

**EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TÉCNICO A LO LARGO DE
LA HISTORIA: CONTEXTO SOCIAL Y LOGROS
CARACTERÍSTICOS.**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. LA TECNOLOGÍA EN LA PREHISTORIA

3. LA TECNOLOGÍA EN LA EDAD ANTIGUA

- 3.1. Culturas de los ríos (Mesopotamia y Egipto)
- 3.2. Grecia
- 3.3. Roma
- 3.4. China

4. LA TECNOLOGÍA EN LA EDAD MEDIA

5. LA TECNOLOGÍA EN EL RENACIMIENTO

**6. LA TECNOLOGÍA DESDE MEDIADOS DEL S. XVIII
HASTA NUESTROS DÍAS**

- 6.1. Primera Revolución Industrial
- 6.2. Segunda Revolución Industrial: La era de la electricidad
- 6.3. Tercera Revolución Industrial

BIBLIOGRAFÍA

- Historia del arte y las civilizaciones. Editorial S.M.
- Las revoluciones científicas. Editorial Cuadernos del Mundo Actual.
- Nueva Enciclopedia del Mundo. Editorial Durvan.
- Ciencia, Tecnología y Sociedad. Editorial McGraw Hill.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la Humanidad ha venido ligada desde siempre a unos objetivos que se planteaba para llevar a cabo sus actividades cotidianas. Primero consistían en obtener alimentos y protegerse del frío, luego en construir viviendas y almacenar alimentos,... y así, hasta nuestros días.

Esta evolución tiene pues, dos vertientes interactivas: el hombre desarrolla una necesidad lo que le lleva a buscar herramientas y métodos para satisfacerla, y la obtención y perfeccionamiento de dichas herramientas y métodos le inspira, a su vez, nuevas necesidades. Este proceso constituye la rueda del desarrollo.

La tecnología ha sido empleada por la humanidad desde el origen de los tiempos y constituye el pilar básico que le ha distinguido del resto de los seres vivos. Ningún otro ser, aparte del ser humano, ha sido capaz de unir ciencia y técnica para crear tecnología.

Se entiende por **ciencia** el conjunto de conocimientos que el ser humano ha adquirido gracias al estudio y observación de los distintos fenómenos, a través de los cuales ha descubierto las leyes por las que éstos se rigen.

Se denomina **técnica** al conjunto de procedimientos, estrategias, pericias y habilidades basadas en la ciencia y que son utilizadas por el ser humano para realizar un trabajo de forma eficaz.

La **tecnología** es el conjunto de conocimientos científicos desarrollados de forma práctica por la técnica. Se ocupa de los procesos constructivos, de los objetos, de su funcionamiento, de los materiales y herramientas empleados, etc., con el objeto de satisfacer alguna necesidad humana y, en ocasiones, controlar la Naturaleza.

Con dicha definición la tecnología se refiere tanto al conjunto de sistemas, instrumentos, máquinas, equipos industriales y productos naturales y artificiales procedentes del mundo económico y laboral, como a los diferentes conocimientos y actividades (experiencias, ciencias y técnicas) relacionadas con el anterior conjunto de elementos.

Los seres humanos de todas las épocas históricas han utilizado utensilios o herramientas y, en mayor o menor medida, han aplicado conocimientos técnicos a la obtención de productos para la satisfacción de sus deseos y de sus necesidades. Ahora bien, no en todas las épocas el empleo de las herramientas y de los conocimientos técnicos ha poseído el mismo significado. Así, a lo largo de la historia se pueden encontrar profundas innovaciones tecnológicas que supusieron auténticos saltos cualitativos en el desarrollo de la sociedad, del trabajo, de la producción y de la técnica humanas. Las más importantes fueron:

- La revolución neolítica.
- La Revolución Industrial (finales del siglo XVIII)
- La revolución tecnológica actual.

El desarrollo científico y el desarrollo técnico se ha venido produciendo a lo largo de la historia, por ello, el objetivo fundamental de este tema es conectar la historia de la Ciencia y la Tecnología con la historia del hombre, repasando los periodos más significativos y señalando los logros más característicos de cada una de las etapas históricas.

2. LA TECNOLOGÍA EN LA PREHISTORIA

Hace más de dos millones de años ya existían sobre la tierra seres semejantes a nosotros, que se diferenciaban del resto de animales vivos en que adquieren destrezas que les permiten construir sus primeros instrumentos, a la vez que desarrollan un cerebro de mayor tamaño, lo que les proporcionó mayor inteligencia.

Los arqueólogos sitúan el comienzo de la historia del hombre a partir del paleolítico, hace más de 40.000 años. Este periodo de la historia se caracteriza porque el hombre era nómada dedicándose a la caza y la recolección de frutos. Durante esta etapa surge la sociedad y con ella el lenguaje y la cultura, ~~sin embargo~~ aunque no había aparecido la escritura.

Vivían agrupados en clanes, constituidos por pocos miembros entre los que se repartían el trabajo y tareas cotidianas, así, los hombres se dedicaban a la caza y pesca, y las mujeres a la recolección (existía la división del trabajo).

Nuestros primeros antepasados construyeron armas y utensilios con piedras que tallaban o pulimentaban, así como huesos y marfil. Con esto el hombre pudo fortalecer sus manos, lo que supuso una ventaja sobre el resto de animales a los que no superaba en fuerza física y rapidez.

También, se descubrió la utilidad del fuego, hallazgo de vital importancia que proporcionó al hombre luz, calor y protección, a la vez que le permitió cocinar alimentos, reforzando los lazos sociales que marcaron el inicio de la vida social y de nuevos descubrimientos.

