

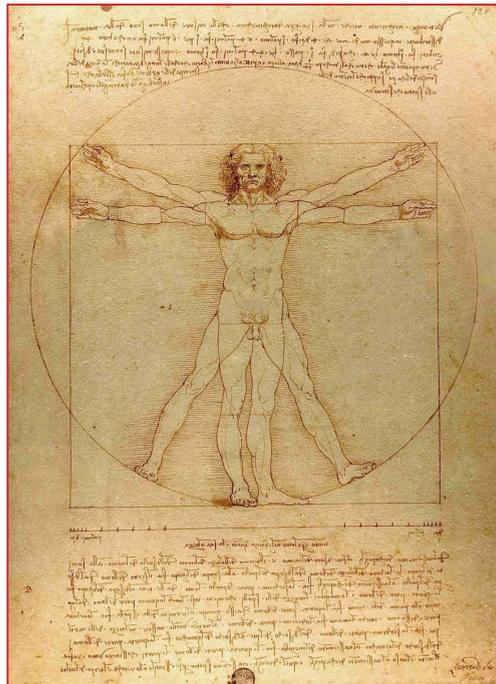




Joaquín del Castillo Folache

LA ESTÉTICA DEL TALENTO

UNA HISTORIA DEL INGENIO HUMANO



Libro del Ingeniero 2016

eldu

Aiim
ASOCIACION DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID

© Joaquín del Castillo Folache
© Ibersaf Editores
© Diseño e impresión:
Ibersaf Industrial, S.L.

Depósito Legal: M-1779-2017

Portada: El Hombre de Vitruvio. Dibujo de Leonardo da Vinci (1490)

El pintor renacentista, con dos imágenes superpuestas, inscritas en un círculo y un cuadrado, como patrones geométricos del orden cósmico, establece el canon de las proporciones del cuerpo humano, como modelo de armonía y belleza, a partir del tratado de Arquitectura compuesto por Marco Vitruvio, arquitecto de Julio Cesar (Siglo I, a. C.)

A todos nuestros compañeros, Ingenieros Industriales,
que dedicaron su esfuerzo y su ingenio para contribuir
al desarrollo industrial de España.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
I.- EL MISTERIO DEL UNIVERSO	21
Las leyes del cosmos	21
II.- LA LARGA MARCHA DEL HOMO SAPIENS	33
III.- LA INVENCION EN LAS CIVILIZACIONES ANTIGUAS..	35
IV.- GRECIA Y ROMA	41
V.- LA EDAD MEDIA	47
Las grandes invenciones	49
Las catedrales	51
Las universidades	52
La navegacion	52
VI.-LA EDAD MODERNA Y EL RENACIMIENTO	55
El cuatrocento italiano (1400)	55
La expansion de la imprenta	58
Los descubrimientos geograficos	60
VII.-LA REVOLUCION CIENTIFICA DEL SIGLO XVII	63

8	VIII.-EL SIGLO DE LAS LUCES	67
	IX.- LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	71
	La máquina de vapor	71
	La industria textil	72
	El vapor en la navegación	73
	Caminos de hierro	75
	X.- EL PRODIGIOSO SIGLO XIX	77
	La magia de la electricidad: ¡ y se hizo la luz!	77
	Duelo de titanes: Edison versus Tesla	79
	La era de la técnica	81
	Las expediciones científicas	84
	Las investigaciones de laboratorio	87
	XI.- EL PROBLEMÁTICO SIGLO XX	89
	La locura europea	90
	La vida cotidiana en la posguerra	93
	Los avances de la medicina	96
	La carrera del espacio	99
	El fabuloso mundo de la electrónica	101
	Partículas elementales	105
	XII.- EN LOS ALBORES DEL FUTURO	107
	El fuego de los dioses	109
	Industria 4.0	110
	¿Más allá de lo razonable?	111
	Inteligencia artificial	111
	Tecnología genética	112
	Medicina tecnológica	113
	Colonización del espacio	113
	BIBLIOGRAFÍA	115

Durante los primeros años del pasado siglo XX, recibimos en España la visita de dos grandes personajes de las ciencias, ambos galardonados con el Premio Nobel: Madame Curie y Albert Einstein. La primera después ganaría, también el Nobel de Química.

De las crónicas de la época se llega a intuir que a pesar de los llenazos en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y el Ateneo, muy pocos entendieron lo que los ilustres visitantes decían. Es anecdótica la viñeta que sobre Einstein se publicó en el diario “La Época”:

“Una curvilínea madrileña pasea por la calle, luciendo su palmito, mientras un paisano explica a otro que Einstein ha dicho que en el universo no existen rectas, solo curvas, a lo que el otro paisano, con los ojos puestos en la hermosa madrileña exclama: ¡Viva Einstein!

En la conferencia que dio el Nobel de Física en el Ateneo, invitado por Rey Pastor y Esteban Terradas, poco más lo entendieron, Ortega y Gasset, entre otros. Aunque desde su particular punto de vista.

En el caso de Curie, reciente Nobel de Química, que dio una conferencia en Madrid, mayo del 33. A la que Ortega, contestó en la Universidad Internacional de Verano de Santander, de ese mismo año, dictando el curso “Meditación de la Técnica”, que empieza diciendo:

“Señores: sin la técnica el hombre no existiría nunca. Así, ni más ni menos porque a diferencia de los animales, cuando no encuentra en la naturaleza (su circunstancias) lo que necesita, lo produce”.

Tienes en tus manos, querido amigo, un buen libro, “La Estética del Talento”, en el que nos reencontramos con personajes, ideas y situaciones, (circunstancias) que habíamos en ocasiones aparcado en nuestro diario ir y venir.

Y gracias a la “Estética del Talento”, vuelven a estar presentes en nuestra circunstancia vital.

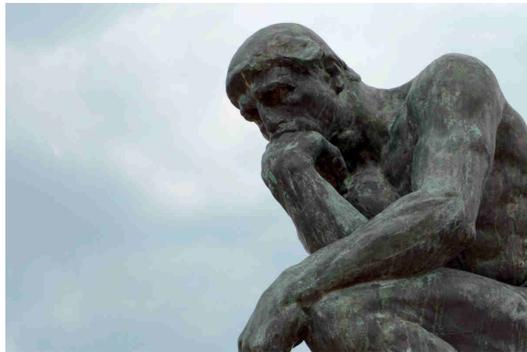
Se pregunta el autor al final de su obra. ¿Quién será el genio que empuñará la batuta para dirigir la orquesta que interpretará la novísima Sinfonía del Nuevo Mundo?

10

Aquí lo tenemos bastante claro: ¡Un ingeniero o tal vez una ingeniero!, nacido o nacida en la Bética, por aquello de ser descendientes de Trajano, el hombre más intuitivo, justo y eficaz de todos los emperadores romanos. El mejor emperador de todos los tiempos. Con el que también te encontraras en este libro.

Que su lectura te sea grata y hasta la próxima.

ELDU.



Rodin, El Pensador

“Cogito, ergo sum” Pienso, por lo tanto existo
(Renato Descartes, El Discurso del Método)

INTRODUCCIÓN

La incógnita del hombre es un enigma dentro de un misterio, el misterio del universo. El Big Bang dio origen al cosmos, la aparición de las galaxias, el sistema planetario y la formación de una maravilla: el planeta Tierra, donde era posible la vida y por eso se convertiría en el hogar de la humanidad. El hombre es un ser racional, consciente de su propio yo y de la realidad del mundo. Es la única criatura capaz de razonar y de imaginar. Construye un pensamiento firmemente asentado en el logos y genera ideas, es decir: es creativo.

El ingenio humano se manifiesta en la especulación teórica (filosofía), en la creación científica (ciencia pura) y en la aplicación tecnológica (ingeniería). Es decir:

Desde la más remota antigüedad los humanos se han hecho preguntas inquietantes que no tienen respuesta: ¿Cuál es el origen del mundo? ¿Por qué existimos? ¿Qué sentido tiene la vida? ¿Hay algo después de la muerte? A estas y otras muchas cuestiones han tratado de responder los pensadores, los filósofos, los hombres de ciencia. No se trata de entrar aquí en semejante terreno pantanoso, las bibliotecas están llenas de tesis, tratados, opúsculos, teorías y consideraciones, formuladas por los más notables talentos de la historia. Nuestro empeño es más modesto, nos proponemos rastrear el largo camino recorrido por el hombre desde que fue capaz de pensar (*homo sapiens*) hasta nuestros días, y consignar sus progresos.

Es portentoso el avance conseguido por el hombre desde que arrojó la primera jabalina para cazar un animal salvaje, hasta el lanzamiento al espacio exterior de una nave tripulada capaz de llegar a la Luna; desde la comunicación a distancia mediante una columna de humo, o por medio del *tantán*, hasta el teléfono móvil; desde la orientación de los navegantes con las estrellas, hasta el GPS; o, en otro orden de ideas, desde las pinturas rupestres, hasta la Capilla Sixtina.

La humanidad ha logrado un gran progreso social, económico y cultural. Sin embargo, el bienestar alcanzado no se reparte homogéneamente en todas las naciones, antes bien, las altas cotas conseguidas en el llamado primer mundo se escapan a las aspiraciones de los países subdesarrollados. No obstante, el balance histórico de la humanidad es asombrosamente positivo. La aceleración del progreso en los últimos años abre posibilidades inimaginables. Confiemos en que el entendimiento entre los pueblos haga posible un mundo en paz y en armonía.

Nos proponemos poner en evidencia que cualquier paso dado por el hombre, por pequeño que sea, ha supuesto un esfuerzo mental, un aprendizaje, una acumulación de habilidades de los miembros del grupo, paso que se han ido consolidando con el tiempo. Hasta el punto que resulta muy difícil identificar la autoría, la fecha exacta en que se produjo, como el lugar preciso donde apareció, probablemente en varios a la vez. Puede decirse que los avances logrados por aportaciones sucesivas de habilidades, muchas veces anónimas, son patrimonio de la humanidad.

El saber es oro. Pero el conocimiento en la antigüedad, y aún en épocas no tan lejanas, era minoritario, no obstante se ha transmitido de

generación en generación, en un proceso histórico de acumulación. En las bibliotecas, en las Escuelas creadas junto algún genio, en las Abadías medievales y, más tarde, en las Universidades y en las Instituciones científicas se acumuló y se transmitió el conocimiento.

Ingenio es la habilidad o talento para inventar cosas; dispositivos o aparatos con que se facilita algo; capacidad para encontrar medios para resolver dificultades. Cervantes tituló su famosa novela, *El Ingenioso Hidalgo Don Quijote de la Mancha*, tal vez porque el Caballero de la Triste Figura tenía la habilidad para deshacer entuertos y salir airoso de sus aventuras, amén de saber preparar el *Bálsamo de Fierabrás*.

Ingeniero es persona que discurre algo con ingenio. Ingeniería es la actividad de construir máquinas y hacerlas funcionar, así como la aplicación del conjunto de conocimientos científicos y de actividades regidas por ellos, encaminadas al aprovechamiento de los recursos de la naturaleza.



La Escuela de Atenas

El progreso técnico se basa siempre en una invención, en una idea que aparece en la mente de ciertas personas como un chispazo, una intuición. Siempre hubo gente extraordinaria capaz de pensar algo nuevo; muchas veces varias personas a la vez, en diferentes sitios, sin tener

14 contacto entre sí, se proponen llevar a cabo la misma idea: Marconi y Tesla las ondas hercianas, Darwin y Wallace la evolución de las especies, los ejemplos son múltiples.

Desde la más remota antigüedad ha brillado el talento, el ingenio, la idea innovadora, la habilidad para construir mecanismos, la capacidad para resolver problemas cotidianos de la vida del hombre. Asimismo, hay una pléyade de pensadores, filósofos, matemáticos, científicos que han ido aportando su contribución al patrimonio intangible de la humanidad.

La cultura occidental, a la que pertenecemos, se fundamenta en la contribución de los pensadores griegos, a los conocimientos científicos de los egipcios (geometría, útil para construir pirámides, y cálculos matemáticos para medir terrenos) y de los caldeos (astronomía). La cultura helenística aportó la filosofía: una creación del genio griego. Según Pitágoras a los juegos olímpicos asistían tres tipos de personas: los que esperaban honor y gloria, los que buscaban riquezas y los que observaban el espectáculo y meditaban sobre la verdad de las cosas, estos eran los filósofos.

La filosofía es el estudio racional de la condición humana: la existencia, el ser, el conocimiento, las ideas, la belleza, la moral.

Una gran síntesis de culturas, así como una alegoría del espíritu del Renacimiento en la búsqueda de la verdad, metáfora de la filosofía, es el fresco de Rafael Sanzio titulado *La Escuela de Atenas*.

En la *Sala de la Signatura* del Vaticano, en la que el Papa Julio II firmaba los decretos pontificios, Rafael Sanzio, pintor del Renacimiento, realizó en 1510 un fresco monumental en el que se retratan a los sabios de Grecia, reunidos imaginariamente, en el templo del saber, como homenaje a las raíces de la cultura occidental. Allí está, en el centro de la escena, Platón debatiendo con Aristóteles, flanqueado por las estatuas de Apolo, dios de la razón, y Atenea, diosa de la sabiduría. A su alrededor, colocados en una escalinata, componiendo un conjunto estético en una portentosa perspectiva, los sabios de Grecia. El homenaje de un pintor del Renacimiento a los cimientos helenísticos de la cultura, se completa utilizando el rostro de personajes de su época para dar vida a los venerables griegos: Platón aparece con la efigie de Leonardo da Vinci, Heráclito con la de Miguel Ángel, Euclides con la de Bramante y el propio Rafael se autorretrata al lado de Ptolomeo y de Estrabón.

El fresco no recoge a todos los filósofos presocráticos, así, entre otros, falta **Tales de Mileto** (625-547 a.C.), iniciador de la especulación científica y del pensamiento deductivo aplicado a la geometría, dando



el paso del mito al logos. Tampoco está **Anaxímenes** (590-534 a.C.) que consideraba al aire como principio fundamental.

En el debate sobre la búsqueda de la verdad se implican los dos grandes filósofos clásicos. **Platón** (427-347 a.C.) señala al cielo con su dedo índice, simbolizando el idealismo racionalista de su pensamiento, mientras sostiene el *Timeo*, el tratado que contiene escritos sobre el origen del cosmos, la estructura de la materia y sobre la naturaleza humana. Fundador de la Academia en Atenas, fue discípulo de Sócrates y maestro de Aristóteles. Expuso su pensamiento en sus Diálogos; con la alegoría de la caverna formuló su teoría sobre las ideas: distinguiendo el mundo sensible (lo que parece) del mundo inteligible (lo que realmente es).

Por su parte **Aristóteles** (384-322 a.C.) tiende su brazo hacia delante con la palma de la mano vuelta hacia el suelo, en referencia a su realismo sustancial. Por otra parte sujeta su *Ética* a Nicómaco. Aristóteles es el más grande filósofo de la antigüedad, su obra comprende: metafísica, lógica, ética, ciencia y estética.

Formuló las nociones de categoría, sustancia, acto y potencia. Se le considera el padre de la lógica y de la biología. La noción central de su sistema lógico deductivo es el silogismo: discurso en el cual, establecidas ciertas premisas, resultan necesariamente de ellas una conclusión.

Su autoridad se mantuvo durante siglos, especialmente con la concepción geocéntrica del universo, reforzada años después por los trabajos de Ptolomeo. El paradigma se mantuvo hasta los trabajos de Copérnico, a pesar de que en el S.II a. C. Aristarco, estudiando el tamaño y la distancia del sol, así como el movimiento errático de Venus y de Marte, formuló, por vez primera, la teoría heliocéntrica. Sus escritos se perdieron con el incendio de la Biblioteca de Alejandría, pero hay referencias de ellos en Plutarco y Arquímedes.

Su autoridad se mantuvo durante siglos, especialmente con la concepción geocéntrica del universo, reforzada años después por los trabajos de Ptolomeo. El paradigma se mantuvo hasta los trabajos de Copérnico, a pesar de que en el S.II a. C. Aristarco, estudiando el tamaño y la distancia del sol, así como el movimiento errático de Venus y de Marte, formuló, por vez primera, la teoría heliocéntrica. Sus escritos se perdieron con el incendio de la Biblioteca de Alejandría, pero hay referencias de ellos en Plutarco y Arquímedes.



En la escalinata, sentado junto a un gran bloque de mármol, está **Heraclito de Éfeso** (535-484 a.C.) con los rasgos de Miguel Ángel, escribiendo un soneto. Es el homenaje de Rafael al genial autor de los frescos en la



matemática de la historia. Perfeccionó el astrolabio, instrumento útil para establecer la posición de las estrellas en el firmamento.

Parménides de Elea, Magna Grecia (530-470 a.C.) introduce el concepto de la metafísica con el escrito sobre *La vía de la verdad*: “lo que es” o “ente” y *La vía de la opinión de los mortales*: los astros, la geografía y el origen del hombre.

Anaximandro de Mileto (610-547 a.C.) filósofo y geógrafo, estudió los solsticios y los equinoccios por medio de un gnomon o estilo inclinado, con un ángulo igual a la latitud del lugar; la sombra se proyecta sobre una escala graduada para medir el paso del tiempo.

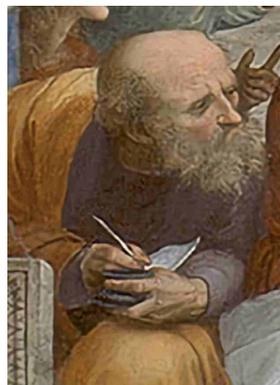
Perteneció a la Escuela de los presocráticos; sostenía que el *arjé* (fuente, principio u origen) era lo indeterminado, aquello que carece de límites. Demócrito argumentó la existencia de los átomos como partículas indivisibles.

Sócrates (470-399 a.C.) es el primer gran filósofo ateniense; aparece debatiendo con unos jóvenes discípulos, Platón había sido uno de ellos. No dejó escritos pero su pensamiento fue recogido en los Diálogos de Platón. Hizo dos grandes aportaciones: el argumento inductivo y la teoría de la definición general.

De aspecto poco atractivo y desaliñado, poseía una gran oratoria llena de ironía que quedó plasmada en su célebre frase “solo se que no se

bóveda de la Capilla Sixtina. El filósofo consideraba que el fundamento de todo está en el cambio (todo fluye) y en el contraste de los opuestos.

Hipatia de Alejandría (355-415 a.C.) hija del astrónomo Teón, vestida de blanco, aparece con el rostro de Margherita Luti; es la primera mujer



nada”, así como en el ruego a su amigo Critón, tras ser condenado a muerte, al beber la cicuta: “recuerda que debemos un gallo a Asclepio”. Se refería al dios que patrocinaba las plantas medicinales y que incluía también la mortal cicuta.

Diógenes de Sinope (412-323 a.C.) está inclinado sobre los peldaños de la escalinata, vestido pobremente. Pertenecía a la escuela cínica, por lo que adoptaba una actitud crítica respecto a los males de la sociedad, mediante sátiras y diatribas. Practicaba una vida frugal, simple y acorde con la naturaleza. Consideraba que es libre y feliz el que no se crea necesidades. Se hizo célebre con su linterna, recorriendo las calles inútilmente, en busca del hombre (el hombre honrado).

Vivía en una tinaja. En una ocasión lo visitó Alejandro Magno, que le preguntó si quería algo. Diógenes le rogó que se apartara porque le estaba tapando el sol.



Epicuro de Samos (341-270 a.C.) con una corona de pámpanos, lee un libro frente a Zenón de Citio. Perteneció a la escuela del hedonismo racional. Fundó en Atenas *El Jardín*, un grato lugar de encuentro intelectual. La doctrina epicúrea consiste en la búsqueda del placer de manera inteligente. Por otra parte considera que la naturaleza está regida por el azar, entendido como ausencia de causalidad. La filosofía epicúrea afirmaba que el conocimiento debe ser un instrumento al servicio de la felicidad. La *Paradoja de Epicuro* plantea el problema del mal, como la dificultad de reconciliar la existencia del sufrimiento y una deidad omnisciente.

Pitágoras de Samos (569-475 a.C.) está absorto en la lectura, frente a un alumno que muestra en una pizarra el triángulo ideado por el maestro, que representa la creación universal. Viajó por Mesopotamia y Egipto donde se inició en las matemáticas; fundó en Crotona una escuela filosófica y religiosa: la hermandad de los pitagóricos. Fue el más



notable matemático de su época: descubrió las relaciones aritméticas de la escala musical, formuló la demostración formal del Teorema que lleva su nombre, aportó los conceptos de número irracional y número fraccionario, así como proporciones y razones. Los pitagóricos tenían una cosmovisión basada en los números.

Con el rostro del arquitecto **Bramante** aparece un personaje, manejando un compás, que puede ser Euclides o tal vez Arquímedes. **Euclides** (325-265 a.C.) es considerado el padre de la geometría. Su famoso tratado, *Los Elementos*, es un modelo de recopilación sistemática de los conocimientos de geometría, a los que añade, con un método deductivo, sus teoremas sobre las propiedades de las formas geométricas regulares, así como el algoritmo del máximo común divisor.



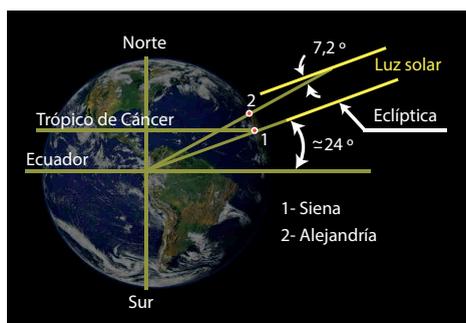
Arquímedes de Siracusa (287-212 a.C.) fue un gran científico que nos legó importantes invenciones: *la espiral aritmética*, empleada en los compresores rotativos, *la catapulta*, arma de asedio, *el tornillo sin fin*, (helicoidal) máquina gravimétrica para elevar líquidos y sólidos, y sobre todo el *principio* del empuje hidrostático.

Claudio Ptolomeo (90-170 d.C.) de espaldas, mantiene un globo terráqueo entre sus manos. Es el autor del *Almagesto*, el libro grande de la Astronomía. Elaboró un modelo geométrico que permitía predecir las posiciones de los astros, así como los eclipses. Catalogó las estrellas (brillo y magnitud) A pesar de las ideas de Aristarco (310-230 a.C.) que fue el primero en proponer el heliocentrismo, sostuvo la tradición aristotélica del geocentrismo que fue válida hasta el S.XVI.

Frente a él, un personaje sostiene la bóveda celeste. Puede ser **Estrabón** (64 a.C.-24 d.C.) gran viajero y geógrafo, al que se debe el primer *mapamundi*. Pero tal vez sea *Zoroastro*, profeta y fundador de una religión monoteísta que se estableció en el actual Afganistán.

La Civilización Occidental hunde sus raíces en la cultura greco-latina, se nutre de la tradición judeo-cristiana, recibe el impulso de la Ilustración, desarrolla la Revolución Industrial y eclosiona con la cibernética y la exploración del espacio exterior. Es el gran Patrimonio de la Humanidad.

Desde la aparición del *homo sapiens* (hace 150.000 años) hasta nuestros días, el hombre ha recorrido un largo y penoso camino. Sus logros son fruto de un sinfín de esfuerzos compartidos, en los que siempre



La Teoría General de la Relatividad

no llegará al cielo, pero es la metáfora de la capacidad del hombre.

Una muestra del ingenio humano fue el sencillo método que utilizó Eratóstenes de Alejandría, en el Siglo III a.C., para calcular el tamaño de la Tierra. Al mediodía del solsticio de verano penetraban los rayos del sol, perpendiculares al centro de la Tierra, en un pozo situado en Siena (actual Asuán). En ese momento, en Alejandría, la sombra de una varilla, perpendicular al suelo, formaba un ángulo de $7^{\circ},2$. Dicho ángulo correspondía al arco de circunferencia entre ambas ciudades. Conociendo la distancia entre Siena y Alejandría, entonces medida en 5.000 *estadios*, dedujo que el perímetro de la tierra era de 250.000 *estadios*. Como el *estadio egipcio* equivale a 157,2 m. se obtiene el resultado de 39.614 km. prodigiosamente aproximado al tamaño real, con un error de 1%.

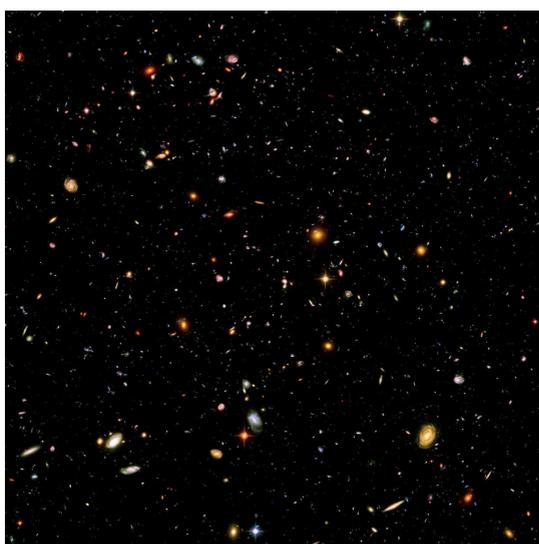


Imagen del Cosmos (NASA, Telescopio Hubble)

destacan la inteligencia, la intuición, la creatividad, el ingenio humano. El progreso se puede visualizar como una gran escalera que se ha ido construyendo poco a poco, peldaño tras peldaño, donde cada uno se apoya en el anterior, con descansillos necesarios para reconsiderar lo construido. Ciertamente la escale-

El ingenio de Eratóstenes brilló también cuando fue capaz de calcular la inclinación del plano de la eclíptica, en el que orbita el sol en su movimiento aparente, y el plano ecuatorial de la Tierra. Obtuvo como resultado 24° . Realmente es de $23^{\circ} 27''$. La intersección de los dos planos se produce en dos puntos: el punto vernal Aries, equinoccio de primavera y el punto Libra, equinoccio de otoño.



I.- EL MISTERIO DEL UNIVERSO

Las leyes del cosmos

En los albores del siglo XXI, el estado de la técnica, en el campo de la Astrofísica, nos permite arrojar luz sobre cuestiones que preocuparon a nuestros antepasados respecto a la concepción del cosmos. Desde principios del siglo XX, eminentes científicos han aportado teorías, formulaciones matemáticas y observaciones experimentales que han conformado una concepción científica del Universo.

