

*Disc. Apert. Univ. Valladolid 1983-84*

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

JOSE R. PERAN GONZALEZ

CATEDRATICO DE AUTOMATICA Y DIRECTOR DE LA ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS INDUSTRIALES

# EL PROGRESO TECNOLOGICO Y SU IMPACTO SOCIAL

LECCION INAUGURAL DEL CURSO 1983-84  
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

VALLADOLID

1983

# EL PROGRESO TECNOLOGICO Y SU IMPACTO SOCIAL

LECCION INAUGURAL DEL CURSO 1983-84 DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



Disc. Apert. UVA 83/84 BiCe



5>0 0 0 0 4 0 7 1 1 8



COPIA 407118

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

JOSE R. PERAN GONZALEZ

CATEDRATICO DE AUTOMATICA Y DIRECTOR DE LA ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS INDUSTRIALES

# EL PROGRESO TECNOLOGICO Y SU IMPACTO SOCIAL

LECCION INAUGURAL DEL CURSO 1983-84  
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



VALLADOLID

1983

---

SECRETARIADO DE PUBLICACIONES  
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
PALACIO DE SANTA CRUZ S/N  
VALLADOLID (ESPAÑA)

---

# Índice

	Págs.
INTRODUCCIÓN .....	7
I. EL PROGRESO TECNOLÓGICO: ESTADOS INICIALES .....	8
I.1. El Paleolítico .....	8
I.2. El Neolítico y la Edad del Bronce .....	8
I.3. La Edad del Hierro hasta la caída del Imperio Romano .....	9
I.4. La Edad Media .....	12
II. INFLUENCIA DE LA TECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD HASTA EL RENACIMIENTO .....	15
II.1. Período Paleolítico .....	15
II.2. Período Neolítico .....	16
II.3. La Edad del Bronce .....	17
II.4. La Edad del Hierro y la caída del Imperio Romano .....	18
II.5. La Edad Media .....	20
III. DESDE EL RENACIMIENTO HASTA LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL .....	22
III.1. Los avances tecnológicos .....	22
III.2. La Revolución Científica .....	24
IV. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL .....	26
IV.1. La máquina de vapor .....	27
IV.2. La industria eléctrica .....	29
IV.3. Relaciones Tecnología-Ciencia Pura: — La Ingeniería .....	30
IV.4. Efectos económicos y sociales .....	32

V.	LO QUE OCURRE EN NUESTROS DÍAS .....	33
V.1.	La Ciencia y la Tecnología: Su influencia en las Ciencias del «Hombre» .....	33
V.2.	Campos críticos del avance tecnológico .....	35
V.2.1.	Tecnologías informáticas .....	36
V.2.2.	Las ciencias de la vida .....	39
V.2.3.	Los nuevos materiales .....	40
V.2.4.	Las tecnologías de la energía .....	40
V.2.5.	Las tecnologías apropiadas .....	41
VI.	LOS EFECTOS DE LA CIENCIA .....	41
VI.1.	La planetización de la Sociedad .....	41
VI.2.	La mejora de la Medicina .....	42
VI.3.	El progreso tecnológico y el empleo .....	43
VI.4.	El problema ecológico .....	47
VI.5.	El problema energético .....	48
VI.6.	El capital humano .....	48
VII.	LOS PELIGROS DE LA CIENCIA .....	50
VII.1.	La guerra nuclear .....	51
VII.2.	La manipulación genética .....	52
VII.3.	La manipulación de las conciencias .....	52
VIII.	CIENCIA Y SOCIEDAD .....	52
IX.	LA RESPONSABILIDAD DEL CIENTÍFICO .....	53
	BIBLIOGRAFÍA .....	55

*Magnífico y Excelentísimo Señor Rector,*

*Claustro Universitario,*

*Ilustrísimas Autoridades,*

*Queridos alumnos,*

*Señoras y Señores:*

Singular honor es el de pronunciar la primera lección del curso que hoy se inaugura y que recae por primera vez en un profesor perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, la única existente en esta Universidad y en la Región, que en sus siete años de vida ha padecido y padece aún todas las limitaciones materiales imaginables, siendo, por diversas causas, el Centro peor tratado en una Universidad, postergada en el conjunto de la Nación. Estas limitaciones materiales son especialmente sensibles por el carácter técnico de nuestras enseñanzas y deben corregirse urgentemente si es que queremos que los ingenieros formados en nuestras aulas además del conocimiento teórico de las disciplinas, proporcional al esfuerzo realizado por sus profesores, posean una capacidad práctica a todas luces necesaria.

Esta excesivamente larga introducción está ligada al tema que voy a desarrollar, y que siguiendo la costumbre de las Universidades alemanas voy a dedicar, a hacer unas meditaciones, no sobre una parcela concreta de mi disciplina, sino sobre los aspectos más generales y de actualidad en el campo del saber cultivado en el Centro a que pertenezco. Voy en definitiva a tratar sobre el avance tecnológico y su impacto social, declarándome de antemano poco hábil

en hacer discursos y trabajos literarios, ya que los derroteros de mi vida me llevaron a la práctica de las ciencias aplicadas, poco ligadas, aunque tampoco incompatibles, con la belleza del lenguaje.

## **I. EL PROGRESO TECNOLÓGICO: ESTADIOS INICIALES**

### **I.1. El Paleolítico.**

Desde sus comienzos el hombre, animal más o menos racional, ha tratado de utilizar su ingenio para aprovecharse de la naturaleza en la satisfacción de sus necesidades y por ello la relación entre las andanzas del hombre en la Tierra y el progreso tecnológico ha sido desde sus comienzos tan intensa, que las primeras grandes etapas se conocen por el nombre de las técnicas más características en ellas utilizadas, así el gran período Paleolítico o Edad de la Piedra Tallada al final del cual nos encontramos un hombre con una cierta colección de artificios y técnicas, tales como el fuego, quizá el descubrimiento más antiguo, cuya obtención y conservación debió ser una tarea asaz complicada y peligrosa. También el hacer cabañas, vestidos de piel, harpones, sacos, etc., y en general el equipamiento para sus principales actividades, la caza y la recolección de frutos naturales. Poseía la capacidad técnica para resolver el problema, muy importante en la vida nómada, de transportar líquidos, igualmente era capaz de fabricar canastas partiendo de vegetales. Posiblemente el arco, aparecido al final del período, es la primera máquina utilizada por el hombre y que transformaba la energía química acumulada en el brazo humano en la energía cinética de la flecha.

### **I.2. El Neolítico y la Edad del Bronce.**

Al final del Paleolítico la tecnología total disponible por el hombre dio un salto gigantesco, dando lugar a la con justicia llamada Revolución agraria neolítica, con la aparición de la agricultura y el domesticado de animales. El acervo de conocimientos técnicos disponibles, le permitió dar un salto cualitativo en el do-

minio de la Naturaleza. Este además se incrementó por la necesidad de desarrollar todas las tecnologías anejas a la actividad agraria, haciéndose sedentaria la población. Como la agricultura necesita agua, esta civilización prosperó en las llanuras de aluvión próximas a los ríos. Se desarrollaron la cerámica, la fabricación de vidrio, la rueda, la balanza, la aritmética con la primera máquina de calcular: el ábaco, las observaciones astronómicas, el calendario, etc.

La evolución tecnológica fue haciéndose más rápida y compleja y la Edad del Bronce llegó aproximadamente unos 4.500 a. de C., con el descubrimiento de las técnicas del beneficio del cobre y del estaño, así como de las aleaciones y manufacturas de los mismos (1). En todo este período se aceleran los avances en la aritmética, la geometría, la astronomía, el arte de la navegación y por tanto de construir buques. Al final del mismo las grandes obras arquitectónicas de Mesopotamia y Egipto muestran la gran evolución técnica alcanzada.

### **1.3. La Edad del Hierro hasta la caída del Imperio Romano.**

Una nueva era de la civilización también es conocida por la tecnología característica, la Edad del Hierro, cuya metalurgia empezó a conocerse 1.500 a. de C.<sup>1</sup>, pero dada su complejidad, sólo se extendió con lentitud empleándose los buenos aceros para armas principalmente, ya que su tecnología fue un secreto celosamente guardado por grupos aislados, como la legendaria tribu de los cálibes que vivió en el sur del Cáucaso. De hecho se fabricó mucho más bronce en la Edad del Hierro que en la propia del Bronce (2). Se vulgarizó la utilización del hacha, del arado, se mejoró espectacularmente en el arte de construir buques y navegar y se utilizó masivamente el caballo. En este período la escritura se hizo común con la aparición del sencillo alfabeto fenicio.

---

<sup>1</sup> El hierro utilizado hasta el siglo XIV se obtenía por reducción a baja temperatura. directamente del mineral en hornos, soplando inicialmente a mano y después a fuelle. El material resultante, de hierro bastante puro, se forjaba y soldaba para obtener los diferentes utensilios. Era un material tenaz pero blando. El hierro para armas era el acero que se obtenía añadiendo carbón vegetal y calentándolo sin fundirlo, así se obtenían las célebres espadas damasquinadas y en general las armas de élite que eran caras y escasas. Realmente hasta la Edad Moderna no se utilizó la fusión y se divulgó el procedimiento de obtener acero.

La cultura clásica que se desarrolló en Grecia entre los siglos XII y III a. de C., fue un resumen de todos los saberes anteriores más un esplendoroso avance, en bastantes casos fundación, de prácticamente todas las ramas del pensamiento. Esta cultura ampliada, aunque no modificada sustancialmente por Roma, constituye la base de la actual cultura occidental.

Desde nuestro punto de vista nos interesa señalar la aparición temprana de la escuela jonia (3) que empezó a alejarse del mito para explicar el mundo, intentándose una teoría materialista para el universo. Otra escuela importante fue la pitagórica dedicada al estudio de los números, Filolao afirmando la esfericidad de la Tierra, cultivadores de la geometría como Hipócrates de Quio, matemáticos y astrónomos como Eudoxo. Demócrito que con su teoría atomística introdujo dos conceptos fundamentales, el de átomo y el de vacío. Hipócrates de Cos, con su medicina racional. Todo ello en un clima que refleja el aforismo de Anaxágoras en pleno siglo de Pericles «Los cielos no son divinos» (4). Fue Aristóteles el primer gran enciclopedista y figura estelar en la historia de la Ciencia. Independientemente de su contribución a la filosofía, a nosotros nos interesa como fundador oficial de la filosofía de la naturaleza. Se ocupó con gran eficiencia de hacer observaciones y clasificaciones de plantas y animales, del movimiento, del vacío, de la clasificación formal de las ciencias, etc. Fue un físico experimental, dedujo por ejemplo que el aire no pesaba, después de hacer pesar unos odres vacíos y llenos y comprobar que no había diferencia. Sin embargo, su teoría de las causas finales al aplicarlas a las ciencias de la naturaleza dio resultados muy negativos, ya que el objetivo era muy ambicioso, conocer el por qué son las cosas. Pero la realidad más simple incluso en experimentos sencillos es muy compleja para ser aprehendidas en el sentido aristotélico. Así sucedió con su formulación, rigurosamente concordante con los resultados experimentales, sobre la necesidad de un motor para mantener un objeto en movimiento uniforme, con su negación del vacío, etc. (5). Desgraciadamente el prestigio de Aristóteles, paralizó el progreso científico hasta Galileo, pues se respetaron sus conclusiones erróneas y se olvidaron sus métodos correctos de observación y experimentación de la naturaleza.

Pero sobre todo, en este amplio período de tiempo, se produjo

un hecho capital en la historia de la Ciencia, la independización de la Ciencia, el conocer sólo por conocer, de la Tecnología, el conocimiento de las técnicas para realizar algo inmediatamente útil.

Otra circunstancia especialmente significativa de este período, fue la fundación de la Academia por Platón y del Liceo por Aristóteles. Por sus actividades, una vez desaparecidos sus fundadores, podríamos situar aquí los antecedentes de la Universidad Literaria y de la Politécnica, respectivamente, o quizá mejor en este último caso de los institutos de investigación.

Epílogo de esta edad de oro griega, la fase helenística, fue la continuación bajo el imperio alejandrino del desarrollo científico, en Alejandría, Siracusa y Atenas, con la creación del Museo en la primera de ellas, que fue probablemente el primer instituto de investigación y docencia fundado y pagado por el Estado. En esta época que incluye el período imperial de Roma, se consiguieron resultados, que superaron pronto las intuiciones previas de las grandes figuras antes reseñadas, debido esencialmente a una gran mejora de las condiciones experimentales, resultado de un notable progreso tecnológico en la construcción de aparatos, de la utilización y estudio de las matemáticas, y de una fuerte evolución sobre el más modesto objetivo de la Ciencia, como son las cosas. Figuras estelares de este período fueron en geometría Apolonio de Pérgamo y Euclides, en física experimental Estratón y en física y matemáticas Arquímedes, en la neumática Ctesibio y Herón. Hiparco astrónomo de la observación que descubre la precesión de los equinoccios y cuya obra continuada por Ptolomeo ya en época romana situaba la Tierra en el centro del Universo y permitía realizar predicciones, aceptablemente exactas, en esta misma disciplina. Aristarco de Samos situó el Sol como centro alrededor del cual giraba la Tierra y los planetas, es decir, el mismo sistema de Copérnico. La geografía también tuvo cultivadores insignes como Eratóstenes de Circe que determinó el valor del meridiano terrestre con un error de unos 400 Km. sobre 40.000. Igualmente la medicina con Galeno alcanza su cenit en Roma a pesar de su origen griego. Podemos decir que con los matemáticos Pappos que calcula volúmenes y superficies, Diofanto que estudia las ecuaciones numéricas, en el siglo III d. de C. Zósimo en el siglo IV con el que nace la alquimia, y Proclo el último matemático griego, se cierra el es-

plendoroso ciclo de desarrollo científico y técnico de la Antigüedad. Se dio la circunstancia singular de que Estratón enseñaba simultáneamente en el Liceo de Atenas y en el Museo de Alejandría.

Desgraciadamente estas relativamente avanzadas ciencia y tecnología, con la excepción quizá de la Astronomía, no se difundieron apenas, quizá por que sus cultivadores no se dedicaron a la vez a la filosofía moral, lo cual unido a la falta de mecenazgo, a la caída de Alejandro y sus sucesores y la sustitución por Roma, les aisló de las corrientes culturales. Por ello, como veremos, muchos de los descubrimientos científicos que se produjeron en el Renacimiento europeo sólo fueron redescubrimientos de los de esta época helenística (6).