El hombre desarrolló el arte en forma de grabados, tallas en relieve y pinturas con las que decoraron las paredes de sus cuevas (por ejemplo las cuevas de Altamira en Cantabria), Surge el arte rupestre y el ser humano se diferencia del resto de animales por la capacidad para comunicarse y expresar sus sentimientos.

Hace unos 10.000 años, los hielos comenzaron a retroceder, dulcificándose el clima, con lo cual los bosques ganan terreno, las grandes manadas de herbívoros de la tundra y la estepa dieron paso a animales menos abundantes y más difíciles de cazar. Poco a poco los seres humanos se asentaron en zonas próximas a los lagos, ríos y orillas del mar, iniciándose la era Neolítica.

Esta época se caracterizó porque el hombre pasa de ser nómada a ser sedentario, estableciéndose en pequeños poblados. Al ser sedentario desaparece la sociedad cazadora y recolectora, surgiendo la agricultura (sobre todo trigo y cebada) y la ganadería. Esto obligaba al hombre a permanecer en las chozas que construía junto a las tierras que cultivaba. Por tanto, procuraba acondicionarlas lo mejor posible, surgiendo las primeras casas, aldeas, ciudades y civilizaciones (la más antigua conocida, los Sumerios en Mesopotamia, 4000 a.C.).

El tallado de la piedra alcanzó en esta época una gran perfección y se desarrollaron nuevas técnicas que le permitieron trabajar y moldear el barro, trabajar los tejidos (inicio de la industria textil; les permitía confeccionar vestimentas para resguardarse del frío) e iniciarse en las técnicas de la agricultura y la ganadería (base de su economía).

Surge el arado de madera (primero tirado por hombres y luego por animales); la rueda que desembocó en el carro, se fabricaron utensilios como morteros, cuchillos, bandejas, etc.; se aprendió a moldear el barro y la paja para obtener ladrillos de adobe; mejoran los sistemas de transporte

fluviales y marítimos con la invención de la vela; con la mejora del transporte aparece el comercio, intercambiando alimentos, vestidos, útiles de trabajo, etc.

3. LA TECNOLOGÍA EN LA EDAD ANTIGUA

En esta época destacaron grandes culturas:

- Las culturas de los ríos (Mesopotamia y Egipto)
- Grecia
- Roma
- China

3.1. Culturas de los ríos (Mesopotamia y Egipto)

Las primeras civilizaciones (3.000 a 750 a.C.) surgieron en torno a los ríos Nilo, Tigris y Éufrates. Esto propició la construcción de presas y canales para poder dirigir y controlar el cauce de los ríos, así como los primeros sistemas de alcantarillado.

Los hechos tecnológicos más destacados de estas civilizaciones fueron el levantamiento de grandes ciudades, instalaciones urbanas y carreteras; también, se erigieron estructuras monumentales, pirámides, murallas y templos. Esto se consiguió gracias al avance y desarrollo de nuevas técnicas como la extracción de piedras y metales, el arte del tallado y técnicas de construcción (destaca el uso del torno para obtener productos de alfarería y cerámica), la utilización y control de la fuerza animal en los carros, etc.

Se produjo un aumento demográfico como consecuencia de las mejoras de vida, lo cual necesitaba de una rígida estructura social sobre la que apoyarse y que pudiera coordinar el funcionamiento de la sociedad. El aumento de la riqueza desembocó en la invención de las medidas para poder cuantificarla, apareciendo la balanza, así como los números y las letras.

Como ya se ha comentado, en esta época empezaron a utilizarse los metales (cobre y bronce) lo que supuso mejoras en la agricultura, ganadería, transporte, comercio, etc. Al principio, el cobre se trabajaba con técnicas de forja, es decir, se calentaba y se golpeaba repetidamente la pieza de cobre hasta obtener la forma y dimensiones deseadas. Pero el ser humano pronto dejó de fabricar piezas solamente de cobre cuando descubrió (en la zona de Mesopotamia) las enormes ventajas que proporcionaba este metal si se combinaba con el estaño, obteniendo la aleación de bronce. Este descubrimiento supuso una auténtica revolución social y económica, ya que, a partir de ese momento, empezaron a experimentarse nuevas técnicas de fundición obteniéndose otras aleaciones como el latón y otros metales como la plata y el plomo, lo cual supuso un gran impulso para el comercio.

El siguiente paso en la historia de la metalurgia fue el descubrimiento del método para obtener y trabajar el hierro (por la tribu de los "hititas", hace 4.000 años), el cual sustituyó en gran parte al bronce. Aunque el hierro, al principio, se empleó mucho para armas de guerra, por su resistencia y poder cortante, al ser más barato que el bronce y más abundante, fue sustituyendo a éste en los útiles y herramientas.

Posteriormente, los artesanos que trabajaban y obtenían el hierro descubrieron que calentando el metal al rojo vivo durante un tiempo y rodeándolo de carbón, se endurecía (acero). El hierro así tratado tenía además la considerable ventaja de que podía endurecerse por templado, es decir sumergiéndolo en agua fría cuando esté incandescente.

3.2. Grecia

En Grecia comienza el gran desarrollo de la cultura, cuyos avances científicos se encontraban íntimamente ligados a la filosofía (Tales de Mileto, Zenón y Parmínedes, y siglos más tarde Pitágoras, Sócrates, Platón y Aristóteles). El desarrollo científico estaba unido al pensamiento de los filósofos que, en muchas ocasiones eran a su vez científicos relevantes. Pitágoras fue uno de los filósofos y matemáticos (enunció su teorema) más ilustres, y fundó una escuela en la que se impartían a la vez conocimientos sobre filosofía, astronomía, música y matemáticas.