Se ha datado su edad: 13.700 millones de años. Se ha sugerido su origen: una gran explosión a partir de un núcleo de densidad infinita en el que estaba concentrada toda la materia y toda la energía del universo. Se ha determinado el modo de formación de los planetas, de las nebulosas de estrellas y de las galaxias. El Universo es cognoscible y coherente, y obedece a las leyes de la naturaleza, descubiertas por el hombre: la fuerza de la **gravidad** (atracción de masas); la fuerza **electromagnética**, inmensamente más potente que la gravitatoria (actúa sobre la materia con carga eléctrica (+) o (-), con atracción si es de del mismo signo y repulsión si del contrario. Es responsable de la impenetrabilidad de los cuerpos y nos facilita la percepción de los objetos; la fuerza **nuclear fuerte**, 137 veces más grande que la electromagnética, (mantiene unidos los protones, partículas con carga (+), que se repelerían, y forman los átomos de los elementos), es responsable de la concentración de la materia; y la fuerza **nuclear débil** (interacción en el núcleo de partículas fundamentales que convierte unas partículas en otras). Los protones (+) se descomponen en partículas sin carga, emitiendo positrones y también neutrinos. Es responsable de la desintegración radioactiva.

Como reza en una placa de la Abadía de Westminster, Isaac **Newton** (1642-1727) fue el primero que describió los movimientos y las orbitas de los planetas, las trayectorias de los cometas y las mareas de los océanos. Su obra, *Principia matemática*, contiene la formulación de las famosas leyes de la gravitación universal.

James Clerk **Maxwell** (1831-1879) enunció la teoría del campo electromagnético, formulando un conjunto de ecuaciones que describen por completo todos los fenómenos de la electricidad y el magnetismo, unificándolos en un solo campo, y justificando los resultados experimentales de otros físicos, como Coulomb, Gauss, y Faraday.

Las llamadas fuerzas nucleares se identifican en el campo de la física atómica, cuyo extraordinario desarrollo ha permitido conseguir la fisión nuclear controlada. La aplicación fundamental ha sido la construcción de centrales eléctricas basadas en un reactor nuclear. que utiliza uranio enriquecido como combustible. Por otra parte la investigación militar ha utilizado la energía de fisión para construir armas nucleares de enorme potencia destructiva.

Del mismo modo, la ruptura de la fuerza nuclear fuerte, mediante el choque de dos átomos de isótopos de hidrógeno (deuterio y tritio) genera una gigantesca energía de fusión nuclear. Esta es la reacción que tiene lugar en el sol y en las demás estrellas. Con la construcción de la bomba de hidrógeno, el hombre ha emulado a Prometeo, que robó el fuego de los dioses del Olimpo. Lamentablemente, la inestabilidad del plasma que se produce en la reacción, no se ha podido controlar todavía, con el estado de la técnica actual, y por consiguiente no podemos utilizar esta inacabable fuente de energía con fines pacíficos.

A principios del siglo XX, **Max Planck**, estudiando el espectro de radiación del cuerpo negro, observó que tomaba valores discretos, no era un espectro continuo, por lo que propuso en la Academia de Ciencias de Berlín, la cuantificación de la energía, lo que significaba que existía un mínimo valor de la transferencia de energía que llamó *quantum*.

Así nació la mecánica cuántica de las partículas elementales. En 1918 recibiría el Premio Nobel. La teoría del *quantum* fue confirmada por las pruebas experimentales realizadas por **Compton** (Premio Nobel 1927). El efecto que lleva su nombre, muestra el aumento de la longitud de onda de un fotón de rayos X, al impactar con un electrón libre y perder parte de su energía.

Por otra parte, la teoría de Planck explicaba el llamado fenómeno de la dualidad onda-partícula. A nivel subatómico, ciertas partículas se

comportan simultáneamente, como onda (fenómeno de interferencia) y como corpúsculo (fenómeno de dispersión).

En 1924, el físico francés De Broglie, basándose en la explicación del efecto fotoeléctrico, expuesto por Einstein, sugirió la naturaleza cuántica de la luz y propuso la existencia de ondas de materia: dualidad onda- corpúsculo. Recibiría el Nobel en 1929.

La consolidación de la Mecánica cuántica se produjo, como en tantos avances de la ciencia, gracias a las aportaciones de otros científicos, en este caso: **Schrödinger y Dirac** (Premios Nobel 1933) **Heisenberg** (P. Nobel 1932) **Bohr** (P. Nobel 1931) y **Von Newman**.

La concepción actual del Universo, se asienta en un nuevo paradigma, que hunde sus raíces en las extraordinarias aportaciones de **Albert Einstein** (1879-1955)

En el año 1905 (annus mirabilis) el joven Einstein envió a la Revista *Annalen der Physik* tres trabajos que conmovieron al mundo científico de la época.

El primer trabajo, titulado *Un punto de vista heurístico concerniente a la emisión y transformación de la luz*, justificaba el efecto fotoeléctrico. Más adelante, lo haría acreedor del Premio Nobel en 1921.

El enfoque *heurístico* suponía una forma creativa del descubrimiento y la innovación, basada en la observación, previa al pensamiento lógico.

El segundo trabajo se ocupaba del *movimiento browniano de las partículas en suspensión de un fluido*, que parecían violar el segundo principio de la termodinámica.

Pero fue el tercer trabajo, titulado *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*, basado en en la teoría de Maxwell para los cuerpos estacionarios, el que contenía la teoría de la relatividad. Con la paradoja de los hermanos gemelos, uno en reposo y el otro viajando a velocidad próxima a la de la luz, se pone en evidencia la distinta percepción del tiempo, para cada observador con distinto movimiento. El análisis arrumbaba los conceptos absolutos del tiempo y del espacio de la mecánica clásica y proponía la constancia de la velocidad de la luz en el vacío, con independencia del estado de movimiento del cuerpo emisor. El experimento de Michelson y Morley confirmó la constancia de la velocidad de la luz.

Como consecuencia estableció la equivalencia entre masa y energía, formulando la famosa ecuación: $E = m c^2$. De este modo se fundamentaba la posibilidad de obtención de energía, tanto de fisión como de fusión, del átomo.

La Teoría General de la Relatividad postula que la atracción gravitatoria es el efecto de la curvatura espacio-tiempo debida a las masas del Sol y de la Tierra

La teoría de la relatividad especial o restringida, describe el movimiento de los cuerpos, pero solo a velocidades constantes, en un espacio de tres dimensiones y una dimensión temporal.

La teoría General de la relatividad, expuesta en 1915, considera que en el universo, la gravedad es una fuerza universal que acelera a todos los cuerpos, poniéndolos en movimiento. En la formulación matemática ideada por Einstein, la ecuación propuesta explica como se relaciona el espacio, la materia y la energía; y además como la gravedad afecta al tiempo.

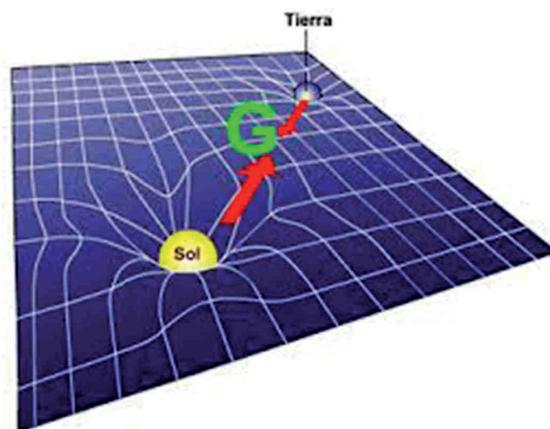
Sir Arthur Edington visualizó la curvatura espacio-tiempo, concibiendo una superficie elástica y tensa, sobre la que se coloca un objeto pesado. El objeto se hundirá deformando y estirando la superficie. Por otra parte, en 1919, el astrónomo británico demostró, durante un eclipse solar, que la ecuación de Einstein predijo con gran exactitud como se curvan los rayos luminosos al pasar cerca del sol, debido a su influencia gravitacional.

En los últimos años de su vida, Einstein trató de formular una ley general de la naturaleza, que superase la aparente contradicción entre la teoría cuántica y la teoría de la relatividad. Se trataba de emular a Maxwell, que había tratado de unificar mediante una teoría de campo, la electricidad y el magnetismo.

El Premio Nobel de Física 1979 fue concedido a Glashow, Weinberg y Salam por su propuesta para unificar la interacción electromagnética y la fuerza nuclear débil.

La *teoría del todo* que explique completamente el universo, está por formular, pese a los intentos de Stephen Hawking.

En 1927, **George Lemaitre** fue el primer científico en exponer una explicación teórica del fenómeno de la expansión del universo, así como la que se conoce como teoría del Big Bang, del origen del cosmos, a la que llamó hipótesis del átomo primigenio.



Efecto de la curvatura espacio-tiempo

La primera evidencia empírica del paradigma de la expansión, la obtuvo Hubble, al examinar la luz de las estrellas en el espectroscopio, detectando un corrimiento al rojo (mayor longitud de onda) lo que significaba un alejamiento de las galaxias. La ley de Hubble postula que el corrimiento al rojo es proporcional a la distancia en que se encuentra la galaxia. El fenómeno del universo en expansión se explica por una explosión inicial (Teoría del Big Bang).

Arno Penzias y **Robert Wilson**, trabajando con un radiotelescopio, detectaron un ruido de fondo isotrópico, es decir que no dependía de la dirección de la antena, por lo que consideraron que se trataba de la radiación cósmica de fondo. Los investigadores recibieron el Premio Nobel en 1978. El satélite COBE confirmó este hallazgo.

Posteriormente, los astrónomos Saúl Perlmutter y Adam G. Riess, estudiando el brillo de algunas supernovas, llegaron a la conclusión de que la expansión del universo es acelerada. Este descubrimiento les hizo acreedores del Premio Nobel 2011.

El estudio de la radiación cósmica de fondo, algo así como el análisis de las cenizas de la hoguera inicial, el Big Bang, ha permitido calcular la edad del universo, que se estima en 13.700 millones de años. El cálculo de la edad del universo se había efectuado anteriormente a partir de la constante de Hubble, arrojando una cifra de 10.000 millones de años, lo que no era congruente con la antigüedad de los cúmulos globulares y además no se tenía en cuenta el efecto de la energía oscura sobre la aceleración. La sonda WMAP, lanzada por la NASA en 2001, permitió el estudio de la radiación de fondo de microondas y el cálculo preciso de la edad del universo.

No tiene sentido hablar del tiempo antes de la gran explosión, pues es a partir de ese instante cuando cobra sentido el concepto de materia, energía, espacio y tiempo.

En los primeros segundos después del Big Bang, a altísimas temperaturas, se forman partículas: protones, electrones y neutrones. Más tarde, el universo se expande y comienza a enfriarse, de modo que, a los 300.000 años de su origen, se inicia la formación de átomos de los primeros elementos de la tabla periódica: hidrógeno, helio, litio etc. A la vez se forman gases y polvo de estrellas. La gravedad dio lugar a la formación de los primeros cuerpos celestes. A los 100 millones de años de su origen se formaron las primeras estrellas.

Los planetas se originaron a partir del polvo y el gas interestelar que forman las llamadas nebulosas, agrupándose por la fuerza gravitatoria en partículas más grandes, orbitando alrededor de una estrella central.

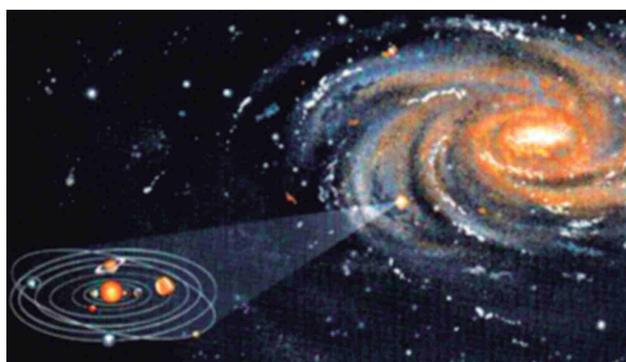
La atracción gravitatoria hizo que la materia se fuera juntando y formara las galaxias y cúmulos de estrellas, después de 1000 millones de años.

El universo se estructuró en un espacio vacío, en el que flotan miles de millones de galaxias que giran y se alejan, cada vez a más. Las estructuras más alejadas son las más antiguas, formadas en el origen del universo.

En 1610, Galileo construyó un modesto telescopio de veinte aumentos, con el que comenzó a observar el firmamento: descubrió las fases del planeta Venus, las montañas de la Luna, el extraño halo que rodeaba a Saturno (los anillos) y los cuatro satélites de Júpiter. Al enfocar el espacio lechoso, conocido como Vía Láctea, comprobó que se trataba de un enjambre de estrellas de diverso tamaño y luminosidad, de número difícilmente cuantificable.



La vía láctea

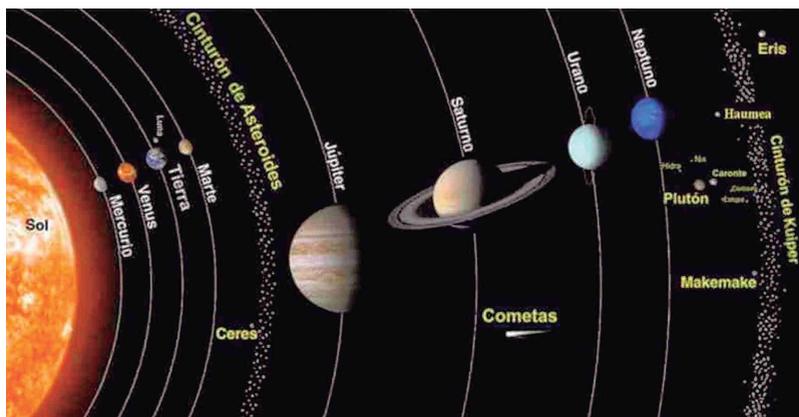


Nuestra Galaxia

Hoy sabemos, gracias a los potentes radiotelescopios, que la Vía Láctea es una galaxia espiral, con un diámetro de 100.000 años luz, que gira y se desplaza, compuesta por unos 300.000 millones de estrellas, que contiene sistemas planetarios, entre los que está nuestro sistema solar. Su formación se estima 5.000 millones de años después de la gran explosión.

La galaxia más próxima a la nuestra es la de Andrómeda, a 2,2 millones de años luz.

En el brazo de Orión de la Vía Láctea se encuentra el Sol, centro de nuestro sistema planetario, que orbita alrededor del núcleo de la galaxia, en un plano que tiene una inclinación de 60° respecto al plano galáctico.



El sistema solar

En nuestro sistema planetario, el Sol concentra el 99,75% de la masa del sistema, el resto se distribuye entre los ocho planetas y el cinturón de asteroides, que orbitan prácticamente en círculos alrededor de la estrella, en el llamado plano de la eclíptica. Mercurio, Venus, La Tierra y Marte están constituidos de roca (silicatos) y mineral. Los otros cuatro, Júpiter, Saturno, Urano y Plutón, están compuestos de helio, hidrógeno y otros gases. Los asteroides, cometas y meteoritos son cuerpos celestes, rocosos y helados, restos de la formación del sistema solar. Los cometas, muchos procedentes de más allá de Neptuno, describen órbitas elípticas de gran excentricidad y largo periodo, como el famoso cometa Halley (76 años). Al acercarse al Sol se subliman y la nube gaseosa es visible por la refracción de la luz. El viento solar agita la nube y genera la característica cola.

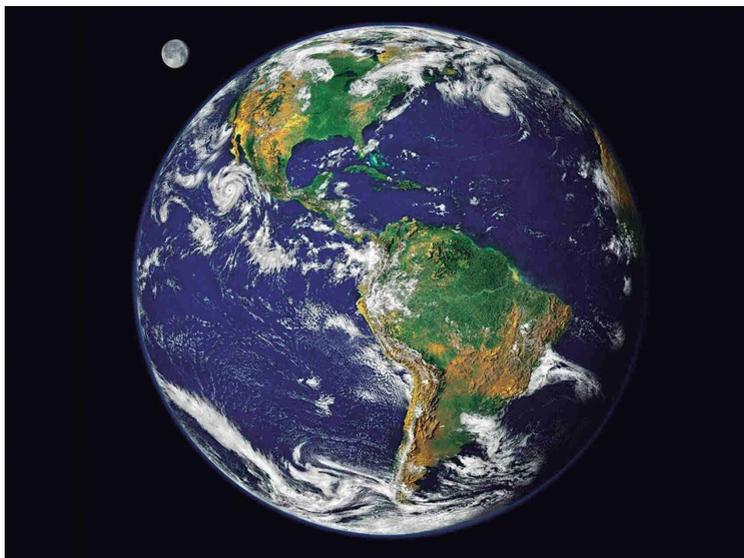
Cuando la Tierra atraviesa la órbita de un cometa, los fragmentos penetran en la atmósfera en forma de lluvias de meteoros, son las llamadas *estrellas fugaces*.

Respecto al origen de nuestro sistema solar, el gran filósofo y científico Immanuel Kant conjeturó, en 1755, la hipótesis de la nebulosa protosolar; esta nebulosa rotaba en su origen lentamente y se fue condensando al enfriarse, así como aplanándose por efecto de las fuerzas gravitatoria y centrípeta, formando la estrella central y los planetas. En 1796, el científico francés Laplace, formuló una teoría más detallada y precisa de la misma hipótesis. En los últimos años, el telescopio espacial Hubble, ha transmitido imágenes de nebulosas protosolares, hoy se llaman discos de crecimiento, alrededor de estrellas muy jóvenes.

Parafraseando a Newton, cuando cautelosamente formuló las leyes de la gravitación universal diciendo “Todo parece *como si* los cuerpos

se atrajeran”... Se podría afirmar que todo parece *como si* la Tierra fuera un lugar antrópico. Es decir, la Tierra posee las características adecuadas y, al parecer, únicas en nuestro sistema solar para que fuera posible el desarrollo de los seres vivos y por consiguiente la existencia del hombre.

El requisito fundamental para la vida es la existencia de una fuente de energía que proporcione calor; además hace falta agua, oxígeno y unos factores climáticos que permita el desarrollo de los seres vivos, en un ambiente de biodiversidad y orden ecológico. Todas estas condiciones se dan en la Tierra y no se dan en los otros planetas rocosos, sin mencionar los planetas gaseosos.



El planeta Tierra

La atmósfera terrestre con su capa de ozono, junto con el campo magnético, proporciona una coraza que nos defiende de los rayos ultravioleta del sol y de la radiación cósmica. No obstante, la radiación es la adecuada para que se produzca la fotosíntesis y por consiguiente se genera oxígeno y crezcan las plantas gracias a la función clorofílica. La moderada inclinación de la eclíptica determina con la orbitación anual terrestre, una sucesión de estaciones, con otoños y primaveras benignas, así como inviernos y veranos no extremados en una gran área del planeta.

La rotación de la Tierra cada 24 horas determina un ciclo vital que facilita la actividad y el descanso de los seres vivos. La existencia de nuestro satélite es fundamental. La Luna, además de regir las mareas de los océanos y alumbrarnos de noche, regula, como un balancín, el eje de giro de la Tierra, manteniendo el polo magnético con pequeñas oscilaciones.

Recientemente, se han detectado en Marte indicios de agua, pero difícilmente podrá generarse vida. Es un planeta frío, con una atmósfera muy delgada y una capa de ozono que no puede bloquear la radiación ultravioleta.

No se descarta la posibilidad de vida en algún planeta de otras galaxias, pero las distancias siderales hacen difícil el contacto con nuestro mundo.

En 1977 se inició un proyecto espacial con la serie de naves Voyager, lanzadas al espacio exterior, hasta los confines de nuestra galaxia, para explorar Júpiter, Saturno y sus satélites.

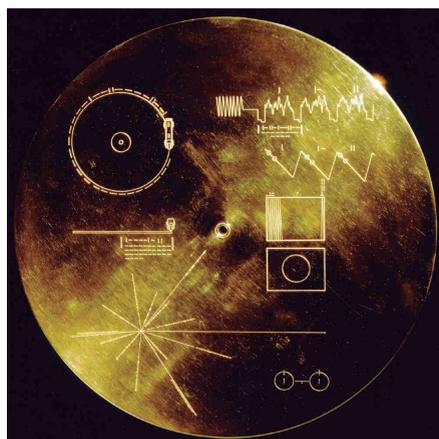


Sonda Voyager (NASA)

El Voyager, el mensajero del espacio, a manera de una botella lanzada al océano, lleva un *disco dorado* que resume en imágenes y sonido, una síntesis de nuestra civilización:

El astrofísico Carl Sagan consideraba que el Voyager podría ser hallado y, en su caso, interpretado *el disco dorado*, sólo si existe una civilización avanzada en el espacio interestelar.

Cuenta el astrofísico M. Carreira S.J. que, en una ocasión, le preguntaron a San Agustín, si el centauro (mitad hombre y mitad caballo) tenía alma. El Obispo de Hipona, ante semejante trampa saducea, contestó, con cierta socarronería: cacen ustedes un ejemplar y tráiganlo, entonces contestaré a su pregunta.

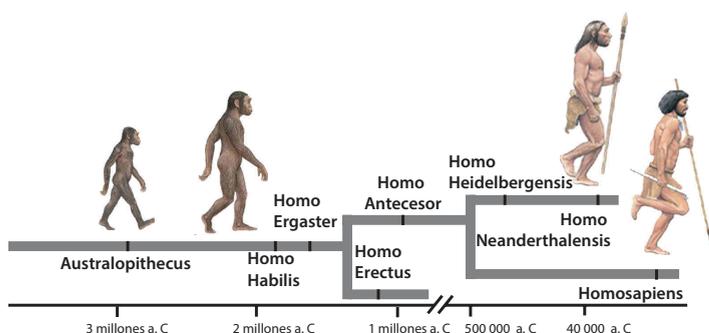


El disco de oro (NASA)

La Tierra es un planeta habitable, pero no lo fue desde el primer momento de su formación, hace 4.550 millones de años. Pasó mucho tiempo, unos 1.000 millones de años, hasta que se produjeron las condiciones básicas para el desarrollo de la vida más elemental: la de las células anaerobias en un medio líquido. Después aparecieron microorganismos pluricelulares que se desarrollaron en presencia de oxígeno, generado por interacción con las algas.

Durante millones de años se fueron acondicionando los elementos necesarios para la vida: carbono, base de los compuestos orgánicos; oxígeno e hidrógeno, en forma de agua, solvente en el que tienen lugar los procesos biológicos y medio en el que se produjeron las primeras reacciones químicas para el surgimiento de la vida. La energía liberada en la oxidación de los compuestos orgánicos fue el combustible de los seres vivos.

A partir de los microorganismos primigenios, y mediante el largo proceso de la *evolución* fueron apareciendo seres acuáticos, después anfibios, más tarde reptiles y finalmente una gran variedad de aves y mamíferos. Todos ellos con un código genético característico.



La evolución de los homínidos

Según las investigaciones paleontológicas, después de la extinción de los dinosaurios, hace unos 65 millones de años, aparecieron los primeros *primates*, que se extendieron por todos los continentes.

Estos primates pertenecen al grupo de los *antropoides*, y su evolución dio lugar a la familia de los *homínidos*, hace más de 15 millones de años. A esta familia pertenecen los *australopithecus*, que aparecen en el Pleistoceno (3 millones a.C.) son bípedos y constituyen el eslabón perdido entre el simio y los humanos.

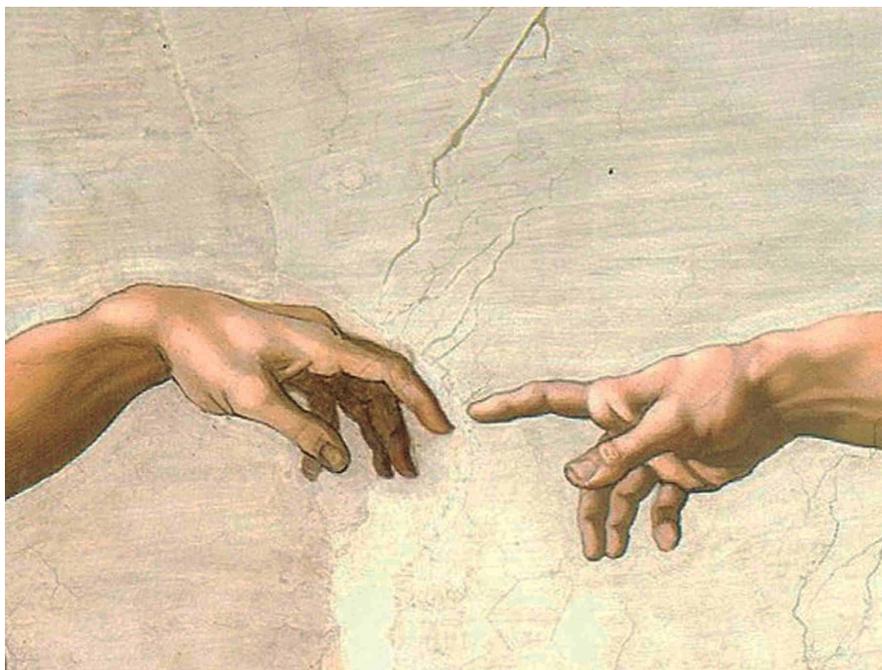
También a los homínidos pertenece la especie *homo*, que apareció en un periodo que se extiende entre 2 y 1,5 millones de años. Incluye el *homo ergaster*, localizado en África, capaz de tallar piedra, y el *homo habilis*. así llamado por su habilidad para confeccionar instrumentos.

Alrededor de 1 millón de años a.C. el *homo erectus*, que camina totalmente erguido, se extiende por África, Europa meridional y Asia. Se le adjudica el dominio del fuego.

Entre 500.000 y 40.000 años a.C. aparecen y se extinguen los *near-dentales*. Los individuos de esta subespecie, además de controlar el fuego, vestían ropas de pieles de animales y tenían una gran capacidad craneal. No obstante, la anatomía de su tráquea les impedía el lenguaje hablado.

Después de la primera glaciación, en el paleolítico superior, hace 40.000 años a.C., aparece el *homo sapiens*. Los individuos de esta especie se caracterizan por su capacidad para el lenguaje hablado y el pensamiento simbólico. Su cerebro les permite aprender e inventar, así como concebir y transmitir conceptos abstractos.

