

ÁNGEL MARTÍN MUNICIO

Licenciado en Ciencias Químicas en la Universidad de Salamanca.

Licenciado en Farmacia en la Universidad de Santiago de Compostela.

Doctor en Ciencias por la Universidad Central. Madrid.

Doctor en Farmacia por la Universidad Central. Madrid.

Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular (1967-1989) y Director del Departamento. Facultades de Biología y de Ciencias Químicas. Universidad Complutense.

Vicerrector de Investigación y Relaciones Internacionales de la Universidad Complutense (1982-1986).

Miembro del Patronato del "Instituto Cervantes" (desde su creación, 1992). Miembro de su Consejo de Administración (desde 1996).

Académico Numerario de: la Real Academia de Ciencias de España (desde 1969). Desde 1985 y en la actualidad, presidente de la Academia, de la Real Academia Española (desde 1984) desde 1992 y Vicedirector de la Corporación (1992-99), y de la Academia Europea de Artes, Ciencias y Humanidades (desde 1992). Académico y Vicepresidente de la Academia de Ciencias y Artes Europea (desde 1998).

Resumen de la Ponencia

Man is a cultural being, and technology is an ancient phenomenon. Throughout time, mankind has exhibited a distinct sensibility towards the process that culminates in recent times with the assimilation of scientific advances to social progress and with the exercise of science as a group of activities. There are few doubts about the tradition of the relationship among men with relation to knowledge transmission, and how it was mediated by procedures which, although still distant from science, had a primitive technological character.

Some of the first cultural manifestations of mankind had a technological nature in the sense that they reflected technologies people used to assure subsistence in a hostile environment. This was, in a sense, a utilitarian use of the technological culture. Science interprets man's position in the universe and it is an essential ingredient in the making of culture, art, literature, ethics and social institutions. In a way, technology has been a motor force of history. In our culture, science is the paradigm of knowledge and as we approach the third technological revolution, defined by information technologies and its connections to biotechnology, this age, the science age, is a common place within the last centuries in which the trilogy scientific research, technological development and social change, dominates western culture. Science and technology are more and more embedded because the first is the guide and support of the latter, and because technology, once applied, demands from science the solution of many of its practical problems, or otherwise, instruments for further scientific advances.

Technology adds value to things that otherwise would lack it: genes, blood, semen, organs are all sold. Classic production factors: ground, work and capital have entered fields such as oceans, poles and the space. Technology transfer has turned into an extraordinarily important factor in national economic policy, and at the same time R&D systems are key ingredients in the strategic planning of national or corporate objectives. Up until 50 or 75 years ago, scientific progress had been originating its own objectives. However, not long ago, generalised social wishes for material and intellectual consumption have given birth to scientific and technical strategies that pertain to countries, institutions and firms. The process is irreversible but it can be modulated and orientated.

Science is now completely linked to economic, social and cultural problems, and technical activity is a social guide. Political and financial institutional support for R&D is recent, especially in Spain, where lack of co-ordination among actors involved in research has been a chronic problem, and where until recently, public action has concentrated on increasing scientific and technological potential, equipment acquisition and, basic functional satisfaction needs. Despite these restrictions, a technological system can be both a cause and an effect, it can transform society as well as it can be transformed by it. The democratic state is characterised by the entrance, in the political play, of institutions, and civil society organisations, in order to foster those national systems such as the educational, the health, and the scientific, which all need from private contributions due to the diversity and complementarity of aims.

Ponencia

Hace unos cuantos meses, en un artículo aparecido en los *Comptes Rendus* de la Academia de Ciencias de París, se lee: *La ciencia es tan antigua como la conciencia; ella nació el día en que el hombre, por primera vez, dedicó un instante a la observación de una gota de agua, de leche o de sangre, de un trozo de piedra, de piel, de fruto, y cuando a este propósito se plantea alguna cuestión. Y, después, cuando el hombre confía sus interrogantes a otro, crea la información. Su reflexión y transmisión constituyen la cultura.* Y desde aquella simple observación inicial de la naturaleza por el hombre, hasta la utilización de los conceptos actuales de la ciencia, ha ido surgiendo en cada momento su particular *manifestación cultural*. De tal forma que ciencia, tecnología, cultura y sociedad son variables de una ecuación compleja, son un toma y daca que dura ya muchos miles de años, cuya resultante es la evolución cultural o sucesión de culturas humanas en la que el período del ritmo va siendo cada vez más corto; y en la que el cambio de las estructuras sociales tiene una interpretación fundada en los *avances científicos y tecnológicos*. Y ello hasta tal punto de que, en la actualidad, el clima intelectual del mundo civilizado está modulado por la *ciencia*; el conocimiento científico es la clase más respetada de conocimiento. La imagen del mundo de la gente culta viene conformada por los descubrimientos científicos, de forma que se habla de la *imagen científica del mundo*.