Tales de Mileto desarrolla un procedimiento para medir la superficie de los terrenos empleando la triangulación. Se determinan las expresiones matemáticas del área del círculo y la tabla de multiplicar.

En astrología se establece la teoría heliocéntrica y se descubren diversos planetas del Sistema Solar. Anaximandro creó un astrolabio para medir la altura de los astros. Se desarrolla la técnica de construcción de barcos (mejora el comercio), se inventa el ancla, la cerradura, el fuelle, la ballesta, la catapulta, etc. Arquímedes describe los fundamentos de las palancas, los tornillos, las poleas, las ruedas dentadas, y estudió la estática, la flotación de los cuerpos y la hidrostática (fue uno de los ingenieros más notables de todos los tiempos).

Entre las construcciones realizadas por los griegos destacan las columnas de sección circular, con las que en muchos casos eran capaces de sustentar los techos de sus edificaciones sin necesidad de muros exteriores.

3.3. Roma

Las aportaciones técnicas y científicas de los romanos fueron escasas, aunque hicieron grandes avances en arquitectura, medicina y derecho. Construyeron grandiosas obras como baños, puertos, teatros y circos romanos, acueductos que llevaban el agua potable a sus ciudades, redes de alcantarillado, calzadas de piedra, etc.

Diseñaron sistemas para las viviendas, que en algunos casos, poseían calefacción, dotándolas de esta forma de agua fría y caliente. Se inventa la balanza romana, el primer reloj de agua para medir el tiempo llamado clepsidra (consistía en dos depósitos de agua, uno inferior y otro superior; el agua goteaba del superior al inferior de forma que un corcho ascendía con el nivel del agua del depósito inferior; el corcho estaba unido a una varilla provista de muescas que empujaba un engranaje a medida que ascendía, el cual a su vez, hacía girar una saeta que señalaba los números del 1 al 12). Se diseñan sistemas que aprovechan la fuerza del agua para moler el grano (molino de agua), lo que inicia el aprovechamiento de los recursos hidráulicos como fuente de energía. Igualmente se perfeccionan las técnicas para la construcción de arcos y de algunas herramientas y realizaron los primeros objetos de vidrio.

3.4. China

Los chinos ya disponían de tecnologías y descubrimientos que el resto de las civilizaciones tardarían varios siglos en conocer. Utilizaban brújulas, la pólvora (mezcla de carbón vegetal, salitre y azufre), seda (idearon un sistema para obtener hilos muy finos para confeccionar tejidos de gran belleza y muy suaves al tacto; desarrollaron una serie de útiles y máquinas textiles que permitieron desarrollar una industria textil muy importante en su economía, dando lugar a un comercio entre Oriente y Occidente que dio nombre a una de las vías de comunicación más importantes de la época, la ruta de la seda), también descubrieron el papel (mezclando los residuos de la industria de la seda con bambú y corteza de morol, obteniendo una pulpa a partir de la cual se formaba un pliego u hoja lisa).

Los chinos también dominaron las técnicas metalúrgicas antes que los europeos y destacaron en minería. Entre sus inventos destacan la carretilla, los arneses de tiro para los animales, el estribo, la silla de montar, la noria de agua, la sembradora automática, el timón en las embarcaciones, la tinta, el sismógrafo, el reloj mecánico, etc.

4. LA TECNOLOGÍA EN LA EDAD MEDIA

La Edad Media se inicia en el siglo V d. C. con la caída del Imperio Romano y concluye casi diez siglos más tarde. Esta época se caracteriza por la casi total paralización cultural, científica y social que sufre Europa provocada por la rígida estratificación social en forma de pirámide, en cuya cúspide se situaba el rey seguido de la nobleza y el clero, y en el último peldaño estaba el pueblo llano (campesinos y siervos) encargados de trabajar y pagar tributos a sus señores feudales.

Los avances tecnológicos más notables se produjeron en la Alta Edad Media, y fueron producto de las innovaciones realizadas por los campesinos y artesanos que modificaron y adaptaron los aperos de labranza a sus necesidades. Así, perfeccionan el arado, dotan de herraduras a sus caballos y sustituyen los sistemas de tiro por otros más cómodos como la collera, que traslada el esfuerzo del animal a los hombros y los pechos, aprovechando mejor el trabajo.

En la Alta Edad Media resurgen los mercados que sirvieron de estímulo para el diseño de nuevos sistemas de transporte más rápidos y seguros, lo que motivó la aparición de oficios destinados a construir estos sistemas de transporte.

Por esa época (siglos XII y XIII) se fundan las primeras universidades. Se profundiza en los conocimientos de aritmética, geometría y astronomía. También se produce un impulso en la industria textil y en las técnicas de tintado de lanas y telas.

En Europa, el artesano se asocia formando grupos cerrados de diferentes especialidades (tejedores, plateros, etc.): los gremios artesanales. Hay una reestructuración en la forma de trabajar y surgen las figuras del maestro-artesano y del aprendiz, hecho que tuvo gran protagonismo en las transformaciones sociales posteriores.

Entre los siglos IX y XI los árabes logran avances técnicos y tecnológico espectaculares en campos tan distintos como la medicina y farmacia, industria textil, óptica, etc., y aprenden a fabricar el papel y a dominar las técnicas metalúrgicas de transformación del hierro y del acero, a la vez que idearon y construyeron los primeros molinos de viento y recipientes de barro, incluso son capaces de fabricar hielo utilizando intercambiadores de calor.

El gran desarrollo científico que alcanzaron y la influencia que supuso la cultura árabe en occidente se ponen de manifiesto en el hecho de que, por ejemplo, en el siglo X, Córdoba poseía una biblioteca con más de medio millón de volúmenes en los que se recogían parte de sus estudios y descubrimientos científicos. Las cifras hoy utilizadas son árabigas y, además, un gran número de arabismos inundan nuestra lengua (álgebra, alquimia, aljibe, etc...).