A lo largo del período que acabamos de comentar desde la primitiva Edad del Hierro, hasta llegar a la alta Edad Media, independientemente de los avances científicos y casi sin relación con el mismo se produjo un considerable avance tecnológico con la fabricación de ruedas hidráulicas para molinos, máquinas de guerra como catapultas, engranajes y poleas, perfeccionamiento de la minería y de la metalurgia de los metales conocidos para fabricar todo tipo de utensilios para la guerra y la paz, juguetes mecánicos, clepsidras, grandes obras hidráulicas y de ingeniería civil y militar, etcétera.

#### **1.4. La Edad Media.**

La caída del Imperio Romano de Occidente con sus secuelas de incomunicación, luchas feudales, miserias materiales, despoblación, expansión del Islam, preponderancia de la Iglesia, con su idea de lo trascendente en el hombre, determinó un período en el cual no se produjeron avances científicos dignos de consideración. Este período que podemos considerar se extiende hasta el comienzo del Renacimiento italiano, tuvo como característica desde el punto de vista científico, su nula originalidad, y como Roberto Grosseteste enunció con toda claridad, la ciencia debía estar al servicio de la fe (7). Incluso Rogelio Bacon, que pensaba que la ciencia debía tener como objetivo el mejor conocimiento de la Naturaleza para ponerla al servicio del hombre, no ponía en duda el aserto básico

anterior. A pesar de ello y pese a la oposición del Papa fue encarcelado (8). Rogelio Bacon decidido partidario de la experimentación, en la que empleó una cuantiosa fortuna, junto con el misterioso Pedro el Peregrino que se ocupó del estudio experimental del magnetismo, fueron las excepciones, a la ola especulativa que se adueñó del saber en todo este amplio período. Se mantuvo el predominio de la filosofía aristotélica y se conservó parte del legado clásico a través de las traducciones del griego al árabe con nueva traducción del árabe al latín, en cuyo proceso jugó un importante papel la Escuela de Traductores de Toledo. Las ciencias naturales no registraron más progresos, que unas observaciones de S. Alberto sobre historia natural, ciertos avances en Óptica de Witelo, Dietrich de Friburgo, y especialmente la publicación del Tesoro Óptico por Alhacen, y ciertas críticas a la mecánica aristotélica de Buridan y Oresme. La alquimia floreció, pero fue escasamente científica, pudiendo citarse la aportación de Raimundo Lulio y con más importancia la del musulmán Rhazes (9). La medicina tuvo mayores aportaciones sobre todo islámicas, con el citado Rhazes, Avicena y Averroes, cuyos textos se utilizaron en la enseñanza hasta el siglo XVII en Europa. Dentro de las matemáticas, se dio un paso trascendente con la introducción del sistema indio de numeración, con notación posicional y la aparición del cero. Ello permitió en un plazo muy corto la extensión del conocimiento matemático a niveles muy amplios. Aunque este sistema, llamado árabe de numeración, por haberlo difundido ellos apareció en el siglo VII en Siria, en la Europa Occidental, fueron Leonardo de Pisa y Fibonacci en el siglo XIII quienes lo dieron a conocer. Algo similar ocurrió con las aportaciones al álgebra de Al-Khwizmi y la trigonometría de Abul Wafa que sólo más tarde llegaron al mundo cristiano y que eran necesarias para el cultivo de la Astronomía, de la cual por cierto se siguieron haciendo observaciones ininterrumpidamente que fueron muy útiles siglos después.

En este período, en el que por otra parte, florecieron otras ciencias del espíritu, se produjo la fundación masiva de universidades, Bolonia, París, Oxford, Cambridge, Padua, Nápoles, Salamanca, etc., y por supuesto la nuestra (10). A pesar de que en el Quadrivium se estudiaban la aritmética, la geometría, la astronomía y la música, los conocimientos que se impartían eran muy escasos:

la numeración, los tres primeros libros de Euclides, el calendario y el cálculo de fechas de días sagrados y casi nada más, por supuesto sin ningún tipo de experimentación (11). Es de señalar que en estos centros no se enseñó ni literatura ni historia y que al final del período la institución universitaria se convirtió en fiel guardián de una Escolástica fosilizada que resultó ser un auténtico freno en la vida intelectual y es más, hoy se puede afirmar que el proceso y la condena de Galileo fue más una imposición universitaria que un deseo de la jerarquía eclesiástica (78).

El desarrollo tecnológico en el período que comentamos es la otra cara de la moneda del desarrollo científico. Existe una característica común a casi todos los avances técnicos logrados en este período, y es que se originaron y aplicaron en el Oriente, especialmente en China, en épocas bastante temprana con relación a su efectiva aplicación en la Europa Occidental (12).

Adelantos que necesariamente han de citarse, es la impresión en letras de molde, el papel<sup>2</sup>, la mejora en los arneses de las caballerías y la técnica de herrarlas. Digno de señalar es la profusa utilización de molinos de agua y viento con un relativo grado de perfección técnica. En el arte de la navegación hay que destacar el empleo de la brújula y del timón de codaste y finalmente se conoció en Europa la pólvora y las armas de fuego<sup>3</sup>. Casi todos los inventos se introdujeron en Europa por los árabes a través de España.

También con gran influencia árabe<sup>4</sup>, se desarrolla la industria de las lentes y los aparatos ópticos que fueron surgiendo en la misma y que se vio favorecida por una abundante y barata materia prima.

En otra rama técnica en el siglo XII y probablemente en la escuela de medicina de Salerno se descubre el alcohol por destilación del vino<sup>5</sup>. Este descubrimiento planteó problemas científicos

---

<sup>2</sup> Los tejidos de lino que se emplearon en el siglo XII como base para la fabricación del papel dieron tal calidad y resultaron tan asequibles, en comparación con el antiguo pergamino, que provocaron una auténtica escasez de copistas.

<sup>3</sup> La pólvora inicialmente empleada es una sustancia en la que se mezcla un componente básico, el salitre, con ciertas sustancias que pueden arder en ausencia de aire. Su combustión creó graves dificultades interpretativas a la ciencia de la época.

<sup>4</sup> El tratamiento quirúrgico de las enfermedades oculares permitió a los médicos islámicos comprender las leyes de la luz al pasar por los cuerpos transparentes, permitiendo de hecho fundamentar la óptica y la posibilidad de aumentar la eficiencia del ojo humano.

<sup>5</sup> Utilizado inicialmente como medicina, durante la peste negra que asoló a Europa

insolubles para la filosofía natural de la época, que sólo se resolvieron muchos siglos después.

Como es fácil imaginar en todo este largo período, se produjo un gran perfeccionamiento de todas las manufacturas ya conocidas, por ejemplo, la textil, las técnicas agrícolas, las de conservación de productos alimenticios, las del tratamiento del cuero, especialmente la industria mecánica de precisión con la construcción de relojes mecánicos muy espectaculares y precisos<sup>6</sup>, etc., y que prepararon el gran salto técnico que se daría en las centurias siguientes.

## II. INFLUENCIA DE LA TECNOLOGIA EN LA SOCIEDAD HASTA EL RENACIMIENTO

### II.1. Período Paleolítico.

La arqueología así como los estudios comparados nos han suministrado información pormenorizada de la vida en aquel amplísimo período de la infancia de la Humanidad, como para que podamos sacar algunas conclusiones generales.

Durante grandes períodos de tiempo y de manera probablemente inconsciente, el hombre adoptando útiles que era prolongación de sus propios miembros, así el bastón y la piedra del brazo; rudimentarios sacos, de la mano y la boca. Debió ser inmediata la acción de lanzar piedras. El descubrimiento del fuego fue a su vez una constante fuente de innovaciones que junto al perfeccionamiento anterior permitió al hombre paleolítico, elevar grandemente las condiciones de eficiencia y comodidad de su vida. La organización en clanes vendría muy afectada por la superior eficacia de la caza en común. El conocimiento de las costumbres de los animales y observación de sus hábitos alimenticios también debieron ser acicates en una mejora de la alimentación y del habitat, con la utilización de cuevas y otros lugares protegidos de las condiciones climatoló-

---

en el siglo XIV, hubo una gran demanda de los diferentes destilados que lo contenían, como ginebra, güisqui, brandy, etc., de aquí su denominación *agua vitae*. Después su utilización escapó completamente al control médico.

<sup>6</sup> Ibn Firnás nos da cuenta de un maravilloso reloj, al que llama máquina, regalo de Harum-al-Rachid el califa de las Mil y una Noches, a Carlomagno, que independiente de las piedras preciosas, que lo adornaban, era de una gran precisión, calendario, con las fases de la luna, estaciones, día, etc. Véase (15).



gicas. La aparición del lenguaje, en sus orígenes utilitario, y casi enteramente arbitrario y convencional, dotó de una extraordinaria cohesión a los clanes cazadores. La relativa abundancia material, del final de la época, permitió además de un cierto grado de organización social, ser plenamente consciente de la capacidad intelectual, tanto como para dar lugar a una división del trabajo, entre cazadores y no cazadores, así como mostrarnos el sentido artístico de las que las grandes realizaciones que han llegado a nosotros sólo deben ser una pequeña muestra.

A su vez las potencias intelectuales del hombre determinaron que los rudimentarios útiles de comienzo del período se transformaran en los muy perfeccionados y evolucionados del final del mismo.

En definitiva la vida misma en todos sus aspectos y su expansión estuvo ligada estrechísimamente a sus conocimientos técnicos más que a sus propias fuerzas e instintos, ya que aquéllos le permitían mantenerla y a su vez el progreso tecnológico estuvo fuertemente estimulado por la existencia de necesidades apremiantes o al menos así estimadas como el arte, los balbuceos religiosos, etcétera (16).

## II.2. Período Neolítico.

El paso de una economía depredadora a una economía agrícola y ganadera, aunque al menos al principio fuese una agricultura incipiente, en la que las especies cultivadas eran muy escasas e igualmente sucedía con el de especies animales domesticados<sup>7</sup>, determinó un aumento muy brusco de la población que podía vivir en una determinada zona. Planteó la necesidad de guardar la cosecha y de distribuir su consumo a lo largo de todo el año. En definitiva tuvo que surgir la aldea estable, la administración de la misma así como la de las tierras y ganados disponibles. Nació en definitiva la propiedad privada con un diferente reparto de la riqueza y el estímulo consiguiente para aumentarla. Se dibujó en todo su vigor, el concepto

---

<sup>7</sup> La forma concreta con la que comenzó la agricultura es todavía muy controvertida, pero probablemente fue un invento femenino, ya que ellas eran las principales encargadas de la recolección de los frutos espontáneos de la naturaleza, y probablemente fueron las que la desarrollaron al menos hasta la domesticación de asnos y bueyes.

de trabajo, que no obtiene frutos inmediatos como en el caso de los cazadores (17).

La complejidad de la vida aldeana fue creciente, siendo necesaria la aritmética para los intercambios comerciales, la geometría, para la delimitación de tierras, tras las tormentas y avenidas, la astronomía para seguir el ciclo de los cultivos. Se desarrolló la industria del tejido y de la cerámica por la demanda de vestidos, así como de vasijas que ahora podían ser más pesadas y que no era necesario trasladar. En definitiva se profundizó en la división del trabajo, que ya no afectaba solamente a las mujeres. Al ser la aldea estable, la vivienda se cuidó más y a medida que pasó el tiempo las construcciones adquirieron unas características muy superiores de las primitivas chozas de nómadas cazadores. Por supuesto que la organización social también se estableció y adquirió una gran complejidad por las nuevas funciones y la abundancia de provisiones, como asimismo sucedió con el lenguaje, el arte, etc., aspectos que quedan fuera de esta exposición.

### **II.3. La Edad del Bronce.**

Como ya se indicó la utilización práctica de los metales, que inicialmente fue el cobre seguido pronto por su aleación con el estaño para obtener el bronce, que posee mejores características, que son muy superiores a las de la piedra para la producción de todo tipo de instrumentos y armas, representó otro salto cualitativo del dominio del hombre sobre la naturaleza. Apareció un nuevo oficio, complejo, de minero, metalúrgico y forjador de gran importancia que debió dar lugar a un gremio extraordinariamente cerrado sobre sí mismo. Por otra parte, el aumento de conocimientos técnicos y la presión de la población, determina cambios tan importantes como la aparición de la ciudad, en la cual la gran mayoría de sus habitantes ya no se dedican a actividades agrícolas, sino industriales y de servicios. La agricultura no es una actividad local, sino que se ha generalizado a los valles de los grandes ríos como el Nilo, los de Mesopotamia, India y China, etc. De hecho en este período aparecen los grandes imperios, entre los que florecen el comercio y las artes en su más amplia extensión, existen

religiones, con sus cultos y sacerdotes y cómo no, las guerras, terribles guerras destructoras y creadoras de Imperios con sus inevitables secuelas de miseria. La sociedad está muy estructurada con grandes burocracias prepotentes y explotadoras que necesitan para subsistir la institución de la esclavitud. Se necesitan abundantes esclavos, convertidos en agente económico de primer orden, para las tareas normales de la agricultura y aún más para la realización de grandes construcciones útiles, como importantísimas obras de riego<sup>8</sup> o mucho menos útiles, desde nuestro punto de vista, como las pirámides. La rueda y sus derivados prestan grandes servicios en esta etapa de la civilización, así como la facilidad de navegación, dando lugar a un activo intercambio no sólo material sino cultural y religioso.

A su vez estas numerosas poblaciones demandan una gran masa de servicios de todo tipo incluidos los ornamentales, que impulsan de forma decisiva el progreso tecnológico<sup>9</sup>.

Claramente se observa, una vez más la doble dependencia recíproca entre los avances tecnológicos y los de la civilización. De cualquier forma una gran masa de información de todos los aspectos de la vida de estos grandes imperios grabada en escritura cuneiforme o se ha destruido o no ha podido ser descifrada, por lo que nuestro conocimiento es muy modesto.