¿Qué mutación pudo producirse en su código genético? ¿Cómo se explica esta evolución tan extraordinaria? ¿Cuál fue el chispazo, el salto, el dedo divino, que transformó a un homínido en el *homo sapiens*?



Miguel Angel, La creación del hombre



II.- LA LARGA MARCHA DEL HOMO SAPIENS

Los primeros homínidos, cazadores itinerantes, se vestían con las pieles de sus trofeos, no tardaron en asentarse en comunidades de recolectores y, más tarde, convertirse en agricultores. Las primeras civilizaciones, circa 7.000 años a. C. se desarrollaron en las tierras más fértiles de las cuencas de los ríos: Mesopotamia y valle del Nilo. Lo mismo ocurrió en India y en China. Allí implantaron sistemas de riego y utilizaron el primer arado. Además, comenzaron los intercambios comerciales gracias a la invención de la rueda y de la navegación a vela. Se produjo el despertar de las conciencias, el respeto a los muertos y el culto a las las fuerzas de la naturaleza como divinidades: la tierra (Pachamama), el viento y el sol (Horus).

Un gran hallazgo fue aprender a hacer fuego. Alguien observaría las chispas que saltaban al chocar ciertas piedras (silex o pedernal contra rocas de mineral de hierro, como piritas) o bien notaría el calor que se produce al frotar dos trozos de ciertas maderas; la fricción de una madera dura, álamo, sobre otra blanda, higuera, genera un polvillo caliente que se convierte en un tipo de brasa que prende la yesca.

El dominio del fuego supuso el control de una fuerza de la naturaleza: la que generaba los rayos que incendiaban los árboles y la que surgía de las entrañas de la tierra en los volcanes. El fuego dio paso a la metalurgia; así se sucedieron las edades de los metales, en un largo proceso de extracción minera y desarrollo tecnológico. El cobre empezó a obtenerse en el IV milenio a. C. en el área mediterránea y se extendió al resto de Europa, como lo demuestra el *vaso campaniforme*. El bronce (aleación cobre y estaño, de bajo punto de fusión) se originó en la

misma época en oriente próximo, pero no se extendió a Grecia hasta el 1.500 a. C. con la civilización Micénica. Pronto se construyeron utensilios domésticos y por supuesto espadas y lanzas. La siderurgia requería una tecnología más avanzada y aparece en el mediterráneo oriental, dentro ya de los parámetros históricos, cerca el siglo VIII a. C.

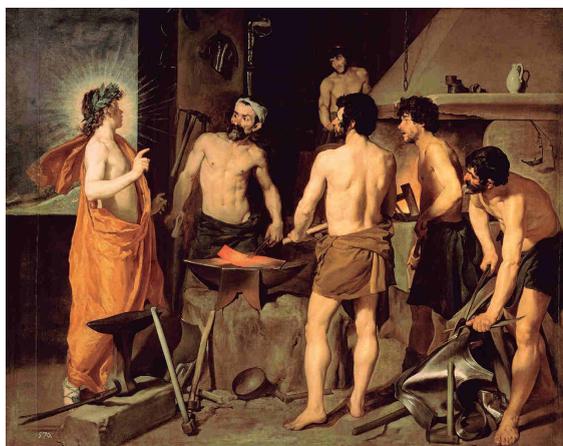


La rueda

La **rueda** fue un invento de extraordinaria utilidad para el transporte, así como para la fabricación de cerámicas, como pieza básica del torno de alfarero, cuyo uso está datado hacia el 4.000 a. C. Del mismo modo un pictograma sumerio representa un carro tirado por onagros (asnos salvajes) datado en el 2.500 a. C. y

en el estandarte de Ur, de la misma época, aparece una comitiva con carros de cuatro ruedas tirados por caballos. En el bajorrelieve del Palacio de Nínive, el rey asirio Asurbanipal, aparecen escenas de caza de leones con carros de dos ruedas. El rey empuña un arco y está a punto de disparar una flecha, arma de caza y también de guerra, de origen muy antiguo.

La rueda apareció también en los albores de la civilización china y en el valle del Indo, sin embargo los aztecas y los incas la desconocían, tal vez por no disponer de animales de tiro, carecían de bueyes y de



Fragua de Vulcano (Velázquez)

caballos hasta la llegada de los españoles. No es imaginable un carro recorriendo el Camino del Inca, por la Cordillera de los Andes. Pero seguramente debieron utilizar troncos de árboles, como rodillos, para mover las enormes piedras de sus monumentos.

III.- LA INVENCION EN LAS CIVILIZACIONES ANTIGUAS

Los grandes hitos del *homo sapiens* fueron la invención de la **escritura** y la de los **números**; lo que desembocaría en la creación de las **matemáticas**.

Con la invención de la **escritura** comenzó el periodo histórico: a partir de los registros escritos sobre tablillas de arcilla, ya fueran simples anotaciones comerciales, instrucciones, mandatos legales o marcas representativas de cereales o cabezas de ganado, se plasmaron los datos, fidedignos y permanentes, sobre la vida de los pueblos.

Los primeros vestigios de signos gráficos, aparecieron, de forma independiente, en Sumeria y en el Antiguo Egipto, en el III milenio a. C. En las tablillas de barro cocido, a las marcas se le añadía una figura, cabeza de ganado o espiga, que identificara el producto. Nacen así los *pictogramas* (escrituras por imágenes). Curiosamente, en el mundo actual, las ciudades están llenas de señales indicativas que no son más que pictogramas.

Gracias a la capacidad mental de abstracción simbólica, se llegó a representar ideas abstractas mediante *ideogramas* (escritura de ideas). Así, una boca puede representar la idea de hambre, y una boca y una espiga, la idea de comer.

La mejora de cualquier proceso está presidida por la simplificación y la rapidez, Los escribas esquematizaron los signos y los fijaron, en la arcilla blanda, mediante marcas triangulares en forma de cuña. (*escritura cuneiforme*).

Los egipcios siguieron un método similar al sumerio, pero además con una mejora importante, el soporte inicialmente de barro, fue sus-



Jeroglífico egipcio

tituido con ventaja por la hoja de *papiro*, láminas confeccionadas con el tallo de una planta que crecía con abundancia a orillas del Nilo. Los símbolos egipcios, mucho más atractivos, requerían escribas expertos y con dotes artísticas, así como la preparación de tintas adecuadas, de varios colores. Los jeroglíficos de *hieros*, sagrado y *glifos*, grabar, como palabras divinas, tenían un carácter mágico y fueron grabados en los templos y monumentos, y pintados en las paredes de las tumbas. Los registros de las cotas del Nilo y de las cantidades de grano almacenado, reseñadas en papiros, eran custodiados por los sacerdotes, como una forma de control del poder. Así surgió el jeroglífico hierático, una especie de taquigrafía abreviada, solo para iniciados y el demótico, popular, con signos tomados del hierático, con exclusión de los jeroglíficos, conservando los símbolos en cuña de sus caracteres.

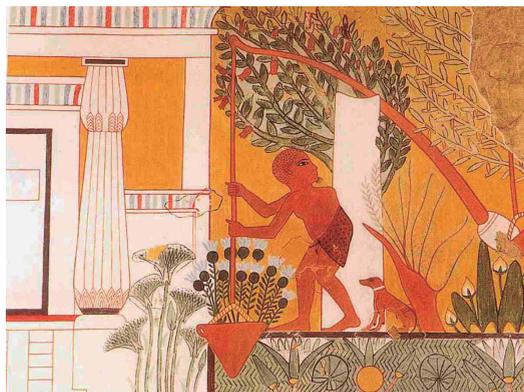


Pictograma sumerio

La piedra Rosetta encontrada en la desembocadura del Nilo, en 1799, contenía un decreto grabado en tres formas: jeroglífico, demótico y griego. Gracias a este documento histórico,

Champollion pudo descifrar los jeroglíficos.

La verdadera invención de la escritura la realizaron los fenicios. El sistema sumerio requería un número muy elevado de ideogramas. Descomponer las palabras en sonidos simples y representar



Chaduf egipcio

cada uno de estos sonidos mediante un signo diferente (letras) supondría que no serían necesarios más de dos docenas de tales signos. Sin embargo tal sistema de letras o *alfabeto* fue creado unos siglos después, en el 1500 a. C., por los mercaderes de Ugarit, puerto comercial fenicio del Creciente Fértil en el Mediterráneo oriental. Los mercaderes fenicios comerciaron con los pueblos del otro lado del mar y propagaron la escritura, los números y las monedas.

A partir del alfabeto fonético fenicio, de la lengua semítica, de 22 letras, todas consonantes, aunque también se pronunciaban las vocales, se crearon los alfabetos árabe y hebreo, así como el alfabeto griego, que añadió las vocales, y más tarde el latino.

Los puertos fenicios de Tiro, Sidon y Biblos, que comerciaban con maderas de cedro, cobre y tintes del color púrpura, propagaron el alfabeto por todo el Mediterráneo, así como los números y el uso de las monedas.

El griego se extendió por todo el Egeo y los escritos de los filósofos llenaron los anaqueles de la famosa Biblioteca de Alejandría. El latín, impuesto por Roma en todo el Mare Nostrum y en el resto de las provincias del Imperio, fue la lengua franca de la cultura hasta el siglo XVII, Isaac Newton publicó en latín su tratado, *Principia Matemática*.

En la ciudad de Pergamo, situada en el Asia Menor frente a la isla de Lesbos, comenzó a utilizarse, en el siglo III a. C. otro soporte sustituto del papiro: la piel curtida de animales (vaca, cordero etc.) que se conoció, por su origen, como *pergamino*.

El pergamino era más sólido, se conservaba mejor y el texto se podía borrar para volver a escribir, lo que dio origen a los *palimpsestos*. Los rollos de papiro o de pergamino se llamaban *volúmenes*. Hasta el principio de la Edad Media no se confeccionaron los *códices*, mediante el cosido de páginas, es decir, lo que entendemos por libro, propiamente dicho.

El soporte definitivo de la escritura fue el **papel**, cuya invención se debe a los chinos; en el siglo II a. C. Utilizaron arroz y residuos de sedas, para fabricar una pasta de fibras vegetales que se transformaba en una lámina. Circa el 750 se extendió su uso por Asia Central y más tarde, en el siglo X, los árabes lo introdujeron en Europa.

Con la invención de la Imprenta por Gutenberg en 1440, el libro se popularizó por todo el orbe, constituyendo la gran palanca de la cultura y el acceso al conocimiento por los diversos estamentos de la sociedad.

Desde el 5.000 a. C. se contaba en unidades, decenas, centenas etc. con signos asignados diferentes y sin un sistema eficaz de cálculo.

El gran avance lo realizaron en la India: al sistema de base diez, incorporaron el valor posicional de los números y además introdujeron el cero, con lo que el sistema solo necesitaba diez dígitos y facilitaba los cálculos aritméticos, con gran disgusto de los expertos en el manejo de ábacos.

El sistema se propagó por Persia y lo asimilaron los árabes. El matemático Al-Jwarizmi (de quien deriva la palabra algoritmo) publicó un tratado en el año 825, dándole carta de naturaleza en Europa, a través de Al Ándalus. El matemático italiano Fibonacci, en el año 1202, divulgó definitivamente el sistema indo-arábico en el continente europeo.



IV.- GRECIA Y ROMA

Los griegos, por su posición geográfica en el Egeo, tomaron contacto con los pueblos de oriente en Asia Menor y con los egipcios, así que fueron receptores de los conocimientos de ambas civilizaciones. Pero al genio griego se debe su interés por la causa de las cosas. No bastaba observar, era preciso saber el porqué. En una palabra, crearon la filosofía y aportaron a la humanidad la base de las matemáticas.

Los primeros sabios griegos surgieron en las ciudades de Asia Menor. Tales de Mileto viajó a Egipto y calculó la altura de una pirámide, al relacionar su sombra con la de una vara. Después formuló su teorema, el cual describe la relación que se establece cuando dos rectas, no paralelas, cortan a una serie de rectas paralelas.

Pitágoras de Samos, también viajó por Egipto y Mesopotamia, sistematizando los conocimientos adquiridos. Creó en Crotona la escuela de los pitagóricos, un centro de estudios y una forma de vida. Para Pitágoras la ciencia se basa en la cuantificación, en los números. Nace así, la concepción de las matemáticas como la disciplina fundamental para la comprensión y la expresión de la realidad científica.

Pitágoras creó también la primera escala musical. con la que quería expresar la armonía del universo.

En Atenas, en el siglo IV a. C., florecieron dos pensadores egregios: Platón y Aristóteles. a los que nos hemos referido en la introducción, al presentar el fresco de Rafael, *La Escuela de Atenas*. Platón, filósofo preocupado por el mundo de las ideas (lo perfecto y lo imperfecto) era también un geómetra, no en balde hizo escribir en el pórtico de la Academia la famosa admonición: *nadie entre aquí que no sepa geometría*. Aristóteles, filósofo y científico, sentó las bases del razonamiento lógi-

co. El gran corpus de su obra fue durante siglos la columna vertebral del pensamiento universal. Hipócrates de Cos, considerado el padre de la medicina, siguiendo el método lógico, indagó en las causas de las enfermedades, su relación con la dieta, el clima y el agua. Intuyó que la fiebre era la manifestación del organismo en su lucha con la enfermedad. Son célebres sus aforismos y sobre todo el “*juramento hipocrático*”, que exige al médico un compromiso moral.

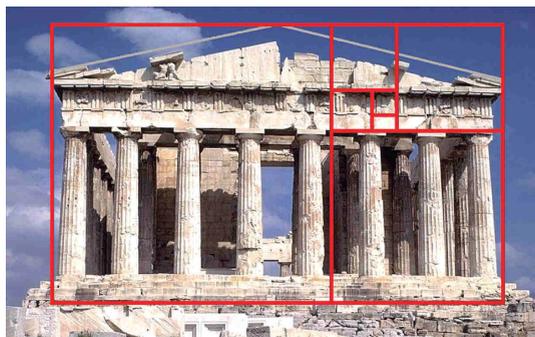
En la época helenística, tras las conquistas de Alejandro Magno, el gran genio militar, se fundó la ciudad de Alejandría (331 a. C.) en territorio egipcio. Se inició así un periodo glorioso para la civilización, al unirse la observación y el razonamiento en el campo científico. Una pléyade de sabios florecieron en este lugar propicio para el estudio: Hiparco, Eratóstenes, Apolonio de Pérgamo, etc.

Euclides tuvo a su cargo la Biblioteca de Alejandría y en el año 300 a. C. dio a conocer su tratado de matemáticas: *Los Elementos*. Es el primer texto deductivo con un método sistemático de trabajo, estableciendo teoremas y proposiciones a partir de cinco “postulados” básicos. Este tratamiento de las abstracciones mentales, en el campo de la geometría le hizo acreedor del título de padre de las matemáticas. En su obra afirma: “El lenguaje matemático permite formular las leyes de la física, mediante la abstracción y el razonamiento lógico”.

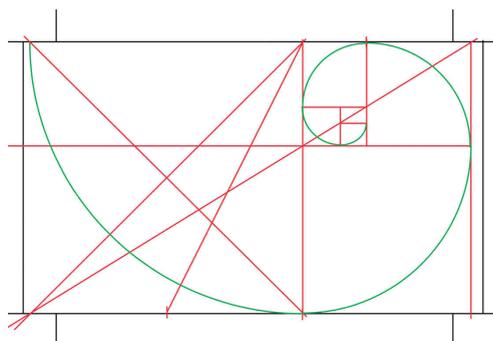
Arquímedes, formado en Alejandría, vivió en Siracusa (Magna Grecia) en el siglo III a. C. fue matemático, geómetra y físico. Puede considerarse un ingeniero, ya que fabricó gran número de instrumentos y máquinas: la palanca, la catapulta y otras máquinas de guerra, el tornillo que lleva su nombre (tornillo sin fin, útil para extraer agua). Descubrió la ley fundamental de la hidráulica que expuso en su tratado *Sobre los cuerpos flotantes*. Por otro lado, en su libro *Teoría del equilibrio*, expuso los fundamentos de la mecánica. En el campo de la geometría, determinó el valor de la relación matemática constante entre la longitud de la circunferencia y su diámetro, es decir el número “ π ” (3,14,16...) con mayor precisión que ningún otro matemático hasta entonces.

Los griegos dieron muestras indelebles de su genio artístico, en el campo de la arquitectura y de la escultura. Levantaron columnas con capiteles de distinto orden: jónico, dórico y corintio. Escultores, como Fidias, Praxíteles Policleto y Mirón, nos legaron: La victoria de Samotracia, el Discóbolo, las Venus, Atlantes, Cariátides y dioses del Olimpo. Construyeron Teatros y Estadios y sobre todo la Acrópolis, donde destaca El Partenón, de Ictinio y Calícatos, con su extraordinario friso de triglifos y metopas.

En el libro sexto de *Los Elementos*, Euclides desarrolla el concepto de *número áureo* o proporción divina de la belleza matemática. Como es sabido, se dice que un punto de una recta la divide en media y extrema razón, cuando los segmentos (a, el mayor y b, el menor) guardan la relación siguiente: $\phi = (a+b)/a = a/b$; lo que conduce a una ecuación de segundo grado cuya solución es: $\phi = (1+\sqrt{5})/2 = 1,618\dots$



Partenón



Proporción aurea

La ϕ se estableció en honor a Fidias. El rectángulo de Euclides es una figura geométrica cuyos lados tienen la proporción áurea. Esta proporción se encuentra en la fachada del Partenón y en otros muchos edificios y obras de arte que guardan una gran armonía estética.

A partir del rectángulo áureo se puede generar una espiral, que se aproxima a la espiral logarítmica (en la naturaleza aparece en la concha del Nautilus). Del mismo modo en la sucesión Fibonacci (0,1,1,3, 5... n), el cociente $n+1/n$ tiende a ϕ (1,681...), cuando n tiende a infinito.

El pueblo romano, a diferencia de los griegos, era práctico y poco especulativo, fue capaz de crear un Imperio que, en tiempos de Trajano (año 117), se extendía desde Britania a al Golfo pérsico y desde el Sahara a las *cuencas* del Rin y del Danubio.

Crearon una expeditiva tecnología militar (las legiones), una lengua franca (el latín), una institución jurídica básica (el derecho), un concepto político universal (la ciudadanía romana) y, así mismo, desarrollaron una capacidad creativa extraordinaria. A partir de las vías maestras *cardus* y *decumanus* de los campamentos militares, construyeron ciudades por todo el Imperio; desde el *limes germánicus* hasta la muralla de Adriano, desde Volúbilis a Éfeso, dotándolas de calzadas, acueduc-

tos, puentes, anfiteatros, termas, cisternas, cloacas, coliseos, foros, templos, arcos del triunfo y fuentes monumentales.

El calendario romano, establecido en el año 753 a. C., *ad urbe condita*, (desde la fundación de la ciudad), tenía doce meses de 30 y 31 días alternos, (365 días), pero como la Tierra tarda un cuarto de día más en recorrer su órbita, en tiempos de Julio Cesar (45 a. C.) las fechas estaban retrasadas 90 días. Sosigenes de Alejandría aconsejó reformar el calendario añadiendo un día, cada cuatro años, al día *sextus calendas martias*; nació así el año bisiesto. El calendario juliano estuvo vigente hasta el año 1585, en el que se hizo la reforma gregoriana.



El Panteón romano



*Emperador Augusto
(27a.C -14 d.C.)*

El tratado de Arquitectura de Marco Vitruvio, contiene en sus diez libros una descripción de los conocimientos en la materia. Maquinaria para la construcción: montacargas, grúas, poleas etc. así como materiales: ladrillos de barro cocido, piedra, mármol, estuco y hormigón. El *opus caementicium* estaba compuesto de un mortero y guijarros. El mortero se componía a su vez de un cemento natural, cenizas volcánicas (puzolana) obtenidas en las laderas del Vesubio, al que se añadía agregados finos y agua. Los griegos encontraron cenizas volcánicas en Santorini. El hormigón griego y el romano han pasado la prueba del tiempo, más de 2000 años.

La primera gran bóveda se construyó en Roma en la época del Emperador Adriano: El Panteón. La cúpula semiesférica se eleva sobre un tambor circular de 43,44 metros de diámetro, construida mediante sucesivos anillos concéntricos de hormigón, autoportantes, ya que al fraguar cada anillo, se desmontaba el andamiaje y se procedía a hormigonar el siguiente. (Con el mortero romano, naturalmente)



Acueducto de Segovia

Otro elemento arquitectónico fundamental fue el arco de medio punto, que superó el sistema de dintel, utilizado por los griegos y los egipcios. Fue utilizado profusamente, sobre todo en los acueductos, por su solidez y agilidad.

Por su parte, el gran arquitecto Vitruvio construyó un monumental reloj de sol, perfeccionando los anteriores.

Una de las aportaciones más notables de los romanos fue el dere-

cho. Desde la fundación de Roma se aplicó el derecho *Quiritario* hasta el año 45a. C., en que entraron en vigor *Las XII Tablas*. Con el Emperador Justiniano (527-565) de la era cristiana se constituyó el *Corpus Iuris Civilis*. El derecho romano es la base de toda estructura jurídica occidental.

La *Pax Romana* se impuso desde la época imperial de Augusto (27 a. C) hasta Marco Aurelio (180 d. C.), Fue un largo periodo en el que el estandarte de las legiones, SPQR, (El Senado y El Pueblo Romano) presidió el dominio de los territorios ribereños del *Mare Nostrum*, que alcanzó su máximo esplendor en tiempos de Trajano.

El año 313, Constantino, por el Edicto de Milán, adoptó el cristianismo como religión oficial del Imperio. Desde entonces y prácticamente hasta el Siglo de las Luces, la Iglesia católica ejercería un papel decisivo en el mundo de las ideas: el Orbe Cristiano, que llegaría a cristalizar, con el curso del tiempo, en el Sacro Imperio Romano Germánico.

Por otra parte, a partir del siglo III, desde el techo del mundo, hordas mongólicas atravesaron la Gran Muralla y se hicieron con el poder en China. Más tarde los Hunos, al mando de Atila, el azote de Dios, invadieron el norte de Europa, empujando a las tribus germánicas hacia el sur: los ostrogodos hacia el este y los visigodos hacia el oeste. Además, otros pueblos se fueron asentando en el centro de Europa: los sajones, los francos y los burgundios. Los vándalos llegaron hasta Cartago, a través de Hispania. El año 476, fecha en la que puede situarse el inicio del Medioevo, los ostrogodos entraron en la Ciudad Eterna, acabando con el Imperio Romano de Occidente. Mil años después, 1453, la toma de Constantinopla por los otomanos, encabezados por Mehmed, puso fin al Imperio Romano de Oriente. La Basílica de Santa Sofía fue transformada en Mezquita, hoy Museo.



V.- LA EDAD MEDIA

La invasión de los bárbaros trastocó el orden instituido en el mundo occidental. Durante mucho tiempo se paralizó el avance social, cesaron los intercambios comerciales y subsistió la sociedad rural. La gente se refugió en las villas fortificadas, al cobijo de los castillos. Los clérigos se aislaron en los monasterios. La orden Benedictina estableció en Montecatini una rigurosa regla monástica. En las Abadías, los monjes, *ora et labora*, rezaban, trabajaban su huerto y copiaban manuscritos. Las ciudades no prosperaron y por consiguiente no se generó una cultura cívica. La estructura de poder se basó en el feudalismo: el señor es el dueño de vidas y haciendas, y los villanos aceptan sometimiento a cambio de protección.



Castillo de Jaén

Durante la Alta Edad Media, entre los siglos V y IX, pocos podían ser los avances tecnológicos; no obstante, en el campo militar se desarrolló la armadura con placas metálicas, la cota de malla y la ballesta de acero. Más adelante se logró fundir un cañón. Otras invenciones prácticas de la época fueron: el jabón, el tonel, el taladro, los botones, la chimenea y el cristal de ventana. En los pueblos se generalizó la rueca y el huso de hilar. Por otra parte en una economía rural se hacía esencial la utilización del caballo y, por consiguiente, todos los arreos necesarios para que fuera un animal de tiro.

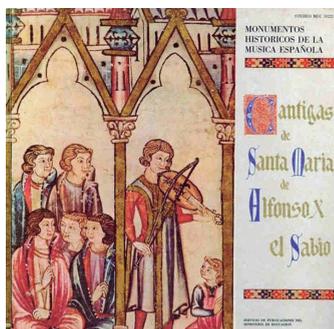
En el siglo VII, en Arabia, apareció una nueva religión que se propagó por oriente y occidente por la fuerza de la espada: el Islam. Con la divisa “*no hay más Dios que Alá y Mahoma es su profeta*” se creó, en



Codex Calixtinus



Ora et Labora



Cantigas Alfonso X (s. XIII)



Reloj astronómico de Praga (s. XIV)

poco tiempo, el imperio musulmán. Los árabes dominaron extensos territorios, desde el valle del Indo hasta los Pirineos, pasando por todo el norte de África. Establecieron una sociedad teocrática gobernada por un Califa, pero el contacto con los pueblos de oriente y Asia Menor les permitió captar su riqueza cultural. En Bagdad se creó *La Casa de la Sabiduría*, un centro de estudio donde traductores cristianos, persas y judíos vertieron al árabe las obras de Aristóteles, Arquímedes, Ptolomeo, Hipócrates y demás sabios griegos. Esta base científica permitió la aparición de autores árabes que aportaron su propia ciencia: Averroes en la filosofía y Avicena en la medicina.

En Bagdad brilló Al Jwuarizmi, a quien se le atribuye la invención del álgebra. También destacaron en el campo de la astronomía; además de orientar sus Mezquitas, necesitaban orientarse en sus viajes, tanto por el desierto como por el mar. Mejoraron el astrolabio y confeccionaron un catálogo de estrellas, útil para la determinación de las latitudes. Los árabes fueron expertos en la construcción de relojes de



La Biblia de Gutenberg (s. XV)

agua. El Califa Harúm al Rashid regaló a Carlomagno una preciosa clepsidra; así mismo introdujeron en occidente inventos de origen chino, como la pólvora y el papel.