A finales de la Edad Media (siglos XIII y XIV) comenzaron a aparecer movimientos de pensamientos que propugnaban la separación de la fe y la razón, de la religión y la ciencia. Por otro lado, el sistema feudal desapareció debido a la aparición de monarquías fuertes que, gracias a los avances de la artillería y al apoyo de una nueva clase de artesanos y comerciantes, les permitieron combatir a los nobles y dominarlos. Todo esto fue dando como resultado un cambio de época que se establece a mediados del siglo XV conocida como el Renacimiento.

5. LA TECNOLOGÍA EN EL RENACIMIENTO

El Renacimiento o Edad Moderna, cubre el periodo que abarca desde mediados del siglo XV a finales del siglo XVIII (Revolución Industrial).

Al principio el avance científico fue lento debido muchas veces al freno de las religiones, como la creación de la Inquisición que trabó a gigantes de la ciencia como Kepler, Galileo o Miguel Servet. A partir de los trabajos de Descartes, completamente racionalistas y precursores de la Ilustración, acompañados por los descubrimientos científicos de toda Europa (Newton, Leibniz, Pascal,...), las cosas van cambiando; la autoridad de la Iglesia sobre la ciencia ya no es tomada en serio y comienzan movimientos filosóficos y corrientes de pensamiento como el Racionalismo y el Empirismo, que dan como primer fruto la Ilustración francesa. Además, las riquezas traídas de las Indias habían creado en Europa una gran base de clase media burguesa entre la que nacieron tanto investigadores e inventores, como mecenas de aquellos, unos para mejorar sus propios negocios y otros como entretenimiento intelectual.

El descubrimiento de América abrió nuevas rutas comerciales que aportaron materias primas y alimentos hasta entonces desconocidos. La prosperidad económica de España en aquella época fue producto de la explotación masiva de los tesoros procedentes del nuevo mundo.

Durante los siglos XV, XVI y XVII se establecieron las bases científicas que permitieron desarrollar las teorías más diversas, surgió el prototipo de hombre renacentista, caracterizado por dominar las letras y las ciencias así como las técnicas necesarias para efectuar sus experiencias. Los principales factores que contribuyeron a dicha revolución fueron los siguientes:

- a) La divulgación de la numeración arábica, que proporcionó una capacidad operativa enormemente superior a la del sistema numérico romano.
- b) La invención de la imprenta, llevada a cabo por Gutenberg hacia el año 1453, que permitió un notable incremento de la cultura, ya que supuso el acercar el saber de la época a más personas.
- c) La laicización de la ciencia. Durante la Edad Media la ciencia había estado en manos del clero; en el Renacimiento, en cambio, la burguesía desarrolló una nueva metodología científica de carácter empírico, que impulsó a investigar el aspecto pragmático de las cosas con miras a la rentabilidad de los negocios.

- d) Los grandes viajes marítimos, que contribuyeron a mejorar la construcción naval y el perfeccionamiento de los instrumentos de navegación (la brújula, el timón de codaste, el astrolabio, el uso de velas, etc.).
- e) La preocupación de ciertos humanistas (Vives, Rabelais,...) por los oficios de los artesanos y agricultores.
- f) Los cálculos destinados a la búsqueda de precisión de los nuevos cañones, pues el aumento de su alcance imposibilitaba dirigir el tiro mediante la mera apreciación visual.
- g) La fusión entre la técnica y la ciencia. En este sentido, los científicos creaban la ciencia, y basándose en ella descubrían nuevos instrumentos técnicos, los cuales, a su vez, eran utilizados en la ciencia.

Entre algunos de los científicos más notables de aquella época se encuentra Copérnico que estableció que la Tierra y el resto de los planetas giran alrededor del Sol (teoría heliocéntrica), teoría que sirvió de base a Kepler para realizar sus cálculos astronómicos sobre los movimientos planetarios. Después, Galileo Galilei, notable físico y astrónomo inventa el telescopio (1619) con el que descubre los anillos de Saturno y los satélites de Júpiter, inventa el termómetro, el barómetro y el reloj de péndulo, analiza distintos métodos para calcular el centro de gravedad y realiza numerosos estudios sobre mecánica e hidrostática.

Tal vez uno de los científicos más notables fue Isaac Newton, físico, matemático y astrónomo inglés, que formuló la Ley de Gravitación Universal y fue el descubridor del cálculo diferencial. Igualmente, sus estudios en óptica permitieron perfeccionar el telescopio, analizar la naturaleza y los fenómenos de propagación de la luz, etc.

Torricelli inventó el barómetro y estudió la presión de los líquidos en reposo, lo que desembocó en la aparición del termómetro de mercurio, inventado por Fahrenheit. Malpighi inventó el microscopio, Huygens el péndulo cicloidal, Leibniz la máquina de calcular, etc.

Leonardo da Vinci fue uno de los hombres que mejor caracterizan el espíritu del Renacimiento, ya que dominó, como ningún otro personaje de la historia, las artes, las matemáticas, las ciencias naturales y las técnicas y disciplinas que hicieron de él uno de los pintores e ingenieros más notables. Estudió máquinas voladoras, la anatomía humana, realizó múltiples dibujos técnicos de inventos que jamás concluyó, adelantándose en algunas ocasiones varios siglos a su desarrollo (paracaídas, bicicleta, automóvil, etc.), y pintó cuadros tan bellos como la Gioconda o la Última cena.