## II.4. La Edad del Hierro y la caída del Imperio Romano.

Como hemos visto salvo la utilización del hierro como materia prima, no se incorporaron nuevos elementos técnicos en esta larga época, sino que lo verdaderamente significativo es el gran perfeccionamiento de las diversas tecnologías conocidas así como extensión a zonas mucho más amplias y alejadas de los iniciales focos civilizadores, tales como las principales regiones cultivables de

---

<sup>8</sup> El lago Meris de que habla Herodoto cuya existencia se ha comprado tenía una capacidad 3.500 millones de metros cúbicos y gracias a ello se cultivaba una importante zona desértica del Delta del Nilo. Véase ORTEGA: *Meditaciones sobre la Técnica* (28).

<sup>9</sup> La industria del adorno masculino y femenino fue muy importante en esta época, obteniéndose grandes avances tecnológicos, amén de los propiamente artísticos, por ejemplo buscando fabricar oro se descubrió el latón y el cristal azulado origen del vidrio, al buscar las turquesas.

Europa y Asia, y Norte de Africa, siendo el Mediterráneo y sus riberas testigo de una actividad incesante en todos los órdenes.

Todo ello fue posible, por la disponibilidad de medios de transporte más eficaces, fruto del conocimiento de una tecnología de navegación muy perfeccionada, del establecimiento de rutas terrestres eficientes, consecuencia de la abundancia de animales de carga y tiro. La vulgarización del alfabeto dio lugar a intercambios muy intensos y no sólo comerciales sino culturales, artísticos, religiosos, políticos, etc. Cobraron carta de naturaleza palabras que amparaban sin duda conceptos anteriores, como democracia, república, tiranía, oligarquía, demagogia, etc., tan presentes en nuestra vida.

La prosperidad material que fue, muy superior a la de épocas anteriores y que alcanzó, a capas mucho más amplias de la sociedad, tuvo su contrapunto en continuas guerras, piraterías y cambios políticos muy intensos. En sus comienzos los poseedores de armas de hierro, destruyeron a las culturas del bronce, después hubo fases de ciudad-estado, imperios fugaces como el alejandrino y otros mucho más asentados que configuraron de forma indeleble a nuestra sociedad actual, como el Romano, con su largo período de *pax romana*, el más extenso que con diversas alternativas ha conocido Europa y el Mediterráneo.

Es de señalar que las técnicas artesanales y la agricultura llegaron a un altísimo grado de perfeccionamiento, las grandes obras públicas determinaron un elevado nivel de confort en cualquier apartada ciudad del Imperio, pero en cambio no hubo aplicación práctica de los muy importantes avances científicos del período helenístico (18). Quizá una de las causas fuese la disponibilidad de una abundantísima mano de obra esclava cuyos bajos costes no estimulase la aplicación de ingenios mecánicos alternativos, en todos los órdenes de actividad. Con carácter general la sociedad no necesitó de los citados conocimientos, por lo cual, sus cultivadores, fueron pura y simplemente aislados en su tiempo, y posteriormente olvidados. Estamos en plena época de predominio de la filosofía moral y de las disciplinas jurídicas<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Cicerón criticó a Estratón que hubiera abandonado la Etica, la parte más importante de la filosofía y que se dedicara a la investigación de la Naturaleza. Véase SAMBURSKY (18).

## II.5. La Edad Media.

En Occidente, la caída del Imperio Romano determinó un cambio radical de las condiciones de existencia en Europa, atacada simultáneamente por árabes, normandos y magiares, en la que a la seguridad jurídica y al comercio activo entre ciudades importantes, siguió una época de aislamiento muy pronunciada con una importante revitalización del papel de la aldea y del castillo defensivo, disminución del papel de las ciudades y por consiguiente del número de sus habitantes. En definitiva y a pesar de los intentos de reconstrucción del Imperio, se extendió de forma general, aunque muy diversificada según los países, el sistema feudal basado en la explotación de la tierra. Las ciudades también jugaron un papel importante (19) aunque no llegasen a representar el 10 por 100 de la población total. Con sus artesanos y su propia dinámica de desarrollo completamente distinta, con un grado de independencia respecto del poder real más o menos amplio según los países pero independientes del poder feudal. En el Imperio Romano de Oriente la situación no sufrió cambios tan revolucionarios y la vida continuó bastante tiempo siguiendo la tónica ya descrita, originándose excedentes que permitieron al igual que en Persia, India y China un nivel de vida más alto en todos sus órdenes.

Ciñéndonos a la Europa Occidental hemos de destacar un hecho importantísimo, y es que la disminución de la población y la desaparición práctica de las masas de esclavos, provocó una aguda escasez de mano de obra. En nuestra opinión esta escasez determinó el interés en la utilización de todas aquellas tecnologías que permitieran aprovechar las energías de la naturaleza a nivel local, tales como los molinos de viento y agua, empleados no sólo para su original cometido, sino también en todas aquellas circunstancias en las cuales el movimiento de rotación del molino se podía adaptar a las necesidades, tales como aserrar madera, forjar hierro, soplar con fuelles, aspirar agua para desecar terrenos, etc. (20 y 21)<sup>11</sup>.

En el mismo sentido pero con unas consecuencias mucho más importantes, fueron las mejoras en los arneses y herrado de las

---

<sup>11</sup> Para conseguir aprovechar la energía cinética de rotación en otros menesteres es crucial el transformarla en alternativa, lo que se consiguió inicialmente con el artificio denominado martinete, original también de China. Véase FARRINGTON (21).

caballerías (22), pues aumentaron de forma importantísima la productividad de la agricultura y del transporte, además de hacer cultivables muchas tierras que antes no lo eran. Sin exagerar puede decirse que los primeros excedentes en grano, lana, cuero, textiles, etcétera, que estuvieron disponibles para comerciar con Oriente, surgieron como consecuencia de estos modestísimos avances técnicos.

La navegación con la introducción de la brújula y el timón en la popa recibió un impulso fundamental, que le permitió por primera vez, independizarse de seguir la costa. El aumento de la eficacia en seguir una derrota abrió nuevas rutas para el comercio y cómo no, la guerra y el pillaje. Quedó así establecida la posibilidad de los viajes oceánicos.

Los procesos de destilación para obtener el espíritu del vino pusieron en marcha una industria que trascendió de la utilización de destilados alcohólicos, muy importante en sí, por la aplicación a otras sustancias, así como por las mejoras que sobre la conservación de vinos y otros alimentos trajo consigo.

La pólvora y las armas de fuego especialmente el cañón, revolucionaron el arte de la guerra tanto en tierra como en mar, dando ventajas siempre crecientes a aquellos grupos sociales con mejor preparación técnica. De hecho marcó el fin del feudalismo surgiendo en todo su esplendor los estados nacionales, ya que no eran posibles los encastillamientos feudales ni otras disidencias, que se opusieran eficazmente a un ejército equipado con armas de fuego.

El desarrollo tecnológico dio lugar a la aparición de unos artesanos de nuevo cuño, reparadores de molinos con sus engranajes, sus alabes de turbinas y paletas, especialistas en la mecánica de precisión de los relojes, talladores de lentes, constructores de juguetes mecánicos, etc., que crearon una infraestructura de saberes prácticos preparada para el fulgurante despegue de los siglos siguientes. En este mismo sentido la aparición del papel y la imprenta en las postrimerías del período, posibilitó que muchos conocimientos técnicos artesanales que se habían transmitido por vía oral, se pudieran imprimir por primera vez, lo cual facilitó extraordinariamente su difusión y transmisión. Pero la gran revolución de los libros baratos, fue la de la difusión acelerada de todo tipo de saberes, que como una reacción en cadena cambió el espíritu de la época y se transformó en el más eficaz agente del progreso.

Es innegable que la interdependencia entre el avance tecnológico y la vida de la Sociedad aparece paradigmáticamente reflejado en esta época que acabamos de comentar.

### **III. DESDE EL RENACIMIENTO HASTA LA REVOLUCION INDUSTRIAL**

Si hasta aquí era posible hacer una relación, inevitablemente simplificadora y parcial, de avances tecnológicos y de su influencia social, en este período y en adelante ello sería imposible, por lo cual sólo me referiré, a hechos y tendencias generales ejemplificando en algún caso.

El desarrollo económico de los últimos tiempos de la Edad Media se acentuó originándose un aumento continuado de excedentes económicos y de población que permitieron todas las locuras guerreras, entre estados rivales, coaliciones de naciones, religiosas, etcétera. El citado crecimiento estimulaba a su vez los avances tecnológicos que de nuevo al aplicarse aumentaban la productividad del sistema. Estos nuevos conocimientos se difundían ahora con mayor rapidez que en épocas anteriores, aunque naturalmente de forma muy desigual en cuanto a ramas del saber y zonas geográficas.

#### **III.1. Los avances tecnológicos.**

La navegación, la minería y la metalurgia fueron al principio del período estudiado, los campos en donde mayores progresos se realizaron, estimulados por las necesidades del comercio, de la producción de manufacturas y cómo no, de la guerra. También se realizaron progresos importantes en la construcción de artificios y mecanismos más o menos simples. Hubo sin embargo, mentes privilegiadas como la de Leonardo de Vinci que proyectó máquinas cinemáticamente muy complicadas, pero que la tecnología de la época las hacía inviables por falta de una fuente energética adecuada (23). Las minas se hicieron más profundas y exigieron equipos de bombeo y arrastre más perfectos. A su vez el beneficio de los minerales determinó el descubrimiento de nuevos metales como el bismuto, níquel, cobalto y cinz. Igualmente una larga marcha de

aproximaciones sucesivas en los procedimientos de obtención, purificación y tratamiento, no sólo de los nuevos y viejos metales sino también de materiales no metálicos como el alumbre, imprescindible para la industria textil, y de materiales vítreos para construcción de vasijas y vidrios de todo tipo.

La construcción naval ante la gran demanda que registró, también se benefició en su equipamiento de la progresiva perfección de los instrumentos de todo tipo, incluidos los de óptica, entre los cuales se cuentan en esta época, el telescopio y el microscopio.

Siguió el proceso de aprovechamiento de cualquier fuente energética, por modesta que fuese, generalizándose la utilización de molinos de viento y agua, con grandes obras hidráulicas como las redes de diques y canales de los Países Bajos. Dentro del capítulo de utilización de materias primas, tiene especial relevancia la utilización masiva de la hulla, a finales del siglo XVI como consecuencia de los avances de la siderurgia, en la cual se logró fundir el hierro y obtener sistemáticamente acero. La fundición de hierro generó grandes necesidades de madera que al aumentar (25) hubieron de satisfacerse con carbón mineral <sup>12</sup>.

Las consecuencias económicas y sociales del progreso tecnológico fueron transcendentales pues realmente se pasó gradualmente de un modo de producción artesanal a un modo capitalista, y del que fue un ejemplo pionero, la explotación de las minas de Alemania Central por las «Compañías» de los llamados «*mineros libres*». Consecuencia de las nuevas rutas comerciales con Oriente, del descubrimiento y colonización del Nuevo Mundo el poder económico se desplazó hacia Occidente inicialmente a España y Portugal y muy rápidamente a Holanda, Inglaterra y Francia, sufriendo en cambio una fuerte baja de actividad económica Italia y Alemania. Posteriormente la necesidad de carbón vegetal para fundir grandes cantidades de hierro hizo florecer las economías de Suecia y Rusia, países hasta entonces apartados de los circuitos económicos mundiales (25), la misma razón pero ahora por su riqueza en carbón mineral hizo progresar a Escocia <sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Según NEF (25) hacia mediados del XVII por Newcastle se embarcaban unas 500.000 tm. por año.

<sup>13</sup> Es curioso que la utilización de la hulla como combustible se realizó por imperativo económico y de confort a pesar de su suciedad y de las leyes que por esa razón prohibían su uso. Véase BERNAL (6).

Los cambios sociales que se desarrollaron en esta época, consecuencia directa de la evolución tecnológica y económica, hacen surgir una nueva y pujante clase, la burguesía directora de la actividad económica, igualmente aumentó la importancia de los técnicos con cada vez mayores conocimientos que se encargan de construir y hacer funcionar los progresivamente más complicados mecanismos y procesos productivos. A su vez el nivel de ilustración general subió y pronto existió una élite culta aunque de muy variada procedencia social en el seno de la cual surgió la Revolución Científica.

### III.2. La Revolución Científica.

Los progresos tecnológicos se registraban de manera continuada y sistemática, y muy gradualmente y aunque solucionasen los problemas concretos, planteaban otros más profundos, así como su posible generalización. Para avanzar tecnológicamente fue necesario experimentar siguiendo un procedimiento de aproximaciones sucesivas, lo cual implicó el previo planteamiento del experimento y la atenta observación del resultado. Por otra parte, se fue haciendo evidente la utilidad de comprender, cómo son las cosas, deseo mucho más modesto, que la pretensión aristotélica, de entender por qué son las cosas, aunque muchísimo más fecundo en sus consecuencias, dada la complejidad del mundo real, que por entonces empezó a atisbarse. Se comprendió bien, que un mayor conocimiento de las leyes de la Naturaleza permitiría un mejor aprovechamiento de la misma. Esta intuición, sin embargo, no empezó a confirmarse hasta el final del período estudiado, excepción hecha de que los progresos en astronomía y cartografía permitieron los grandes viajes oceánicos con su secuela de descubrimientos geográficos. Más bien es la Ciencia la beneficiada del constante perfeccionamiento técnico, tanto en el orden puramente intelectual, como en el material, con las experiencias, los instrumentos cada vez más refinados que la Técnica ponía a su disposición, como por ejemplo el telescopio, el microscopio, el reloj mecánico, etc.

En la situación que acabamos de describir, la aparición de dos obras el *Novum Organum* de Francisco Bacon (26) en 1620 y el *Discurso del Método* de Renato Descartes (27) en 1637, dotó a la

balbuciente Ciencia de la Naturaleza de un status filosófico, de un método y de un objetivo del que carecía hasta entonces.

Bacon fue más un inspirador de la ciencia que un científico, era un empirista que estimaba, que de la cuidadosa observación y realización de experimentos en gran escala se obtendría por inducción, a posteriori, el progreso de la misma. Proclamó además que la Ciencia debía estar al servicio del progreso industrial.

Descartes adopta una actitud igualmente iconoclasta, contra la lógica del silogismo basada, en principios arbitrariamente establecidos por alguna autoridad, y proclama el uso de la razón para el avance científico, apoyado sobre hechos evidentes. Separó de forma radical el estudio de la Ciencia del mundo físico, del mundo de la Revelación.

