito universitario, en los que no sólo se investigaba, sino que también se enseñaba, de manera sistemática y cotidiana, a investigar. La aparición de estas escuelas de investigación tuvo lugar inicialmente en el dominio de la química.

Justus Liebig, Friedrich Wöhler, Robert Wilhelm Bunsen y sus respectivos alumnos, al igual que otros químicos no tan conocidos, elevaron rápidamente la calidad y categoría de la química orgánica alemana. Al comenzar el último cuarto del siglo, Alemania contaba con suficientes químicos orgánicos como para sacar muy buen partido de una nueva química con grandes posibilidades prácticas: la química de los tintes. Y no sólo para beneficiarse ella sola, sino para beneficiar a otros países a los que exportó químicos, en particular a Gran Bretaña. El éxito económico de la química de los colorantes impulsó, a su vez, la mejora de los centros de investigación académicos. En la historia de la industria química, y probablemente en la historia de toda la ciencia directamente dependiente del conocimiento científico, la producción de tintes en Alemania figura como la primer que alcanzó proporciones gigantescas.

1.5 La Física alemana.

En las primeras décadas del siglo XIX la posición de la física en las universidades alemanas era claramente secundaria. De hecho, en la práctica, la mayoría de los profesores de física alemanes no recibían

habitualmente dinero suficiente –nada en absoluto en ocasiones– de la universidad o del Estado para comprar y mantener y aparatos, de manera que una gran parte de éstos se los tenían que procurar ellos mismos. Esta situación comenzó a cambiar durante la primera mitad del siglo, y en mucha mayor medida a lo largo de la segunda mitad. Influyó mucho una serie de circunstancias de índole socioeconómica: el desarrollo económico e industrial alemán. A comienzo de la década de los setenta, la física tenía algo que la sociedad alemana necesitaba: habilidad para suministrar conocimientos teóricos y prácticos en campos como la electricidad, la óptica y la termodinámica, que eran sumamente útiles para la industria.

En Alemania se estableció en muchos casos una relación bastante fluida e intensa entre ciencia e industria. Muestra de esta relación es el repentino crecimiento experimentado por los institutos de física en Alemania, que coincidió con un hecho histórico clave en la industria eléctrica, la invención de la dinamo en la década de 1860 por Werner von Siemens (y otros).

• **LA CIENCIA A COMIENZOS DE SIGLO.**

2.1 La ciencia de la electricidad y el magnetismo.

Sin ideas, teorías, experimentos, sin resultados científicos, nunca habrá ciencia. A continuación vamos a abordar un ejemplo concreto, el de la ciencia de la electricidad y el magnetismo, o electromagnetismo, cuya trascendencia científica y socioeconómica es difícil minimizar.

Fue a lo largo del siglo XIX cuando más se avanzó en el conocimiento de la electricidad y el magnetismo, fenómenos o propiedades conocidos desde la antigüedad. El núcleo principal de esos avances se encuentra, sin duda, en que, frente a lo que se suponía con anterioridad, electricidad y magnetismo no son fenómenos separados, sino que están interrelacionados.

El punto de partida para llegar a este resultado crucial fue el descubrimiento realizado en 1820 por Hans Christian Oersted de que la electricidad producía efectos magnéticos (una corriente eléctrica desviaba una aguja imantada). La noticia del hallazgo del profesor danés se difundió rápidamente y, en París, André Marie Ampère demostraba experimentalmente que dos hilos paralelos por los que circulaban corriente de igual sentido se atraían, repeliéndose en el caso de que los sentidos fueran opuestos.

Poco después Ampère avanzaba la expresión matemática que representa aquellas fuerzas. En 1821, el ya mencionado Michael Faraday, poco después de saber de los trabajos de Oersted, demostró que un hilo por el que pasaba una corriente eléctrica podía girar de manera continua alrededor de un imán, con lo que se vio que era posible obtener efectos mecánicos (movimiento) de una corriente que interacciona con un imán. Sin pretenderlo había sentado el principio del motor eléctrico cuyo primer prototipo sería construido en 1831 por el físico estadounidense Joseph Henry.

Faraday dio un paso importante al descubrir, en 1831, la inducción electromagnética, un fenómeno que ligaba en general los movimientos mecánicos y el magnetismo con la producción de corriente eléctrica. Este fenómeno, que llevaría a la dinamo, representaba el efecto recíproco al descubierto por Oersted; ahora el magnetismo producía la electricidad, lo que reforzó la idea de que en lugar de hablar de electricidad y magnetismo había que referirse al electromagnetismo.

James Clerk Maxwell, otro de los grandes de la física, fue capaz de unir todos los cabos sueltos que proliferaban en la electricidad y el magnetismo, e introduciendo ideas nuevas, formular una teoría completa del campo electromagnético. Fue el propio Maxwell quien en 1864 se dio cuenta (al comprobar que una de las constantes que aparecían en su teoría tenía el mismo valor que la velocidad de la luz) de que la luz era también un campo electromagnético. Esto significaba que la óptica pasaba a verse englobada en el electromagnetismo.

UNIDAD 1. LAS DIMENSIONES SOCIALES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

– 1 –