Durante el Renacimiento se produce una progresiva sustitución del trabajo artesanal, por una mecanización gracias al desarrollo de máquinas herramientas como los tornos de roscar o los telares mecánicos. La relación entre los artesanos y los especialistas cambian, provocando nuevos enfoques en el diseño y construcción de objetos. La influencia de los gremios empieza a disminuir debido principalmente a dos factores:

- El conocimiento y la ejecución de objetos cotidianos está más al alcance de la población gracias a la difusión de los libros y máquinas domésticas.
- El trabajo en los talleres resulta más complicado porque los productos exigen más niveles de fabricación. Se estaba preparando un nuevo sistema de producción: la fábrica.

6. LA TECNOLOGÍA DESDE MEDIADOS DEL S. XVIII HASTA NUESTROS DÍAS

El concepto de Revolución Industrial se refiere al conjunto de transformaciones tecnológicas y económicas que, aplicadas a los procesos de producción, hicieron posible el paso de una economía basada en la agricultura a otra basada en la industria. En otras palabras, la Revolución Industrial consistió en la mecanización progresiva de los procesos de producción.

Los historiadores, atendiendo a las fuentes de energía más utilizadas, a las innovaciones tecnológicas más significativas y a las ramas de producción más relevantes, proponen dividir el proceso histórico de la Revolución Industrial en tres fases o etapas diferentes:

- a) **Primera Revolución Industrial.** Desde mediados del siglo XVIII hasta finales del XIX. Fue la revolución del vapor y el carbón. La energía generada por la máquina de vapor fue reemplazando progresivamente la energía animal y la hidráulica, sustituyendo el carbón a la madera como combustible básico. Los sectores de producción claves fueron el textil, primer motor de la Revolución Industrial, y el siderúrgico; el hierro y el acero fueron los materiales característicos de la época.
- b) **Segunda Revolución Industrial.** Desde finales del siglo XIX hasta la Segunda Guerra Mundial. Fue la revolución de la electricidad. Ésta y el petróleo aportaron la energía característica del periodo.

Asociadas a las nuevas energías, aparecen dos invenciones claves: la turbina y el motor de combustión interna. Si el liderazgo de la primera Revolución Industrial correspondió a Gran Bretaña, en esta segunda pasa a Estados Unidos. Los sectores básicos de producción fueron el de automoción, el aeronáutico, el petroquímico y el fuerte desarrollo de los medios de comunicación: radio, teléfono, cine,...

- c) **Tercera Revolución Industrial.** A partir de la Segunda Guerra Mundial, los países industrializados entran en una nueva fase de desarrollo, que algunos denominan la era de la electrónica. En el campo energético, la novedad más destacada fue la utilización de la energía atómica. Como consecuencia del fuerte crecimiento del sector servicios, que supera al industrial, la economía se terciariza, lo que ha llevado a algunos teóricos a hablar de sociedad postindustrial.

6.1. Primera Revolución Industrial

En la Gran Bretaña del siglo XVIII, foco originario de la revolución, la innovación estaba de moda, y esa predisposición favorable explica parcialmente el fuerte flujo de invenciones que podían ser adaptadas al proceso productivo.

Pero el verdadero motor del cambio tecnológico fue el mercado, es decir, la economía. Los inventos de la revolución industrial fueron ante todo respuesta a las demandas del mercado, aunque los efectos que generaron fueron de tal magnitud que está justificado que se les asigne (a los inventos) un papel fundamental.

Los inventores entraban en acción cuando las posibilidades de los métodos tradicionales se habían agotado y la exigencia de producir más y más barato se hacía acuciante. La mayoría de las

innovaciones tecnológicas nacieron del intento de hallar un complemento o un sustituto a alguna mercancía que por su escasez no estaba disponible al ritmo que exigía la expansión económica.

En los inicios de la Revolución Industrial, las primeras factorías industriales (las hilanderías de algodón) fueron movidas por ruedas hidráulicas, y sólo una generación después entró en escena el vapor. La **máquina de vapor** es la invención clave de la Revolución Industrial, sin ella el impulso de mecanización de los procesos productivos, iniciado con la energía hidráulica, se habría agotado. Fue invención del escocés James Watt. Nació íntimamente ligada al carbón, no sólo porque éste fue el combustible básico del que se alimentó, sino también porque el estímulo originario de su invención provino de las necesidades de las minas de carbón, las cuales iban siendo cada vez más explotadas por lo que exigían el ahondamiento de los pozos, para lo cual eran necesarias máquinas cada vez más potentes, capaces de bombear el agua de las minas. De esta necesidad vino el impulso para la construcción de las primeras máquinas de vapor.

La máquina de vapor no entró en acción hasta las décadas finales del siglo XVIII, y su ritmo de incorporación fue, al menos en algunas ramas de actividad, muy lento.

En la **industria textil**, y más concretamente en el sector algodonero, se generaron los primeros cambios tecnológicos revolucionarios, anteriores incluso a la máquina de vapor. La manufactura textil comprende varios procesos encadenados: hilado, tejido, blanqueo, tinte, etc. Las primeras innovaciones se hicieron en la hilatura, pues se pasó de necesitar 3 ó 4 hiladores para poder abastecer a un solo tejedor, a una relación hiladores / tejedores mucho mayor cuando en 1733 se incorporó la lanzadera volante de J. Kay a la elaboración de los tejidos.

Los protagonistas de esta revolución técnica del hilado fueron las máquinas ideadas por Hargreaves, Arkwright y Crompton. La mecanización de la hilatura revolucionó la producción de tal modo que con la *jenny*, hacia el año 1812, un solo hilador podía producir tanto hilo como antes doscientos.

El hierro. La industria siderúrgica también revolucionó su tecnología a finales del siglo XVIII, y la principal innovación consistió en sustituir el carbón vegetal (la madera era cada vez más escasa y cara) por carbón mineral (abundante y barato) en la obtención del hierro. El progreso de la siderurgia, más que en ahorro de mano de obra, se concretó en ahorro de materias primas, de combustible, etc.