Frecuentemente, las lenguas son invadidas por vocablos de nuevo cuño con los que se ha pretendido acusar e identificar los conflictos de nuestro tiempo y tomar parte en las disputas entre la ciencia y la sociedad. Es este el caso con que a veces se pretende desmerecer nuestra civilización y desconsiderar nuestra época calificándola de *tecnológica*; como si la *tecnología* fuera un suceso reciente o moderno y no, tal como ha sucedido, un proceso vinculado a la propia especie humana y a su cultura. Cultura, pues, como factor predominante en la selección natural de las sociedades humanas durante cientos de miles de años, hasta el punto de haberse concitado la coevolución de la cultura y el cerebro humano. Más aún, al igual que las células y los organismos, las sociedades son también fenómenos emergentes y el comportamiento social bien pudiera ser resultante de la evolución de ciertas cualidades humanas por selección natural. Y, en esta dirección, García Bacca, en su *"Elogio de la técnica"*, asegura que *"la humanización de la técnica actual –el vivir, moverse y ser desembarazadamente, y andar cual Pedro por su casa, por el primer paisaje artificial que el hombre se ha dado con su propio esfuerzo e inventiva real, y no imaginaria– se consigue por la conciencia histórica, por la historia de la técnica, por museos de historia de los inventos... estela de inventos, o racionalidad retrospectiva de la historia real"*. A esta estela y a su resultante racionalidad voy a dedicar esta lección inaugural.

Ante todo, el hombre es un ser *cultural* y si la *tecnología* fue ya, en verdad, un fenómeno de la mismísima Edad de Piedra, no ha de resultar extraño que exista una *tradición intelectual*, huella que ha ido dejando este proceso por el que el hombre ha llegado a incorporarse al estudio y al control de su propia evolución. Tampoco cabe la menor duda de que, a través de los siglos, la Humanidad ha exhibido una sensibilidad distinta frente a este proceso que culmina en los tiempos más recientes con la asimilación del avance de la ciencia al progreso social y con el ejercicio de la ciencia como grupo de actividad. Por ello, la ciencia y su expresión de

lo útil, la tecnología, han sido inseparables del desarrollo social, aunque siempre no hayan caminado en paralelo. Pocas dudas, pues, pueden existir hoy acerca de la antigüedad de aquella relación del hombre con el hombre en la transmisión de conocimiento, y de cómo se vería influida por los procedimientos que, muy distantes aún de la ciencia, ya, tras la revolución del Neolítico, tuvieron un primitivo carácter tecnológico. Si, en efecto, desde hace bastantes miles de años, la sucesión de las *culturas* humanas se refiere a sus logros tecnológicos y si el hombre del Paleolítico superior fue capaz de transformar la materia y darla expresiones rituales, y de pintar sobre las rocas la recolección de la miel, no puede resultar extraño que el *néctar de los dioses* fuera el primer producto biotecnológico de la humanidad. Si los primeros hombres se encontraron con la necesidad de afrontar las exigencias de la alimentación, la protección frente a la intemperie y la defensa frente a otras especies animales, no cuesta trabajo hacerse cargo de la gran transformación que hubo de suponer la primera revolución, la *revolución cultural del Neolítico*, con la domesticación de los animales, el paso de la recolección a la producción agrícola y a todas aquellas prácticas relacionadas con el asentamiento estable y sedentario de pequeñas poblaciones en el territorio; y los métodos, utensilios y recipientes para la elaboración y conservación de los alimentos. Estos cambios, hace diez o doce mil años, forzaron las artes culinarias, multiplicaron los instrumentos destinados a la transformación y conservación de los alimentos y se vincularon a diversas prácticas biotecnológicas. Más cercanas, las grandes civilizaciones de la Antigüedad, aún varios milenios antes de Cristo, han dejado objetos, documentos, pinturas, tradiciones y mitos, acerca de los materiales tecnológicos puestos a punto en aquellas épocas. Fue así como las tecnologías de la alimentación, de la cerámica y de los metales, con la misma sobrada intuición que carente de conocimientos científicos, se fueron diseñando en los tiempos prehistóricos como símbolo de una primitiva sociedad de consumo, ligadas a las exigencias de la vida sedentaria y a la manufactura de utensilios para la defensa y la agricultura y el comercio; y, además, por lo que supuso de inicial desarrollo de las ideas artísticas del hombre. De esta manera, las fermentaciones, la cerámica y la metalurgia son fenómenos culturales de las sociedades humanas y, por tanto, sirven de motivos de referencia para concluir datos históricos, económicos, religiosos y populares de las poblaciones que los fabricaron y utilizaron.