Durante la Baja Edad Media (siglos X al XIII) mejoraron las condiciones de vida, prosperaron las ciudades, los artesanos se organizaron en gremios, se celebraban ferias y mercados,

de modo que se dieron las condiciones para un nuevo impulso tecnológico. Por otro lado, en Toledo, Alfonso X, el Sabio, renovó la Escuela de Traductores, en la que árabes, judíos y cristianos tradujeron textos del árabe al castellano medieval.

Las grandes invenciones

En los últimos cinco siglos de la Baja Edad Media aparecieron cuatro invenciones fundamentales: la rueda hidráulica, las gafas, el reloj mecánico y la imprenta.

La *rueda hidráulica* es muy antigua, pero fue en los siglos X y XI cuando se extendió su uso para aprovechar la energía de una corriente de agua. El giro de la rueda podía transmitirse mediante engranajes, y combinado con el mecanismo biela-manivela, transformar la rotación en energía de traslación, aumentando las funciones del ingenio. Se podía moler grano, mover un batán de paños, hacer el braceaje del lúpulo para fabricar cerveza, laminar chapa y trefilar alambre, así como reducir trapos a pulpa de papel. En lugares carentes de ríos se construyeron molinos de viento, que realizaban la misma función.

El artificio de Juanelo se proponía elevar agua del Tajo (100 m.) para abastecer a la ciudad. El proyecto se realizó en el siglo XVI; consistía en una gran rueda que elevaba el agua a un cierto nivel, desde el que un mecanismo de cazos la situaba en la cota adecuada.

Las *gafas*, antiparras o anteojos, también tenían una larga trayectoria, pero fue en Pisa, en el siglo XIII, donde se lograron vidrios adecuados para fabricar lentes cóncavas y convexas, que pudieran corregir la miopía y la vista cansada. El invento se fue perfeccionando y, en el siglo XV, ya se vendían en Italia cientos de ejemplares.

La invención supuso una mejora extraordinaria: la pérdida de agudeza visual, alrededor de los cuarenta años, eliminaba del mundo laboral a muchos artesanos, orfebres y operarios que manejaban elementos de precisión. Con las gafas prolongaban su vida activa, al menos diez años. Del mismo modo los estudiosos, o simples lectores, podían continuar con sus tareas. El invento benefició enormemente a la sociedad en general.

El reloj mecánico es la culminación de un largo empeño por medir el tiempo. Al observar el ciclo día-noche, las fases de la Luna, la secuencia de las estaciones, el hombre estableció una unidad temporal e ideó instrumentos para medirla: relojes de arena, de agua y de sol. Las condiciones ambientales, nubes, congelación del agua y, por supuesto, la noche, hacían pocos fiables tales relojes. No obstante, en el medioevo, la Iglesia fijó las siete horas canónicas, a toque de campana, que ordenaban los rezos y también los horarios de las actividades de la gente, en las ciudades amuralladas.

A finales del siglo XIII, en Italia y en Inglaterra, surgió un rudimentario artificio mecánico, capaz de medir el tiempo. Todo el mundo sabía que el tiempo es un continuo, visualizado por la sombra de la varilla que barre el cuadrante en el reloj de sol. Sin embargo el nuevo reloj era digital, no analógico; medía por impulsos sucesivos, controlados por una rueda dentada. La energía la proporcionaba la caída regulada de una pesa. En el año 1657, Huygens mejoró el mecanismo inventando el reloj de péndulo y, más tarde, la espiral de volante, lo que añadió un control aún más preciso. El tic-tac, es el si-no digital.

La invención del reloj mecánico tuvo una doble trascendencia. Desde el punto de vista social, cuando comenzaron a instalarse relojes en las fachadas de los Ayuntamientos y edificios comunales, el horario de las tareas, y por consiguiente, el control de la vida del pueblo pasó de la iglesia al poder político.

Desde el punto de vista del progreso, el avance tecnológico tuvo un efecto multiplicador. La construcción de relojes demandaba una mano de obra especializada y de gran precisión técnica, lo que se extendió a otros sectores de la ingeniería mecánica. La expresión “mecanismo de relojería”, ha quedado como muestra de la máxima precisión.

La invención de *la imprenta*, constituyó una verdadera revolución en el mundo intelectual. Comenzaron los chinos, que ya disponían de papel, en el siglo IX. La lengua china se basa en ideogramas, por lo que la impresión de páginas era por bloques de madera que incorporaban

dibujos. El uso de tipos móviles no se extendió y además las disposiciones de Confucio no facilitaban la propagación de los textos. En cambio, en occidente, ya en la Edad Media, había un interés creciente por la palabra escrita, de modo que escribas y copistas no podían siempre satisfacer la demanda. Así que cuando, Gutemberg publicó su Biblia en 1452-1455, alumbró al mundo una verdadera galaxia de propagación de la cultura.

En los siguientes cincuenta años, la imprenta se difundió desde Renania por toda Europa. La publicación de incunables (libros impresos antes de 1501) se estima en unos dos millones de ejemplares.

Antes de que se logaran estos inventos fundamentales, Europa, en pleno Feudalismo (Siglo IX al Siglo XIII) permanecía ensimismada en sus castillos y sus ciudades amuralladas, mientras florecía la cultura árabe, transmisora del saber oriental a occidente. No obstante, los príncipes y nobles del orbe cristiano respondieron a la llamada para liberar Tierra Santa del poder musulmán. Se iniciaron así, unas campañas militares, conocidas como Las Cruzadas, que duraron doscientos años y reanudaron los intercambios entre occidente y oriente. El Califato de Córdoba alcanzó todo su esplendor, en el siglo X, con Abderramán III (912-981). Fue a partir del siglo XII, cuando empezó a cristalizar un mundo nuevo de desarrollo social, cultural y científico.

Las catedrales

Tras la arquitectura románica, síntesis de la belleza de la sencillez: sobriedad, anchos muros y arcos de medio punto, las nuevas órdenes monásticas (Cister, Cluny) proponían ofrecer a los fieles luz y elevación espiritual. El arte ojival nos legó hermosas catedrales con fachadas de piedra labrada, de ligeros muros sustentados por contrafuertes y arbotantes, altísimas torres que apuntaban al cielo y preciosas vitrales que tamizaban suavemente la luz del sol. Las capitales de Europa (París, Chartres, Burgos, León, Milán, Colonia etc.) se enriquecieron con el desafío arquitectónico del gótico.



Catedral de Colonia 1248

Las universidades

Cada avance, en cualquier campo, es el resultado de un esfuerzo colectivo, así como el ejercicio de la inteligencia, fructifica en el progreso científico y tecnológico. La creación de las Universidades, una invención europea, responde a las necesidades de una incipiente burguesía emergente con la prosperidad de las ciudades, que demanda conocimientos sistemáticos y títulos para el ejercicio de las profesiones. El antecedente está en las antiguas escuelas de artes liberales, patrocinadas por las órdenes religiosas, donde ya se estudiaba el *trivium* y el *cuadrivium*, introducidos por Alcuino. A finales del siglo XII aparece la Universidad de Oxford, y se funda un estudio general en Palencia. Alrededor del 1230 se reconocen las universidades de Cambridge, París, Bolonia y Salamanca. Los estatutos de esta última fueron confirmados, en 1254, por Alfonso X, el Sabio. En el siglo XIII había en Europa catorce universidades. Hubo ilustres profesores: Abelardo, Alcuino de York, Roger Bacon Alberto Magno, Pedro de Irlanda, Tomás de Aquino, que impartían cursos en una u otro centro, gracias al uso de una lengua común: *el latín*.



Universidad de Oxford (s.XII)

La navegación

Desde épocas remotas, fenicios y griegos navegaron por el Mediterráneo, prácticamente sin perder de vista tierra, y llegaron hasta nuestras costas. Utilizaban naves muy ligeras, con vela cuadrada y timón de espadilla, un remo largo. Los vikingos, frecuentaban mares más agitados y necesitaron barcos más adecuados con quillas más pronunciadas y velas redondas. En esta tradición, los comerciantes de la Liga



*La Santa María
Nave Capitana*

Carabela Santa María

Hanseática desarrollaron una embarcación llamada koks, *coca*, que disponía de una robusta quilla, prolongada en proa por la roda y en popa por el codaste, una sólida viga vertical, en la que se sujetaba con bisagras el timón, que podía manejarse desde el castillo de popa. Con el *timón de codaste*, la maniobralidad era excelente y al aparejar una vela triangular permitía ceñir contra viento y ganar velocidad navegando en zigzag, mediante bordadas. El progreso tecnológico en la construcción naval y el arte de la navegación, durante la Edad Media, desembocó en la ruta atlántica de los portugueses y en la aventura oceánica de Colon.

Un buque es un microcosmos del progreso tecnológico y del ingenio humano. La arquitectura naval requiere la optimización del espacio, un diseño eficiente de flotabilidad y equilibrio, con la proporción justa entre eslora, manga y calado, así como los aparejos adecuados: palos, vergas, jarcias y velas. Los demás elementos, poleas, polipastos, obenques, stays, drizas y cables han de estar perfectamente adjudados, para largar o arriar velas en cualquier momento. Por otra parte, el capitán, además de dotes de mando, tenía que tener conocimientos náuticos en navegación de altura, manejando, en su caso, brújula, astrolabio, cuadrante, o sextante (s. XVIII) para orientarse y fijar el rumbo, así como disponer de mapas y portulanos.

A partir del siglo XIV, con el *impasse* de la epidemia de Peste Negra (1348-50) que acabó con un tercio de la población europea, los portugueses de Sagres desarrollaron la *carabela*. Era una embarcación ligera, estrecha y larga (25 m.), con dos o tres mástiles, velas redondas y alguna de cuchillo, castillo de popa y timón de codaste, capaz de alcanzar 8 nudos. Se trataba de la nave adecuada para la navegación atlántica y, por consiguiente, para la exploración del mundo. La *carabela* de Colon, la *Santa María*, en realidad una *nao*, era un poco más larga y pesada, aparejaba tres mástiles y albergaba cuarenta tripulantes.



VI.- LA EDAD MODERNA Y EL RENACIMIENTO

Los historiadores consideran la caída del Imperio Romano de Oriente, con la toma de Constantinopla por los turcos, en 1453, como el fin de la Edad Media. La ciudad estaba protegida por gruesas murallas, especialmente en el litoral oeste, en el Bósforo, y cerraba la entrada de los barcos al estuario, en el Cuerno de Oro, con una enorme cadena. El poderoso ejército otomano de Mehmed II, sitió la ciudad y lanzó sucesivos ataques, acompañados de disparos de un potente cañón. Ante el infructuoso resultado, el general turco Zaganos Pasha, propuso una ingeniosa maniobra de estrategia: construir un camino de rodadura, al norte de la ciudad de Pera, al otro lado del estuario y transportar por tierra los navíos, hasta la parte este de Constantinopla. Se precisaron sucesivos y sangrientos ataques, pero finalmente la ciudad cayó en manos de Mehmed.

Durante los siglos XV y XVI, se produjeron tres acontecimientos históricos de notable trascendencia: el *cuatrocento italiano*, la expansión de la imprenta y los descubrimientos geográficos.

El cuatrocento italiano (1400)

Se podría decir que el arte renacentista es el logro de la estética del talento.

No se sabe que conjunción astral pudo producirse en Florencia, para alumbrar tal pléyade de luminarias, en el arte de la arquitectura, la pintura y la escultura.

En el siglo XV, el humanismo renacentista fue un movimiento cultural, originario de la ciudad de Florencia, que supuso una renovación

de las artes y de la ciencia, con una nueva concepción del hombre y del mundo: el hombre es la medida de todas las cosas. Es un renacer de la cultura clásica, orillando el dogmatismo espiritual del medioevo. Ahora predomina la conquista, la riqueza y la fama.

El contexto sociopolítico era propicio por el desarrollo de la burguesía, una nueva clase social, culta y adinerada, cuya riqueza no se basaba en la propiedad de las tierras, sino en los negocios financieros: creación de bancos, uso de la letra de cambio, emisión de empréstitos y actividades mercantiles. El prestigio social se afirmó habitando hermosos palacios y erigiéndose en mecenas del arte. Es el caso de los Médici en Florencia, los Sforza en Milán, los Montefeltro en Urbino y los Papas en Roma. Los artistas mejoraron su estatus social y pasaron a ser “creadores”, en realidad eran genios intemporales.

El arte aspiraba a la belleza clásica, con el nuevo enfoque de realismo naturalista y de armonía. La técnica introdujo el claroscuro y la perspectiva, así como la proporción áurea.



Cúpula de Brunelleschi

La cúpula del Duomo de Florencia, es una muestra del ingenio y la capacidad de innovación de Filippo Brunelleschi. En 1418 estaba acabada la catedral a falta de la cúpula sobre el crucero, a una altura de 90 m. y un tambor de 45 m. de diámetro. Se convocó un concurso en el que Brunelleschi compitió con Ghiberti, escultor que le había ganado en el proyecto de decoración, con bajorrelieves en bronce, la puerta norte del Baptisterio, y al que le encargaron también la puerta Este, la que Miguel Ángel llamaría *La puerta del paraíso*. Brunelleschi presentó un proyecto de cúpula, sin explicar cómo iba a

construirla; mantuvo sus planos y maquetas en secreto, pero se le encargó la obra.

Para empezar tuvo que diseñar un montacargas y grúas adecuadas para subir el material (40.000 toneladas de ladrillos y mármol), así como un barco que lo transportara por el río Arno. Dadas las dimensiones del proyecto, no se podía utilizar el sistema de cimbras (armazón de madera) para construir los arcos apuntados, así que ideó una estruc-

tura isostática octogonal de doble pared, con tirantas, de modo que las paredes curvas de mampostería transmitieran al tambor las cargas verticales, mientras la propia cúpula anula los empujes horizontales. La disposición de los ladrillos en forma espinada, como la raspa de un pez, evita el deslizamiento a lo largo de los ocho gajos que separan las nervaduras de mármol. Años más tarde, la cúpula de Santa María dei Fiore, de Brunelleschi, sirvió de modelo a Miguel Ángel para construir la cúpula de la Basílica de San Pedro en Roma, de más altura (136,57 m.), pero con estructura similar, de doble pared.

La casa de los Médici ejerció un fructífero mecenazgo en Florencia, en la época de Cosme, de 1430 a 1460, con un grupo de arquitectos y

escultores: Ghiberti, Brunelleschi, Alberti y Donatello; así como con los pintores Masaccio, Filippo Lippi y Pietro de la Francesca. Masaccio fue el primero en combinar la plasticidad de las figuras con la perspectiva de los espacios, en los frescos de la Capilla Brancacci, en Santa María del Carmine. Fra Angélico, el fraile que pintaba de ro-



La Última Cena, de Leonardo Da Vinci

dillas, introdujo la perspectiva del pórtico, en *La Anunciación*; como lo hizo Leonardo en la *Última Cena*.

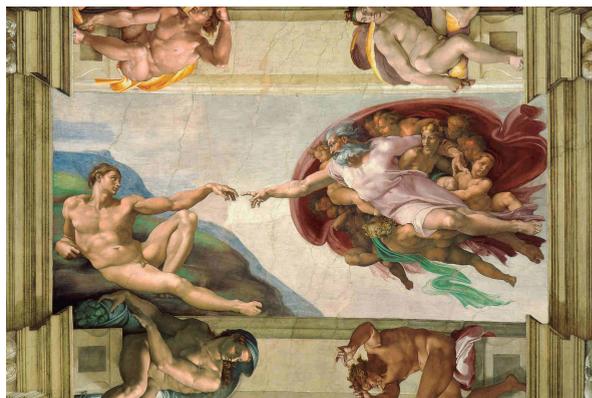
Bajo el gobierno de Lorenzo el Magnífico, se amplió el círculo de artistas, incluyendo a Sandro Botticelli, el pintor idealista, que tomó como modelo de sus Madonas a la bella Simonetta Vespucci, que aparece en *El nacimiento de Venus* y en *La Primavera*. También el orfebre Benvenuto Cellini, autor de el Perseo, trabajó para la Signoría.

En esta Arcadia de artistas, destacan como hitos de la humanidad: Michelangelo Buonarroti (1475-1564), tocado por la gracia de los cielos, y el genial Leonardo da Vinci (1452-1519).



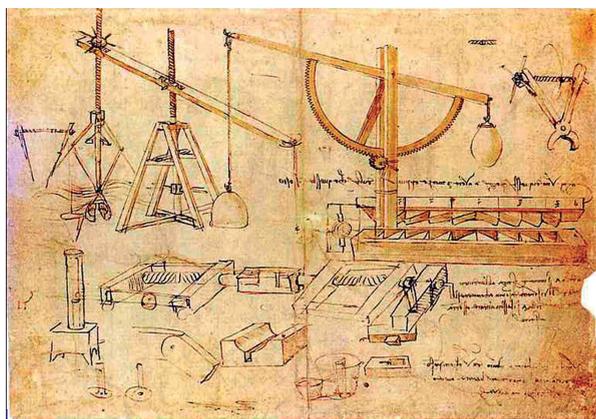
David de Miguel Ángel

Los frescos de la bóveda de la Capilla Sixtina y el Juicio Final de la pared frontal, hicieron exclamar a Goethe. “*Al contemplar la Capilla Sixtina, se comprende de lo que es capaz el hombre.*” No es necesario añadir la belleza y la armonía de El David, La Piedad, Los Esclavos, La Capilla de los Médici, La Biblioteca Laurenciana, La Batalla de los Centauros, etc. y como colofón la grandiosa Cúpula de San Pedro.



La Creación de Miguel Ángel

Leonardo da Vinci, encarna la figura del hombre del renacimiento: pensador y científico, ingeniero visionario, biólogo, arquitecto y, por excelencia, pintor. Fue un espíritu inquieto que quería hacer demasiadas cosas y, en ocasiones, dedicó su precioso tiempo a futilidades, como entretener a la corte de Francisco I con juegos acuáticos de arteificio.



Cuadernos de Leonardo

En los esquemas de su famoso cuaderno, idea máquinas y artefactos de todo tipo, que se adelantan en el tiempo, e ilustra con dibujos estudios anatómicos de gran mérito. Su obra pictórica es excelente: cabe destacar el fresco de la Última Cena, la Virgen de las rocas, la Dama del armiño, San Juan Bautista etc. y especialmente el retrato de la Gioconda, cuya armonía puede inscribirse en la espiral de la proporción áurea.

La expansión de la imprenta

Desde el siglo XI los monjes cristianos, ignorantes de lo que hacían los chinos, ya usaron caracteres grabados en tacos de madera, que mo-

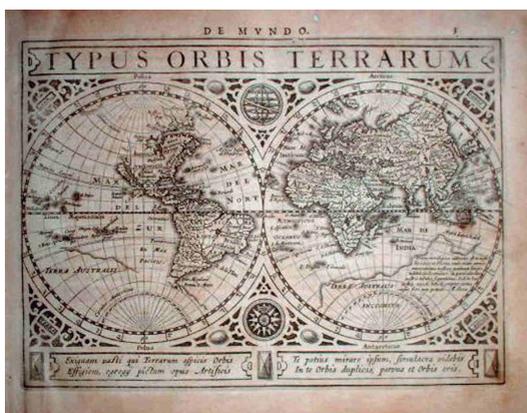


Dante, *Divina Comedia*,
Edición, 1529

jados en tinta utilizaban para imprimir las mayúsculas de sus manuscritos; más tarde se hicieron xilografías.

La invención de la imprenta, en Europa, es la historia de la peripecia personal de Johannes Gutenberg: ilusión, esfuerzo y desengaño, como en otros muchos casos. Natural de Maguncia, Gutenberg trabajó como platero en Estrasburgo; sabía grabar y fundir el oro. Tuvo la idea genial de utilizar una prensa, de las que usaban los productores de vino del Rin, en la que se disponía una plancha, con un texto compuesto con caracteres móviles de plomo, impregnados de tinta.

La puesta en práctica de su idea requería financiación, que obtuvo del banquero Fust, así como la colaboración de Schöffer, dibujante y grabador. Se propusieron editar la Biblia, pero la empresa requirió más fondos y al final se la apropió el banquero. En 1456, después de tres años de trabajos, salió de la imprenta de los señores Fust y Schöffer el primer libro impreso de la Edad Moderna: la Biblia. Poco después moriría el autor del invento, que vivió sus últimos años de la caridad del arzobispo de Maguncia. No obstante, tal vez por justicia poética, el primer libro impreso se conoce, en todo el mundo, como la Biblia de Gutenberg.



Mapamundi de Mercator, 1569

El éxito fue fulminante, llovieron los pedidos y proliferaron los impresores por toda Europa. El primer libro impreso en España, está fechado en Valencia, en 1475. En el 1510 había ya 417 impresores en Europa.

En Florencia, en 1472, se publicó una joya de la literatura italiana: *La Divina Comedia*, de Dante Alighieri, en dialecto

toscano. Es una obra fundamental de la transición del pensamiento medieval al renacentista. Obra maestra llena de simbolismo. Beatriz



Maquiavelo
El Príncipe, 1531

lleva a Dante a la esfera del Paraíso que representa el saber y la ciencia divina; el Infierno representa las miserias del hombre y el Purgatorio la purificación de las culpas.

En 1531, Maquiavelo publica *El Príncipe*, dedicado a Lorenzo el Magnífico, que como Fernando el Católico, personifica el genuino político renacentista. Se trata de un manual para gobernantes, resumido en la frase: “solo interesa conseguir y conservar el poder”.

Los descubrimientos geográficos

A finales del el siglo XV, los avances en las técnicas de navegación marítima y en la construcción de buques, hizo posible la aventura atlántica. Por otro lado, la confección de cartas náuticas, que representaran en un mapa la superficie esférica de la tierra, de modo que se pudiera fijar la posición del buque y trazar el rumbo con una línea recta, no se consiguió hasta que Mercator, en 1569, ideó la proyección cilíndrica de la esfera, de modo que la curva loxodrómica (rumbo constante) se reflejaba en una línea recta en el mapa. La latitud de la posición del buque, se establecía por la altura del polo (mediante el astrolabio o el cuadrante), la longitud, era más difícil y se estimaba, con una corredera, que permitía calcular la velocidad y por tanto la distancia recorrida por la nave.

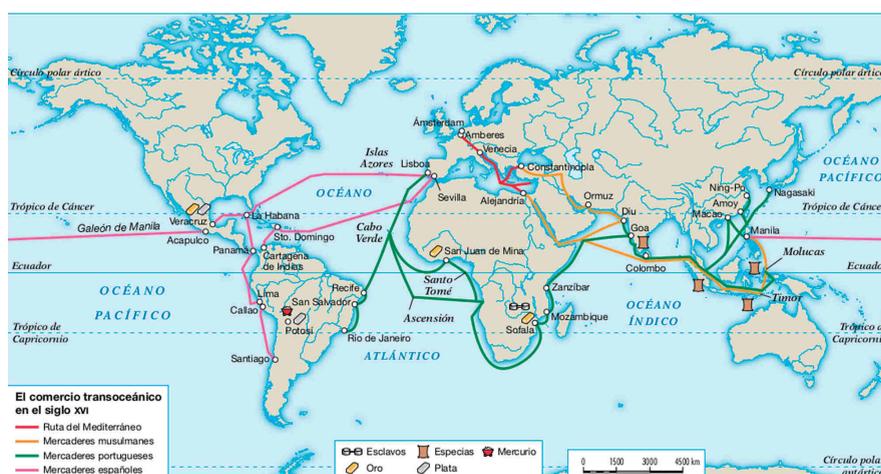
Los portugueses abrieron rutas hacia las indias orientales, bordeando África y doblando el cabo de Buena Esperanza, y los españoles, al mando de un visionario, Cristóbal Colón, se hicieron a la mar en busca del paraíso. La exploración del mundo tenía por objeto abrir nuevas rutas comerciales, en busca de metales preciosos y especias.

El libro de las maravillas escrito por Rusticello de Pisa, que narra el prodigioso viaje de Marco Polo a la corte del Gran Kan, en el siglo XIII, con las caravanas que recorrían la Ruta de la Seda, desató la fantasía de mucha gente ávida de aventuras y de riqueza. Venecia se convirtió en un puerto comercial al que llegaban sedas, especias y piedras preciosas. Un siglo más tarde, el viajero marroquí Ibn Batuta, confirmó las riquezas de oriente en su libro, *A través del Islám*.

Cristóbal Colón, un enigmático navegante, ofreció a los Reyes Católicos un proyecto temerario: alcanzar las indias navegando rumbo al oeste.

Colón, que sabía de náutica todo lo se podía saber en su época, basta leer las notas marginales de los libros que manejaba, y que había surcado el atlántico desde Islandia a hasta Guinea, tenía una convicción tan firme, o quizás un secreto, que perseveró hasta conseguir alumbrar un Nuevo Mundo, aunque él siempre creyó que había llegado a Cipango.

El tratado de Tordesillas (1494), refrendado por una Bula papal, repartió el mundo de las rutas oceánicas, en dos áreas de influencia y exploración, a partir del meridiano situado a 370 leguas al oeste de Cabo Verde (46ª W): hacia el este para Portugal y hacia el oeste para Castilla. Era la hora de España, forjadora de un Imperio en el que no se ponía el sol.



Mapa comercio trasoceanico S. XVI

Después del descubrimiento, vino la conquista, gracias a un puñado de hombres armados de arcabuces y montados a caballo, la cristianización de los pueblos originarios, las Leyes de Indias, la creación de ciudades según las Ordenanzas de Felipe II y finalmente la explotación de las minas. El oro y la plata, se expedían en galeones a la metrópoli. Asimismo, se introdujeron en Europa el chocolate, el café, la patata, el tomate y el tabaco. El famoso galeón de Manila transportaba especias, a través del Pacífico hasta Acapulco y de allí al puerto de Veracruz, donde se embarcaban para Sevilla.

Los portugueses crearon factorías a lo largo de sus rutas y cargaban sus barcos con canela, clavo, laurel, nuez moscada, vainilla, jengibre y pimienta. Productos esenciales para cocinar y conservar los alimentos.

Más tarde Inglaterra, Francia y Holanda emprenderían sus propias exploraciones geográficas a lo largo de los siglos XVII y XVIII.