El hierro barato multiplicó sus usos, sustituyendo a la madera, en la construcción de tuberías, en la construcción naval, en la arquitectura, y principalmente en el ferrocarril, cuya expansión no hubiera sido posible sin una siderurgia con gran capacidad de expansión.

El acero. Hacia 1850 la producción de hierro de buena calidad y a bajo precio estaba asegurada, pero no ocurría lo mismo con el acero. El ~~hierro~~^{acero} es muy superior al hierro forjado para muchos usos, pero el problema era fabricarlo barato. Esto se consiguió con el convertidor de Bessemer (1856); algunos años más tarde Martin y Siemens desarrollaron conjuntamente un procedimiento de hogar abierto, que a largo plazo resultó más rentable que el método Bessemer.

La revolución del **transporte** sólo podía proceder de la aplicación de la nueva energía, el vapor, a la tracción. El ferrocarril y el buque de vapor fueron los protagonistas de esta revolución.

El ferrocarril fue inventado por G. Stephenson cuando presentó en 1829 una locomotora, la "Rocket", capaz de alcanzar velocidades de 12 millas por hora. En 1930 se inauguró la primera línea entre Liverpool y Manchester, para el transporte del algodón.

El éxito, tanto en el transporte de viajeros como en el de mercancías, puso de manifiesto la necesidad acuciante de mejoras en el transporte terrestre. Inmediatamente los ferrocarriles se convirtieron en la espina dorsal del transporte interior. Su construcción estimuló poderosamente la demanda de carbón, hierro y acero, impulsando decisivamente el rápido crecimiento de estas industrias.

Respecto a la relación entre la ciencia y la tecnología, antes de la revolución industrial, toda la tecnología fue empírica, es decir, se fundaba en la experiencia y sin ninguna clase de intervención de la ciencia. Pero en el curso de la revolución industrial, la tecnología se fue haciendo progresivamente más científica, y desde finales del siglo XIX, la ciencia se convirtió en el factor dominante del cambio tecnológico.

A lo largo del siglo XIX las relaciones entre ciencia, tecnología e industria se determinan por tendencias de influencia recíproca y complementaria:

- a) De una parte, la comprensión y explicación científica de procesos industriales e invenciones técnicas (fabricación de hierro y acero, máquina de vapor) condujo a generaciones científicas que dieron origen a nuevas ramas de la ciencia. La invención técnica y la industria sirvieron de estímulo a la ciencia.
- b) De otra parte, los hallazgos científicos en algunos campos como la electricidad y la química impulsaron la creación de nuevas industrias: telégrafo, colorantes sintéticos...

Para explicar esto conviene analizar estas relaciones en tres campos significativos de actividad: la máquina de vapor, la electricidad y sus aplicaciones y la química industrial.

En los orígenes de la invención de la máquina de vapor están los conocimientos científicos sobre el vacío y la presión atmosférica desarrollados por Galileo, Torricelli y Boyle, entre otros. La máquina de vapor nació de la aplicación consciente de ideas científicas, y su inventor, Watt, estaba en contacto con científicos y conocía las investigaciones del médico y químico J. Black sobre el calor latente. Supuso el estímulo y el desafío que propició el nacimiento de la termodinámica, cuyo fundador fue S. Carnot, quien se propuso el objetivo de hacer máquinas más eficientes, sentando las bases fundamentales de la termodinámica.

La electricidad, conocida antes del siglo XIX, alcanzó en éste su mayor desarrollo teórico, convirtiéndose al final del mismo en parte esencial de la vida cotidiana. El inicio de la nueva era arranca del descubrimiento de la corriente eléctrica por Volta y Galvani (1800); ya en 1831, Davy, Oersted y Faraday habían descubierto todos los fenómenos que están en la base del telégrafo, la luz y la fuerza eléctrica, aunque su utilización práctica necesitó de más de cincuenta años.

Los tres campos de utilización de la electricidad fueron, en orden cronológico, la comunicación, el alumbrado y la fuerza eléctrica.

En el campo de la comunicación, la invención del telégrafo generó el impulso necesario para el desarrollo de la tecnología eléctrica.

En el campo del alumbrado, la producción de luz por medio de corriente eléctrica tenía que competir con el gas. El ingeniero belga Gramme logró construir generadores con un rendimiento económico rentable (basados en el generador magneto-eléctrico descubierto por Faraday) y en los años setenta, del siglo XIX, la luz eléctrica despertó el interés general; sólo faltaba la lámpara incandescente, que es desarrollada simultáneamente en la década de los ochenta por Swan en Inglaterra y Edison en EEUU.

En el campo de la fuerza eléctrica, la lámpara incandescente no sólo convirtió la electricidad en un bien de consumo, sino que dio un impulso decisivo a la industria del suministro eléctrico a partir de su invención; con el consumo asegurado, se realizaron rápidas mejoras en la generación, transmisión y distribución de la nueva energía. El motor eléctrico, como antes la máquina de vapor, abrió una nueva etapa al desarrollo industrial: la era de la electricidad.

Durante esta primera revolución industrial surgen cambios en los modos de producción, como la concentración del trabajo en las fábricas, el aumento en el empleo de máquinas especializadas, la división pormenorizada de tareas de trabajo y la elaboración masiva de productos en serie.