Así, la escritura sumeria conoció la palabra *alcohol* y los egipcios documentaron el fenómeno de la palatabilidad y el aumento del valor nutritivo de los cereales cuando se los fuerza a germinar; proceso este, el malteado actual, que se empleó en la tecnología de la cerveza. A la vez, los más famosos colorantes del Antiguo Testamento –*tekhelet*, *argamán* y *tola'at-shani*, según el texto hebreo de las Escrituras– fueron de origen animal y, utilizados en la tinción de las lanas, alcanzaron durante muchos siglos gran importancia en el comercio y la economía. La cerámica aparece también por primera vez alrededor de 15.000-10.000 años en las diversas civilizaciones –maya, azteca, mesopotámica, egipcia– con semejantes esquemas de desarrollo. Los vasos griegos alcanzaron su apogeo técnico y decorativo en los siglos VI al V a.C.; periodo al que correspondieron diversos momentos caracterizados por diferentes diseños: el geométrico, el decorado oriental con dibujos de vegetales y animales, y el ático, de mayor esplendor, sobre la base de figuras humanas. Los contrastes cromáticos se lograron merced al empleo de atmósferas oxidantes y reductoras en los hornos durante el proceso de cocción, una selección de las arcillas y una manipulación adecuada de la temperatura para la formación de pigmentos de hierro rojos o negros. El producto cerámico que en la Antigüedad clásica siguió a los vasos griegos fue la *Terra sigillata*, característico de los romanos desde el siglo I a.C. Los recipientes de *Terra sigillata* se recubrían de una fina capa de arcilla que sinterizaba fuertemente al cocer adquiriendo un brillo mate característico con una cocción oxidante a unos 950 °C.

La influencia de la química árabe medieval impregnará el arte cerámico peninsular y europeo, con la introducción, entre otras técnicas, de los vidriados transparentes de plomo o estanníferos y de los reflejos metálicos. Las técnicas de los vidriados exigían elevadas temperaturas a las que se descomponían los óxidos colorantes utilizados. Sin embargo, *ulteriores* aportaciones de la química, a mediados del siglo XVIII, mediante el empleo de fundentes, permitieron realizar los vidriados a temperaturas inferiores y lograr colores fijos e intensos.

Alrededor de cuatro mil años a.C., la metalurgia, como arte precientífico, se había incorporado a la cultura de Mesopotamia. El oro y el cobre formaron parte de sus utensilios y hábitos funerarios, que no se extenderían a Egipto hasta una docena de siglos más tarde. Al desarrollo de la metalurgia acompaña el establecimiento de la civilización urbana y, en su momento, aparecieron los primeros imperios de la historia. Los metales arman al guerrero, proporcionan gustos al vanidoso cortesano y llenan las arcas del mercader, y hacen posible la conquista y la riqueza, difíciles de concebir en la civilización neolítica. Este comienzo de la metalurgia se identifica con la reducción de las menas y el descubrimiento de la fusibilidad de los metales obtenidos. Lo que no quita para que con anterioridad existiera, durante milenios, una etapa previa de utilización de los metales nativos –oro, plata y cobre, principalmente–, diez mil años antes de su consideración como elementos químicos. Asimismo la fusión de mezclas de menas, o de menas y metales, permitió el inicial descubrimiento de las aleaciones. La aparición del hierro, unos 1.500 años a.C., significó una nueva etapa en el desarrollo de la metalurgia, a la vez que una revolución de la sociedad al poderse fabricar armas, herramientas y utensilios con un material barato y extremadamente apto. De otro lado, las aleaciones con carbono mostraron su sensibilidad a los tratamientos térmicos, con lo que se originaron los procesos de recocido, temple y revenido, aunque sus fundamentos científicos no pudieran interpretarse hasta el siglo XX al descubrirse las propiedades alotrópicas del hierro, que harían del acero un material de propiedades extraordinarias, merced a las operaciones de carburación, temple y revenido.

La metalurgia del plomo y la plata comenzó en Asia menor en el tercer milenio a.C., desde donde llegaría a las costas orientales de la península ibérica. Se cuenta que los fenicios encontraron tanta plata en aquella zona que utilizaron lingotes de plata para las anclas de sus barcos. La experiencia anterior con el cobre se adaptó a la metalurgia del plomo y de la plata. La copelación apareció en la metalurgia del plomo 2.500 años a.C. y se realizaba primero en crisoles y más tarde en solera, revestidos con sustancias porosas, resistentes a la acción corrosiva de las escorias.