Ambos filósofos son complementarios, el resultado en lo que a las ciencias de la naturaleza respecta fue enormemente positivo, tanto intrínsecamente como por liberar a la Filosofía de la Naturaleza de la dependencia de la Teología, que hasta entonces y en todos los países, los ejemplos de Giordano Bruno y de Miguel Servet, son harto elocuentes, había sido un freno constante.

En un sentido mucho menos filosófico, sino por el contrario mucho más científico fue Galileo el que aplicó el método teórico-experimental, mediante la descomposición y análisis de las posibles circunstancias presentes, adjudicando a cada una su verdadera influencia. De hecho Galileo intenta a priori imaginar matemáticamente el experimento, cuyo resultado será la confirmación de la hipótesis de partida. En caso contrario ésta sería revisada, modificada, complementada o simplemente rechazada<sup>14</sup>.

De cualquier forma, sería un reduccionismo falso, el deducir de todo lo anterior, que el desarrollo científico que se produce entre los siglos XVI y XVIII era debido exclusivamente a un móvil utilitario. El selecto aunque no muy numeroso grupo de cultivadores de la nueva ciencia teórico-experimental se sentían continuadores de los sabios de la Antigua Grecia y su visión del mundo ampliada por los grandes descubrimientos geográficos, les estimulaba a intentar mayores realizaciones. En una primera etapa la ciencia fue crítica y destructiva con el pasado medieval e incluso grecolatino, después

---

14 Véanse la aguda observación de ORTEGA sobre el método de la Ciencia (28).



y de forma cada vez más acentuada intentó dar imágenes armónicas del mundo a través del enunciado de las leyes que lo gobiernan. El desarrollo matemático que aconteció en este período, permitió que los cultivadores de la nueva ciencia pudiesen o al menos intentasen, formular leyes cuantitativas en todos los campos. A pesar de los éxitos conseguidos como con la teoría de la gravitación de Newton, culminación de la revolución matemático-mecánica del XVII hubo también infinidad de fracasos y teorías falsas que en muchos casos fueron un freno para ulteriores avances, aunque en sí ya representasen un paso adelante.

En este período la ciencia empezó a institucionalizarse, la aparición en 1662 de la Real Sociedad de Londres y la Real Academia de Ciencias de Francia en 1666, son ejemplo de instituciones dedicadas al estudio de los problemas técnicos más importantes del momento: los de la hidráulica, las minas, la artillería, la navegación, etc. Su precedente más inmediato sería el Museo de Alejandría o el Liceo de Atenas.

La educación científica fue pronto una necesidad que se cubrió con centros como la Escuela de Pilotos de Sevilla fundada en 1508 (79), el Gresham College en 1579 y porqué no? el Colegio de Cirujanos de Cádiz, creado en 1748 por el Marqués de la Ensenada, fue primer centro de enseñanza superior de una ciencia de la Naturaleza, moderno y eficiente (29).

#### IV. LA REVOLUCION INDUSTRIAL

Hacia mediados del siglo XVIII la forma de producción capitalista estaba plenamente asentada en industrias como la textil del algodón, en la que se produjeron rápidamente, una serie de mejoras técnicas muy importantes en la maquinaria, de las diferentes fases de fabricación. En muchos casos eran accionadas por la fuerza motriz de las corrientes de agua, obtenida mediante turbinas con alabes bastantes perfeccionados, y en la mayoría mediante el esfuerzo humano, de ahí el nombre de manufacturas. En este ejemplo, como en la totalidad de las pujantes industrias que en aquellos momentos existían en los países adelantados de Occidente, el factor limitativo era la carencia de una fuente de energía utilizable en cualquier

lugar, para accionar cualquier tipo de industria, y de que fuese abundante y barata. A llenar este vacío vino, la máquina de vapor que con sus sucesivos perfeccionamientos permitió cambiar radicalmente este panorama, de modo que, gran número de autores ven en este hecho, el cambio cualitativo, técnico, económico, social y como veremos científico que se ha denominado Revolución Industrial<sup>15</sup>, o ahora desde nuestra perspectiva, primera revolución industrial.

Los avances técnicos y científicos son tantos y tan variados que sólo vamos a ocuparnos muy someramente del desarrollo de dos sistemas de transformación de energía que son paradigmas distintos del desarrollo tecnológico y científico.

#### IV.1. La máquina de vapor.

Al menos, desde que en 1575 fue traducida y publicada en Europa la obra *Pneumática* de Herón, en la que se describen dispositivos para utilizar la energía del vapor de agua, hubo una seria preocupación por aprovechar de forma práctica la llamada «fuerza del fuego» (30). Tras una serie de sugerencias de Porta, Cardam, etcétera. De Caus a principio del XVII consiguió elevar agua por la sola acción del fuego. En realidad el problema consistía en llenar de agua un espacio vacío mediante succión (horror al vacío) y a continuación expulsarla mediante la presión ejercida por otro fluido, aire o vapor en expansión (31). Realmente la idea del vacío no se comprendía bien y hasta el espectacular experimento de los hemisferios de Magdeburgo realizado por Von Guericke no se aclaró este concepto. El francés Denis Papin en Londres (1708) llegó a diseñar una máquina adecuada, que describe como «medio nuevo para crear energía motriz a bajo precio», pero carente de ayuda no pudo construirla. En cambio el capitán Tomás Savery en 1698 construyó una bomba pulsométrica<sup>16</sup> que llegó a funcionar en el desagüe de minas. Fue Tomás Newcomen cerrajero y mercader de hierros el que en 1712 construyó una máquina que utilizaba el vapor que generaba

---

<sup>15</sup> La expresión «Revolución Industrial» fue utilizada por primera vez por F. ENGELS en su folleto *La situación de las clases trabajadoras en Inglaterra en 1844*. De forma completamente independiente después la popularizó Toynbee.

<sup>16</sup> Constaba la máquina de dos recipientes iguales que se llenaban de vapor para expulsar el agua y se enfriaban para succionarla siguiendo un ciclo continuo y desfasado cada recipiente.

una caldera de baja presión y que poseía un cilindro giratorio que expulsaba el vapor a la atmósfera. Fue la primera máquina que se utilizó de forma económica, en la extracción de agua de las minas, a pesar de su tosquedad y alto consumo de carbón.

El camino estaba preparado para que el escocés Jaime Watt<sup>17</sup> un hábil mecánico introdujese en 1765 el condensador separado de baja presión que aumentó de forma importante la eficiencia de la máquina trabajando como bomba. Posteriormente ideó la máquina de doble efecto y en 1786 la máquina rotatoria con volante de inercia y lo que es más importante el regulador centrífugo, que le permitió hacer funcionar a la máquina de forma estable a la velocidad elegida en un amplio margen de carga. El regulador centrífugo de Watt fue la primera realización industrial del lazo realimentador, principio básico de la Automática, y cuya aplicación sistemática ha permitido transformar de forma controlada inmensas cantidades de energía, siendo la base no material del progreso tecnológico hasta nuestros días. La difusión de la máquina de Watt fue rápida, aunque en competencia con la tracción animal, lo que obligó a Watt a medir la potencia que es capaz de desarrollar un caballo, que se tomó como unidad, el universalmente aceptado caballo de vapor. Pues bien, la compañía Boulton y Watt instalaba libre de gastos sus máquinas a cambio de la tercera parte del valor del coste de mantenimiento de los caballos a que sustituía (32).

En muy poco tiempo, esta máquina se adaptó a las múltiples necesidades de la industria y del transporte, en un proceso que generó, mucho más tarde, diferentes tipos de motores de combustión interna.

Es de señalar que todo el proceso descrito fue realizado por artesanos hábiles, con una preparación científica casi nula y sin que se hubiesen descubierto aún las leyes naturales que regulaban estos fenómenos.

Precisamente ocurrió lo inverso, que la propia existencia de la máquina de vapor y la necesidad de perfeccionarla fue el punto de arranque de la Termodinámica. La Tecnología se anticipó a la Ciencia pura y sus realizaciones estimularon el desarrollo de la se-

---

<sup>17</sup> El interés de Watt por la máquina de vapor, arranca de su estancia en la Universidad de Glasgow, como reparador de instrumentos, entre los que estaba una máquina de vapor de las ideadas por Newcomen. Véase (33).

gunda, tanto desde el punto de vista material, como desde el intelectual, con las interrogantes que planteaba.

## IV.2. La industria eléctrica.

Aunque desde la más remota antigüedad se conocían las propiedades atractivas del ámbar al ser frotado, así como las de los imanes naturales, y en la Edad Media hay algunos estudios como el citado de Pedro de Peregrino, no es sino en la Edad Moderna donde se empiezan a descubrir una serie de hechos que de forma rápida desembocan en una verdadera ciencia. Gilbert se ocupó en 1600 de la atracción magnética al estudiar las agujas imantadas, Gray en 1729 descubrió la existencia de cuerpos conductores y no conductores, en 1745 von Kleist sufrió una descarga eléctrica inventando lo que se denominó la botella de Leyden, por las mismas fechas Franklin descubrió la electricidad positiva y negativa y en un alarde de imaginación consiguió la primera aplicación de los conocimientos científicos previos, con la invención del pararrayos. En un orden cuantitativo, Coulomb encontró, que las cargas eléctricas al igual que los polos magnéticos se atraen o repelen siguiendo la ley newtoniana. Galvani en 1780 observa la electricidad animal que lleva directamente a Volta a inventar en 1795 las pilas de corriente eléctrica. Oersted en 1820 detectó que el paso de la corriente eléctrica desviaba la aguja magnética. Los trabajos teóricos de Ampere y Gauss permitieron establecer cómo la corriente eléctrica crea campos magnéticos. La serie de descubrimientos fundamentales la cerró Faraday en 1831 cuando observó que los campos magnéticos pueden producir corrientes eléctricas. Tanto matemática como conceptualmente todo está preparado para la síntesis del electromagnetismo formulado en 1860 por Maxwell en sus célebres ecuaciones que explicaban y resumían todos los fenómenos electromagnéticos a excepción de los entonces, poco conocidos efectos de la descarga en gases. En aquel instante se vivió un momento de euforia y se creyó terminado el desarrollo de la teoría electromagnética. En realidad, como no tardó en ponerse de manifiesto, las ecuaciones maxwellianas sólo explican una pequeña parte de los fenómenos eléctricos.

A cada descubrimiento científico de los que acabamos de enunciar siguió, aunque a veces con cierto retraso, la aplicación técnica correspondiente, pero a partir de 1830 la electricidad empezó a ejercer una influencia creciente en la sociedad con el telégrafo, la iluminación, la transformación masiva de energía mecánica en eléctrica y viceversa, el teléfono, la radio, etc., y hombres como Morse, Siemens, Edison, Tesla, etc, fueron los que se encargaron de trasladar los saberes teóricos a la realidad industrial que dio el impulso definitivo a la sociedad industrial.

El desarrollo de la ciencia de la electricidad estuvo absolutamente libre de impulsos utilitarios y generó directamente una tecnología, cuyos principios básicos eran conocidos, es decir, una tecnología absolutamente científica. Estamos pues en el caso inverso del aprovechamiento de la energía calorífica para obtener trabajo mecánico.

### **IV.3. Relaciones Tecnología-Ciencia Pura: La Ingeniería.**

En esta época se hizo evidente, lo ya intuido anteriormente, que el inventor para tener éxito debía tener una sólida formación científica. No sólo el inventor sino también el proyectista, que diseña algo no radicalmente nuevo pero sí distinto de lo anterior, en fin todo aquel que tenía algo que ver con la actividad económica en fábricas, construcción, agricultura, etc., en una palabra, surgió la figura del ingeniero tal como hoy la conocemos. Fruto de esta situación fue la creación de la Escuela Politécnica en París en 1794, el primer centro dedicado específicamente a la formación científica de ingenieros y que fue seguida por otras como el Berlín Politécnico, la Escuela de Saint-Etienne, etc...<sup>18</sup>. Los nuevos ingenieros egresados de estas escuelas debían poseer un conocimiento profundo de las disciplinas básicas, como matemáticas, física, etc., y dominar todos los problemas relativos a la aplicación de las distintas formas de energía, las máquinas en uso o en desarrollo, a la construcción, etcétera (34). En palabras de Augusto Comte en su «Cuarto Ensayo»

---

<sup>18</sup> Es curioso que sólo un siglo más tarde se fundase el South Kensington primer centro de enseñanza técnica del Reino Unido. Es una consecuencia del rabioso empirismo británico, que unas veces significa realismo y progreso, y otros rancio conservadurismo y retraso.

publicado en 1825 «Es fácil reconocer en el cuerpo científico tal y como existe ahora un cierto número de *ingenieros* distintos de los hombres de ciencia propiamente dichos. Esta importante clase nació necesariamente cuando la Teoría y la Práctica que salieron de puntos distantes se acercaron lo suficiente para darse la mano».

Los centros antes citados, proporcionaron los modelos para la enseñanza científica y técnica así como para los institutos de investigación del futuro. Se escogía para enseñar a hombres eminentes, que constituyeron el prototipo del profesor científico asalariado, que sustituyó al gentil hombre aficionado o al anterior científico en relación de clientela (35).

La situación que describe Comte en cuanto a la Ciencia Pura y la Tecnología es según la común visión de los filósofos de la Ciencia, uno de los hechos más significativos de la Revolución Industrial y que marcó de manera definitiva del desarrollo científico, así para el astrónomo von Weizsäcker la Ciencia Pura y la Tecnología son como dos árboles gemelos que han nacido de diferente semilla y tienen algunas raíces y ramas diferentes pero cuyos troncos se han unido y poseen una inmensa copa común (36). De la misma opinión son Alfredo Whitehead (37), Poincaré (38) Russell (39), etcétera. De hecho y sin apoyarse en argumentos de autoridad, es evidente que ni la Ciencia Pura ni la Tecnología podrían avanzar de forma significativa si no utilizasen el mismo método científico y se realimentasen no sólo con sus especulaciones, sino también con los resultados materiales de sus hallazgos, y quizá mucho más fundamentalmente con los problemas que en cada momento tienen planteados cada una. Como veremos esta tendencia se ha mantenido pujante hasta nuestros días.