6.2. Segunda Revolución Industrial: La era de la electricidad

En las dos décadas finales del siglo XIX se abre paso una transformación profunda del proceso de industrialización, denominada segunda Revolución Industrial. En el campo de la energía, esta nueva etapa se caracteriza por el dominio de la electricidad, cuya aplicación general produce cambios revolucionarios tanto en la organización interna de la fábrica como en la situación y concentración de las industrias. El petróleo y sus derivados, utilizados en la generación de la propia electricidad y como combustibles del motor de explosión, son su complemento esencial. La turbina, el motor de explosión interna y el motor eléctrico fueron las invenciones clave.

La era de la electricidad aportó el empleo de materiales propios: nuevas aleaciones, metales más ligeros (entre los que destaca el aluminio y sus aleaciones), al tiempo que se crean compuestos sintéticos: caucho, celuloide, baquelita, resinas sintéticas... En este periodo, la ciencia conquista definitivamente un papel dominante en la industria, dejando de ser, en lo esencial, ciencia privada (desarrollada en los pequeños laboratorios del científico / inventor aislado), para convertirse en ciencia industrial, realizada esencialmente en los laboratorios de investigación de las grandes empresas por equipos de científicos e ingenieros y con inversiones cuantiosas.

Esta segunda revolución industrial se caracteriza por:

- a) La interdependencia entre ciencia y tecnología. Esto permite utilizar los conocimientos y principios científicos para construir con eficiencia.
- b) El aumento de la especialización. El mayor y mejor conocimiento sobre materias diversas y las nuevas ciencias de aplicación práctica conducen a un incremento de la especialización del trabajador.
- c) Un cambio de trascendental importancia fue la incorporación de tecnologías organizativas al proceso de trabajo; se pone en marcha la organización científica del trabajo.

Esta situación permitió un desarrollo tecnológico de carácter más comunitario donde distintas instituciones, fábricas, laboratorios de investigación, etc., coordinaban sus esfuerzos de investigación y formación de profesionales hacia un propósito común.

La economía liberal fue uno de los principios esenciales de la política de este periodo. Con la mecanización de la agricultura se produjo un excedente de mano de obra agrícola que pasa del campo a la ciudad. Todo esto produjo ciudades industriales donde las condiciones de vida de las clases proletarias eran casi inhumanas y que se convirtieron en el caldo de cultivo de una etapa de revoluciones sociales.

La forma de energía que se impuso durante este periodo fue la electricidad, la cual tiene muchas ventajas; puede generarse a partir de un gran número de fuentes (combustibles fósiles, energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica, de las mareas) y es convertible en varios usos: trabajo mecánico (motor), alumbrado (lámpara), calefacción (radiador), exploración y penetración (rayos X y ultravioleta).

El motor eléctrico es responsable de transformar la energía eléctrica en trabajo. Fue obra del croata N. Tesla y su impacto en la industria fue enorme, pues permitió, entre otras cosas, suprimir las largas correas de transmisión movidas por el vapor e individualizar los procesos y ritmos de cada sección de la fábrica.

El motor de combustión interna fue diseñado y construido por el ingeniero alemán Otto en 1876. Otro inventor alemán, Rudolf Diesel, ideó en 1897 un motor alimentado por un combustible más pesado y menos inflamable que la gasolina, que prendía por compresión. El motor Diesel, que era de mayor tamaño y más pesado, mostrando su utilidad en los vehículos de transporte pesado (camiones, autobuses, locomotoras, barcos).

El automóvil fue desarrollado originariamente por los franceses, pero el liderazgo del sector pasó rápidamente a Norteamérica, que gozaba de condiciones favorables: elevado nivel de vida, población numerosa y combustible abundante. El nombre más representativo de este despegue del automóvil fue Henry Ford. Su aguda visión del mercado le llevó a idear la cadena de montaje en 1913, capaz de producir coches para un amplio mercado y a un precio asequible.

En el ámbito de la aeronáutica, tras los primeros aeroplanos contruidos y diseñados por los hermanos Wright (1903) y el francés Bleuriot (1909), la Primera Guerra Mundial tuvo una influencia decisiva en el desarrollo de la aviación. En los años inmediatos a la Segunda Guerra Mundial se desarrolló el motor a reacción, que estaba destinado a revolucionar la aeronáutica.

En este periodo, un rasgo nuevo de la ciencia consistió en acortar el plazo transcurrido entre el descubrimiento científico y su aplicación tecnológica. La bomba atómica fue construida en 1945, apenas siete años después de haberse logrado la fisión nuclear, que es su fundamento científico, así como el fundamento de la energía nuclear.

La ciencia del siglo XX no sólo alcanza en mayor número y profundidad los procesos industriales, sino que penetra ampliamente en la vida cotidiana; la radio, la televisión, los detergentes, las fibras sintéticas, la más variada gama de electrodomésticos, son una pequeña muestra de esta realidad.

En la medicina moderna, la innovación más conocida fue la de la penicilina, descubierta por Fleming en 1928, que desempeñó una función fundamental en el combate contra las infecciones, iniciándose de este modo la revolución médica del siglo XX, que se apoya en dos productos fundamentales: los antibióticos y la quimioterapia.

Respecto al sector de las comunicaciones, la radio y la televisión, la fotografía y la cinematografía, supusieron una revolución del sector más profunda que la impulsada por el telégrafo y el teléfono. La radio se atribuye al italiano Marconi, que en 1901 logró enviar señales desde el sudoeste de Inglaterra a Terranova, a 4.000 km de distancia. La televisión es un invento derivado de los rayos catódicos, empezando a desarrollarse en 1911, pero no entraría en los hogares hasta después de la Segunda Guerra Mundial.

6.3. Tercera Revolución Industrial

Después de la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo tecnológico e industrial entra en una nueva fase; esta tercera revolución ha recibido varios nombres: era electrónica, era espacial, era biotecnológica o era informática.