Así pues, la primera manifestación cultural de la humanidad fue de índole tecnológica, con lo que nació la tradición intelectual de la tecnología, y, a la par, como consecuencia inmediata, la manifestación cultural fue también artística. Si, efectivamente, el hombre tuvo que movilizar toda su inteligencia para desarrollar aquella inicial tecnología con la que asegurar su subsistencia frente a un ambiente por completo hostil, cabe pensar que la naturaleza humana tuvo también que sentir la necesidad de exhibir su espíritu de trascendencia y de creación, y de alimentar con la belleza esta muestra. De esta manera, desde los balbuceos mismos de la civilización, el deleite sensual de la cultura artística se mostró en equilibrio con el sentido utilitario de la *cultura tecnológica*. A este propósito, Christian Langlois, miembro de la Academia de Bellas Artes de Francia, ha escrito: “*En la variedad de razas, de etnias y de pueblos, el hombre ha conocido las más diversas condiciones; de la extrema miseria a la opulencia, de la dulzura de la vida al reino de la ferocidad; ha conocido los éxodos y las masacres, los cataclismos terroríficos y las epidemias exterminadoras, la dominación y la esclavitud. Pero, jamás, aun en los peores momentos de su historia, se ha prescindido del arte y de la belleza*”. Y es que, en efecto, a lo largo de la historia de la humanidad, lo útil y lo bello vienen tomando parte de la evolución cultural y social.

Y, desde los primeros balbuceos de la *ciencia*, el desarrollo ha caminado inseparable a la marcha de la *sociedad*. Desde ellos, la ciencia cointerpreta, al menos, la posición del hombre en el universo y es ingrediente esencial a la fábrica de la cultura, su arte, su literatura, su ética y sus instituciones sociales. Relaciones del hombre con el hombre, relaciones sociales por tanto, que, al cabo de los siglos, habrían de conducir, en las últimas décadas del siglo XVIII, a la *revolución industrial* y a la revolución política, y al estudio de los aspectos *sociales* y *culturales* del comportamiento humano bajo los ángulos de la antropología, la política, la economía y la historia misma. Aunque queda también muy lejos la introducción en el mundo medieval de la energía hidráulica, el arado, la pólvora y el estribo, vinculados al origen y la transformación de las instituciones feudales, la memoria colectiva de la cultura occidental está repleta de tradiciones sobre estos advenimientos que intentan mostrar la eficacia de la tecnología como fuerza motora

de la historia. Las nuevas actitudes ante las *artes mecánicas* de Vives, Vesalio, Bodin o Agricola, favorecen la comprensión, a lo largo del siglo XVI, del empeño de artesanos, médicos y científicos en suministrarnos un mejor conocimiento de la Naturaleza. En “*El siglo de Luis XIV*”, de mediados del setecientos, Voltaire introduce ya un capítulo dedicado a la ciencia, en el que se menciona cómo el público *se asombraba de aprender una química que no buscaba la piedra filosofal, ni el arte de prolongar la vida más allá de los límites naturales; de estudiar una astronomía que no predecía los acontecimientos del mundo, y una medicina independiente de las fases de la Luna*. El mismo Voltaire, en su diálogo “*Los antiguos y los modernos*”, en 1765, vuelve a resaltar el descubrimiento de América merced a la brújula o el barómetro, de forma que los agentes de la civilización habrían sido Newton y Locke. En efecto, el papel de las *artes mecánicas* como agente motor del cambio ha sido aceptado generalmente por las versiones populares de la historia moderna; por ejemplo, el que a la brújula y a otros instrumentos de navegación se debiera la posibilidad del descubrimiento y colonización del nuevo continente. La *imprensa* pudo, efectivamente, contribuir a la causa de la Reforma, ya que su descubrimiento popularizó la lectura de la Biblia y su personal interpretación. El invento de la *despepitadora del algodón* promovió la falta de rentabilidad de las operaciones manuales y, con ello, la migración de trabajadores agrícolas negros sureños a las ciudades del norte, con lo que se convulsionó la utilización de los esclavos africanos, ingrediente fundamental de la Guerra de Secesión americana. Posteriormente, el *automóvil* crearía las zonas residenciales y la píldora anticonceptiva provocaría una revolución sexual; y el *ordenador* que obligaría a multitud de instituciones a reconfigurar sus actividades para adecuarlas a las extraordinarias capacidades creadas por la nueva técnica, habría de llegar, incluso, a alterar la textura de la mismísima vida personal diaria.