VII.- LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DEL SIGLO XVII

La visión geocéntrica del mundo, girando alrededor de la Tierra, se mantuvo desde la antigüedad clásica hasta el siglo XVI, gracias a la autoridad de Aristóteles y a la concepción de Ptolomeo, apoyada por los padres de la Iglesia y la escolástica de Tomás de Aquino. En 1542, Nicolás Copérnico, después de largos estudios, publicó su obra, *De Revolutionibus orbium coelestium*, (sobre la rotación del orbe celeste), lo que supuso un cambio de paradigma cosmológico: la teoría heliocéntrica, una revolución científica y filosófica. No obstante, esta teoría no tuvo reacción por parte de la Iglesia, tal vez por su escasa difusión.

Giordano Bruno (1548-1600), intelectual rebelde, lector de Erasmo, partiendo de las ideas de Copérnico, proponía una cosmología que rompiera con el pensamiento religioso de su época. Procesado por el Tribunal de la Inquisición fue condenado a la hoguera.

Las condiciones históricas en el siglo XVII, guerra de los treinta años, infecciones, recesión económica, no fueron propicias para el desarrollo tecnológico y la aparición de inventos. En cambio, la ciencia se independiza de la filosofía, racionaliza sus métodos y acoge a notables talentos: Descartes, Kepler, Galileo, Neper, Leibniz y, sobre todo, Newton.

René Descartes (1596-1650) con su *Discurso de Método*, introduce el rigor en la relación del razonamiento y la experiencia; la razón es el camino en el análisis para alcanzar la verdad. Se proponía establecer un procedimiento firme y verdadero en las ciencias, sin atender a los argumentos de autoridad, con la luz de la razón. Por otra parte, con-

sidera que la matemática es la base más firme de todo el desarrollo del conocimiento. En este campo su aportación fue la geometría analítica, mediante la aplicación del álgebra a la geometría.

Johannes Kepler (1571-1630) iba para teólogo, pero se sintió atraído por las matemáticas y la astronomía. Discrepaba de Copérnico respecto a la trayectoria circular de los planetas, y utilizando los datos de las observaciones del astrónomo Brahe, formuló sus tres famosas leyes sobre el movimiento de los planetas: trayectorias elípticas, proporcionalidad del área barrida por el radio vector y el tiempo empleado y proporcionalidad entre el cuadrado del tiempo de revolución y el cubo de su distancia al sol. Esta última ley permitía calcular la distancia de la tierra al sol y por ende la de los demás planetas. Las leyes de Kepler fueron básicas para la formulación de Newton sobre la gravitación universal.

Galileo Galilei (1564-1642) para complacer a su padre estudió medicina, pero su auténtica vocación lo llevó al conocimiento de las matemáticas y la física. En sus observaciones astronómicas introdujo la gran innovación de utilizar un sencillo telescopio, lo que le permitió descubrir montañas y valles en la Luna y los satélites de Júpiter; así como el enjambre de estrellas de nuestra galaxia.

Basándose en sus descubrimientos, se reafirmó en la teoría heliocéntrica. Acusado por el Santo Oficio de herético en el orbe cristiano, fue condenado a retractarse. Así lo hizo, añadiendo la célebre frase “*eppur si muove*” La condena a Galileo fue revocada en 1741, cien años después de su muerte.

En el campo de las matemáticas, hay que destacar dos innovaciones fundamentales, que suponen un gran progreso científico: los logaritmos y el cálculo infinitesimal.

Neper (1550-1617), barón de Merchiston, ideó un sistema de operaciones aritméticas simplificadas, mediante los llamados números *artificiales*, conocidos como *logaritmos neperianos*. De modo que para multiplicar se suma, para dividir se resta, para elevar a potencia se multiplica y para extraer raíces se divide. Las tablas se construyen haciendo corresponder los términos de una progresión aritmética de razón uno, con los de una geométrica de razón dos. El término de la primera es el correspondiente al logaritmo de la segunda. El matemático Briggs completó el sistema utilizando una base decimal.

Es frecuente en la historia de la ciencia, que una misma invención se logre, a la vez, por dos autores diferentes. Es el caso del cálculo infinitesimal.

Leibniz (1646-1716) políglota y diplomático de profesión, fue un genio de las matemáticas; desarrolló el cálculo combinatorio, la teoría de las probabilidades y la idea de límite de una sucesión, de la que llegó al concepto de infinitesimal.

Dada una curva en un sistema de coordenadas, expresada por una ecuación, la caracterización de un punto de la curva, compuesta por infinitos puntos, se puede hacer por la tangente a la curva en dicho punto. Estudió la relación, en el entorno de un punto de la curva, entre el incremento infinitesimal de la ordenada, respecto al de la abscisa. El resultado es la pendiente de la recta tangente a la curva en ese punto. Leibniz idea la función derivada, con la que puede operarse como si ese segmento infinitesimal de la curva fuese una recta. Es decir, la derivada de la función en ese punto. Sus conclusiones se publicaron en *Acta eruditorum* en 1684. Los *Principia* de Newton datan del 1687, no obstante, al parecer ambos talentos habían hecho sus trabajos, independientemente, unos años antes. Por otra parte, los dos grandes hombres se carteaban en latín, aunque ambos eran muy celosos de sus respectivos hallazgos matemáticos. La aplicación del cálculo infinitesimal y del cálculo integral, es fundamental en la ciencia y en la ingeniería.

Isaac Newton (1642-1727) tuvo una triste infancia de huérfano, que auguraba una vida de vulgar granjero, sin embargo, consiguió una beca, de alumno sirviente, en el Trinity College de la Universidad de Cambridge, donde el matemático Barrow descubrió su talento. En el año 1666, *annus mirabilis*, refugiado en la granja de sus abuelos para aislarse de una epidemia de peste, fructificaron sus reflexiones: descubrió la ley de gravitación universal, la ley del desarrollo del binomio, las leyes del movimiento y el cálculo infinitesimal. Por otra parte, encontró la causa de las mareas, diseñó un telescopio de reflexión, que evitaba el efecto de refracción de las lentes y descubrió que la luz se descompone en los siete colores del arco iris al pasar por un prisma. Todos estos hallazgos requirieron un elaborado desarrollo posterior y vieron la luz en 1687, cuando publicó los *Principios matemáticos de la Filosofía natural*.

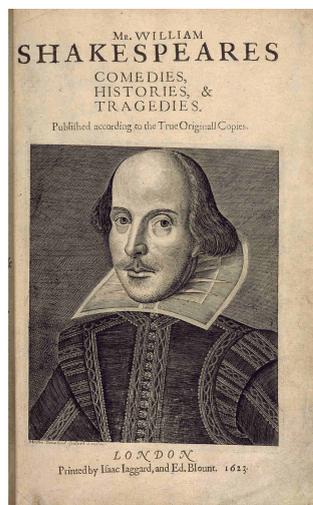
La ley de la gravitación universal: “todo parece como si los cuerpos se atrajeran entre sí en razón directa a sus masas, e inversa al cuadrado de sus distancias”, explica el equilibrio dinámico de los astros. El movimiento de los cuerpos se rige por tres leyes: 1ª) la de inercia: si no interviene una fuerza exterior, tanto un cuerpo en reposo permanecerá en reposo, como un cuerpo en movimiento continuará en movimiento uniforme. 2ª) la fuerza que impulsa constantemente a un cuerpo es el producto de la masa por la aceleración. 3ª) el principio de acción y reacción.

Las aportaciones de Sir Isaac Newton, que llegó a presidir la Royal Society, establecieron el paradigma definitivo de la mecánica clásica. El epitafio de su tumba, en la abadía de Westminster, termina con estas palabras: *Que los mortales se regocijen de la existencia de este prodigio de la Naturaleza.*

El siglo XVII, fue también el Siglo de Oro español en el arte y la literatura: Cervantes, Quevedo, Lope de Vega, Góngora y Calderón; así como Velazquez, Zurbarán y Ribera. Sin olvidar a Shakespeare, Rembrandt, Johann Sebastian Bach y Friedrich Händel.



Cervantes, Don Quijote



Shakespeare



Velazquez, Las Hilanderas

VIII.- EL SIGLO DE LAS LUCES

El ingenio humano, no solo se manifiesta en la capacidad de invención, o en la habilidad técnica para idear objetos o dispositivos que faciliten la vida de las personas. El talento creativo está también en el mundo de las ideas que conducen al progreso social. La razón ilumina las conciencias, inspira los cambios de mentalidad y sustenta las transformaciones políticas.

El término *Ilustración*, designa el movimiento ideológico racionalista y crítico (científico, cultural, político y social) que surgió en el siglo XVI-II, en Francia, Inglaterra y Alemania, gracias a la labor de Academias y Sociedades científicas, a la difusión de libros, estudios y revistas, así como a la aparición de las tertulias literarias en los Salones aristocráticos. Se trataba de desterrar la ignorancia y la superstición, enfrentándose al absolutismo y a la intolerancia religiosa. Suponía una gran fe en el progreso y en la capacidad del hombre para transformar el mundo, mediante el estudio y el conocimiento.

La primera base sólida de la Ilustración, fue la publicación (1751-1765) de *La Enciclopedia* (*Encyclopédie raisonnée des Sciences et des Arts*) de D'Alembert y Diderot.

El siglo de las luces, o siglo de la razón, puso fin al *Ancien Régime*, desembocó en la Revolución Francesa (1789-1799) y aprobó la Proclamación de los Derechos del Hombre y del Ciudadano (1789).



La Enciclopedia



Proclamación de Derechos

Después de la independencia de los Estados Unidos de América, los padres fundadores, promulgaron, en 1787, la primera Constitución Democrática de la historia, encabezada con las palabras: *We the people of United States...*

El mundo de las ideas se nutrió de las aportaciones de personajes tan notables como Voltaire (1694-1778), el combate contra la intolerancia y la injusticia; Montesquieu (1689-1755), la separación de poderes, en *El Espíritu de las Leyes*; Rousseau (1713-1788), la voluntad popular, en *El Contrato Social*; Adam Smith (1723-1790), la división del trabajo en *La Riqueza de las Naciones*; Kant (1724-1804), que definió la Ilustración como “la liberación del hombre de su minoría de edad” y aportó su ingente obra filosófica.



Constitución Americana

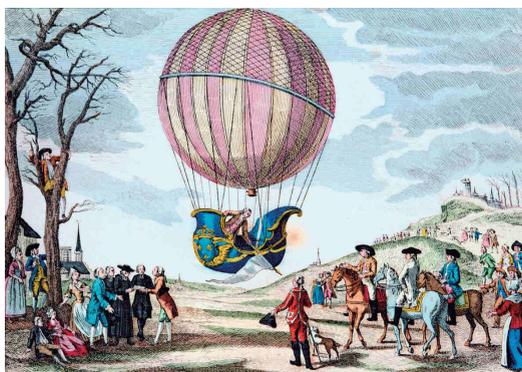
En el campo de las ciencias, el cultivo de las matemáticas y de los experimentos de laboratorio, condujeron a notables hallazgos. Fahrenheit (1686-1738), basándose en la propiedad de la dilatación de los cuerpos con el calor, construyó el primer termómetro de mercurio, así como la escala adecuada para fijar la temperatura.

En 1783, los hermanos Montgolfier, conociendo que el aire caliente es más ligero que el frío, construyeron el primer globo. Más tarde utilizaron hidrógeno, menos pesado que el aire, y se aventuraron a pilotar el artefacto, ante la expectación de la multitud; el hombre se acercaba al mito de Ícaro.

En el campo de la electricidad, hay que destacar los experimentos de Benjamin Franklin, que condujeron a la construcción del primer pararrayos.

Se conoce a Lavoisier (1743-1794) como el padre de la química moderna. En su laboratorio, con matraces, retortas y balanzas de precisión, acabó con la alquimia, demostró que no existe el flogisto, que la combustión es una reacción química, que los metales se oxidan. Aisló 32 elementos simples, de lo que se conocería después como tabla de Mendeléyef. Lavoisier murió, a los cincuenta años, en la guillotina, víctima inocente de la Revolución Francesa. Lagrange diría más tarde: “en dos minutos se corta una cabeza ilustre; tendrán que pasar muchos años para que nazca, si es que nace, una cabeza tan privilegiada como la suya”.

Los grandes viajes de la época ayudaron a conocer otras tierras con diferente flora y fauna. Surgieron naturalistas con deseos de conocer y describir animales y plantas. El botánico sueco Linneo (1707-1778), en su obra *Systema Naturae*, hace una completa clasificación de las plantas, con una sistemática propia, estableciendo el sistema binomial: género y especie. Por su parte el gran naturalista francés, conde de Buffon, (1707-1788), estudió el mundo mineral y el mundo animal, en su monumental obra *Historia Natural*; procedió también a una clasificación propia que no ha prevalecido.



Globo aerostático

Llama la atención que, en la historia de la medicina, aparte de las ilustres figuras de Hipócrates, Galeno y Avicena, a la altura del siglo XVIII, la profesión médica tuviera tan poco prestigio y tan pobres resultados. Las infecciones y epidemias, lamentablemente, se propagaban por la escasa higiene, en todos los estamentos sociales. En Francia, los maestros perfumeros trataban de contrarrestar los efluvios corporales con las fragancias.

Lo más notables avances en medicina, en el siglo XVIII, fueron: el descubrimiento de la circulación de la sangre y la invención de la vacuna contra la viruela. Edward Jenner, médico rural inglés, tuvo noticia de que, en Turquía, las campesinas que trabajaban en granjas, pinchaban a sus hijos con agujas infectadas en vacas enfermas, con lo que quedaban inmunizados; quizás la primera vez ocurrió casualmente. Jenner realizó experimentos y llegó a obtener la primera vacuna antivariólica.



IX.- LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

La máquina de vapor

En el periodo de tiempo que transcurre entre la segunda mitad del siglo XVIII y la primera del siglo XIX, se inicia en Gran Bretaña, se extiende por el continente europeo y poco después por los Estados Unidos, un proceso de transformación tecnológica, que cambió radicalmente el sistema productivo, de rural y artesanal a urbano e industrial, con efectos transcendentales en el mundo económico, social y cultural. El gran revulsivo fue la invención de una máquina prodigiosa, que transformaba la energía calorífica en energía mecánica: la máquina de vapor.

En 1712, Thomas Newcomen inventó un artilugio, con escasas aplicaciones prácticas, en el que un émbolo se elevaba dentro de un cilindro impulsado por vapor recalentado y bajaba al enfriarse el vapor. Ese movimiento vertical podía transmitirse, mediante un balancín, a una cubeta que elevaba agua. El resultado era semejante al del *Chaduf*, antiguo mecanismo egipcio para sacar agua del Nilo. El sistema era poco eficiente, el cilindro se calentaba y había que enfriarlo, con el correspondiente consumo de energía.



Máquina de vapor Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid

En 1764, (52 años más tarde) James Watt, conocedor de los trabajos de Boyle sobre cinética de los gases, tomó la idea original de

Newcomen e introdujo tres mejoras fundamentales. Dispuso una caldera independiente para producir vapor de agua a presión. Diseñó un doble cilindro, de modo que en uno de ellos se desplazaba el pistón bien ajustado y el otro, conectado con válvulas adecuadas, actuaba de condensador del vapor. El movimiento de ida y venida del pistón se transformaba en rotación mediante un cigüeñal, mecanismo biela-manivela que hacía girar una rueda, inspirado en el pedal de afilador. La apertura y cierre de las válvulas se sincronizaba mediante un regulador cinético. Se incorporaba además un volante de inercia que acumulaba energía. Watt patentó su máquina en 1769 y se asoció a Matthew Boulton para fabricarla. La factoría se convirtió en un centro de nuevos talentos, en el que destacó W. Murdoch, ingeniero escocés, que perfeccionó la máquina y, además, desarrolló el alumbrado por gas.

En 1800 había unas 500 máquinas en funcionamiento, 24 de ellas para mover fuelles de altos hornos, 150 como bombas de agua y la mayoría para impulsar las hiladoras y los telares mecánicos de la industria textil. La flamante máquina desarrollaba una fuerza equivalente a 12 caballos. En 1830 funcionaban en el Reino Unido más de 10.000 máquinas de vapor, en la minería, la industria textil y en la siderurgia. Pronto se incorporarían a la navegación marítima y al ferrocarril.

En la época de referencia, el contexto socioeconómico del Reino Unido era propicio para el desarrollo tecnológico y la prosperidad de los negocios. La Royal Navy dominaba los mares desde el siglo XVII, tras la decadencia del poderío español; controlaba las colonias y la adquisición de todo tipo de materias primas, entre ellas el algodón de La India. Por otra parte, la mejora en las condiciones de vida, por el progreso en la agricultura, se tradujo en un aumento de la población. La producción del campo aumentó por la rotación de los cultivos, la estabulación del ganado y el uso de maquinaria agrícola. El país disponía de combustibles fósiles (carbón de Gales) y un alto nivel de estudios técnicos enfocados al utilitarismo. Además la riqueza acumulada se dedicó a financiar negocios basados en patentes de ingeniería. La revolución industrial, ya en pleno apogeo, se convirtió en una de las señas de identidad de la Era Victoriana (1837-1901).

La industria textil

Podría decirse que una invención es como un puzzle, en el que se van añadiendo piezas que tratan de completar el dibujo. Estas teselas no encajan fácilmente y es preciso un método de prueba y error, hasta

dar con la clave de la figura o del proyecto. Esta tarea suele ser una obra colectiva de aportes de muchas personas, a veces anónimas.

Desde la más remota antigüedad el hombre aprendió a hilar y tejer para atender una necesidad básica: el vestido. Las manufacturas textiles estaban dispersas en los hogares; los husos y ruecas movidos por las mismas hilanderas, así como los telares manuales, por los propios operarios. En 1769, cuando se mecanizó el hilado y apareció el telar mecánico, las fábricas se instalaron cerca de los ríos, para utilizar la energía de la corriente de agua.

La primera innovación importante del sector fue la lanzadera volante de J. Kay en 1733, que permitía tejer piezas más anchas y con más rapidez. Pero las hilaturas no suministraban material al mismo ritmo, hasta que en 1768, Hargreaves construyó la *spinning Jenny*. Hubo sucesivas mejoras con la hiladora de Arkwright y la *mule Jenny* de Crompton, que incorporaba los avances de las dos anteriores, con lo que se pasó de 8 husos a más de 100 husos, que producían un hilo fino y resistente.

En 1785, Cartwright lanzó al mercado el primer telar mecánico. En 1850 había en Gran Bretaña más de 2.500.000 de telares funcionando, a los que suministraban material las hiladoras automatizadas por Roberts. La productividad aumentó enormemente y permitió abaratar los precios de los tejidos. La máquina de vapor impulsó al sector textil.

El comercio británico, servido por una amplia flota mercante y la Compañía de las Indias Orientales, funcionó con grandes beneficios. Importación de materias primas: algodón, índigo, café y té, y exportación de productos terminados especialmente tejidos. El negocio se amplió con el mercado de esclavos africanos que suministraba mano de obra barata a las plantaciones de algodón americanas.

El rápido proceso de industrialización alteró la estructura social: los artesanos cerraron sus talleres y emigraron a los arrabales de las grandes ciudades, donde se instalaron las fábricas. Manchester fue un caso característico del incipiente sistema capitalista, en el que se polarizaba por un lado, la burguesía industrial y por otro, la clase obrera, que tenía que aceptar duras condiciones de trabajo. Pronto aparecieron los sindicatos y los movimientos sociales que lucharon por una mejora en las condiciones laborales.

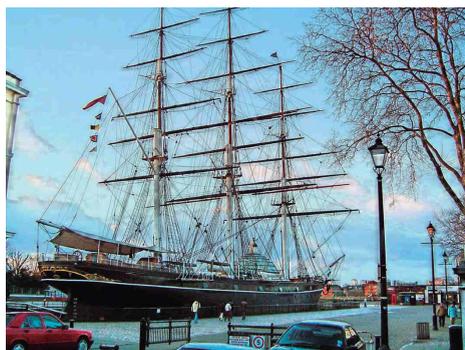
El vapor en la navegación

Los primeros intentos para impulsar los barcos con la nueva máquina de vapor los ensayó el americano Robert Fulton, polifacético inventor,

que finalmente consiguió, en 1807, construir un barco, el *Clermont*, en el que la nueva máquina movía una rueda de paletas. El sistema era adecuado para la navegación fluvial, de poco calado.

Se establecieron líneas regulares, con barcos de vapor con ruedas de paletas, en los principales ríos de muchos países. Pero el elemento decisivo para el triunfo del barco de vapor, capaz de realizar una navegación oceánica, fue la invención de la hélice, en 1839. Fue un largo proceso de ensayo y error: lo inició el americano John Fitch en 1804, seguido del checo Ressel en 1821, después el inglés F. Petit Smith en 1836 y finalmente el checo John Ericson.

Años más tarde, en 1884, aparecería la turbina de vapor de Sir Charles Parsons, que utilizó las ecuaciones de las turbomaquinas formuladas por Euler. Las turbinas se implantaron en diversos sectores industriales: bombas de extracción, generadores eléctricos, refinerías y, por supuesto, en la navegación marítima.

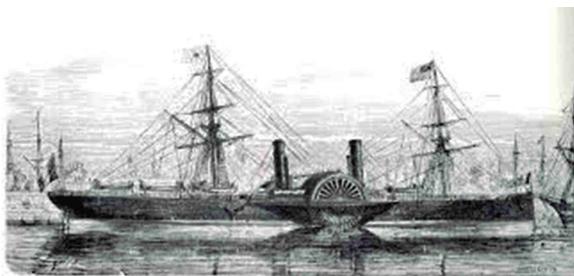


Clipper Cutty Sark (Greenwich)

Hasta entonces todo el comercio marítimo se realizaba en barcos de vela. Por otra parte, algunos veleros como los clippers, que transportaban el té desde China a Londres, capaces de hacer hasta 15 nudos, competían con los barcos de vapor, que necesitaban hacer escalas para carbonear, o dedicar el 80% de su bodega

al combustible. En el año 1869, se abrió a la navegación el Canal de Suez, solo para vapores, acortando enormemente la ruta de La India. Ese mismo año se botó el último clipper, el *Cutty Sark*, que consiguió durante un tiempo ser el primero en arribar a Londres con el té más fresco y por tanto el mejor pagado. Actualmente el Cutty Sark se puede contemplar, como pieza de museo, en el dique seco de Greenwich.

La construcción naval, para la navegación de altura, progresó rápidamente: cascos de hierro



Vapor de Rueda de paletas



Paquebote

y, sobre todo, mayor velocidad y capacidad de carga gracias a la introducción de las turbinas. Se constituyeron navieras, que fletaron barcos de vapor de carga y pasaje, abriendo líneas marítimas intercontinentales, como la Compagnie Generale Trasatlantique, a la que pertenecería el Normandía y el Lusitania, este último pasó a la historia al ser hundido por un submarino alemán durante la primera guerra mundial, lo que motivo la entrada de Estados Unidos en el conflicto. La Cunard compitió con la White Star, dueña del famoso Titanic.

Caminos de hierro

La aplicación de la máquina de vapor a un vehículo capaz de realizar un transporte terrestre, fue una idea explorada inicialmente, en 1769, por un ingeniero militar francés, llamado Cugnot. El artefacto se desplazaba sin raíles, era lento y consumía, en poco tiempo, el combustible que podía cargar.

En 1800, hubo nuevos intentos en Inglaterra, esta vez con raíles, al principio de madera y después de hierro; hasta que George Stephenson, en 1825, articuló un tren con una locomotora de vapor y 36 vagones de carbón, sobre 16 kilómetros de raíles de hierro tendidos entre Darlington y Stockton. El éxito animó al gobierno británico a cubrir, los 65 kilómetros que separaban Manchester de Liverpool, con una línea férrea. por la que circuló la *Rocket*, una locomotora Stephenson que alcanzaba 15 kilómetros por hora. Después lanzaría modelos que corrían a 40 kilómetros por hora. La era del ferrocarril había llegado, y todas las naciones comenzaron a proyectar redes ferroviarias en sus territorios.



Locomotora Rocket
de Stephenson Museo de ciencias de Londres

En Estados Unidos, en plena guerra civil y por razones logísticas, se propusieron construir una línea transcontinental, de modo que la Union Pacific, inició el tendido de las vías desde Council Bluffs (Iowa), al sur del Misuri, hasta el encuentro en Utah, con el tramo realizado por la Central Union, desde San Francisco. Tras varios años de trabajos, el encuentro tuvo lugar, en 1869, en Promontory Summit, donde

se celebró la ceremonia del *Golden Spike* (clavo de oro). La epopeya de la construcción de este ferrocarril está unida, sentimentalmente, al nacimiento de una Nación y a la conquista del oeste.

En el Imperio de los Zares, en 1834, el ingeniero Cherepanov construyó la primera locomotora de vapor rusa y el trayecto entre San Petersburgo y Tsarskoye Selo. El Zar Alejandro I apoyó, con entusiasmo, el inicio de la red ferroviaria en el país más extenso del mundo. El primer tren debería unir, en una gran llanura, San Petersburgo con Moscú. El propio Zar trazó sobre el mapa una línea recta entre las dos ciudades, pero el lapicero rozó el dedo que sujetaba la regla y dibujó un bucle. La vía férrea se construyó así y la inútil curva fue conocida como el “dedo del Zar”. El ferrocarril Transiberiano, construido entre 1891 y 1904, venciendo muchas dificultades, supuso la integración comercial de este a oeste, el medio de transporte de gente de todas las clases y etnias, y el desarrollo económico a lo largo de más de 9.000 Km., siete husos horarios, de Moscú a Vladivostok.



*Locomotora Júpiter
(Central Pacific) 1869*



Orient.- Express de París a Estambul

Europa se fue cubriendo de una tupida red ferroviaria, que favoreció los intercambios comerciales y la aparición de los viajeros románticos. En 1872, se creó la compañía Wagons-Lits, semejante a la Pullman en USA, que ofrecía a sus clientes restaurante y coche-cama. El tren más lujoso, el Orient Express, inauguró la línea completa, París-Constantinopla, en 1889.

Posteriormente se abrirían otros ramales, como el que atravesaba los Alpes por el túnel de Simplon y llegaba a Venecia. No obstante, Sthendal consideraba que llegar a Venecia en tren, era como entrar por la puerta de servicio.