En esta nueva etapa, los vínculos e interdependencias de la ciencia y la tecnología se han hecho tan estrechos que resulta muy difícil separarlos, hasta el punto que esta etapa se conoce con el nombre de revolución científico-tecnológica. Se está generando un proceso de cambio progresivamente acelerado que afecta a todas las esferas de la vida; es prácticamente imposible pensar en un sector de la actividad social que no se haya visto afectado, directa o indirectamente, por los avances de esta revolución.

En el campo de la energía, la novedad más relevante ha sido la utilización de la energía nuclear a partir de los años cincuenta para fines comerciales. En 1954, la Unión Soviética construyó y puso en funcionamiento el primer reactor nuclear para la producción de energía eléctrica. Aunque ofrece indudables ventajas económicas, la energía nuclear tiene el inconveniente de su peligrosidad y contaminación. Por otro lado, el riesgo de agotamiento de los combustibles fósiles ha dado lugar a la búsqueda y explotación de energías renovables (hidráulica, eólica, solar, maremotriz, geotérmica,...).

La biotecnología comenzó cuando en 1973 Cohen y Boyer iniciaron el camino de la ingeniería genética; por primera vez se pasó del conocimiento de la química fundamental de la molécula de ADN a su modificación.

La biotecnología posee posibilidades de aplicación ilimitadas: en agricultura (producción de frutos, verduras, legumbres, etc., genéticamente manipulados, más productivos, de mejor calidad, más resistentes a las plagas,...; en ganadería (animales transgénicos, adaptados a nuevos hábitats, productores de carne de mejor calidad,...).

En el campo de aplicación a las personas, la biogenética suscita numerosas esperanzas y temores. Con el proyecto "genoma humano" se ha conseguido ~~secuenciar~~ secuenciar el genoma humano (secuencia de genes en la cadena de ADN) y sus aplicaciones y posibilidades han dado lugar a debates de carácter ético, social y legal.

La exploración espacial también ha sido uno de los grandes logros de esta etapa. Desde el lanzamiento del primer satélite artificial, Sputnik I, en 1957, no cesa de sorprendernos con sus logros. El logro más relevante ha sido la llegada del hombre a la luna en 1969. La carrera espacial ha tenido aplicaciones de gran valor; por ejemplo, algunos satélites artificiales prestan importantes servicios en meteorología, navegación y en el mundo de las comunicaciones, permitiendo transmitir mensajes telefónicos y emisiones de televisión entre continentes. El primer satélite de comunicaciones, el Teslar, fue puesto en órbita en 1962.

La ciencia de los materiales está llamada a resolver grandes problemas del desarrollo tecnológico actual. Así, aparecen las fibras ópticas para conducir la energía eléctrica; las energías alternativas de fisión y fusión nuclear dependen de nuevos materiales; los nuevos materiales empleados en aviones y cohetes suponen una reducción de peso en su estructura; las cerámicas son materiales no metálicos que poseen gran resistencia al calor y al ataque químico y pueden tener gran utilidad en la construcción de motores, etc.

El campo de las telecomunicaciones ha tenido un desarrollo espectacular. Generando sectores industriales de primera magnitud por su importancia social y económica. La fotografía, el vídeo y la informática han alcanzado en la actualidad el último rincón de cualquier hogar de los países industrializados. La televisión se ha impuesto como medio de comunicación y actualmente es un elemento de interés cotidiano en el hogar.

Todos estos avances se deben al desarrollo de la **electrónica** destacando la utilización de los semiconductores con los que se han conseguido dispositivos de menor tamaño y dimensiones, más ligeros, más fiables y precisos. El primer ordenador, Colossus I (1943), estaba formado por muchas válvulas termoiónicas y metros de cable. Con la aparición del transistor (1948), uno de los mayores inventos de la electrónica, y con el chip (circuitos integrados) a principios de los sesenta, se consiguió la miniaturización de los dispositivos electrónicos, y con ello, ordenadores e informática al alcance de todos.

Un campo relacionado con la informática, pero cuya repercusión está siendo tan importante que puede provocar otra revolución en el desarrollo científico-tecnológico, es **Internet**. La red de redes, conocida como autopistas de la comunicación, pone al servicio del ciudadano, el acceso a cualquier base de datos por alejada que esté, llevando la intercomunicación a todos los niveles a extremos difícilmente imaginables hace unos años.

Las repercusiones sociales de estos avances son muy significativas: se han producido los mayores contrastes de la historia, entre pueblos desarrollados y los que se han quedado estancados. Este contraste es mayor debido a que todos hemos podido ver en directo la situación en países del centro de África o de América Central y Sur, en los que existe una situación de verdadera penuria y atraso de siglos.

Algunos de los adelantos de la tecnología moderna han dejado una estela de inconvenientes, entre ellos la alteración de la vida comunitaria, el ruido, contaminación, impacto medioambiental, ... Pero la ciencia y la tecnología pueden idear procedimientos para reducirlos, e incluso eliminarlos, este es un nuevo campo que se estudia actualmente y se seguirá estudiando en el futuro.

Como conclusión, en este tema se ha dado una visión general del proceso de desarrollo científico y técnico a lo largo de la historia, su contexto social y logros característicos. Se terminará el tema con tres últimas reflexiones:

- Los materiales, máquinas, sistemas y productos que disfrutamos en la actualidad son resultado de milenios de experimentos e invenciones.
- La ciencia y la tecnología son fruto de la curiosidad, del deseo de comprender y de aumentar sus conocimientos, inherentes a la propia naturaleza humana y nacen para estar al servicio del hombre dándole soluciones a sus problemas y deseos.
- El ansia de saber más seguirá siendo más intensa, y las técnicas creciendo constantemente en extensión y complejidad.