De igual manera que la primera *revolución tecnológica*, la representada por la máquina de vapor, la *revolución política* y el *idealismo social* se entrecruzaron en la historia del pensamiento del siglo XIX. Su examen iba a originar nuevas tendencias intelectuales que, en todo o en parte, aceptan o rechazan los fenómenos subyacentes. Para ello se redefinen o se acuñan nuevas voces a través de las que se perciben los cambios de las relaciones sociales: industria y democracia; proletariado, masas y utilidad; capitalismo, crisis y progreso; investigación y desarrollo, públicos y privados; tecnología, innovación y calidad de vida. Ideas todas que contribuyen a diseñar el panorama de las relaciones sociales y de la sociología de la ciencia de los últimos siglos. Cuando todo ello sucede, nos encontramos en la edad moderna del saber del todo desprendida de las actitudes metafísicas frente a las realidades naturales; nos encontramos ante la emergencia de la ciencia moderna en la que abundan los cambios discretos del orden establecido, que debidos entre otros y sobre todo a Copérnico, Galileo, Newton, Darwin, Mendel, Einstein o Watson y Crick, servirían para apellidar las *revoluciones*, utilizadas como metáforas políticas. Discontinuidades de la ciencia que tradicionalmente han impactado con notable éxito sobre los cambios tecnológicos y sobre la cultura de las sociedades modernas. En el seno de la cultura contemporánea, la ciencia es el paradigma del saber, que, día a día, va ganando terreno a lo desconocido, sigue acumulando datos y teorías, cuyo valor no puede ponerse en duda, y engarzan con los cambios sociales; y con la superación crítica de muchas doctrinas establecidas por los cambios científicos –por ejemplo, el campo electromagnético, la mecánica cuántica, la relatividad general, la evolución, la herencia y la estructura del DNA– va a tener consecuencias cualitativas tanto sobre la estructura interna de la ciencia como sobre fenómenos sociales al estilo de la riqueza, el empleo, el liderazgo, la solidaridad, la calidad de vida, etc. Y hoy caminamos por la *tercera revolución tecnológica*, definida por la informática en toda su extensión –comunicación, robótica, sistemas expertos, inteligencia artificial, redes neurales y modelización matemática–, y con las puertas abiertas de la *revolución de la biotecnología*. Esta nueva edad, la *edad de la ciencia*, es un lugar común de los últimos siglos en los que la trilogía *investigación científica, desarrollo tecnológico y cambio social*, domina los sentimientos de la cultura occidental. Por otro lado, la ciencia se va acomodando a las nuevas estructuras sociales, penetra en la sociedad y en el poder, se vincula de forma próxima a los avances tecnológicos y a la economía, aumenta el número de sus investigadores e, incluso, va a utilizar al hombre mismo como objeto de la investigación. A la vez, cualquier tipo de aportación científica ya no camina por la misma vía única de la dimensión social, y sin que sea válida, ni siquiera como disquisición académica, la disociación del progreso en la ciencia y el progreso en la tecnología. Efectivamente,

si ciencia y tecnología solapan y se intersecan es porque la ciencia conduce y soporta los avances tecnológicos; y porque una vez aplicada, la tecnología demanda ayuda a la ciencia para la resolución de muchos de sus problemas prácticos o se transforma en instrumentación para los avances científicos. En algunos campos, la aerodinámica por ejemplo, es muy ligera la distinción entre ciencia y tecnología; en otros, como la farmacología, el solapamiento es sustancial; en muchos casos, las aplicaciones siguen rápidamente a los descubrimientos científicos y así ha sucedido en las últimas décadas con las impresionantes aplicaciones de los láseres, la catálisis homogénea, los métodos del DNA-recombinante, los radioinmunoensayos clínicos, las fibras ópticas, etc. O lo que es igual, las tecnologías son, frecuentemente, instrumentos del mismo avance científico. Y así, década tras década, se aceleró el ritmo del progreso tecnológico: los ferrocarriles, los barcos de vapor, las máquinas-herramienta, la electricidad, las estructuras de hierro y acero. Lo que no quita para que desde mediados del siglo XIX, las superaciones de la tecnología tengan mucho que ver con los grandes avances del conocimiento científico que dieron lugar a la sucesiva llegada de las versiones eléctrica, química, aeronáutica, electrónica, biológica, nuclear y espacial de la tecnología. Y a medida que ha transcurrido el siglo XX, la ciencia se ha convertido en una fuerza histórica tal que constituye una condición previa indispensable para la existencia de una tecnología eficaz.