El éxito de la física, de la biología, de la ingeniería, los avances matemáticos, etc., dieron un tono de especial optimismo al mundo científico, los cultivadores de las diferentes disciplinas fuesen naturales o sociales, intentaban formular leyes que a ser posible explicasen en su totalidad cada universo particular. Brillantes intuiciones, fueron formuladas y propagadas como si de hechos científicamente comprobados se tratasen.

#### IV.4. Efectos económicos y sociales.

Refiriéndonos a la segunda mitad del siglo XVIII y primera del XIX, en el Reino Unido y a períodos más avanzados pero mucho más breves en otros países, época denominada fase paleotécnica por Mumford (34) y Geddes (40) se produce la explosión del capitalismo y la introducción del concepto del «homo economicus». El código moral reinante era el del máximo beneficio, lo cual determinó un ritmo desbordante de actividad.

Para producir era necesario además de la tecnología correspondiente Capital y Trabajo. El primero procedía de los grandes beneficios comerciales del siglo anterior y de la reinversión frenética y el Trabajo de los campesinos sin título de propiedad suficientes expulsados por las Actas de Deslinde. Posteriormente los inmigrantes irlandeses, así como las mujeres e incluso los niños entraron en las fábricas y minas. Se formó así un proletariado desarraigado, que vivía y moría a la vista de la fábrica, que trabajaba jornadas agotadoras, en condiciones deplorables de seguridad e higiene, y cuyos salarios estaban ineluctablemente sometidos a la ley del Bronce. Fue una época durísima para este proletariado sometido a la más inhumana explotación. Sin embargo, se produjo una explosión de natalidad y como Sombart (41) y Hobson (42), por otra parte críticos acerbos de esta situación, reconocen los índices de bienestar de esta clase crecieron ininterrumpidamente en el período y fueron en todo caso más altos que los existentes en los lugares de origen de los emigrantes.

Fue una época de derroche de recursos, de destrucción del medio ambiente, de degradación moral del trabajador, de instalar industrias lejos de las ciudades para mejor incumplir las leyes. De luchas sociales, de luchas entre naciones, etc., de competencia salvaje generalizada.

Sin embargo en seguida se detectó un ininterrumpido aumento en el nivel de bienestar del proletariado y apareció una clase media baja en constante ascenso en nivel económico, número e influencia social, que en muy poco tiempo en términos históricos hizo que el panorama fuese mejorando a un ritmo acelerado.

El progreso de las comunicaciones hizo a la sociedad mucho más internacional, más planetaria, pero contra lo que era lógico

esperar surgieron nacionalismos vigorosos e irracionales que han perdurado hasta nuestros días con toda su secuela de guerras militares, políticas y económicas.

Es de destacar, que la menor abundancia de mano de obra, bien porque efectivamente hubiese un desequilibrio real entre oferta y demanda, bien porque las organizaciones sindicales, surgidas de mil maneras en el seno del proletariado, consiguiesen de forma progresiva disminuir la duración de la joranda laboral o eliminar el trabajo de los niños, aceleraba el progreso tecnológico apareciendo máquinas con una mayor productividad que disminuía el volumen de mano de obra. A su vez cuando, por la razón que fuese, llegada de emigrantes, etc., había abundancia de mano de obra o de cualquier otro elemento, como hierro barato tras algún avance cualitativo en su obtención, el progreso técnico se debilitaba de forma considerable, y así puede resultar paradójico, pero en plena época de avance tecnológico hubo importantes períodos en los que predominó de forma absoluta la cantidad sobre la cualidad en la producción industrial.

## **V. LO QUE OCURRE EN NUESTROS DÍAS**

La situación actual presenta unos marcadísimos claroscuros en casi todas las facetas de la vida humana, sea ésta considerada a nivel individual o social, pública o privada. Veamos qué sucede en el campo científico.

### **V.1. La Ciencia y la Tecnología: Su influencia en las Ciencias del «Hombre».**

El proceso de crecimiento de la Ciencia en sus dos vertientes pura y aplicada o Tecnología, ha sido tal que la única respuesta posible por parte del científico es la especialización en el conocimiento de parcelas cada vez más pequeñas.

Otra característica, resultado de su propio progreso, es el disponer de instrumentos cada vez más perfectos que amplían continuamente el campo de experimentación aclarando problemas lar-

gamente perseguidos y creando con certeza otros nuevos, puramente científicos o bien demandados por la Sociedad. Entre los nuevos instrumentos hay uno, el computador electrónico, que por su relevancia y efectos exige una consideración especial.

El método científico ha sufrido profundas revisiones críticas, tanto desde el punto de vista de su lógica interna, como por la presencia de nuevos fenómenos, por ejemplo los regidos por leyes estadísticas. Han sido relevantes las aportaciones de Poincaré (43) (44), Russel (45), Milhaud (46), Popper (47), Braithwaite (48), Wartofsky (49) y un largo etc., que no sólo han analizado de forma radical la manera de adquirir conocimientos, sino la naturaleza misma de la Ciencia en su más amplia acepción, e incluso los atributos epistemológicos de que debe estar dotada una disciplina para que pueda ser considerada ciencia y además cuál es su fase de desarrollo.

En este sentido cabe decir que a las ciencias del hombre, cuya naturaleza es *nomotécnica* es decir, que intentan establecer leyes cuantitativas expresables matemáticamente o en su imposibilidad, al menos cualitativas, tales como la etnología, la demografía, la psicología científica, la lingüística, la ciencia económica, la sociología, etcétera, es perfectamente aplicable el método científico actual que ha desbordado ampliamente su origen. No ocurre lo mismo con las disciplinas no nomotécnicas, tales como las jurídicas, históricas y filosóficas.

Bajo todas estas revisiones, el método científico actual, llega incluso y bajo ciertas condiciones, a aceptar los resultados de las experiencias no repetibles, siempre que de ellos se deriven conclusiones, que éstas, sí sean verificables como tales, es el caso de la psicología científica.

Aún con esta importante modificación la aplicación del método científico a las disciplinas nomotécnicas del hombre, ha producido éxitos espectaculares en algunas, como en la lingüística mientras en otras, ha tenido efectos clarificadores drásticos, en el sentido de transformar las pretendidas leyes históricas, sociales, económicas, etcétera, en simples hipótesis no confirmadas por la observación rigurosa de la realidad y que por tanto hay que modificar o sustituir. Todo esto no significa que sean disciplinas no científicas, todo lo contrario, baste recordar las grandes rectificaciones que se han llevado a cabo en la Física, la Medicina, la Química, etc., hasta llegar

a su estado actual. Es sintomático el vigilante espíritu de los cultivadores de estas últimas que al sintetizar los resultados de sus experimentos, raramente no hablan en condicional. Lo que sí es evidente, es que el camino del progreso pasa por la experimentación rigurosa, de interpretación crítica de los resultados y la verificación de hipótesis. Bien es verdad, que en determinadas disciplinas esto es hoy mucho más difícil de hacer que en las ciencias de la naturaleza, pero ello debe ser estímulo positivo como ocurrió en los tiempos heroicos de las ciencias citadas. En este sentido se mueven las conclusiones del grupo de trabajo patrocinado por la Unesco (50) y en el que intervinieron personalidades como el psicólogo Piaget, el sociólogo Lazarsfeld, el lingüista Jakobson, etc.<sup>19</sup>.

## V.2. Campos críticos del avance tecnológico.

Ante la imposibilidad de una enumeración amplia, sólo voy a dar unas pinceladas sobre aquellos campos en los que el avance de la tecnología puede modificar de forma inmediata el marco de posibilidades materiales sobre el que vivimos. Son estos:

- a) Tecnologías informáticas. La microelectrónica.
- b) Biología, bioquímica e ingeniería genética.
- c) Tecnologías de materiales. La micromecanización.
- d) Tecnologías de la energía.
- e) Las tecnologías apropiadas.

Me ocuparé con algo de detalle del desarrollo de la informática ya que en opinión de muchos representa algo más que un avance técnico.

---

<sup>19</sup> La diferencia entre el trabajo científico sólido y la especulación imaginativa, lo revela la siguiente anécdota. Kepler al observar las distancias medias de los planetas al Sol, detectó que entre Marte y Júpiter debía existir un planeta al que bautizó como Ceres, no conocido aún. En 1778 Bode estableció la ley empírica de su nombre que fue confirmada por el descubrimiento coetáneo del planeta Urano. Pero Ceres seguía sin aparecer hasta el 1 de enero de 1800 en el que tras una fatigosa labor lo descubrió el monje teatino siciliano José Piazzi y resultó ser un pequeño planeta de sólo 800 Km. de diámetro. Sin embargo, dada su pequeñez y que Piazzi sólo lo pudo observar durante tres días, se temió que no se volviese a encontrar.

En este punto de la cuestión, Hegel de forma especulativa y brillante, se burló de los astrónomos indicando que estaban buscando una quimera. Sin embargo, Gauss actuó de una forma muy distinta, inventando un procedimiento de cálculo, que basándose en muy pocas observaciones permitía obtener la órbita y efemérides del astro. Dio por buenas las observaciones de Piazzi y predijo exactamente la posición en la que debería reaparecer. Apuntados hacia ese punto los telescopios pudo volver a encontrarse a Ceres. Véase (51).

### V.2.1. *Tecnologías informáticas.*

Como culminación de un proceso de automatización del cálculo aritmético que en la Edad Moderna arranca de Pascal y Leibniz, y que tuvo las realizaciones prácticas de los tabuladores de tarjeta perforada del americano H. Hollerich a finales del siglo pasado, así como de las importantísimas aportaciones teóricas del matemático de Cambridge, Charles Babage, fundador en 1831 de la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia y de Lady Lovelace, hija de Lord Byron y de contar con realizaciones parciales como las de la máquina de Leonardo Torres Quevedo, en 1946, fue una realidad el Eniac primer gran computador electrónico de programa externo no secuencial según las ideas de von Neuman. Esta fue máquina diseñada por Mauchly y Eckert, construida en la Universidad de Pennsylvania, y financiada por la Administración Militar. Era un mastodonte que costó 10 millones de dólares, ocupa 400 m<sup>2</sup>, pesaba 30 tm. y consumía energía como una locomotora y además el tiempo útil entre averías sólo era de 20 minutos. Con todas sus limitaciones esta máquina era capaz de leer información exterior, almacenarla, tratarla en el sentido de calcular, asociar, comparar, reconocer, y devolver al exterior sus resultados. En definitiva a diferencia de las otras máquinas que potencian el nivel de esfuerzo muscular del hombre, el computador asume algunas de las funciones reservadas a la mente humana. No es, por el momento, el sustituto general de la mente, pero sí es capaz de realizar cálculos y otras formas de tratamiento de la información de una manera tan espectacularmente rápida que hasta su aparición eran inaccesibles, no desde un punto de vista teórico sino por falta material de tiempo. La aparición del Eniac es en mi opinión un auténtico punto de inflexión en el desarrollo científico y técnico, un cambio cualitativo en el avance de la Ciencia.

Es curioso que para la casi totalidad de la Comunidad Científica esta máquina pasa casi desapercibida, como un juguete muy ingenioso pero poco práctico. No ocurrió lo mismo con ciertas compañías comerciales, ni para la Administración militar norteamericana, que previendo su capacidad potencial invirtieron grandes sumas en su perfeccionamiento.

No es el momento de reseñar las etapas del fulgurante avance

de las diferentes tecnologías, especialmente las de los materiales que constituyen los circuitos lógicos desde el lámpara de vacío, hasta el circuito de muy alta integración, que han alcanzado límites de miniaturización absolutamente inverosímiles<sup>20</sup> en un proceso que no sólo no se ha detenido sino que continua quemando etapas, y no se prevee cuándo finalizará.

De igual manera la disponibilidad de elementos en miniatura ha permitido un espectacular avance en la arquitectura de los computadores. Actualmente existe el micro-computador que utiliza como ALU un microprocesador de plaquita de silicio que es más potente que el ENIAC, consume sólo unos vatios, su velocidad de cálculo es del orden de los microsegundos para una operación elemental, posee un tamaño inferior a un libro de bolsillo y su fiabilidad es tan alta que de hecho no sufre averías, todo ello a un coste muy bajo y progresivamente decreciente. El otro extremo está ocupado por los supercomputadores con un elevado grado de «paralelismo» y que permiten abordar en tiempo real los fenómenos complejísimos de la investigación nuclear, las grandes masas de datos de los sistemas biológicos, bioquímicos, lingüísticos, económicos, etcétera. Este enorme potencial de almacenamiento y tratamiento de datos ha afectado incluso a la propia esencia de los métodos de inferencia científica, eliminando a costa de grandes cálculos las hipótesis convencionales (52).

Paralelamente a estos avances en los equipos y con igual velocidad, han progresado las técnicas de utilización, lo cual ha implicado un formidable avance en álgebras abstractas, que han fructificado en lenguajes de alto nivel, que permiten escribir el programa que debe realizar el computador siguiendo reglas muy próximas a las empleadas comunmente.

Creemos que con lo anterior queda justificada la afirmación apriorista de encontrarnos frente a un salto cualitativo en el progreso científico, progreso que por otra parte ha sido posible por avances espectaculares en otras tecnologías. Queda claro una vez más una característica de la Ciencia: un avance en una rama cualquiera de

---

<sup>20</sup> A comienzos de 1983 se ha comercializado una plaquita de silicio o chip de medio centímetro cuadrado, que posee 500.000 elementos lógicos y se puede preveer que en un futuro próximo se alcance el millón.

ella repercute directa o indirectamente en las demás, incluso en las más insospechadas.

Ante el progresivo refinamiento de estas máquinas, la pregunta inmediata, es si podrán llegar a pensar? Desde luego la respuesta no puede ser a priori negativa, los trabajos de von Neumann (53) de Minsky (54), Turing (55), así como los clásicos Boole (56) y Shannon (57) y los actuales impulsores de la inteligencia artificial, hacen pensar más bien lo contrario. Sin embargo, las dificultades prácticas parecen insalvables en todos los aspectos y en todo caso estamos en el comienzo del proceso. Claro que en la relación energía-materia-información un primer umbral fue franqueado en el período Carbonífero cuando aparecieron animales cuyo cerebro era capaz de almacenar más información que la contenida en sus genes. Otro umbral se traspasó, con la invención de la escritura, sólo hace unos miles de años, lo que permitió almacenar información fuera de la mente humana. Probablemente el computador representa un tercer umbral, ya que se multiplica indefinidamente la capacidad de almacenamiento de información extrasomática y es más, se pueden realizar de igual forma algunas operaciones intelectuales. Es de destacar la aceleración en las diferentes fases, cientos de millones de años sin intervención humana, miles de años y en fin quizá un período mucho más corto para el próximo (58). Es como si el proceso de Cerebración u Hominización de que nos habla imaginativamente Teilhard de Chardin no se hubiese detenido (59).