Los ingleses construyeron ferrocarriles en todo el mundo: La India, Sudáfrica, Argentina y el sudeste asiático. La locomotora de vapor abrió un mundo de posibilidades de invención técnica, en todas las ramas de la ingeniería: construcción de puentes, túneles, material rodante, señalización, cambios de agujas, fabricación de rieles y traviesas, así como la apertura de talleres de mantenimiento y oficinas para atender a los viajeros y racionalizar el movimiento de mercancías.

X.- EL PRODIGIOSO SIGLO XIX

En el mundo occidental, las formas de vida experimentaron, en los cien años del siglo XIX, un progreso mayor que el de los dos mil años anteriores. Los descubrimientos científicos, sustentaron un avance tecnológico de extraordinaria aplicación práctica. Los teóricos del positivismo, como Augusto Comte, proclamaron la fe en el progreso del género humano.

En diferentes campos, aparecen personajes dotados de talento y capacidad de trabajo, para innovar, descubrir, inventar y construir ingenios de inmediata utilidad práctica. Este proceso es, como siempre, una tarea personal de prueba y error, muchas veces compitiendo con un rival, que mejora o completa una idea propia o ajena, y acaba por fructificar en beneficio de todos.

La magia de la electricidad: ¡y se hizo la luz!

Desde tiempo atrás, los científicos estudiaron en sus laboratorios, los fenómenos del magnetismo, así como la electricidad estática, puesta de relieve al frotar un trozo de ámbar, capaz de atraer virutas y cuerpos ligeros. Los trabajos de Volta, Galvani, Coulomb, Ampère, Oersted, Ohm y Faraday, acumularon conocimientos sobre la electricidad. Por su parte, Maxwell formuló, en 1873, las leyes de la física de la electricidad y el magnetismo. Hertz demostró la existencia de las ondas electromagnéticas predichas por las ecuaciones diferenciales de Maxwell. Gilbert llegó a exclamar: ¿Acaso ha sido un dios quien ha formulado estas ecuaciones?

El trabajo básico de los científicos, fructificó con las invenciones de los ingenieros; a finales del XIX, el hombre había conseguido una de

sus mejores conquistas: el dominio de la electricidad, una forma de energía que movería el mundo.

En 1879, Thomas Edison, trataba de construir una bombilla; perfeccionó el modelo ideado, treinta años antes, por el relojero alemán H. Göbel y logró un filamento no metálico, de bambú carbonizado, que alcanzaba la incandescencia sin fundirse. La primera lámpara lució durante 48 horas seguidas. En 1881, en la Primera Exposición de Electricidad, celebrada en París, se presentó la lámpara incandescente, como una instalación completa de iluminación eléctrica de corriente continua.

El éxito fue inmediato y el sistema se adoptó en Europa y en Estados Unidos. Más tarde aparecería el filamento de tungsteno.

El alumbrado de las ciudades mediante farolas con bombillas se impuso en todo el mundo, dejando atrás el arco eléctrico (1875), la luz de gas (1818), las lámparas de carburo, las luminarias de aceite y mecha (incluido el modesto candil), las velas de cera y las antorchas. Las ciudades se hicieron más seguras y habitables; por otro lado surgió la vida nocturna, propia de las grandes metrópolis. El hombre había vencido la oscuridad.

El desarrollo de la industria eléctrica suponía la producción, transporte y distribución de la nueva forma de energía, obtenida a partir de la energía mecánica.

Un generador eléctrico es una máquina que transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica. A partir del fenómeno de la inducción electromagnética, Faraday en 1832, Hippolyte Pixii en 1836 y Zenobe Gramme en 1870, construyeron las primeras dinamos, en las que se hacía girar un imán creador de un flujo magnético, el cual atravesaba una bobina generando una corriente eléctrica. La corriente



Y se hizo la luz! (NASA)

cambiaba de polo, pero con un conmutador se obtenía corriente continua.

El dominio de la electricidad alumbró un mundo de aplicaciones prácticas que ahora nos parecen normales. La resistencia de un conductor al paso de la corriente genera calor; es el fundamento del horno eléctrico, con otros usos domésticos como la plancha y la calefacción. La electricidad fue determinante en el campo de las comunicaciones: telégrafo, teléfono y radio, así como en el transporte: tranvías, trenes metropolitanos y, más adelante, motores eléctricos con potencia superior a la máquina de vapor.

Con la electricidad el hombre venció la obscuridad y el frío (además de la conservación de los alimentos), y logró comunicarse a distancia.

Duelo de titanes: Edison versus Tesla

Thomas Alva Edison (1847-1931) fue un gran talento de la invención en el excitante mundo de la electricidad y, tal vez, el primer inventor con visión comercial. Creó un centro de investigación en Menlo Park, con numerosos colaboradores y pronto se asoció a la banca Morgan, para crear la primera gran central eléctrica en Nueva York.



Thomas Edison

Inventó el fonógrafo, un sistema propio de generación de electricidad, un aparato para grabar sonidos y un proyector de películas. Al sincronizar estos últimos inventos produjo, en 1931, la primera película del cine sonoro. Por otra parte, trabajó en el desarrollo de unas baterías capaces de impulsar un coche eléctrico, cuyo prototipo diseñó la casa Ford.

En 1880, descubrió el llamado efecto Edison, que sería el fundamento científico de las válvulas de radio y de la electrónica.

La invención de las bombillas de incandescencia y el desarrollo del sistema de alumbrado, así como la generación de corriente continua, lo enfrentó a Tesla.

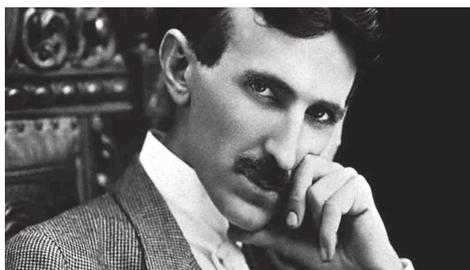
Nikola Tesla (1856-1943), ingeniero de origen serbio nacionalizado en Estados Unidos, fue un genio de la invención. Sus investigaciones en el campo de la energía eléctrica, al poner en evidencia la superioridad

dad técnica de la corriente alterna frente a la continua, especialmente al poder elevar la tensión para el transporte a distancia, afectó a los intereses de Edison, que le hizo la vida imposible. Para demostrar el peligro de la corriente alterna, Edison llegó a diseñar lo que más tarde sería la silla eléctrica.

Por su parte Tesla construyó tubos fluorescentes, basados en la descarga de una corriente eléctrica en un tubo de vidrio con vapor de mercurio y un gas inerte, argón o neón, que se ioniza con la descarga y produce luz azulada, adecuada para los anuncios luminosos. En realidad el tubo fluorescente fue patentado, en 1912, por Cooper Hewitt.

Tesla patentó un generador de corriente alterna y un transformador que elevaba la tensión para el transporte a larga distancia. La patente fue adquirida por el Ingeniero y Empresario George Westinghouse, quien fundó la compañía que lleva su nombre y construyó una central eléctrica en las cataratas del Niágara.

Tesla desarrolló la teoría de los campos rotativos, base de los generadores y motores polifásicos. En 1887 construyó un motor de inducción asíncrono trifásico de corriente alterna.



Nicola Tesla

Pero los descubrimientos más sugerentes de este genio fueron en el campo de la transmisión electromagnética sin cables. En 1893 construyó el primer radiotransmisor, con patente anterior a la invención de Marconi. El inventor italiano, que también es autor de la telegrafía sin hilos, ganó el pleito y además recibió el Premio Nobel de 1909.

A partir de la teoría del condensador de descarga, descubierto por lord Kelvin, la idea



Guglielmo Marconi

de Tesla, era la generación y transmisión inalámbrica de la energía, basándose en la conductibilidad eléctrica de la tierra. El invento no llegó a materializarse, porque el banquero Morgan cortó la financiación al no encontrar rentable el proyecto, de modo que el inventor tuvo que abandonar el laboratorio de Colorado Spring.

Edison y Tesla, dos talentos de la invención, uno con sentido de empresario, ganó una fortuna fabricando baterías, y el otro sumido en su mundo de genio incomprendido.

La era de la técnica

En los últimos cincuenta años del siglo XIX, aparecieron más de un centenar de inventos. Fue extraordinaria la floración de talentos, con capacidad creativa para realizar ingenios de utilidad práctica, que cambió la vida de la gente.

En el campo de la siderurgia había una demanda creciente de acero, para construir máquinas, trenes, barcos y vías férreas. En 1857, el convertidor de Henri Bessemer, conseguía la oxidación del hierro fundido (arrabio) mediante el insuflado de aire, eliminando las impurezas, para obtener un lingote de acero de magnífica calidad. En 1864, entra en funcionamiento el horno de reverbero de Martin-Siemens, en un nuevo proceso de fusión y afinación del acero.

Ya hemos citado las aportaciones de Edison, Tesla y Marconi. La lista de inventos puede ampliarse así: 1833 Telégrafo y código (Morse), 1851 Segadora mecánica (Mc Cormick), 1853 Ascensor impulsado con máquina de vapor (Otis), 1859 Hélice propulsora y Combustión del petróleo (Ericson), 1864



Hermanos Wright

Biciclo (Lallement, Meyer), 1865 Refrigeración (von Linde, Teller) y Calefacción central (Baldwin), 1866 Dinamita (Nobel), 1870 Horno eléctrico (Siemens), 1872 Motor de gasolina (Bryuton), 1876 Teléfono (Graham Bell), 1880 Ascensor eléctrico (Siemens), 1881 Tranvía (Siemens), 1884 Turbina (Parsons) y la película fotográfica (Eatsman), 1886 Motor de explosión (Daimler), 1887 Neumático (Dunlop), 1888 Submarino (Isaac Peral) Dirigible (Zeppelin) y Ondas de radio (Hertz),

1890 Rayos X (Roentgen), 1892 Motor de combustión interna (Diesel), 1896 Cinematógrafo (Hnos. Lumière), 1897 Aspirina (Hoffman), 1900 Torno/Fresa (Taylor), 1903 Avión (Hnos. Wright) y Electrocardiógrafo (Einhoven).

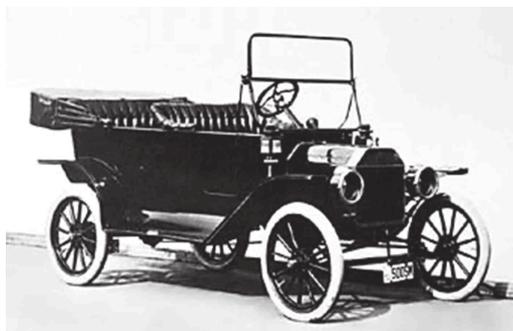
Hubo otros muchos inventos, tal vez de menor calado científico, pero no menos útiles, como las cerillas (Lunström, 1861) la cremallera (Whitecom, 1893) la aspiradora (Bodh, 1901) la hoja de afeitar (Gillette, 1901) la bujía del encendido del motor (1912) y sobre todo la máquina de coser (1856 Howe, Singer) y la máquina de escribir (1864 Scheller). Dos inventos de gran trascendencia social.

En la mayoría de los hogares entró una Singer, de modo que las amas de casa podían coser para sus hijos y hacer *trabajo a mano* para los talleres de confección, con lo que obtener unos ingresos.

La máquina de escribir abrió la puerta de las oficinas al trabajo de la mujer, cabeza de puente de una gran conquista del movimiento feminista.

En la época de las Sufragistas, el irónico Chesterton exclamó: “las mujeres querían independizarse y se han hecho todas mecanógrafas”, y en efecto ese fue el primer paso para conseguirlo.

Henri Ford (1863-1947) hijo de un modesto granjero, era muy joven



Ford modelo T

cuando vio, por primera vez, una máquina agrícola funcionando; entonces se le despertó el espíritu innato de ingeniero y decidió marchar a Detroit para buscar trabajo en una fábrica. Con el tiempo llegaría a fundar un imperio automovilístico. Siguiendo el principio de división del trabajo de Adam Smith,

implantó en sus factorías la producción en cadena y la cinta de ensamblaje. Se propuso construir un coche que pudieran comprar sus propios empleados. Se dice, con humor, que anunciaba “el Ford modelo T (1908) como el automóvil que usted podía comprar de cualquier color, con tal de que fuera negro”. El éxito fue extraordinario. En 1914 vendió 250.000 unidades. Había nacido uno de los bienes más apreciados por la gente. Proporcionaba movilidad e independencia.

Los hermanos Wilbur y Orville Wright, eran constructores de bicicletas, pero tenían otras ideas de más vuelos. En 1903, en su taller diseñaron y construyeron un aeroplano, que impulsado con una palanca, planeó en un corto vuelo. La experiencia sirvió para probar el sistema de viraje y control del aparato. En un túnel aerodinámico probaron otro modelo, estudiando perfiles y ángulos de ataque para calibrar la sustentación. El gran aporte a la aviación fue la técnica del alabeo, consistente en unos cables atados a los extremos de las alas, con los que el piloto conseguía maniobrar, girando en sentido vertical y horizontal. En 1908 patentaron su avión y construyeron el *Flyer*, un biplano dotado de un motor de 12 CV, que hacía girar dos hélices. En 1909, un nuevo modelo voló 116 km en menos de dos horas.

Además de los hermanos Wright, pioneros de la aviación, hay que recordar al ingeniero brasileño Santos Dumont. Construyó modelos de avión que no patentó, pero en 1906, fue el primer piloto que despegó con un avión autopropulsado por un motor y recorrió un circuito, supervisado por el Aéreo Club de Francia y numerosos testigos. Gran parte de la comunidad científica lo considera como el padre de la aeronáutica.

El conde Ferdinand von Zeppelin (1838-1917), trabajó como militar con globos aerostáticos, por lo que concibió la idea de construir globos dirigibles, impulsados por un motor. En 1900 construyó el primer globo dirigible, de estructura rígida de forma cilíndrica recubierta de tela y llena de hidrógeno. En la parte inferior externa, estaba dotado



Zeppelin

con dos motores Daimler de 15 CV, que impulsaban sendas hélices. Se controlaba con timones en proa y en popa. Se utilizó en aviación civil y, en catorce años, llegó a transportar 35.000 viajeros en 1.500 vuelos.

Durante la guerra (1914-18) fueron utilizados por el mando alemán, para bombardear Inglaterra, como arma disuasiva de nueva generación. Aunque la artillería y la aviación británica estaban en mantillas, pronto se comprobó la vulnerabilidad y escasa precisión de los dirigibles, de modo que dejaron de usarse.

En 1937, en el viaje inaugural de dirigible Hindenburg a Estados Unidos, se produjo un desastroso accidente (¿sabotaje?) incendiándose al aterrizar en New Jersey. Esta desgracia puso punto final a los dirigibles.

Las expediciones científicas

Los éxitos obtenidos por los avances de la técnica durante el siglo XIX, crearon un ambiente de autosatisfacción y confianza en el futuro, no exento de cierta suficiencia: el hombre era capaz de conseguir lo que se proponía.

Del mismo modo que la Royal Society de Londres y otras Academias de Ciencias, se prestigiaron en su labor de supervisión de las investigaciones y estudios científicos, también se hicieron muy populares las Sociedades Geográficas que impulsaban las expediciones que se proponían explorar rincones desconocidos del planeta y entrar en contacto con otras etnias y tribus que habitaban esos lugares. Había que cartografiar la tierra y explorar lugares y espacios vírgenes. Era la hora de los exploradores y aventureros científicos.

En los límites de la imaginación, Julio Verne (1828-1905) el gran escritor francés, reflejó el espíritu de la época, describiendo personajes admirables, capaces de emprender aventuras extraordinarias, anticipándose en la concepción de inventos fantásticos. El capitán Nemo realiza un Viaje de 20.000 leguas, en un submarino impulsado por “un motor eléctrico”. Mister Fogg y su mayordomo, ganan la apuesta a la Sociedad Geográfica, al realizar La Vuelta al Mundo en 80 días, montados en un globo aerostático. Aún más arriesgado es el Viaje a la Luna, adelantándose doscientos años a la NASA. Los relatos de los tramperos en El País de las Pieles, como las hazañas del Capitán Hatteras rumbo al polo norte, muestran el perfil del explorador que ha de tener el temple del acero.



La Meca (Kaaba)

Un paradigma de explorador fue Richard F. Burton, famoso por sus viajes por Asia y África, gran conocedor de lenguas y culturas, tradujo al inglés el Kama Sutra y los cuentos de Las mil y una Noches. Como Huc y Gabet entró en La Meca disfrazado de beduino. En 1858, financiado por la Sociedad Geográfica, emprendió en compañía de John H. Speke, una expedición desde Zanzíbar,

para explorar la región de los lagos del África ecuatorial. Tras un penoso viaje por regiones inhóspitas llegaron al lago Tanganica. Speke prosiguió la marcha y alcanzó un gran lago que bautizó como lago Victoria, con-



Lago Tanganica

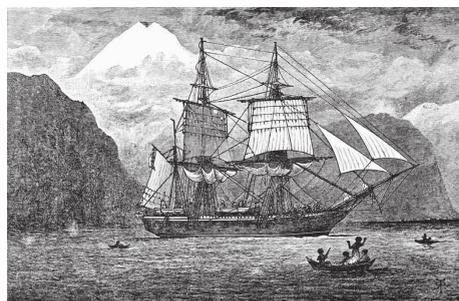
siderándolo como la fuente del Nilo. Por su parte, los aventureros Huc y Gabet viajaron al Tibet y entraron en Lhasa, la ciudad prohibida, disfrazados de monjes budistas.

David Livingstone, médico y misionero, fue otro notable explorador. Descubrió las cataratas Victoria, que forman el río Zambeze. La sociedad Geo-

gráfica le confió la búsqueda de las fuentes del Nilo, pero estuvo sin dar señales de vida varios años. El *New York Herald Tribune* financió una expedición de socorro, al mando del periodista Henry Stanley, quien lo encontró en las riberas del Tanganica (Dr. *Livingstone, I presume*).

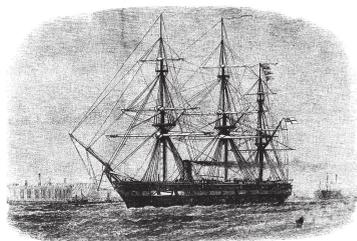
En 1876, Leopoldo II de Bélgica, fundó una sociedad “científica filantrópica”, que encubría fines privados, y contrató a Stanley para explotar el caucho del Congo. El periodista cumplió su misión infligiendo toda clase de malos tratos a los nativos.

Una de las expediciones científicas más importantes de la época, la realizó, en 1836-1841, el Capitán Fitz-Roy al mando del *Beagle*. El bergantín embarcó un equipo de científicos: geógrafos, oceanógrafos, botánicos, físicos y naturalistas, entre los que se encontraba Charles Darwin. En la Tierra del Fuego, así llamada porque los patagones mantenían sus fogatas encendidas, llevaron a cabo el levantamiento cartográfico de la costa y descubrieron, en el estrecho de Magallanes, un paso más corto, que bautizaron como canal de Beagle. Después de alcanzar el cabo de Hornos, pasaron al Pacífico y navegaron hasta las islas Galápagos. Identificaron la corriente fría de Humboldt y catalogaron numerosas especies de animales y plantas. En Galápagos, Darwin observó que las tortugas y ciertas aves presentaban, en distintas islas, diferencias somáticas progresivas. Este sería el germen de su posterior obra *El origen de las especies* y de su teoría de la evolución. Pusieron después rumbo a Nueva Zelanda, sorprendidos de su clima benigno. Atravesaron el Índico y remontaron el Atlántico hasta



Bergantín Beagle

Inglaterra. Tanto Fitz-Roy como Darwin presentaron sus detallados informes en los que se describía la variedad biológica del planeta.



Challenger

La expedición científica realizada por el *Challenger*, un navío mixto de vela y vapor, al mando del experto marino Wyville-Thonson, acompañado de un equipo de científicos, surcó los mares, de 1872 al 1876, explorando desde las islas Aleutianas, en el Ártico, hasta las costas del hemisferio Sur. Sondaron el océano y descubrieron la fosa de las Marianas (8.000 m); midieron

la salinidad de las aguas y comprobaron que la temperatura desciende con la profundidad hasta el límite de 4° C, cuando se alcanza la máxima densidad del agua. Estudiaron las corrientes, los vientos y las borrascas. Llegaron a catalogar miles de especies de seres vivos. Fue una expedición que proporcionó verdaderos conocimientos científicos.

A finales del siglo XIX se había explorado prácticamente todo el planeta, solo faltaba conquistar los polos de la tierra. En los primeros años del siglo XX se emprenden varias expediciones a los polos. El equipo formado por los exploradores F. Cook y R. Peary, conquistó, en 1909, el Polo Norte, donde establecieron una Estación de Investigación Científica.

El noruego Roald Amundsen, que había proyectado alcanzar el polo norte, al enterarse de la noticia, cambió de rumbo y se dirigió a la Antártida, compitiendo con el inglés Robert Falcon Scott. En diciembre de 1911, Amundsen plantó la bandera noruega en el Polo Sur. La expedición de Scott, en la que iba Shackleton, alcanzó el Polo Sur cinco semanas más tarde.

En 1914, E. Shackleton, con un experimentado equipo, navegó hasta la Antártida, a bordo del *Endurance*, con el propósito de atravesar con trineos el continente helado, pasando por el Polo Sur. La odisea del viaje comenzó cuando el buque quedó aprisionado entre los hielos, en el mar de Weddell, y finalmente se hundió. Las penalidades duraron tres años, pero al fin, Shackleton consiguió volver con sus hombres, sanos y salvos.



Endurance



Amundsen en el Polo Sur

Estos intrépidos y heroicos exploradores, demostraron al mundo, como el ingenio para salir adelante en situaciones desesperadas, requiere la capacidad de supervivencia del hombre, el valor del trabajo en equipo y el poder del liderazgo.

Las investigaciones de laboratorio

A finales del siglo XIX, notables científicos realizaron, en el silencio de sus laboratorios, importantes descubrimientos en química, biología y medicina. Mendéleiv inició su famosa tabla, en la que ordenó los elementos según su peso atómico. Rutherford estudió la estructura del átomo. Berthelot, uno de los padres de la química orgánica, sintetizó hidrocarburos, alcoholes y aldehídos.

Leewenhock construyó el primer microscopio, con el que pudo ver y estudiar los microorganismos. Los biólogos comenzaron los descubrimientos bacteriológicos: gérmenes, bacilos y bacterias. Louis Pasteur estudió los gérmenes y descubrió una vacuna contra la rabia. Robert Koch consiguió obtener cultivos de bacilos y se enfrentó con el cólera, que era epidémico en la India. En 1883 consiguió la vacuna y a finales de siglo quedó prácticamente erradicado. Koch aisló también el bacilo de la tuberculosis, que hacía estragos en la época romántica. No consiguió una vacuna, pero sí métodos preventivos y profilácticos. El campo de la biología se amplió con los estudios genéticos de Gregor Mendel, un monje que cultivaba el huerto del convento y realizaba cruces de especies vegetales. En 1866, escribió un ensayo sobre los híbridos vegetales y dedujo sus conocidas leyes, que son las leyes fundamentales de la genética.



XI.- EL PROBLEMÁTICO SIGLO XX

El siglo XX comenzó con los mejores augurios; la Exposición Universal de 1900 en París, redobló el éxito cosechado por la Ciudad Luz en las anteriores muestras. Se inauguró el puente Alejandro III, sobre el Sena, como homenaje a la amistad franco-rusa. En 1902 se coronó en Westminster, con pompa y circunstancia, Eduardo VII. Poco después se firmaría la *Entente Cordiale*, una alianza entre Francia y el Reino Unido, que reforzaba sus imperios coloniales frente a la *Weltpolitik* del Kaiser. La *Pax europea* parecía asentarse en la vieja Europa. En palabras de Rudyard Kipling, alcanzado el bienestar y el progreso, *la carga del hombre blanco* consistía en redimir a los pueblos originarios de África y Asia.



Puente Alejandro III (París)

Todo parecía ir bien, pero la noche del 14 al 15 de abril de 1912 ocurrió la catástrofe: el Titanic, el buque más poderoso del mundo, se fue a pique en su primer viaje, en las heladas aguas del Atlántico norte.



Titanic

El desafiante paquebote, desplazaba 50.000 t. podía alcanzar 23 nudos, con capacidad para 2787 pasajeros y 860 tripulantes; iba dotado de dos hélices laterales de 3 palas y una central de 4. Tenía 29 calderas, 2 máquinas alternativas, una turbina

Parsons, 4 chimeneas y una estructura de doble casco. No obstante, tal vez el ahorro en la calidad de las planchas de acero y la deficiencia de los remaches dieron lugar a que el barco no pudiera soportar la colisión con un iceberg, en un mar plagado de montañas de hielo, en el que la prudencia aconsejaba aminorar la velocidad. El desastre enfrió la fe en el progreso y en la condición humana. El Titanic se convirtió en una metáfora del gran naufragio de Europa en el siglo XX, cuando la incompetencia, la ambición y la soberbia, condujeron al suicidio colectivo en las dos guerras mundiales.

La locura europea

La Guerra (1914-18), un enfrentamiento brutal entre países civilizados, produjo veinte millones de muertos, en una anacrónica y prolongada batalla de trincheras, en la que oleadas de soldados, de ambos bandos, con bayoneta calada, sucumbían al fuego de las ametralladoras. Junto a la incipiente aviación y los primeros ensayos de tanques, la ametralladora fue el gran aporte técnico a la contienda. También apareció el primer submarino de combate. El SM-U20 torpedeó y hundió en 1915, frente a la costa irlandesa, el *Lusitania*, transatlántico con pasaje americano, lo que motivó la entrada de Estados Unidos en el conflicto.

Los acontecimientos se precipitaron: *Dictat* irresponsable del Tratado de Versalles, triunfo de la revolución de octubre con la implantación de la Unión Soviética, epidemia de gripe, fracaso de las democracias en el periodo de entre guerras, ascensión del fascismo en Italia y del nazismo en Alemania, Crac del 29 y Gran Depresión, fracaso de la política de apaciguamiento y, finalmente, la tragedia de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945): setenta millones de muertos incluidas las víctimas civiles, Holocausto judío, la destrucción de las grandes ciudades, guerra fría, el telón de acero soviético sobre media Europa y fin de la guerra en el pacífico, con el lanzamiento de sendas bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki.