De otro lado, y no es menos importante, la tecnología ha supuesto con frecuencia un valor añadido a muchas cosas que, de otra manera, serían de escaso valor tangible. Así, en los nuevos contextos tecnológicos, algunos biotopos marinos o atolones deshabitados han adquirido valores comerciales o militares; los genes son objeto de patentes o licencias industriales; la sangre, el plasma, el semen, los óvulos y los órganos se venden, a la par que se alquilan los úteros. A los clásicos factores de producción –suelo, trabajo y capital– se han añadido las zonas dedicadas a la maricultura o a la minería submarina, los casquetes polares, los corredores espaciales, las órbitas geoestacionarias y las frecuencias del espectro de ondas de radio. Las habilidades manuales se complementan con los robots, los programas de computación y los mutantes bacterianos de producción. La transferencia de tecnología se ha convertido en un factor de extraordinaria importancia en la política económica de las naciones, a la vez que los sistemas de I+D son ingredientes de planificación estratégica para conseguir objetivos nacionales o corporativos, y se embeben en los sistemas sociales. Entre la colección de ejemplos de esta incrustación social de la tecnología, la revolución verde en Asia implicó no solamente un aumento extraordinario de la producción de arroz, sino una constelación de cambios en fertilización, regadíos, control de plagas y recolección. La producción y uso de las fuentes de energía unen a sus aspectos científicos una serie de complicaciones económicas y políticas, exigentes de una elección y un control social. Ejemplos que ponen de manifiesto, como escribió Marx en *“La ideología alemana”*, que *“un determinado modo de producción o escenario industrial siempre va unido a otro modo de cooperación o escenario social”*, porque, ciertamente, al cambiar el modo de producción se cambia la forma de vivir y, de paso, todas las relaciones sociales.

Hasta este momento; hasta hace dos o tres cuartos de siglo, el progreso de la ciencia había venido originando sus propios objetivos. Desde hace bien poco, las apetencias generalizadas de una sociedad de consumo material e intelectual, de consumo de bienestar, provocan las estrategias científicas y técnicas de las naciones, las instituciones y las empresas. El hombre y la sociedad están embarcados en un proceso irreversible pero modulable. Modulación que puede consistir en seleccionar, orientar y encauzar el progreso científico hacia el mejor rendimiento de sus actividades sociales. Este progreso integral, el desarrollo, entraña ciertamente riesgos, inevitables algunos que hay que valorar y atenuar al máximo, y salvables otros que pueden evitarse mediante normas sociales y de gobierno. De vez en cuando, también, se alivian los grandes entusiasmos por la ciencia y se suscitan inquietudes y desconfianzas lógicas, ante, por ejemplo, el posible asalto a la ética social por las técnicas informáticas, de la comunicación o de las manipulaciones génicas. Peligros y desconfianzas que mucho más que las complacencias y los éxitos exigen una renovada conciencia cultural de la sociedad. Aquella a la que se refiere el historiador francés Pierre Thuillier cuando asegura: *“...la ciencia, conforme a una tradición bien establecida, es una empresa que, por su racionalidad y su acción liberadora, engrandece al hombre. Sería una gran catástrofe si, por algún motivo, mañana conociera su declive”*. Más aún,

Frederick Reines, premio Nobel de Física 1995 y barítono de la orquesta sinfónica de Cleveland, descubridor de la emisión de neutrinos por la supernova 1987, poco antes de morir, hace un par de años, declaró: *“La ciencia es un intento de comprender mejor la naturaleza, de una manera coherente, lógica, concisa y bella. Y hay que estar dispuesto a intentarlo todo, a perderlo todo con tal de alcanzarlo”*.

En cualquier caso, el cientifismo es ya una confianza y un ambiente; es la impregnación por la ciencia de hechos familiares; es su total vinculación a los problemas económicos, sociales y culturales. Esta nueva visión del pensamiento científico echa sus raíces sobre el gran soporte de la tradición intelectual de la ciencia, a la vez que se difunde y embebe en la trama social e incide sobre los llamados costes sociales. Si la revolución industrial comenzó cuando las máquinas comenzaron a sustituir el trabajo del hombre, a la vez que se produjo un desplazamiento progresivo del monopolio de la producción hacia el trabajo intelectual; el proceso actual de mecanización y automatización ha ocurrido mientras la relación social se asienta sobre el incremento de la población, los cambios en las condiciones y los modos de trabajo, la transformación de la propiedad, los problemas de la urbanización y de la medicalización de la vida, con toda su repercusión sobre el carácter de las sociedades. Quizá, como resumen, podamos traer a colación los principios en los que Isaiah Berlin basa su obra *“El fuste torcido de la humanidad”*, al dejar al descubierto los supuestos básicos que han sido compartidos durante milenios por el pensamiento utópico en la cultura occidental. Postulados que constituyen la espina dorsal ideológica del cientifismo: *“la ciencia como cuerpo de conocimiento fidedigno que avanza inexorablemente hacia la verdad, una verdad que, a través de la tecnología, nos proveerá de la realización material de los ideales ilustrados”*. Postulados fundados en que la aplicación correcta del método científico ha de conducir al logro de soluciones coherentes con los problemas auténticos planteados; o, simplemente, a la llamada *imagen científica del mundo natural*.