Conviene dedicar unas palabras a los robots, máquina en la que intervienen multitud de tecnologías, pero que indudablemente son posibles gracias a la existencia de los microprocesadores. En realidad los robots actuales no tienen nada que ver con los androides que le dieron nombre<sup>21</sup>. Son simplemente máquinas que pueden realizar, hasta el momento, el movimiento resultante de siete articulaciones que actúan independientemente, mandadas por un programa que sigue una secuencia dependiendo de los impulsos exteriores. Esta circunstancia le da una gran capacidad de adaptación, por lo que se emplean en series de fabricación de tipo medio. Su número en el mundo debe estar entre los 25 y 30.000 y realizan

---

<sup>21</sup> La palabra robot fue introducida por el checoslovaco Karel ČAPEK en su novela *RUR (Robotes Universales de Rossem)* y deriva de la palabra checa *robot* que significa esclavo.

actualmente tareas especialmente molestas. Es una máquina compleja, cara y de relativamente baja fiabilidad. El aumento de productividad que implica su introducción no es excesivamente elevado, por el momento. Probablemente cuando pueda ser dotada de órganos de relación con el mundo exterior, especialmente los de visión (en cuyo sentido se está investigando intensamente y parece que serán muy parecidos a los de los insectos) y su esqueleto se haga más ligero y resistente, el número de aplicaciones aumentará de forma muy importante, aunque difícilmente llegarán a ser hombrucitos metálicos.

Muy ligadas a la informática son también las tecnologías de las comunicaciones, que han adoptado la base matemática de los computadores en la teoría de la información, valiéndose además de aquéllos para gobernar los flujos de información en forma codificada, utilizándose todos los adelantos, surgidos en otros campos, como la transmisión por satélite, las fibras ópticas, etc. De hecho la red telefónica mundial es el mayor autómatas que jamás haya existido.

### V.2.2. *Las ciencias de la vida.*

Sería muy largo y por supuesto fuera de mis posibilidades hacer una mínima descripción de los avances recientes en las tecnologías de la vida. Sólo reseñaré una disciplina bien particular, la bioingeniería que trata de comprender los fenómenos de la naturaleza para imitarlos. Un ejemplo aclara la razón de ser de esta disciplina. A la temperatura ambiente y valiéndose sólo de materiales tan deleznable como los calcáreos, la naturaleza dota al lagarto de unos dientes, tan duros que dejan marcas en las bolas de rodamientos, construidas en aceros especiales tras un laboriosísimo proceso industrial (60).

En otro orden de cosas las investigaciones sobre microorganismos y la ingeniería genética, pronto suministrarán, proteínas, interferones, prostaglandinas, etc. Pero la ingeniería genética encierra tales potencialidades que en un lapso de tiempo probablemente corto su desarrollo puede resultar cualitativo y revolucionario por sus consecuencias (77).

### V.2.3. *Los nuevos materiales.*

Las tecnologías de nuevos materiales, tratan de sustituir materias primas crecientemente escasas, poner a punto técnicas de reciclado, encontrar nuevos materiales que posean características especiales, etc. Se estudian sobre todo, los polímeros de alta resistencia, los materiales cerámicos, las nuevas aleaciones, los radicales libres, etcétera, así como los nuevos procesos de obtención, tratamiento, mecanización, etc. Especial interés tiene, en mi opinión, el proceso aún en desarrollo de micromecanización química de los cristales de silicio (61) que por su baratura, precisión y pequeñez y sobre todo por el material base, que es el mismo de la microelectrónica. Esto posibilita grabar circuitos lógicos en estos elementos, y permitirá, permite ya obtener dispositivos tales, como un cromatógrafo sensible a 100 gases diferentes, del tamaño de una caja de cerillas, con un consumo de gas muestra despreciable, y cuyas necesidades de energía las satisface una pila de reloj digital. En un futuro que es casi presente, se podrá romper una de las barreras que frena la miniaturización de la microelectrónica, que es la eliminación del calor de funcionamiento de los circuitos lógicos, ya que las pequeñas pastillas de silicio podrán incorporar canales microscópicos de refrigeración. Igualmente pienso que se podrán con esta técnica fabricar, válvulas cardíacas, dosificadores de insulina, y todo un conjunto de elementos que insertados en el cuerpo del paciente sustituirán de forma eficientísima sus órganos dañados.

### V.2.4. *Las tecnologías de la energía.*

En el campo especialmente crítico de las tecnologías de la energía, los esfuerzos investigadores son intensísimos, tanto en las técnicas de ahorro, como en el de la eficiencia y seguridad de los aprovechamientos de las fuentes actuales, así como en la búsqueda de nuevas energías más limpias, especialmente la derivada de la fusión nuclear controlada, hasta el momento sin avances especiales.

### V.2.5. *Las tecnologías apropiadas.*

Finalmente, hay que señalar la existencia de un movimiento denominado de tecnologías apropiadas, que abarca todos los campos tecnológicos, y cuyo objetivo es desarrollar en cada país las tecnologías más adaptadas a su realidad, necesidades y posibilidades. Por ejemplo, en los países áridos del Tercer Mundo sin infraestructura industrial, desarrollará las técnicas de utilización de la energía eólica y solar para sacar agua de pozos, estudiará con sumo cuidado la hidrogeología del país, buscará las técnicas más adecuadas para el aprovechamiento agrícola de la escasa agua disponible, incluso si es salobre. Este importante movimiento no es exclusivo del Tercer Mundo, ya que está muy extendido en países como EE. UU., Alemania Federal, etc. Desgraciadamente en España ni hemos oído hablar de él (62).

## VI. LOS EFECTOS DE LA CIENCIA

Veamos ahora de forma meramente descriptiva algunos de los efectos generales de la influencia de la Ciencia en la Sociedad actual.

### VI.1. **La planetización de la Sociedad.**

La revolución informática y de las comunicaciones ha hecho de la Tierra, la casa de la Humanidad donde las habitaciones están muy próximas y además muy bien comunicadas. Se puede prever que en la próxima década, las transmisiones por satélite, rompan la soberanía de las actuales naciones en temas tales como las emisiones de televisión. Sin embargo, contra lo que cabría esperar, este mejor conocimiento que los diferentes grupos humanos tienen entre sí, no ha eliminado de manera sensible los nacionalismos con sus negativas consecuencias para todos. Las formas menos cruentas de nacionalismo, como son la creación de barreras económicas, la no admisión de emigrantes por vía administrativa, etcétera, crean sufrimientos a los más débiles, pero también esclerotizan a las sociedades ricas que los practican, preparándolas para

su propio declive. Nada es necesario decir de los perjuicios, cuando la confrontación nacionalista se transforma en guerra militar.

Hay que señalar, en honor a la verdad, que existe un grupo muy importante de naciones, y no de las del Tercer Mundo, que se oponen con todos sus medios a la llegada de informaciones de allende sus fronteras. Se dice, que emplean más recursos en interferir las emisiones radiofónicas ajenas, que en las propias. Iguales medidas se aplican para evitar la difusión de la información escrita en su más amplio sentido. Incluso está muy limitada la salida al exterior. A mí me recuerda a la situación creada en España por la famosa Pragmática de 22 de noviembre de 1559 que no me resisto a transcribir:

«De aquí en adelante ninguno de nuestros Súbditos y naturales, eclesiásticos y seglares, frailes y clérigos, ni otros algunos, no pueden ir ni salir de estos Reinos a estudiar, ni aprender ni a estar, ni a residir en Universidades, estudio, ni Colegio fuera de estos Reinos».

Estuvo en vigor con aplicación más o menos elástica hasta 1751. Creo que este aislamiento fue una de las causas más importantes de nuestra decadencia intelectual, moral y material.

Una consecuencia de esta planetización de la información, es ineluctablemente, un grado creciente de uniformización cultural con todo lo negativo y positivo que este proceso puede tener. La masa mayor de información, tomando esta palabra, en su sentido más amplio, se genera en los países más desarrollados y se transmite al resto. Naturalmente esta información, ni siquiera, si es estrictamente técnica, es neutral, lleva alguna forma de mensaje relativo a la cultura de la sociedad donde se generó.

## **VI.2. La mejora de la Medicina.**

El desarrollo de la medicina y de la higiene, y su expansión por todo el mundo, salva de la muerte cada día a millones de seres humanos. Es uno de los éxitos de los que más puede vanagloriarse la Ciencia. Bien es verdad que la naturaleza humana impide vencer a la muerte, pero ha permitido por ejemplo a los niños conocer su madurez y a los adultos morir en una buena vejez, como se dijo de Abraham en el Génesis (35, 8).

Este hecho ha implicado un crecimiento rápido de la población mundial, que ha planteado el problema de como alimentar y darle una vida digna. Surgieron voces alarmistas, pero parece que el proceso de expansión ha remitido de forma espectacular moderándose el crecimiento de la población en el Tercer Mundo según han demostrado recientemente Gwatkin y Brandel (63). En el mundo desarrollado la situación que se presenta es la del mantenimiento de la población. De forma que podemos decir que la población mundial se estabilizará en valores probablemente inferiores a los 9.000 millones hacia finales del siglo próximo, sólo un 50 por 100 más de la actual.

La ciencia actual puede alimentar perfectamente a esta población.

### **VI.3. El progreso tecnológico y el empleo.**

Cada avance tecnológico representa inexcusablemente un aumento de productividad, es decir, que alguna cosa, sea bien o servicio, se consigue con una menor aportación global de trabajo en su sentido más general.

En concreto y en forma muy esquematizada, los avances tecnológicos implican uno o más de los hechos que a continuación se indican.

a) Mejoran los procesos globalmente considerados de obtención de bienes y servicios concretos, aumentando la productividad de los mismos.

b) Idem, pero referido a la calidad. Esta faceta es en muchos casos más importante que el aumento de la productividad y va frecuentemente unida a ella.

c) Permiten la obtención de nuevos bienes y servicios, que o bien no existían en sentido absoluto o bien sustituyen a otros que eran menos adecuados en sentido lato.

La clasificación anterior es completamente general y en ella se pueden incluir los avances médicos, los sistemas de tratamiento de la información, etc.

Por otra parte, es de destacar que la aplicación de un progreso técnico concreto, se realiza cuando lleva consigo algún tipo de ventaja económica considerada ésta en su sentido amplio. Pero puede

ocurrir y de hecho ocurre generalmente que la citada ventaja resulte de una suma algebraica de ventajas y desventajas cuya resultante sea positiva. Es corriente además que las ventajas y desventajas económicas se localicen en distintos sujetos o grupos sociales. De todo lo anterior se concluye que aunque para la Sociedad en general sea positiva la aplicación concreta, pueden existir grupos sociales determinados, perjudicados de alguna forma. Lo dicho a nivel general de grupos sociales es claro que incluye como caso particular a las diferentes naciones. Por ejemplo la aparición de un producto sintético básico, puede enriquecer a unos países industriales y llevar a la miseria a los países que suministraban el producto natural sustituido.

Con frecuencia ocurre que la investigación básica e incluso la fabricación de los bienes de equipo que implican un nuevo proceso de elaboración de un producto, se realizan en un país desarrollado con lo que en el mismo se produce un aumento del empleo. Sin embargo, la aplicación de ese nuevo proceso origina una disminución más importante de la utilización del factor trabajo, con lo que si se trata de dos países distintos en el segundo se origina un desempleo superior.

Finalmente y es lo normal, el nuevo proceso determina un coste más bajo y/o, una calidad mayor del producto, lo cual debe originar un aumento de la demanda, este hecho puede exigir un incremento del factor trabajo necesario para atender la citada demanda.

De todo lo anterior podemos concluir que los avances tecnológicos pueden originar desempleo cuando la productividad crezca más de prisa que la producción (64).

Se han realizado multitud de trabajos individuales, informes de Comisiones, trabajos en equipo, etc., para evaluar el impacto en el mercado del trabajo de la llamada revolución microelectrónica, llegando a conclusiones poco firmes sobre si la misma crea o no desempleo. Es completamente natural que así sea por lo arduo de la tarea, dadas las circunstancias antes enumeradas, las inextricables relaciones intersectoriales, junto con la mundialización más o menos imperfecta de la actividad económica. Sus conclusiones han sido en algún caso optimistas pero de forma mayoritaria pesimistas más o menos alarmantemente.

En nuestra opinión todos esos trabajos tienen un valor muy relativo, por las razones antedichas, y con sinceridad creo que su utilidad radica exclusivamente en llamar la atención sobre los problemas reales que se van a presentar a grupos minoritarios y que deben prevenirse o al menos ser conscientes de ellos, para aplicar los remedios necesarios que los hagan tolerables.

Existen además otras razones de peso de carácter general suficientes para adoptar esta postura tan radical y son:

- Casi todos los autores pesimistas están ligados al mundo sindical.
- Las metodologías, así como los modelos matemáticos disponibles no son adecuados en absoluto a la complejidad del problema.
- Ningún autor recomienda que sea frenado el progreso tecnológico, lo cual sería coherente con una posición pesimista.

Hay otras razones más trascendentes y menos sujetas a error para sentirse radicalmente optimista en cuanto a los efectos beneficiosos de carácter general y sobre el empleo, del progreso tecnológico:

Son éstas:

a) La Historia especialmente la de los últimos dos siglos nos ha mostrado cómo el empleo ha aumentado correlativamente al progreso tecnológico, e igual línea ha seguido el bienestar general, si por el mismo, se entiende la mayor disponibilidad de bienes y servicios. Esta afirmación genérica puede sugerir muchas matizaciones particulares, pero que en mi opinión, no la desvirtúan un ápice.

b) En la definición que hemos aceptado de desempleo tecnológico, se habla del no crecimiento total de la producción, lo cual implica que la sociedad, en concreto la española está saturada globalmente de bienes y servicios. Son sin embargo patentes las deficiencias de todo tipo que padecemos, en comunicaciones, infraestructura viaria, equipamientos educativos, generalización de los bienes de consumo, bolsas de extrema pobreza, aprovechamientos hidráulicos, medio ambiente, etc.