Hiroshima

El rearme de Alemania y de otras potencias, después de la primera guerra mundial, requirió un aporte de innovación técnica extraordinario. Se mejoró el SONAR (navegación por sonido) fundamental para



Sede de la ONU (New York)

detectar submarinos y se desarrollaron sistemas de comunicaciones cifradas, como la máquina alemana ENIGMA, finalmente descifrada por un equipo de técnicos británicos.

En 1940, ya en pleno conflicto, en Gran Bretaña se inventó el RADAR (Radio Detection And Ranging). Un equipo de técnicos, formado

por Watson-Watt, Wilkins y Bowen, aplicaron la simple idea de enviar una onda de radio y recoger en una pantalla tipo osciloscopio, la onda reflejada en un avión enemigo; midiendo el tiempo transcurrido se calculaba la distancia del objeto. El sistema fue sumamente útil en la batalla de Inglaterra.

Por otra parte, también en plena guerra, se desarrolló el turborreactor. La Luftwaffe construyó el Messerschmitt 262, que entró en acción en 1944; poco después la RAF sacó el Gloster Meteor. La idea original del motor a reacción se debe al ingeniero británico Frank Whittle, en 1930, y se basa en el ciclo termodinámico de Brayton; se trata de una turbina de gas que, al expandirse por medio de toberas, produce un efecto de propulsión. El ingeniero alemán Von Ohain consiguió vencer las dificultades prácticas y, en 1943, poner a punto el primer avión con motor a reacción.

La producción de armamento se realizó en gran escala y se construyeron nuevas armas de destrucción masiva. La capacidad industrial americana, puesta al servicio de los aliados, fue definitiva para decidir la contienda. La producción americana de tanques



Central Nuclear

duplicaba la alemana, y la de aviones la triplicaba, además en Alemania escaseaba el acero y el petróleo. Por otra parte, como la mayoría de los hombres tenían que combatir en el frente, las mujeres entraron, definitivamente, en el mundo del trabajo en todas las actividades.

La superioridad aérea aliada permitió el implacable bombardeo de las zonas estratégicas en el territorio alemán, especialmente en Bremen,

donde se había instalado una fábrica de submarinos de nueva generación, el U-21 que no llegó a entrar en combate; disponía de dos motores diesel que recargaban las potentes baterías de un motor eléctrico, lo que le permitía navegar bajo el agua durante diez horas. Del mismo modo la fábrica de misiles diseñados por Von Braun, el famoso V-2, tuvo que cambiar de emplazamiento y finalmente, bombardear Londres, ya en el año 1945, desde rampas de lanzamiento móviles. El arma definitiva del III Reich, la bomba atómica, no pasó de ser un ambicioso proyecto, con la producción de agua pesada en Noruega. En cambio, en los Estados Unidos, el proyecto Manhattan, dirigido por Oppenheimer, en el que participaron los eminentes científicos Niels Böhr, Enrico Fermi, Ernest Lawrence y Arthur H. Compton entre otros, consiguió, en poco más de dos años, una bomba de fisión de plutonio, que fue probada con éxito en el desierto de Alamogordo (Nuevo Méjico).

Después de la guerra, el programa americano, Átomos para la Paz, promovió la tecnología nuclear para la construcción de centrales termoelectricas en muchos países del mundo y más tarde se desarrolló la medicina nuclear.

La primera mitad del siglo XX presenta un perfil inquietante de cambio de época, con grandes dudas sobre el porvenir de la humanidad, instalada en una prolongada *guerra fría*. Se produce un cambio de paradigma, la sociedad se contagia del miedo al futuro por el peligro nuclear, los conceptos científicos de incertidumbre y relatividad pasan al lenguaje de la calle con un sesgo de desconfianza. La crisis afecta a la cultura occidental y se extiende a la literatura, al arte y al pensamiento científico. El racionalismo positivista se desmorona, surgen las vanguardias: pintura abstracta, teatro del absurdo, música atonal, pesimismo existencial y angustia vital. Se pone en cuestión el destino y la integridad moral del hombre.

No obstante, la reconstrucción de Europa con ayuda del Plan Marshall y la prosperidad de los Estados Unidos, propiciaron la recuperación económica en una nueva etapa de progreso tecnológico, en la que se puso en juego la vitalidad del talento y la inercia de la innovación con un incremento exponencial respecto al portentoso siglo XIX.

La Carta fundacional de las Naciones Unidas, firmada el 26 de junio de 1945 en San Francisco, proclamaba: “Nosotros los pueblos, estamos resueltos a preservar a las generaciones venideras del flagelo de la guerra, que ha infligido a la Humanidad sufrimientos indecibles, así como a reafirmar la fe en los derechos fundamentales del hombre”. A pesar de tan buenos propósitos pronto surgieron conflic-

tos “locales” en Corea, Vietnam, Camboya, América Latina, Líbano, etc. así como en los movimientos revolucionarios, con motivo de la descolonización en África y Sudeste asiático. Para atender esta demanda, la industria militar sigue siendo punta de lanza en el desarrollo tecnológico: superbombarderos, aviones de vigilancia (modelos U-2 y SR-71), cazas a reacción (F-16 Falcon, Eurofighter Typhoon, F-27 Raptor), portaaviones, submarinos nucleares (Nautilus), Misiles con cabeza nuclear, bombas de racimo, fusiles de asalto, tanques de nueva generación (modelo M1) etc...

El Helicóptero moderno, en sus diversas versiones, como aeronave sustentada y propulsada por unos rotores horizontales con dos o más palas, comenzó a fabricarse en serie en 1944, por Igor Sikorsky. Pero el aparato tiene antiguos antecedentes. En los escritos de Leonardo de Vinci, de 1490, se describía un artefacto volador con un rotor helicoidal, que naturalmente nunca llegó a construirse. Al antecedente más inmediato es el Autogiro, inventado por el ingeniero español Juan de la Cierva, Se trata de una aeronave de ala giratoria. El avión se impulsa por una hélice, pero se sustenta por un ala que es un rotor que gira (autogiro) por la acción del viento. El helicóptero es sustentado y propulsado por uno o dos rotores horizontales articulados (patente de La Cierva), con los que se eleva y vuela. El modelo de helicóptero más avanzado, el Apache (1986) incorpora dos motores turbo-eje de gran potencia. Va armado con misiles antitanque Hellfire, cohetes Hidra y una poderosa ametralladora. El titanio (producido en 1940), el Kevlar (tejido sintético de gran resistencia, descubierto en 1965) y el cristal a prueba de balas, protegen al piloto.

En 1947, se construye en la URSS el famoso fusil de asalto Kalashnikov, AK-47, arma mortífera y, a la vez, una maravilla de la técnica; tal vez el único producto soviético ampliamente extendido, lamentablemente, por todo el mundo.

La vida cotidiana en la posguerra

El impulso innovador y la demanda social conducen a un sinfín de descubrimientos que proporcionan, en los países más avanzados, un confortable modelo de vida hasta entonces nunca alcanzado. En los años cincuenta, se alcanza el sueño americano, la familia media dispone de refrigerador, lavadora automática (1946) horno de microondas (1946) cocina eléctrica y radio transistor (1947) televisión (1937, en 1939 en color), teléfono (en 1983 el celular de Motorola) aire acondicionado, automóvil con airbag (1953) equipo de buceo (1943) riego automático en el jardín (1952) y otras muchas cosas.

Se inicia la revolución de los plásticos, la producción, en gran escala, de fibras sintéticas que proporcionan tejidos económicos, eficientes y fácilmente lavables, después del gran impacto causado en 1938 en el mundo femenino, con la aparición de las medias de nylon (DuPont) las famosas “medias de cristal”, que liberó a las mujeres de la tarea de coger puntos.

Las ciudades crecen y se construyen rascacielos de hormigón armado y de estructura de acero y cristal, dotados de ascensores rápidos y eficientes. En los rascacielos de hormigón armado se requieren unas bombas hidráulicas especiales para elevar la mezcla. Es el caso del Empire State (1931) y del Chrysler (1929), que iniciaron el *Skyline* de Nueva York, pero también en la construcción de las torres Petronas (1998), en las que se elevó el hormigón 452 m. Por otro lado, el edificio Seagram, en Nueva York (1958), de Mies von der Rohe, es un prisma con una estructura de bronce sobre la que cuelgan vidrios polarizados.

En todo el mundo, se realizan importantes obras de ingeniería civil, construyendo redes de autopistas, tendiendo puentes (Golden Gate 1937) y horadando túneles. El Eurotúnel bajo el Canal de la Mancha (1994) es una de las infraestructuras internacionales más notables de la época, superada por el



Skyline New York

recientísimo túnel de San Gotardo (57 km), inaugurado en mayo de 2016. Las grandes ciudades disponen de aeropuertos y los viajeros se pueden desplazar en cómodos y rápidos aviones, primero de hélice y después a reacción. La potencia de los motores a reacción, permitió aplicar la tecnología del compresor de alto rendimiento y, en consecuencia, la presurización de la cabina, una vez sellado y reforzado el fuselaje. El avión puede volar a gran altura (30.000 pies) con menor consumo de combustible. Los bombarderos a reacción de los aliados, volaban a 20.000 pies para zafarse de la artillería de la *Wermach*, pero los pilotos necesitaban abrigarse concienzudamente para soportar, a esa altura, los 30 grados bajo cero.

El primer modelo comercial presurizado fue el Boeing 707, en 1958; diez años después entró en servicio el Jumbo 747, con 14.500 km de



Boeing Jumbo 747

autonomía. La competencia mejoró el servicio, al empezar a volar los modelos del Consorcio Europeo del Airbus, entre los que destaca el Airbus 320, y más recientemente el A 380.

En el campo de las comunicaciones ferroviarias, se han producido continuos avances que han devenido en los trenes de Alta Velocidad. Merece especial mención la aportación tecnológica del ingeniero Goicoechea en el diseño del TALGO (Tren Articulado Ligerero Goicoechea Oriol). Los coches son cortos, no llevan bojes, sino rodales independientes, unidos mediante un juego de barras, con lo que se consigue que las ruedas se acoplen paralelamente al rail de cada punto, con lo que en las curvas disminuye el roce con la vía. La ausencia de bojes arroja un centro de gravedad más bajo. El resultado es una mayor estabilidad y al tener menor sección, más velocidad. En España, el Talgo comenzó a circular en 1945, encabezado por un automotor diesel. La patente la compró una empresa americana, que sigue construyendo modelos más avanzados, como el Altaria que incorpora la tecnología pendular.

La Alta Velocidad (250-300 km/h) se consigue por dos factores. La infraestructura viaria: nuevos trazados, sin pasos a nivel, con curvas suaves (más de 8 km de radio), traviesas de hormigón y raíles soldados y la tracción eléctrica, transmitida por la catenaria a los motores eléctricos que alimentan las ruedas de todos los vagones. Además el vagón frontal tiene diseño aerodinámico. Son muy populares el TGV francés, el Shinkansen japonés, el Pendolino italiano y el AVE español.

El hombre es capaz de dominar la naturaleza, pero obediéndola, como postulaba el pensador inglés Francis Bacon. Una muestra de ello la constituye la construcción de centrales hidroeléctricas, utilizando la energía potencial de



Templo de Abu Simbel,

los saltos de agua, en las cuencas de los ríos. Citaremos tres casos notables.

El Nilo, milenarío río que da vida a Egipto, padecía unas crecidas incontroladas que arruinaban las cosechas y era un fuente de energía desaprovechada. La presa de Asuán (1960/70) vino a remediar estas carencias. Dado el valor arqueológico e histórico de los monumentos del antiguo Egipto, fue preciso, con ayuda de la Unesco, desmontar piedra a piedra numerosos templos y volverlos a instalar en lugar seguro. Es el caso de templo de Debod, que se conserva en Madrid y sobre todo del templo de Abu Simbel, dedicado a Ramsés II, reconstruido en Nubia, en la ribera del lago Nasser, a 300 km al sur de Asuán.



Presa de Itaipú

La represa de Itaipú en el río Paraná, en la frontera entre Brasil y Paraguay, se puso en marcha en 1984, después de un largo proceso de construcción. Produce 90 millones de kwh, con una potencia instalada de 14.500 MW. Es un modelo de obra civil e ingeniería industrial.

La presa de las Tres Gargantas, en el río Yantgsé, en el centro de China, es la más grande del mundo, con 22.000 MW instalados. La obra de ingeniería civil realizada (de 1994 a 2012) ha supuesto el realojo de 2 millones de habitantes, al cubrir las aguas 19 ciudades y 300 poblados. La presa controla las devastadoras inundaciones periódicas, produce energía eléctrica para abastecer el 5% del consumo eléctrico en China, protege a 15 millones de ribereños y dispone de esclusas que permiten la navegación fluvial a barcos de 3.000 tn. La presa remansa 40.000 hectómetros cúbicos de agua.

Estos macroproyectos son una muestra del ingenio y de la capacidad organizativa, para coordinar los recursos humanos, en los procesos de diseño, cálculo, presupuesto, trabajos de campo, respuesta técnica a los problemas de ejecución, búsqueda de la eficiencia, puesta en práctica de sistemas originales y de nuevos materiales adecuados a las necesidades del proyecto.

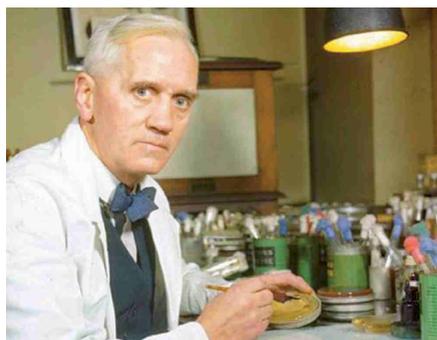
Los avances en la medicina

La experiencia médica en los hospitales de campaña, durante la primera Guerra Mundial, puso en evidencia la escasez de medios dispo-

nibles para atender a los soldados heridos, tanto de especialistas, como de medicinas y de instrumental quirúrgico. La gangrena de los heridos, por infecciones oportunistas, obligaba a realizar amputaciones sin anestesia, aunque ya se conocía el éter.

Algunas investigaciones anteriores habían conseguido, gracias al microscopio, descubrir el mundo microbiano, la primera vacuna antivariólica, las sulfamidas y otras sustancias. El progreso en la medicina se produjo por la acción en diferentes áreas: creación de laboratorios de investigación de fármacos, implantación de sistemas estatales de salud para atender a los enfermos, creación de facultades universitarias para la formación de profesionales, instalación de quirófanos modernos, así como la conjunción de la técnica y la ciencia: rayos X, transfusiones de plasma, análisis clínicos, radioterapia, tomografía, endoscopia, resonancia magnética etc.

En 1928, Alexander Fleming, médico y microbiólogo, que investigaba sobre gérmenes, hizo un descubrimiento de los secretos de la naturaleza, tan simple como esto: unos organismos eliminan a otros organismos. El cultivo de gérmenes había sido invadido por un hongo (*penicillium notatum*) que había hecho desaparecer la mayor parte



Alexander Fleming

de las bacterias del cultivo. Se había descubierto el primer antibiótico: la penicilina. Tras prolongados estudios y la participación de otros investigadores, en los años cuarenta, los laboratorios podían ofrecer un remedio eficaz contra las bacterias. En 1945, Fleming, Chain y Florey fueron premiados con el Nobel. Así nació la era de los antibióticos, una de las grandes conquistas del hombre del siglo XX. Sin embargo, continúa la lucha de los investigadores contra otros microorganismos: los virus. La gripe es causada por un virus. La aspirina solo puede reducir la fiebre y tener un efecto analgésico. Por ahora, el combate se libra mediante la vacuna, es decir, con la estimulación del propio sistema defensivo del organismo; una versión moderna de la medicina hipocrática.

Un gran avance clínico se produjo cuando el patólogo Karl Landsteiner descubrió y tipificó los grupos sanguíneos, lo que facilitarían las transfusiones sin riesgo de rechazos. Por ello fue merecedor del Nobel en 1930.

Las infecciones virales se combaten con las vacunas, de este modo se han erradicado: sarampión, viruela, lepra, poliomielitis, varicela y rubéola. Las infecciones bacterianas se vencen con los antibióticos: cólera, carbunco, difteria, tífus, neumonía y tétanos, que también se previenen con vacuna. La tuberculosis se trata con una combinación de hidracida y estreptomina. Los laboratorios de investigación no descansan en la búsqueda de nuevos fármacos, para atajar enfermedades como la fiebre amarilla, dengue, Ébola, mal de Chagas, encefalopatía espongiiforme y, sobre todo, el virus VIH.

Otro gran logro de la medicina de nuestra época lo constituyen los trasplantes de órganos. Los primeros ensayos de trasplantes se realizaron en la Unión Soviética, pero el primer éxito, en un trasplante de riñón, se produjo en Boston en el año 1947.



Trasplante de órganos

En diciembre de 1967, saltó a los medios de comunicación una noticia sensacional que sorprendió al mundo: el cirujano Christian Barnard había realizado, en una clínica de Ciudad del Cabo, el primer trasplante de corazón. Aunque el paciente falleció pronto, por problemas de rechazo, se había abierto una vía de esperanza, transitada por otros médicos, con renovadas técnicas, hasta convertirse en una cirugía habitual que salva numerosas vidas. Puede decirse que Barnard inauguró la era de los trasplantes.

Como en tantos campos de la investigación, la genética es un cúmulo de aportaciones de muchos científicos, que experimentan con sus ideas y ensayan, en el silencio de sus laboratorios, métodos y sistemas para descubrir las leyes de la naturaleza. Se produce así, el progreso del saber.

El estudio de la biología molecular podía arrojar luz sobre las enfermedades hereditarias, causadas, al parecer, por la mutación de un gen. Se describen numerosas dolencias, como hemofilia, diabetes, cierto tipo de cáncer, Alzheimer, síndrome de Down etc.

Las investigaciones científicas realizadas durante muchos años, utilizando el microscopio electrónico y la técnica de la difracción de los rayos X, se propusieron descifrar el genoma humano, es decir el código contenido en los 23 pares de cromosomas, recibidos de los progenitores, uno de

*Genoma humano*

los cuales define el sexo. El genoma, o conjunto de genes de un organismo, es el libro en el que está escrita toda la información necesaria para la constitución, mantenimiento y perpetuación de un ser vivo. En el núcleo de las células (moléculas orgánicas basadas en el carbono) se forman los cromosomas

y existen ácidos nucleicos. El ácido desoxirribonucleico (ADN) se configura en una estructura en forma de doble hélice, que recuerda la doble escalera helicoidal de las torres del Castillo de Chambord, diseñada por Leonardo da Vinci. El genoma humano se compone de unos 25.000 genes, cada uno de ellos es un segmento de la cadena, que actúa como patrón para la configuración de las células. Un gen es la unidad básica de la herencia y porta la información necesaria para la síntesis de una proteína. La ingeniería genética se propone modificar un organismo, al que se le incorpora un gen de otro, para obtener las características deseadas. En biología vegetal se han conseguido especies de maíz y soja, resistentes a las plagas y a los herbicidas. Un campo inmenso de posibilidades se abre en el futuro.

La carrera del espacio

A finales del siglo XIX, la electricidad alumbró, nunca mejor dicho, un prometedor futuro para la vida cotidiana del hombre. Al principio de la segunda mitad del XX, la electrónica y los cohetes a reacción marcaron un hito del progreso científico, cambiando nuestras vidas y la visión del futuro.

Después de la segunda guerra mundial, americanos y soviéticos se disputaron el botín de los científicos alemanes y nutrieron sus respectivos laboratorios con investigadores altamente capacitados. Los americanos crearon la NASA y se beneficiaron

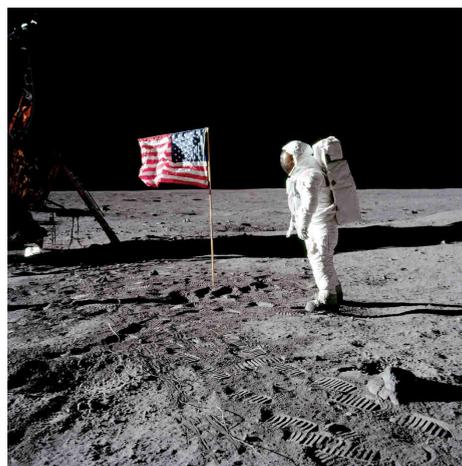
*Sputnik (1957, NASA)*

del trabajo de Wernher von Braun en materia de cohetes, que comenzó con el proyecto Vanguard.

La gran sorpresa fue que, el 4 de octubre de 1957, los soviéticos pusieron en órbita el primer satélite artificial: el Sputnik, una esfera de aluminio de 58 cm. de diámetro, provista de dos transmisores de radio, lanzada al espacio desde una base de Tzajistan con un cohete R-7. El satélite orbitó la Tierra, 90 días, con un apogeo de 939 km y un perigeo de 210 km. proporcionando datos de la densidad de la atmosfera y de la propagación de las ondas en la ionosfera. Los rusos se adelantaron así en la carrera espacial y se apuntaron otro éxito en 1961 con el vuelo espacial, alrededor de la Tierra, del primer astronauta, Yuri Gagarin.

El Presidente Kennedy, aceptó el desafío y propuso un plan para hacer llegar un hombre a la Luna, al final de la década de los sesenta. La NASA, convocó ingenieros, informáticos, astrofísicos y científicos de diversas especialidades, así como una selección de futuros astronautas, que fueron entrenados al efecto y negoció con los fabricantes de aeronaves y motores para sus prototipos y proyectos, en una concentración de medios y talento, desconocida hasta entonces, con lo que se desarrolló una sofisticada tecnología.

Entre otros ensayos, como el vuelo orbital de Glenn en 1962, desarrolló los programas Gemini y Apolo. El proyecto Apolo 11 suponía la utilización de un potente cohete, el Saturno V, con un empuje de 33.5 MN capaz de alcanzar la velocidad de escape de la gravedad terrestre (40.329 km/h) El cohete, de 110 m de alto y 10 m de diámetro, pesaba 3.000 toneladas, se componía de tres fases y la nave Apolo con el módulo de mando y el modulo lunar. Con la ignición de los cinco motores F-1 de la primera fase, quemando 700 tn de queroseno refinado, con un empuje de 33.4 MN, el cohete alcanzaba 61 km de altura, en 150 segundos, a la velocidad de 8.600 km/h. Antes de que terminara esta fase los tripulantes sufrían una aceleración de de 4 veces la gravedad. Desprendida la primera fase, entran en ignición los cinco motores J-2 impulsados con el combustible criogénico (hidrógeno líquido y oxígeno como oxidante) con un empuje de 5 MN, alcanza en 5 minutos la altura de 185 km. En la tercera fase, con un solo motor J-2, alcanza la llamada “órbita de aparcamiento”, a 215 km, donde



*El hombre en la Luna
(1969, NASA)*

permanece tres horas para que los tripulantes calibren los instrumentos. Autorizados por Houston, la nave acelera quemando sesenta toneladas de combustible criogénico y alcanza la velocidad de escape de la gravedad terrestre, 45.000k/h, hasta la inserción en la órbita lunar. El comandante acciona el frenado hiperbólico (ignición de combustibles sólidos al mezclarse) para pasar de la “trayectoria de regreso libre” a la órbita lunar. Armstrong y Aldrin pasan del módulo de mando al módulo lunar, Collin controla el módulo de mando. Situados en la vertical conveniente el módulo lunar se posa suavemente sobre la superficie de la Luna. Poco después Neil Armstrong es el primer hombre que pisa la Luna, el 20 d julio de 1969, y dice la célebre frase: “*It’s one small step for a man, one giant leap for mankind*”. Con el retorno a la Tierra de los tripulantes, sanos y salvos, se culminó una de las hazañas del progreso tecnológico de la humanidad.



Saturno V y Apolo 11 (1969, NASA)

Los programas de la NASA han continuado en la tarea de la exploración del sistema solar, incluso colaborando con los soviéticos en la estación espacial MIR y esotros proyectos como el *Skylab*. La tecnología ha permitido explorar los grandes planetas desde cerca.

La sonda Voyager 1, lanzada por el cohete Titán III en septiembre de 1977, con una vida útil esperable de 38 años, tiene como misión explorar de cerca los planetas Júpiter (al que se aproximó en 1979) y Saturno (en 1980). Es una nave interplanetaria que en 2014 ha alcanzado los confines del sistema solar y viaja por el espacio interestelar en el que solo hay polvo cósmico. La sonda ha enviado a la Tierra numerosos datos de interés y, como ya dijimos, es portadora de un mensaje del hombre a posibles seres inteligentes (el llamado “disco de oro”).

El fabuloso mundo de la electrónica

Para un joven de hoy en día, pendiente de la pantalla de su teléfono inteligente, comunicarse mediante imagen y voz con sus amigos, cualquiera que sea el lugar del planeta en que se encuentren, le parece la

cosa más natural del mundo. Del mismo modo, tener información de las imágenes que envía el telescopio espacial Hubble, es ya cosa corriente, sin la menor importancia. Pero ha habido un largo, aunque rápido, camino que recorrer hasta conseguirlo, gracias al ingenio de inventores, ingenieros y científicos.

En los años cincuenta, en Estados Unidos había una demanda creciente de radio receptores y televisores, que utilizaban en sus circuitos válvulas (tubos de vacío) poco eficientes. La industria electrónica hizo un gran avance cuando los científicos John Bardeen y Walter Brattain desarrollaron el transistor (*transfer resistor*, o resistencia de transferencia) en los laboratorios de la AT&T Bell. Los investigadores descubrieron que el silicio es un semiconductor, de modo que su conductividad varía según la temperatura, la intensidad de la corriente y al efecto de semiconductores. Así, según el diseño, el transistor puede actuar como un interruptor de encendido y apagado, como se usan en los ordenadores, o puede actuar como amplificador, como en los aparatos de radio y televisores. Los transistores eran pequeños, eficientes y baratos.

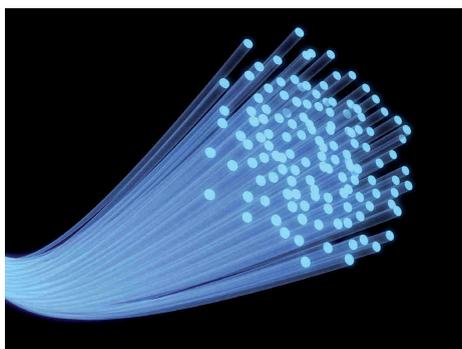
Un nuevo paso, en la tecnología electrónica, se produjo con la invención de los circuitos integrados. Había antecedentes de investigadores alemanes y británicos, pero fue el físico Jack Kilby, en 1958, quien los obtuvo primero. Un circuito integrado es una estructura de material semiconductor, germanio o silicio, de algunos milímetros cuadrados de superficie, sobre la que se fabrican circuitos electrónicos mediante fotolitografía y que están protegidos por un encapsulado de plástico o cerámica. Un *chip* es un pequeño circuito integrado, concentrado en una “pastilla”. Los dispositivos electrónicos, provistos de microchips que contienen millones de transistores, son cada vez más complejos, más eficientes y más pequeños.

En el *Silicon Valley* de California, donde había una gran actividad industrial con disponibilidad de medios, se produjo una concentración de talento para el desarrollo de actividades en el campo de la electrónica y de la informática. Los avances son extraordinarios en las comunicaciones, la industria digital, la robótica, la cibernética, la astrofísica y la informática. La información automática cumple funciones muy variadas: cálculo, ordenación y almacenamiento de datos, diseño de modelos, visualización de imágenes en tres dimensiones, procesamiento y digitalización de textos etc. un largo camino desde los modestos ábacos de la antigüedad, que ayudaban a sumar y restar.

En los años 70, las primeras computadoras ya realizaban operaciones muy complejas, como ordenar y relacionar datos, trazar modelos etc. y

poco después se creó el primer programa para enviar correo electrónico. Las compañías *Microsoft* y *Apple* se constituyeron en 1976 y, cuatro años más tarde, apareció el ordenador personal, manejable en casa, y Bill Gates inventó el lenguaje *Windows*, cuyo sistema operativo fue desarrollado por *Microsoft*; el éxito fue inmediato entre las empresas y el público en general. Paralelamente aparecieron los sistemas operativos *Macintosh*, comercializados por *Apple*.

En 1969 se estableció la primera conexión de computadoras, entre tres universidades de California, para compartir información reservada. Internet es un conjunto descentralizado, de redes de comunicación interconectadas, que gracias a unos determinados protocolos, se comportan como una red lógica, única, de alcance mundial. En 1990, el equipo de Tim Berners-Lee, del CERN de Ginebra, creó el lenguaje HTML y construyó el primer cliente Web, llamado *World Wide Web*, así como el primer servidor. Se inició entonces el auge de Internet, sobre todo a partir de 1993, cuando la web se extendió al dominio público.



Fibra óptica

La invención en el terreno de la informática es imparable y los usuarios están continuamente atentos a las novedades de última generación y a la competencia de los fabricantes. El teléfono inteligente (*smartphon*) es un buen ejemplo de la carrera de innovaciones: se trata de un teléfono celular que incorpora las funciones multimedia de una computadora:

comunicación de voz y texto, cámara fotográfica, reproductor de video, MP3, agenda, programas, acceso a Internet, GPS etc. El usuario utiliza las redes sociales (*Twitter*, *Facetbook* etc.) y establece una comunicación instantánea con multitud de personas. En 2016, la aplicación de mensajería instantánea, para teléfonos inteligentes, conocida como *whatsapp*, alcanzó 1.000 millones de usuarios. Los dueños de terminales pueden comunicarse, inmediatamente a cualquier hecho, y crear opinión pública, con las consiguientes consecuencias sociales y políticas.

El mundo de las telecomunicaciones, experimentó un avance extraordinario con la invención de la Fibra Óptica y del Laser.

LASER (*Light Amplification Stimulated by Emission of Radiation*) es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica. En 1916,



Láser

A. Einstein, estableció el fundamento científico para el desarrollo de los láseres y máseres, utilizando la ley de radiación de Max Plank, basada en los conceptos de emisión espontánea e inducida de radiación, para generar un haz de luz coherente; un rayo de luz monocromática.

En 1953, se construyó el primer máser capaz de producir un haz coherente de microondas. Hasta 1960, no se construyó el primer *láser*, pero no parecía tener una aplicación práctica. Como en otras ocasiones, una “solución” estaba a la espera de un “problema”. En 1969, tuvo lugar la primera aplicación industrial: soldadura de chapa en una fábrica de automóviles. En 1980, un dispositivo *láser* lee los datos codificados sobre un disco óptico reflectante, un CD.

Las aplicaciones del *láser* son numerosas, en medicina: intervenciones quirúrgicas oculares, renales y otras; en la industria: corte de precisión, máquinas tuneladoras, guiado de robots, control balístico; en artículos domésticos: impresoras, lectoras de código de barras, lectoras de CD y DVD, etc. y sobre todo en comunicaciones, donde hizo posible el gran avance de la fibra óptica.

Los primeros cables utilizados para las comunicaciones telefónicas eran de cobre, buen conductor pero voluminoso y pesado. La situación mejoró con el cable coaxial, que podía concentrar más llamadas y requería menos repetidores (amplificador de llamada).

En 1970, un equipo de investigadores de la empresa Coming, utilizaron fibra de vidrio para enviar señales de luz *láser* a larga distancia, con pequeñas pérdidas. A partir de entonces se perfeccionó la tecnología y se impuso la fibra óptica. Se trata de un hilo muy fino de vidrio, sílice puro, por el que circulan pulsos de luz que representan datos a transmitir. El haz de luz queda confinado y se propaga por el interior de la fibra, con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total (de acuerdo con la ley de Snell). La fuente de luz puede ser un *láser* o un *diodo led*. Las comunicaciones se establecen a gran distancia (cables submarinos) sin interferencias electromagnéticas.

Partículas elementales

La investigación en el campo de la física de partículas y de la mecánica cuántica, tiene por objeto el estudio de la estructura del átomo, de su núcleo y de las partículas elementales que conforman la materia. Por otra parte, es fundamental el estudio del impacto de sus conclusiones en la informática, la criptografía y la química.

Un acelerador de partículas es un complejo dispositivo, que utiliza campos electromagnéticos para acelerar, a altas velocidades, partículas cargadas que colisionan con otras, generando a su vez, otras partículas subatómicas, cuyo estudio es de la mayor importancia para la física cuántica. Los hallazgos en este campo son útiles en el desarrollo de la medicina, exploración espacial y tecnología electrónica. Los aceleradores de partículas reproducen en el laboratorio la acción de la radiación cósmica sobre la atmosfera terrestre.

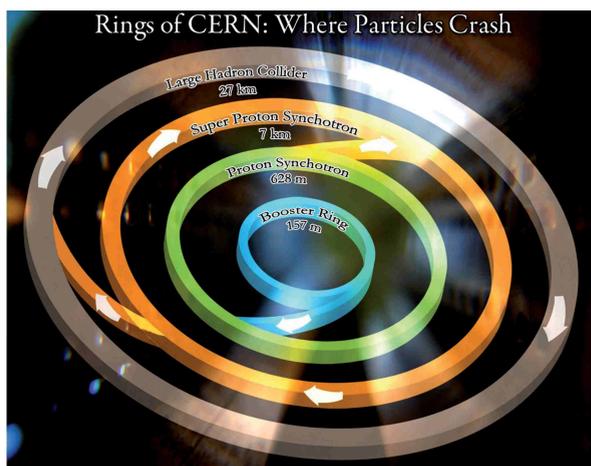
Desde los trabajos de Rutherford se sabe que el átomo no es indivisible, sino que está formado por un núcleo de protones, con carga positiva, rodeado de una nube de electrones, con carga negativa, que giran alrededor del núcleo. Además postuló la existencia de otras partículas subatómicas con masa pero sin carga, los neutrones.

Niels Borh aplicó la mecánica cuántica para explicar el movimiento de los electrones, que giran y saltan a distintas órbitas continuamente, porque cada una de ellas solo admite un determinado número de electrones; es como el juego de las sillas en el que hay una menos que jugadores. En la tabla periódica, los elementos más pesados tienen más electrones, pero cuando la estructura es compleja son inestables, como los elementos radiactivos.

Las partículas elementales: los *quarks* y los *leptones* (*neutrinos* y *fermiones*) son los pilares de la materia, que se combinan para formar partículas subatómicas: protones y neutrones. Los hadrones son también partículas subatómicas formadas por *quarks*, que permanecen unidos gracias a la interacción nuclear fuerte. En 1969, Murray Gell-Mann recibió el Nobel de Física, por sus aportaciones sobre partículas elementales. Con su teoría cromodinámica cuántica, sobre la interacción fuerte, detectó la existencia de unas partículas que denominó *quarks*. La palabra no tiene significado y fue tomada por Gell-Mann, gran aficionado a la literatura, de la enigmática novela *Finnegans Wake*, de James Joyce. Los investigadores Taylor, Kendall y Friedman, trabajando con el SLAC, acelerador de partículas de la Universidad de Stanford, descubrieron los *quarks* de forma experimental, por lo que fueron, a su vez, premiados con el Nobel en 1990.

El CERN, es el Consejo Europeo de Investigación Nuclear, fundado en 1954, que dispone del acelerador de partículas más grande del mundo, situado en Ginebra. En este importante laboratorio de física de partículas se realizan experimentos como la aceleración de hadrones que se someten a la colisión con otras partículas.

En los años 60, el físico británico Peter Higgs propuso la ruptura de la simetría, en la teoría electrodébil, explicando la masa de las partículas elementales. El mecanismo de Higgs, predijo la existencia de una nueva partícula, el *bosón*, que lleva su nombre; un paso en la teoría de la gran unificación de las tres fuerzas fundamentales (electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil). En el año 2012, se descubrió en el acelerador del CERN la famosa partícula, por lo que Higgs recibió el Nobel de Física en 2013.



Esquema del acelerador de partículas (CERN)

XII.-EN LOS ALBORES DEL FUTURO

El futuro es siempre imprevisible, porque lo que caracteriza el mundo es el cambio constante, de modo que los parámetros históricos manejables quedan obsoletos rápidamente. Además, el talento humano es capaz de sorprendernos con nuevas ideas y proyectos que ahora son inconcebibles. Se sobrepasarán los límites de la imaginación de la que hablaba Julio Verne y se construirá un mundo irreconocible para el propio Aldous Huxley. La tecnología actual está en la rampa de lanzamiento hacia un desconocido espacio futuro. El primer informe del Club de Roma, en 1972, sobre los Límites del Crecimiento, acentuaba la alarma sobre la explosión demográfica y el agotamiento de los combustibles fósiles. Sin embargo, al margen de los problemas medioambientales, se seguirán quemando estos combustibles en todo el mundo, ya que las reservas evaluables de petróleo han sido revisadas al alza, al encontrarse nuevas bolsas susceptibles de explotación, y, sobre todo, la aplicación de las nuevas técnicas del *fracking*: método de fracturación hidráulica que permite la extracción de gas y petróleo del subsuelo. Por otra parte, hay que tener en cuenta las enormes reservas de carbón del continente asiático, a las que el Gobierno chino no está dispuesto a renunciar. La conclusión es que se puede satisfacer la demanda de combustibles hasta más allá de finales del siglo XXI, para cuya fecha se espera disponer de la energía de fusión nuclear.

La sensibilización de los problemas medioambientales: lluvia ácida, emisiones de CO₂, calentamiento global y cambio climático, ha puesto en marcha el desarrollo de nuevas técnicas de producción de energías renovables y limpias: generadores eólicos y energía solar, calorífica

y fotovoltaica. Es un campo de innovación tecnológica que conseguirá avances definitivos para lograr un planeta más habitable.

Por otra parte, la producción de alimentos, incluyendo la agricultura transgénica, puede satisfacer una población mundial de más de 9.000 millones de personas. Otra cosa es la distribución equitativa de la riqueza. El problema no es la escasez de recursos, sino la degradación medioambiental.

La capacidad del ingenio humano para hacer frente a nuevos desafíos a su inteligencia, es un hecho histórico, así como el espíritu de superación para resolver problemas, en la lucha interminable por descifrar los códigos secretos de las leyes de la naturaleza.

El hombre, abandonado a su suerte, ha recorrido un largo camino y, generación tras generación, ha construido un mundo altamente tecnificado, con instituciones sociales que facilitan la convivencia, que provee bienes y servicios adecuados a las necesidades vitales. El hombre se ha enseñoreado de la Tierra y trabaja día a día para construir un mundo mejor.

Se podría afirmar que lo más característico del inmediato futuro es la digitalización de la sociedad. Los jóvenes permanecen atentos a la pantalla de su teléfono móvil, convertidos en escribas y receptores de mensajes. Y todo eso queda registrado en la “nube”, cuaderno de bitácora de la vida cotidiana. Todo queda meticulosamente anotado, con fecha y hora: llamadas recibidas y enviadas, correos, *wasaps*, *twiters*, *facebook*s, etc. así como la contabilidad de nuestras compras, reservas de hoteles, billetes de transportes, cartas de embarque etc. Información personal de la que se puede inferir nuestros gustos, aficiones, tendencias y forma de vida. Todo queda minuciosamente archivado, de forma indeleble, en el gran disco duro de la “nube”. ¿Perdemos intimidad y ganamos eficiencia?



Prometeo. Rockefeller Center N.Y.

El fuego de los dioses

Según la mitología griega, Prometeo fue el Titán protector del género humano, que robó en el Olimpo el fuego sagrado de la forja de Hefesto, o del carro de Helios, prendiéndolo en una antorcha, para entregarlo a los hombres. Castigado por Zeus, permaneció encadenado a una roca, mientras un águila comía su hígado, que se reproducía al ser inmortal. Finalmente fue liberado por Heracles, cuando iba camino del jardín de las Hespérides, al matar el águila con una flecha.

Para la Tierra, el Sol es el fuego de los dioses que da vida a la naturaleza. La enorme energía del astro rey se genera por una reacción termónuclear de fusión en el núcleo en estado de plasma, que transforma el hidrógeno en helio a una altísima temperatura. Según los cálculos el sol tiene combustible para 7.500 millones de años.

Los científicos, lograron la reacción de fisión del átomo y construyeron la bomba atómica de fisión del uranio o el plutonio, así como la reacción controlada que permite la generación termoeléctrica de las centrales nucleares. La energía atómica de fisión tiene dos consecuencias no deseables: la generación de residuos radiactivos y el peligro de algún accidente tan grave como el de Chernobyl o el del terremoto de Fukushima. Por otra parte, la sociedad se ha sensibilizado con los problemas medioambientales derivados de la quema de combustibles fósiles, así que desde mediados de los cincuenta la investigación se dirigió al dominio de la reacción de fusión de átomos de hidrógeno, abundante en la naturaleza, que genera una enorme cantidad de energía y tiene como residuo helio, un gas inerte.

El objetivo fue conseguido por soviéticos y americanos en plena guerra fría. Las investigaciones condujeron a la construcción de la bomba de hidrógeno, naturalmente un secreto militar, para lo que es precisa una explosión previa que detone la verdadera bomba. En 1952, la bomba de soviética Tsar produjo la mayor explosión conseguida por el hombre, con una potencia de 50 megatones de TNT.

La posesión de un arma tan terrorífica, capaz de destruir el mundo, en ambos bandos políticamente enfrentados, tuvo el efecto beneficioso de establecer, de hecho, la *pax atómica*.

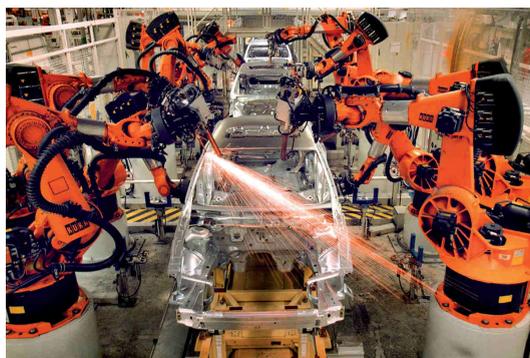
Lo que no se ha conseguido todavía, y se espera lograr a finales del siglo XXI, es la fusión termonuclear controlada que permita la generación de energía eléctrica. Se trata de manejar una masa de núcleos de hidrógeno o deuterio, en un estado de altísima presión y temperatura, llamado "plasma", de modo que los núcleos de hidrógeno colisionen

entre sí para formar núcleos de helio, liberando una energía fantástica. El objetivo se remite ahora a lograr una carcasa adecuada, capaz de contener el plasma, que alcanza temperaturas de millones de grados.

La fusión nuclear proporcionará energía inagotable y limpia, reduciendo la contaminación al mínimo, si además va acompañada de la generalización del uso de automóviles eléctricos.

Industria 4.0

En estos primeros años del siglo XXI, asistimos a lo que se viene considerando como la 4ª revolución industrial: la Industria 4.0.



Robots de montaje de automóviles

El concepto de Industria 4.0, o industria inteligente, corresponde a una nueva manera de organizar los procesos productivos, caracterizada por la eficiencia, la economía de medios de producción, la adaptabilidad a las necesidades y a la eficacia en la asignación de recursos, así como el ahorro de energía

y el respeto al medioambiente, con la utilización de elementos biodegradables o reciclables y no contaminantes. Las bases tecnológicas del nuevo enfoque son: la red de Internet para el acceso a los objetos codificados (control de *stocks*) sistemas cibernéticos (regulación automática) y fábricas inteligentes (digitalización). La llamada Internet de las cosas permite la interconexión con los objetos, identificables por radiofrecuencia, o por tecnología de sensores. La tecnología punta es la tecnología disponible, más avanzada, en cada momento, ya que el proceso de innovación y desarrollo es constante. Así ocurre, por ejemplo, con los nuevos materiales, como el *grafeno*, que obliga a diseñar nuevos procesos para aprovechar sus propiedades.

La Industria inteligente tiene un amplio campo de operación: telemática, robótica, industria aeroespacial y biotecnología, así como en la industria de armamentos.

La sensibilidad social sobre la degradación del medio ambiente y la exigencia ciudadana de una industria no contaminante en un contexto eco-

lógico, requiere cada vez más de instalaciones y procesos inteligentes con energías renovables, residuos biodegradables y reciclaje de productos.

Se habla de la 4ª o 5ª revolución industrial; pero en realidad sería más apropiado constatar una continua revolución, o, si se quiere, una revolución permanente. Una sucesiva floración de tecnologías que perfeccionan y superan las anteriores generaciones de productos, dejando en la obsolescencia técnica métodos y procesos consagrados. La fuerza motriz de los avances tecnológicos reside en la capacidad creadora del ingenio humano y en la potencia innata de la gente con talento, que alimenta un deseo irrefrenable de hacer cosas nuevas.

¿Más allá de lo razonable?

El ingenio humano es como una fuerza de la naturaleza, que se manifiesta con brillantes destellos en cualquier sitio y en el momento más inesperado, aunque normalmente aparece en los dominios de alguna investigación, personalizada en algún estudioso. El talento es un potro salvaje que cabalga, sin freno, por las estepas del conocimiento.

En el mundo científico pueden establecerse protocolos de comportamiento ético, pero el ansia de desentrañar los misterios de la vida es irrefrenable. Hay, por lo menos, cuatro campos de investigación que avanzan indicios inquietantes, recordando los cuatro jinetes del Apocalipsis: inteligencia artificial, tecnología genética, medicina tecnológica y colonización del espacio.

Inteligencia artificial

En el mundo de la robótica se construyen máquinas, que sustituyen con ventaja el trabajo rutinario y repetitivo de los operarios y lo que es más inaudito, en algunos casos, suplantando la acción humana. ¿Estamos en los balbuceos de la inteligencia artificial?

Los ordenadores tienen una lógica programada, como si se tratara de cerebros preparados para dar una respuesta rápida, documentada y racional a la cuestión planteada. La matriz de circuitos integrados es semejante a la red de neuronas cerebrales, y aún no sabemos que combinación de conexiones determinan la respuesta o decisión personal, ante la encrucijada lógica propuesta. De modo que cabe la posibilidad, aunque remota, de que se produzca una conjunción nueva y original, con un resultado inesperado. Una especie de rebelión programática, una singularidad tecnológica, un salto cualitativo semejante al que se produjo en el cerebro del primer *homo sapiens*. Los primeros conatos de rebelión de

los ordenadores ya se producen, cuando el operador se aparta, por error, de las pautas establecidas, el ejemplo más simple es la reacción del GPS, cuando no seguimos las instrucciones que nos indica para llegar al punto convenido. Por otra parte, a todos nos sorprende que cuando viajamos, el teléfono inteligente nos da la bienvenida al país en cuestión, informándonos de la hora local y de las previsiones atmosféricas. Es evidente que los ordenadores no tienen imaginación, pero quizás la imaginación humana no sea más que la exploración intuitiva de un proceso lógico. La lógica nos puede conducir a una respuesta sorprendente. De modo que la imaginación puede concebirse como un anticipo, una idea abstracta que responde a un razonamiento implícito, que existe dentro de las infinitas posibilidades combinatorias de los datos del núcleo duro, del mismo modo que las ideas surgen en el cerebro humano como resultado de las múltiples conexiones posibles en nuestras redes neuronales.

Tecnología genética

El maíz híbrido, los toros de lidia y los caballos de carreras pura sangre, son ejemplos de una evolución inducida mediante la selección programada por el hombre. Estos ejemplos son ya, una carga de profundidad contra la teoría de la evolución, de la selección natural de las especies. Es decir, la evolución de las especies, no es solamente el resultado de una adaptación al medio. Cabe concebir un cambio, *Deus ex machina*, debido a acciones externas.

La tecnología genética aflora un hontanar de posibilidades de transformación, en las plantas y en los seres vivos. Gracias a las investigaciones en los laboratorios de Monsanto, la soja transgénica, semilla en la que se ha modificado un gen que la hace totalmente resistente a los herbicidas y a los insectos, crece fácilmente mientras la maleza es eliminada por los plaguicidas (glifosato).

La ingeniería genética despliega su campo de acción mediante el control y transferencia del ADN de un organismo a otro, lo que hace posible la corrección de defectos genéticos, así como la creación de nuevas cepas en microorganismos, variedades en plantas y razas en animales. Una de las aplicaciones más esperanzadoras de la ingeniería genética, está en el campo de la medicina. Se ha iniciado el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades de origen genético, como la de los niños burbuja (inmunodeficiencia severa por defecto de una enzima), o la distrofia muscular de Duchenne.

Pero los límites de esta nueva tecnología sobrepasan las aplicaciones éticas y penetran en el mundo difuso de la ciencia ficción. Se harán

experiencias de laboratorio en la manipulación del genoma humano, para introducir cambios en las características físicas de las personas: color de los ojos, medidas biométricas, color de la piel, tendencias sexuales, etc. Para dentro de 500 años, se puede concebir una humanidad unirracial, isomorfa, longeva y superinteligente. Pero también podría reproducirse el “mundo feliz” de Aldous Huxley: una sociedad distópica, indeseable, organizada en un sistema inmutable de castas, con una minoría alfa dominante sobre los demás, sometidos a esclavitud.

Medicina tecnológica

El 25 de julio de 1978, el científico inglés Robert Edwards logró que naciera el primer bebé probeta; por lo que fue distinguido con el Nobel en 2010. La técnica de reproducción asistida se extendió por todo el mundo, llevando a muchos hogares la alegría de un descendiente. La técnica de la fecundación *in Vitro* es ya bien conocida: extracción de un ovocito femenino y fecundación, fuera del organismo de la mujer, con espermatozoides. Obtenido el embrión, se procede a la inserción en el útero femenino. El método permite ampliar el campo de aplicación, no solo a personas con anomalías médicas (gestación subrogada) sino también a parejas homosexuales. El sistema se ha perfeccionado y está regulado con normas estrictas, que prevén sanciones, acordes con la ética médica. No obstante, la técnica permite, fuera de control, el cultivo *in Vitro* de embriones, así como la elección del sexo y de las características genéticas. Un paso más allá de lo razonable puede ser la creación, en el laboratorio, de un “útero artificial” ¿Estaremos en la antesala del gabinete del Doctor Frankenstein?

Colonización del espacio

Los avances en astrofísica, en la construcción de cohetes que permiten situar en órbita satélites artificiales, así como en la exploración del espacio exterior, presagian viajes interplanetarios, aunque en un futuro lejano. Stephen Hawking considera que, dentro de 1.000 años, las posibilidades del planeta Tierra para albergar a la humanidad habrán periclitado. El agotamiento de los recursos, la degradación medioambiental y el deterioro de los parámetros actuales que hacen posible la vida, exigirá la colonización del espacio, en busca de otro planeta de nuestra galaxia para reinstalar la vida del hombre. Todo parece ciencia ficción, dadas las distancias siderales que nos separan de los cuerpos celestes de otro posible sistema planetario, pero está claro que el mundo, tal como lo conocemos, no será eterno. El progreso humano ha sido

tan portentoso, el hombre ha desplegado tanto ingenio y esfuerzo, para construir un patrimonio cultural inmenso, que las nuevas generaciones conservarán y aumentarán como un legado imprescriptible, verdadero Patrimonio de la Humanidad. El talento del hombre seguirá brillando como un faro inextinguible, como la belleza de la ciencia. Lo que no sabremos es qué genio empuñará la batuta para dirigir la orquesta filarmónica de científicos y el coro de maestros cantores ingenieros, para interpretar la sinfonía del futuro, la novísima sinfonía del Nuevo Mundo.

BIBLIOGRAFÍA

- Historia del Arte. J. Pijoan. Editorial Salvat.
- Historia Universal Daimon. Carl Grimberg y Tagnar Svannstrom.
- Historia del Pensamiento Filosófico y Científico. Giovanni Reale y Darío Antiseri.
- Imago Universi. Una Historia de la Concepción Humana del Cosmos, Gabriel Barceló. Ed. Arpegio.
- El Universo. Juan Jose Masi. Editorial Dunken.
- Una Historia Sencilla de la Ciencia. Jose Luis Comellas. Editorial Rialp.
- La riqueza y la Pobreza de las Naciones. David Landes. Editorial Crítica.
- El Libro de la Ingeniería. Marshall Brain. Editorial Librero.
- Sapiens. De animales a Dioses. Yubal Noah Harari. Editorial Debate.

* * *

Nota:

Conforme a las bases de la convocatoria del Libro del Ingeniero 2016, este libro de divulgación científica, sin valor venal, ha sido premiado con la edición del mismo por la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid, Institución sin ánimo de lucro.