De todos estos comentarios puede apreciarse la importancia de la *actividad técnica como guía social* y, dentro de ella, la posición fundamental del apoyo político y financiero institucional, público y privado, a la investigación y el desarrollo. En la introducción de un reciente estudio, que forma parte de un libro publicado con motivo del vigésimo aniversario de la Constitución, titulado *“La Ciencia y la Constitución”*, acabo de escribir: *“Constituye hoy un principio aceptado plenamente que el desarrollo del conocimiento científico y su aplicación tecnológica son factores esenciales para la calidad de vida de los ciudadanos, el progreso económico y el prestigio internacional de las naciones. Desarrollo y calidad de vida de los que toman parte la salud, el ambiente, la energía, los recursos naturales, la seguridad y la cultura. Y a la necesaria actuación política para la potenciación de estas actividades han de ir encaminados los sistemas nacionales de orientación, programación y evaluación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. La ciencia, sin embargo, se ha desarrollado tradicionalmente en España de forma marginal, carente de apreciación social y ajena a los marcos tanto de la cultura ciudadana como de la cultura política y empresarial; quizá, como consecuencia inmediata de su gran desatención institucional y de la falta de condicionamientos económicos. Si a esta desafortunada herencia se unen las deficiencias en el complejo tratamiento estructural y funcional de estos sistemas –la natural diversidad de universidades y centros públicos y privados de investigación; la escasa atención al reclutamiento, formación y retención del personal investigador; la dispersión y falta de coordinación entre los diversos ámbitos políticos responsables; los factores financieros, comerciales y de estructura empresarial, completamente deficientes e imperfectos; la multiplicidad de órganos que cumplen misiones análogas tanto de planificación, fomento y coordinación, como de gestión de fondos reguladores; el número y variedad de las administraciones públicas implicadas; el solapamiento de centros ejecutores; la internacionalización de los grandes proyectos e instrumentos y la diversidad de organismos que cumplen funciones de cooperación internacional–, resulta inequívoca la dificultad de una acción política correcta en este campo. Hasta hace poco tiempo, los únicos objetivos de esta acción política fueron el simple incremento del potencial científico y técnico, la adquisición de instrumental y la satisfacción de las necesidades básicas de su funcionamiento”*.

Dentro de esta *guía social*, y a pesar de nuestras indiscutibles restricciones caseras acabadas de apuntar, un sistema tecnológico, más o menos parcial, puede ser tanto una causa como un efecto; puede configurar una sociedad y ser configurado por ella. Por otro lado, el estado democrático moderno tiene como una de sus principales características la eficaz y particular entrada en el juego político de las variadas instituciones y organizaciones que comportan la sociedad civil; y ello para contribuir a la potenciación externa de aquellos sistemas nacionales que, como el sistema de educación, el sistema de salud o el sistema de ciencia y tecnología, necesitan adiciones privadas, no regladas, para encauzar objetivos singulares o complementarios: son la participación diversa de Fundaciones, los museos, las exposiciones, la divulgación y promoción de la cultura científica, la formación continuada o especializada, y, obviamente, la selección de prioridades temáticas en la investigación científica y técnica.