En sentido contrario podemos afirmar que es el relativamente lento avance de la Tecnología en determinados sectores claves lo que ha podido coadyuvar de forma muy importante al paro masivo que asola al mundo occidental, que por supuesto no es en absoluto general, y ahí tenemos el ejemplo del Japón. En concreto me refiero a la escasez de energía y a la mínima aportación conseguida actualmente por las llamadas fuentes de energías limpias.

Finalmente esta posición optimista, no puede hacer olvidar el efecto de las dificultades enunciadas al comienzo de este apartado. En efecto, y es completamente lógico, que grupos aunque sean minoritarios, que se ven en dificultades traten de evitar ese perjuicio, aunque vaya contra el interés general. El comportamiento de los agricultores del Sur de Francia con relación a los productos hortícolas españoles es un ejemplo bien expresivo. Por otra parte el progreso tecnológico exige la inversión continuada de grandes sumas en la renovación de los equipos prematuramente obsoletos, sumas que de alguna forma han de detraerse del consumo a corto plazo, lo que implica un esfuerzo adicional.

Además, a estos factores objetivos, se añaden con frecuencia posturas ideológicas previas así como, y en cada país pueden ser diferentes, diversos tipos de prejuicios fruto de su desarrollo histórico específico. Si tenemos en cuenta la resistencia a abandonar usos consuetudinarios, tendremos un cuadro completo que explica que el período transitorio de aplicación de un determinado avance tecnológico llega a ser tan largo, tan doloroso y a veces tan inestable. Hay muchos ejemplos en nuestro país, en los cuales las fuerzas regresivas, fueron las vencedoras y a corto plazo consiguieron evitar la aplicación de la nueva tecnología, pero a la postre lo único que consiguieron fue la ruina local, ya que la nueva tecnología se impuso en otro ámbito geográfico y las comunicaciones hicieron el resto<sup>22</sup>. Cuando esto sucede son inevitables los movimientos de población, las migraciones interiores o exteriores cuyo coste, tanto

---

<sup>22</sup> La industria artesana textil estaba muy extendida en toda España, pero al llegar la industrialización, la falta de sentido empresarial en unos lugares y en otros las presiones de organizaciones político-sindicales de carácter extremista impidieron la aplicación de la nueva maquinaria lo cual llevó a corto plazo a la desaparición de la citada industria. Este fue el caso del pueblo de Grazalema de la Serranía de Cádiz, dedicado a la manufactura de mantas de gran calidad que ha pasado en un siglo de 20.000 a 3.000 habitantes, de la prosperidad a la miseria, con la desaparición de su industria base y la inevitable emigración.

en el terreno del dolor humano como en el económico, exceden con mucho el sacrificio que trataron de evitar.

Finalmente y para contrarrestar el posible desempleo tecnológico existe otra medida ampliamente puesta en práctica desde el desarrollo de la Revolución Industrial, y con un claro reflejo en el bienestar social, me estoy refiriendo como es obvio, a la reducción de la jornada de trabajo, en sus variadas modalidades.

Aunque los empleadores, tanto del Este como del Oeste, se oponen con todas sus fuerzas a reducir el horario semanal o aumentar las vacaciones, creo que su lucha a medio plazo es estéril ya que sus argumentos contra la semana de treinta y cinco horas por ejemplo, son idénticos a los empleados contra la semana de cuarenta y ocho horas (65).

#### **VI.4. El problema ecológico.**

Como consecuencia del aumento de la población humana, pero sobre todo de la industrialización, el hombre ha causado grandes destrucciones en la Naturaleza, ha contaminado aires, aguas, tierras, animales, etc., ha alterado de forma no natural el régimen de vida de los trabajadores e incluso las costumbres sociales.

Raquel Carson, modesta profesora americana, en 1962 denunció en forma dramática, el uso incontrolado de insecticidas, pesticidas, medicamentos, etc., que se acumulan en los ciclos vitales. Fue el punto de partida de un torrente de publicaciones contra los abusos ambientales de la sociedad de consumo y del vigoroso movimiento ecologista surgido en prácticamente todas las democracias occidentales. Este movimiento que está teñido de un pacifismo a ultranza y que tiene sobrados motivos de protesta, es, sin embargo, un movimiento esencialmente reaccionario, ya que en su crítica a la sociedad industrial, pretende retroceder a formas que consideran exentas de culpa y peligro, en definitiva a una sociedad preindustrial, sin tener en cuenta los problemas de aquella sociedad ni las dramáticas consecuencias de todo orden de este salto atrás. A veces su actuación es extraña ya que actúa prioritariamente contra las centrales eléctricas nucleares y en cambio permanece mudo contra las de carbón que, desde un teórico punto de vista y realmente, son mucho más contaminantes en todos los aspectos. Incluso el número de víctimas por

unidad de energía producida en el caso de centrales atómicas es ínfimo, mientras que en las convencionales es finito y elevado dentro de su pequeñez (66). A pesar de sus contradicciones, sectarismo y deficiencias, la actividad del movimiento ecologista ha sido muy positiva, ya que ha obligado a los gobiernos a imponer reglas muy estrictas a las industrias y vehículos, para reducir sus efectos sobre el medio ambiente a límites tolerables y en el caso concreto de las centrales nucleares se ha llegado a un altísimo nivel de seguridad, curiosamente muy superior a la de las centrales nucleares instaladas en países donde el citado movimiento ecologista no existe.

### **VI.5. El problema energético.**

El funcionamiento de la Sociedad en esta época industrial exige inmensas cantidades de energía. Realmente todos los problemas, tanto de escasez de materias primas, como de carencia de alimentos, como ecológicos, etc., se pueden resolver si se dispone de suficiente energía, de mucha más energía de la que ahora gastamos. Una sociedad post-industrial, como ha sido tantas veces anunciada, exigirá inmensas cantidades de energía. Dado que las fuentes renovables, prácticamente sólo las de origen hidráulico, representan una pequeña parte de las necesidades, y el agotamiento del petróleo y del carbón sólo es cuestión de tiempo, de poco tiempo, además de sus graves efectos ecológicos, así como del peligro de que el exceso de anhídrido carbónico en la atmósfera pueda cambiar el clima, no hay más alternativa a corto plazo que las centrales nucleares de fisión, quedando a medio plazo la esperanza de que efectivamente pueda ser domesticada la fusión nuclear. Es este en mi opinión el más grave problema pacífico que tiene planteado la Humanidad y por tanto el mayor reto para la Ciencia y la Tecnología.

### **VI.6. El capital humano.**

Finalmente el desarrollo técnico-científico obliga a la existencia de un adecuado nivel técnico-científico, es decir, un capital humano. De hecho los países ricos de forma estable lo son principalmente

por las habilidades y capacidades de sus hombres, mucho más que por sus riquezas naturales. Es tan obvia esta proposición, que no exige más argumentación, pero si hiciese falta, con observar los ejemplos de Suiza y Japón, por una parte y el Zaire y los países productores de petróleo, por otra, sería suficiente.

La rapidez de la mutación científica plantea continuamente la necesidad de nuevas cualificaciones profesionales, que en la mayoría de los casos, no son definitivas ni estables, lo que implica que es necesario, o más bien sería necesario, realizar varios aprendizajes a diferentes edades, a lo largo de la vida activa. Pero el capital humano de un país no sólo depende de la cualificación técnico-científico de sus habitantes, depende de su organización social, de su nivel cultural, de su tradición pasada e historia reciente, etc.

El caso del Japón, pequeño país superpoblado, desprovisto de riquezas naturales, sin tradición industrial prolongada, y con un pasado turbulento de guerras civiles de tipo feudal hasta hace apenas un siglo, se ha colocado en la cabeza de los países industriales, y parece invulnerable a la crisis económica que ha azotado a las economías occidentales, en los últimos 10 años, compatibilizando un aumento de productividad debido al avance tecnológico, con una situación de pleno empleo, nos muestra palmariamente la proposición última. Aunque hay pocos estudios serios para conocer la amplitud del factor capital humano, el caso específico del Japón, ha sido una excepción (73 y 74) habiéndose señalado como peculiar de la sociedad japonesa en este aspecto.

a) Hay una gran cohesión social, existiendo una auténtica colaboración de clases y gran sentido de solidaridad.

b) Hay un elevado nivel cultural y una gran propensión a la educación, lo cual determina una gran movilidad social.

Otro ejemplo igualmente significativo, es el observado directamente por mí, en la primavera del 80 con motivo del X Congreso de la Productividad y Seguridad de la Industria de la Automoción, celebrado en Nagoya. En esa fecha, sin grandes diferencias tecnológicas ni jornada de trabajo y reduciendo los datos a un vehículo tipo de carácter medio, teniendo en cuenta los trabajadores de cualquier naturaleza, un japonés producía unos 50 coches al año, un norteamericano 30, un europeo occidental 15 y un europeo oriental 1. Estas cifras pueden admitir algunas matizaciones pero

fueron aceptadas como representativas. Es claro que no precisan comentarios.

La extraordinaria importancia del factor capital humano, debería hacer reflexionar a los gobernantes, sobre todos y cada uno de sus componentes. Como primer paso, debiera ser absolutamente prioritario, que todos los miembros de la sociedad sin excepción, pudieran alcanzar niveles de formación, información y cultural cada vez más elevados. Asimismo deberían ser dotados de una gran sensibilidad hacia los problemas sociales. Claro que decir esto, aquí, no pasa de ser un lugar común. El problema es cómo conseguirlo, su coste, los profesores, el marco legal, etc. No parece que en nuestro país las últimas disposiciones en la materia propicien la amplia y sistemática intercomunicación que según la OCDE y la Unesco (75) debe existir entre la formación técnica y la vida en las fábricas<sup>23</sup>.

## VII. LOS PELIGROS DE LA CIENCIA

Cualquier sociedad, salvo en períodos cortos y espaciados, presenta una inercia mayor o menor al cambio, por lo cual se siente incómoda, cuando la rapidez de la evolución tecnológica, le obliga a revisar sus patrones de conducta. Todo esto unido a la mala utilización, que con frecuencia ha hecho el hombre de los avances técnicos, sea en sus querellas internas, sea con feroz egoísmo en visiones a corto plazo exclusivamente, ha creado un creciente temor y rechazo a los avances técnico-científicos.

Este sentimiento de temor y rechazo no es nuevo, e incluso como lúcidamente analiza Freudenfel (67) se ha presentado, antes de que la Humanidad tuviese motivos objetivos que justificasen la citada actitud, que por otra parte no quedó limitada al vulgo ignorante, pues Goethe en su obra *Años de peregrinación de Wilhelm Meister* revela un atormentado temor al progreso tecnológico.

---

<sup>23</sup> TENA ARTIGAS: «El profesorado debería ser capaz de transmitir a sus alumnos la visión actualizada de la vida laboral de la empresa, cosa que puede lograrse simultaneando docencia y trabajo real, lo que facilitaría la conexión buscada y garantizaría la puesta al día del mismo. Véase (75).

Rechazando cualquier miedo irracional, hay en mi opinión tres gravísimos y palpables motivos de preocupación:

### **VII.1. La guerra nuclear.**

Existen armas nucleares suficientes, no ya para destruir al hombre como especie sino también a la vida como tal, siendo completamente ilusorio pensar, que en algún rincón del mundo cualquiera que sea su estatuto jurídico, se pueda estar a salvo del holocausto.

Hasta ahora los planes estratégicos desarrollados por las grandes potencias, con aplicación de la teoría de juegos, han demostrado que en caso de conflicto nuclear no habría vencedores ni vencidos, lo cual ha permitido mantener el equilibrio del terror. Pero los progresos de la electrónica, de la ciencia de los computadores y de los sistemas de propulsión, han determinado tales aumentos en la velocidad y precisión de los cohetes que transportan las apocalípticas cargas nucleares, que se ha acortado drásticamente el tiempo disponible de respuesta frente a un ataque por sorpresa. Ante esta circunstancia, la decisión de iniciar un ataque nuclear masivo, habría de ser tan rápida que ya probablemente no correspondería a una persona de la que sabemos casi todo, o a otra de la que no sabemos casi nada, pero que no podemos juzgar a priori intrínsecamente malos ni locos, sino que, y probablemente por una falsa alarma, la guerra nuclear se desencadenaría por órdenes emitidas por los computadores de los altos mandos de las dos grandes potencias (68).

Esta terrible situación es una realidad y es en mi opinión el problema más grave que tiene y ha tenido nunca planteado la Humanidad como tal. Cualquier desequilibrio en los niveles de eficiencia de las dos grandes maquinarias bélicas, nos acercaría ineluctablemente al precipicio. En este sentido la acción de los movimientos pacifistas de Occidente, al no tener contrapartida en los países del Este, pueden paradójicamente incrementar los niveles de riesgo. Siguiendo a Max Born sólo la coexistencia pacífica podría alejar el peligro, pero la historia posterior a la Primera Guerra Mundial parece demostrar, que para ello sería necesario, que al

menos en todos los países industriales, los pueblos fuesen dueños de sus destinos.

## **VII.2. La manipulación genética.**

Los avances de la biotecnología son tan espectaculares que en un futuro próximo podrían utilizarse sus técnicas genéticas (77), para crear, los superalfas y los epsilon de las anticipaciones de Huxley y Orwell. En una situación democrática este peligro está automáticamente descartado, pero no es seguro que ocurriera así, en una dictadura que poseyese los medios técnicos y materiales necesarios.

## **VII.3. La manipulación de las conciencias.**

Los avances de la psicología en particular las investigaciones de Paulov sobre los reflejos condicionados, parecen haber sido el origen histórico de los auténticos lavados de cerebro que los medios de comunicación, someten a la Humanidad en todas las longitudes y latitudes del Globo. El peligro de la pérdida de la propia capacidad de pensar, es notoriamente más grave allí donde se dan de hecho o de derecho los monopolios informativos. Es obvio que los más graves daños los sufren los pueblos y clases sociales de más bajo nivel cultural, una vez más son las víctimas de sus élites.

## **VIII. CIENCIA Y SOCIEDAD**

En un curso dictado en 1933 en la Universidad Menéndez Pelayo (72), Ortega tras una aguda serie de consideraciones, llega a la conclusión de que el papel de la Técnica es y ha sido en todo tiempo, la de satisfacer los deseos y necesidades que el hombre tiene, negando cualquier influencia inversa. Por otra parte, es bien sabido, que Marx considera, que el nivel tecnológico limita de forma primaria la estructura de la Sociedad así como su posible evolución.

Ninguna, de las dos contradictorias tesis que acabo de citar, parece haber sido confirmada por los hechos, ni en cualquier tiempo

pasado ni mucho menos ahora. Más bien creo haber mostrado la intensa, compleja y recíproca interacción existente entre desarrollo tecnológico y necesidades sociales. Esta interacción se ha hecho tan presente que a nuestra época se le ha llamado frecuentemente y con toda propiedad «Edad de la Máquina» (69).

Se ha avanzado tanto en este camino de interdependencia que la Ciencia en su sentido amplio parece ser de algún modo, representativa del carácter y destino de nuestro tiempo. Siguiendo al astrónomo y filósofo de la ciencia Weisäcker (70) podemos afirmar:

a) La fe en la Ciencia desempeña actualmente el papel de religión dominante.

b) La transcendencia de la Ciencia y su evolución actual pueden evaluarse en términos ambiguos.

Las dos proposiciones son ahora realidades palmarias, aunque la primera es admitida sin discusión en todas las naciones del mundo y no hay político, que no presente en su programa, el acelerar el progreso técnico, confiando en que el mismo resuelva todos los problemas, incluso aquellos que han sido creados por las debilidades y ambiciones humanas. Sobre la segunda más bien parece que hay un pacto de silencio raramente roto, pero cuyo sentido queda claro después de seguir la exposición anterior.

## IX. LA RESPONSABILIDAD DEL CIENTIFICO

En el mundo actual, el científico y el ingeniero, están inmersos en estructuras públicas o privadas, que les permiten y les exigen realizar su trabajo de avance científico y técnico. Son en definitiva asalariados y por tanto sus descubrimientos y realizaciones no les pertenecen. Dado el carácter ambiguo de la Ciencia, cualquiera de los descubrimientos o realizaciones puede ser bien o mal utilizado y ello sucede independientemente de la voluntad del descubridor, por lo cual su responsabilidad es exactamente la misma que la de otro ciudadano cualquiera. Pensar otra cosa es desconocer los términos en que está planteado el problema.

Sin embargo, el científico en su sentido amplio, trabaja con un método que no admite ambigüedad, las hipótesis no confirmadas por la experiencia son desechadas. Esto implica inevitablemente



una disciplina lógica, que le hace comprender sin ningún asomo de duda que si el descubrimiento no se hubiese realizado, no se habría utilizado mal, lo cual provoca un estado de culpabilidad subjetiva, tanto más intenso, cuanto el mal es mayor. Un ejemplo auténticamente paradigmático, de esta situación, se presentó al equipo que fabricó las primeras bombas atómicas. Conocedores de la potencia y resolutivez de la nueva arma, ante el temor de que Hitler pudiera disponer de ella, instó a Roosevelt la fabricación de la misma, pero cuando la bomba estuvo a punto. Hitler había sido derrotado, sólo había guerra en el Pacífico. Parece que hubo varias comisiones en las que estaban representados importantes científicos, incluso se hicieron evaluaciones sobre la pérdida de vidas humanas en las diferentes alternativas disponibles y finalmente se hizo el terrible ataque. Casi todos aquellos hombres sufrieron horriblemente y se hicieron propagandistas contra las armas atómicas, pero a pesar de sus premios Nobel y de su gran prestigio, la carrera armamentista ha seguido al nivel que ya describí. En los países del Este, a pesar del velo que cubre las disidencias, parece que los mayores pacifistas son precisamente los científicos atómicos al menos eso se puso de manifiesto en la Conferencia de Ginebra para el uso pacífico de la energía atómica celebrada en 1955, y si en EE. UU. tenemos a Einstein, Oppenheimer, etc., en la Unión Soviética está Sajarov.

Afortunadamente la gran mayoría de los científicos no sufren estos problemas y sus dificultades, si hemos de creer al premio Nobel Max Born (71), surgen de la diaria constatación de los sofismas, autoengaños, prejuicios ideológicos e incluso a veces el cinismo con el que gran número de políticos tratan hasta los problemas más objetivables. Por eso su consejo es que no debemos sentir fatiga en combatir la irracionalidad e inmoralidad que a veces gobiernan el mundo. Si así lo hacemos la Ciencia y la Tecnología no sólo habrán servido para situarnos en un alto nivel de confort material, sino que podemos esperar que desaparezcan las supersticiones y los rituales insensatos y que conservemos los valores que han resistido la prueba del tiempo. Si éstos también desapareciesen, sería una victoria pírrica de la Ciencia y de la Tecnología.

He dicho.

## Bibliografía

- (1) FORBES, R. J.: *Metallurgy in Antiquity*. Dordrecht. Leyden, 1951.
- (2) FORBES: Obra citada.
- (3) FARRINGTON, B.: *La ciencia griega*. Hachette. Buenos Aires, 1958.
- (4) ARISTÓTELES: *Obras completas*. Aguilar. Madrid, 1973.
- (5) PASTOR RUPÉREZ, J.: *Lección de apertura de curso*. Universidad de Bilbao, 1973.
- (6) BERNAL, J. D.: *Historia Social de la Ciencia*. Ed. Península. Barcelona, 1964.
- (7) CROMBIE, A. C.: *Robert Grosseteste*. Oxford University Press, 1929.
- (8) WAITE, A. E.: *Three Famous Alchemists*. Providence. Londres, 1939.
- (9) TAYLOR, F. S.: *Los alquimistas*. Espasa Calpe. Méjico, 1956.
- (10) COBBAN, A. B.: *Medieval Universities: Their development and Organization*. Methuen and Co. Oxford, 1975.
- (11) CROMBIE, A. C.: *Historia de la Ciencia*. Alianza Editorial. Madrid, 1974.
- (12) NEEDHAM, J.: *Science and Civilization in China*. Cambridge University Press, 1962.
- (13) PARTINGTON, J. R.: *A History of Greek and Gun powder*. Cambridge University Press, 1960.
- (14) GARNEAU, A.: *Saint Albert le Grand*. Dunod. Paris. 1932.
- (15) VENET, J., *Un par de notas sobre la ciencia y la técnica de la España musulmana*. Rev. de Estudios Regionales andaluces, vol. III, Málaga, 1981.
- (16) RAGLAN, Lord: *The Hero*. Providence. Londres, 1949.
- (17) COLLINGWOOD, R. A.: *The idea of Nature*. Oxford University Press, 1945.
- (18) SAMBURSKY, S.: *The Physical World of de Late Antiquity*. Providence. Londres, 1959.
- (19) PIRENNE: *Historia General de las Civilizaciones*. Planeta. Barcelona, 1965.
- (20) MASON, S. F.: *Historia de la Ciencia*. A. Bosch. Barcelona, 1960.
- (21) FARRINTON, B.: *Ciencia y Política en el mundo antiguo*. Ed. Ciencia Nueva. Madrid, 1966.
- (22) LEFEBRE DES NOETTES, R.: *L'Attelage*. Dunod Paris, 1931.
- (23) BERNAL, J. D.: *Leonardo da Vinci*. Labour Monthly, vol. 34, Londres, 1952.
- (24) NEL, J. U.: *The rise of the Brithish Coal Industry*. Londres, 1932.
- (25) STRAKER, E.: *Wealden Iron*. Hutchinsonson. Londres, 1931.
- (26) BACON, F.: *Novum Organum*. Traducción española. Editorial Fantanella. Barcelona, 1979.

- (27) DESCARTES, R.: *El discurso del método*. Traducción española. Editorial Bruguera. Barcelona, 1968.
- (28) ORTEGA Y GASSET, J.: *Meditación de la Técnica*. Espasa-Calpe. Colección Austral. Madrid, 1965.
- (29) LÓPEZ RODRÍGUEZ, A.: *El Real Colegio de cirugía de Cádiz y su época*. Discurso inaugural. Universidad de Sevilla, 1969/70.
- (30) CHASE, S.: *Men and Machines*. Macmillan. Nueva York, 1929.
- (31) BERNAL, J. D.: Véase (6).
- (32) DICKINSON, H. W.: *Mathew Boulton*. Cambridge University Press, 1937.
- (33) LLANO, A.: *Los Héroes del Progreso*. Seix-Barral. Barcelona, 1928.
- (34) MUNFORD, L.: *Técnica y Civilización*. Alianza Universidad Madrid, 1971.
- (35) HULL L. W.: *Historia y Filosofía de la Ciencia*. Ariel, 1961.
- (36) WEIZSÄCKER, C. F.: *La importancia de la Ciencia*. Labor, 1968.
- (37) WHITEHEAD, A. N.: *La ciencia y el mundo moderno*. Losada. Buenos Aires, 1932.
- (38) POINCARÉ, H.: *El valor de la Ciencia*. Colección Austral Espasa Calpe. Madrid, 1968.
- (39) RUSSELL, B.: *La perspectiva científica*. Ariel. Barcelona, 1969.
- (40) GEDDES, P.: *Cities in Evolution*. Methuen. Londres, 1915.
- (41) SOMBART, W., *Der Moderne Kapitalismus*. Springer. Munich, 1913.
- (42) HOBSON, J. A.: *The evolution of Moderne Capitalim*. Nelson. Londres, 1926.
- (43) POINCARÉ, H.: *Ciencia y método*. Col. Austral, Espasa Calpe. Madrid, 1963.
- (44) IDEM: *La Ciencia y la hipótesis*. Idem.
- (45) RUSSELL, B.: *Análisis de la materia*. Revista de Occidente. Madrid, 1938.
- (46) MILHAUD, G., *Les conditions et les limites de la certitude logique*. Germer Bailliere. Paris, 1898.
- (47) POPPER, K. E.: *La lógica de la investigación científica*. Tecnos. Madrid, 1971.
- (48) BRAITHWAITE, R. B.: *La explicación científica*. Tecnos. Madrid, 1965.
- (49) WARTOFSK, M. W.: *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Alianza Universidad. Madrid, 1973.
- (50) UNESCO: *Tendances principales de la recherche dans les sciences sociales et humaines*. 1970. Hay traducción española incompleta en Alianza Universidad. Madrid, 1976.
- (51) GASTARDI, E.: *Los Asteroides*. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1929.
- (52) DIACONIS, P. y EFRON, B.: *Métodos estadísticos intensivos con computador*. Investigación y Ciencia, n.º 82. Barcelona, julio 1983.
- (53) MORGENSTERN, N. J.: *The theory of Games and Economic Behavior*. Mcgraw-Hill, Nueva York, 1942.
- (54) MINSKY, M. L.: *Artificial intelligence*. Scientific American, Nueva York, septiembre 1966.
- (55) TURING, A. L.: *Mind* n.º 39. Londres, 1950.
- (56) BOOLE, G.: *An investigation of the laws of thought*. Nethuen. Londres, 1954.

- (57) SHANNON, C. E.: *Symbolic analysis of network of relais*. Dover. Nueva York, 1935.
- (58) RADA, J.: *La micro-electronique et son impact socio-economique*. OIT. Ginebra, 1982.
- (59) THEILHARD DE CHARDIN: *La aparición del hombre*. Taurus. Madrid, 1965.
- (60) BAUTISTA PAZ, E.: *Bioingeniería*. Discurso de entrega de diplomas E. T. S. de Ingenieros Industriales. Madrid, junio 1981.
- (61) ANGER, J. B. y otros: *Dispositivos micro-mecánicos de silicio*. Investigación y Ciencia, n.º 81. Barcelona, junio 1981.
- (62) JÉQUIER, N. y BLANC, G.: *La technologie appropriée dans le monde*. OCDE. Paris, 1983.
- (63) GWATKIN, D. R. y BRANDEL, S. K.: *Esperanza de vida y crecimiento en el Tercer Mundo*. Investigación y Ciencia, n.º 70. Barcelona, junio 1982.
- (64) DÍAZ MALLEDO, J.: *Cambio tecnológico, desempleo y educación*. Papeles de Economía, n.º 4. Madrid, 1980.
- (65) FRIEDRICH, G.: *Microelectrónica: Una nueva dimensión del cambio técnico y de la automatización*. Rev. del Instituto de Estudios Económicos, n.º 1. Madrid, 1981.
- (66) LORENTE GUARCH, J. L.: *El riesgo en las centrales nucleares*. Sección inaugural en el Centro Regional de Palencia. UNED. 1981.
- (67) FREUDENFEL, B.: *Fundamentos espirituales de la crítica tecnológica*. Ref. del Instituto de Estudios Económicos, n.º 1, 1981.
- (68) BARABY, F.: *Microelectrónica y Guerra*. Incluido en «Microelectrónica y Sociedad». Informe del Club de Roma. Alhambra. Madrid, 1982.
- (69) MUMFORD, L.: Véase obra citada (34).
- (70) WEISÄCKER, C. F.: Véase obra citada (36).
- (71) BORN, M.: *La responsabilidad del científico*. Labor. Barcelona, 1968.
- (72) ORTEGA: Obra citada (28).
- (73) TAMURA, K.: *La experiencia japonesa*. Rev. del Instituto de Estudios Económicos, n.º 1, Madrid, 1981.
- (74) HAGES, R. H.: *Por qué funcionan las fábricas japonesas*. Harvard Busines Review. Julio-agosto 1981.
- (75) TENA, J.: *Vinculación entre educación y trabajo*. Revista de Educación, n.º 267. Madrid, julio-agosto 1981.
- (76) CARSON, R.: *Silent Spring*. Houghton Mifflin. Boston, 1962.
- (77) BULL, A. T. y otros: *Biotechnologie, tendances et perspectives internationales*. OCDE. París, 1981.
- (78) GEYMONET, L.: *Galileo Galilei*. Península. Barcelona, 1969.
- (79) LÓPEZ PIÑEIRO, J. M.: *El arte de navegar en la España del Renacimiento*. Labor. Barcelona, 1979.