Al hablar de las prioridades temáticas, y antes de terminar, me gustaría mencionar, a modo de ejemplo, un artículo publicado en español el 20 de marzo de 1886, en *“La Crónica médica”*, por Ramón y Cajal, sobre la “Estructura de las fibras del cristalino”, en el que concluía que *las fibras del cristalino superficiales son células vivas con todas las características estructurales de las células epiteliales, y que el cristalino es a manera de bolsa epitelial de paredes unidas, cuya pared posterior, por consecuencia de un crecimiento desmesurado, ha constituido casi toda la masa lenticular*. Se trata de un bonito ejemplo, hace bastante más de un siglo, de las escasas muestras de nuestra *inquietud crítica* por un despegue de ese ruido de fondo del siglo XIX al que nuestra ciencia y nuestra tecnología permanecían adheridas. *Inquietud crítica* puesta de manifiesto por el Rector Carracido en sus *Estudios histórico-críticos de la ciencia española*, en los que puede leerse: *“Mucho se aprovecharía que, en el grado que la riqueza pública lo consintiese, se la dotara de los mayores beneficios materiales (...) hoy aún algo menospreciados por las gentes que presumen de distinguidas, pero aprovecharía mucho más restringir el poder absorbente de la vida política para lo cual son todos los aplausos y consideraciones de la opinión pública (...) el hombre sólo consagrado al cultivo del saber con el puro anhelo de alcanzar la verdad, por grandes que sean sus méritos ve la indiferencia por todas partes, el ambiente que respira es siempre glacial (...) La idea de la inexcusable colaboración del medio social es la que conviene inculcar a todas las clases de nuestra patria para que presten su concurso al cultivo de la ciencia, y así cuando florezca y fructifique podrán llamarla suya”*. De toda la historia de la época queda muy claro que el cambio de siglo se instauró en una vaguada de nuestro desarrollo científico, de la institucionalización de la ciencia como actividad socioeconómica e, incluso, de la consideración social de la ciencia. Y hartó parece que de las inquietudes críticas de unos pocos y de las noticias y sucesos de la ciencia que llegaban de Europa, coalescieran individualidades e instituciones responsables de ese despegue, desde las que divisar al menos el imponente rastro europeo. Vaguada que alcanzó sus mínimos en las últimas décadas del siglo XIX y que, del lado de la modernidad, en los comienzos del nuevo siglo, tuvo atisbos de ilusión social por la utilidad de la ciencia y el saber.

Y desde aquellas innovaciones científicas de Cajal, el progreso de las actividades en este campo, nos ha acostumbrado hoy a las *neuronas electrónicas*, las *retinas artificiales*, el *envejecimiento neuronal*, las *enfermedades*, los *trasplantes de retina* y la *terapia génica*; las *cataratas* y el *estrés oxidativo*; la *neuroanatomía de la corteza* y los *déficit visuales*; la regulación de las *células fotorreceptoras por calcio*; las *proteínas ligantes de calcio* en la transducción de señales; los *componentes optoelectrónicos* biológicos; la estructura y la función de las *crystalinas* y su relación con las proteínas de estrés; y los *sistemas alternativos de acceso a la información*. Se trata, pues, de un ejemplo, ligado a nuestra historia, de las repercusiones sociales de los avances científicos y tecnológicos. Pero que puede extrapolarse a numerosas situaciones en las que toman parte, entre otras muchas: la *terapia génica* como nueva forma de medicina molecular, expandida ahora a las enfermedades adquiridas como cáncer, sida y trastornos neurodegenerativos tipo Parkinson y Alzheimer; la *secuenciación del DNA genómico*, el humano incluido; la *amplificación del DNA*; la potencial eficacia de las terapéuticas basadas en la *manipulación de embriones* fecundados *in vitro*; los imprevisibles resultados de las *especies transgénicas*, vegetales y animales, como sistemas de producción de materiales humanos; las grandes perspectivas de la manipulación de los *vectores virales*, las *vacunas-DNA* y la acción inhibitoria de los *polinucleotidos*

antisentido; el estudio de los *sistemas complejos*; los *biomateriales*. Repercusiones sociales de las aportaciones científicas que son la causa de la afirmación de Stewart Brand: “*La ciencia es lo único noticiable. Cuando uno ojea un periódico o revista, todos los contenidos de interés humano son el mismo “él-dijo-ella-dijo” de siempre, la política y la economía los mismos lastimosos dramas cíclicos, las modas una patética ilusión de novedad, y hasta la tecnología es previsible si uno sabe algo de ciencia. La naturaleza no cambia demasiado; la ciencia sí, y los cambios se acumulan alterando el mundo de manera irreversible*”. Todos estos temas constituyen la *forma cultural del mundo moderno*, fundamental ciertamente en la estabilización y desarrollo de las sociedades modernas cimentadas en el conocimiento científico y erigidas cada día más y más sobre el desarrollo tecnológico. De otro lado, pocas situaciones sociales tan globales en su extensión y en los planteamientos científicos como las de las exigencias que surgen de la disposición ética, individual y social, ante el alargamiento de la vida, el crecimiento del ocio, la manipulación de la propia evolución biológica; y, a no dudarlo, ante el determinismo molecular de la salud, la enfermedad e, incluso de las cualidades del hombre. Y a su resolución van encaminadas las actividades que, de manera directa o indirecta, llevan a cabo los Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología.