



***LA CIENCIA EN EL
MUNDO Y EN
ESPAÑA***

Director: Federico García Moliner



La ciencia y la gente
(Conferencia I)

En este ciclo hablaremos de la ciencia en general para acabar centrándonos en lo que supongo que nos interesa a todos, es decir, la situación de la ciencia española. Cerrará el ciclo una mesa redonda con unos ponentes que nos darán una visión multidisciplinar del tema.

Vaya por delante que en España hay hoy mucha más ciencia buena de lo que mucha gente imagina, pero su inserción en la sociedad es muy deficiente. Sugiero que partamos de la base de que buscar culpables es el ejercicio más estéril. Lo que tenemos, entre todos, es un problema importante que a todos nos afecta. Hay muchos científicos que ven la ciencia exclusivamente como el objeto de su interés y muchas personas ajenas al quehacer científico que la ven como algo que no les concierne. Ambas posturas son equivocadas. El pensamiento científico no tiene lugar en un ámbito distinto, sino que se desarrolla dentro del marco cultural común a todas las otras formas de pensamiento, forma parte de éste y también contribuye a configurarlo.

La ciencia es pues, para empezar, un bien cultural importante y también es una infraestructura necesaria (aunque de ninguna manera suficiente) para el desarrollo tecnológico, económico y social. Además, la ciencia, en un proceso imparable y crecientemente intenso, cambia nuestro mundo y nuestra concepción del mundo, afecta a nuestras vidas y con ella se puede hacer mucho bien o mucho daño. No es bueno para nadie que la sociedad, teniendo entre sus activos un instrumento de tan poderoso potencial, muestre en general tan escaso interés por tener una idea de su naturaleza y que entre la ciencia y la gente haya un desencuentro como el que tenemos. Por eso es necesario que comuniquemos, pero no sólo para divulgar los contenidos de la ciencia (que son realmente fascinantes) sino también para reflexionar sobre eso de la ciencia como una cuestión pública importante.

Para empezar, quisiera dejar bien claro que no se trata, en absoluto, de poner a la ciencia en un pedestal. No hay ninguna diferencia fundamental entre la ciencia y otras formas de indagación intelectual. Todo pretende dotar de sentido al mundo y a nuestra experiencia. Leibnitz expresaba su admiración por la gente del teatro, de quienes decía que había mucho que aprender. Supongo que si viviese hoy diría que, si la psicobiología es una indagación de la conducta humana, otro tanto es el teatro, sólo que por caminos diferentes. Quienes han buscado en los científicos evidencias de cocientes de inteligencia sistemáticamente superiores a los de individuos de otras profesiones no las han encontrado. Las particularidades del científico residen básicamente en el ámbito de las motivaciones. Lo que motiva al científico es la curiosidad por conocer, que es el verdadero motor de la ciencia. Más aún, el historiador Arnold Toynbee decía que “la curiosidad intelectual desinteresada es la sangre que da vida a la civilización real”.

Incidentalmente, es notable (simplemente como ejemplo de curiosidad) que en los textos del sistema filosófico-religioso jainita, desarrollado en la India en el siglo VI a. C., abundan las reflexiones sobre los conceptos de espacio, tiempo y materia; conceptos centrales en la física. Esto no es más que un comentario incidental sobre algo bastante curioso. De hecho, no se inició así la ciencia tal como la entendemos hoy, porque faltaban para ello algunos ingredientes esenciales, en su día introducidos en la cultura griega. Por ejemplo la noción de prueba, de demostración, así como, sorprendentemente, la idea (sin posible demostración) de que hay en el mundo un orden racional que nosotros podemos entender.

Podemos tener admiración por la ciencia, pero sin olvidar que no es infalible y también tiene limitaciones. Desde el Renacimiento, cuando el atreverse a pensar libremente llegó a ser una reivindicación hondamente sentida que se afirmó como una práctica muy extendida, la ciencia sustituye los argumentos de autoridad por la evidencia empírica. Esto en

sí es muy bueno y puede ser visto como una aportación al progreso social; así lo ven, por ejemplo, Bertolt Brecht en su obra *Galileo* y el historiador Benjamín Farrington, cuando resalta como un hecho muy importante que finalmente la mente humana, que había escrito todos los grandes textos religiosos, fue proclamada como superior a todos los dogmas y credos contenidos en éstos. Pero el principio de que el resultado de la observación es el juez impone una severa limitación a la clase de cuestiones que la ciencia puede responder. En consecuencia, el concepto de verdad, en ciencia, es limitado. Sólo podemos aspirar a verdades de tipo epistemológico: conocimientos que son consistentes con la realidad observada. Esos conocimientos son muy robustos, pero tenemos que ser razonables y admitir que hay limitaciones fundamentales a lo que la ciencia puede conocer. Hay más (el teorema de imposibilidad, de Arrow, que se puede ilustrar con facilidad; los teoremas de Gödel, especialmente el segundo, mucho más complicado de explicar), pero esto nos alejaría demasiado del propósito central de esta reflexión. Baste, pues, constatar que muchas verdades esenciales están fuera del alcance de la ciencia. Sí. No hay que olvidar que la ciencia, que está entre las grandes construcciones del pensamiento humano, también tiene importantes limitaciones.

Por otra parte, conviene aclarar algunas cuestiones referentes a la relación entre ciencia y tecnología. La idea ingenua de que la técnica es una cultura subsidiaria de la ciencia puede haber parecido a algunos una simplificación conveniente, pero no corresponde, en absoluto, a la realidad. A menudo ambas están relacionadas y, entonces, el resultado puede ser muy interesante, pero históricamente la tecnología es mucho más antigua que la ciencia. Muchos de sus logros importantes (agricultura primitiva, el telescopio, el invento de la primera máquina de vapor, la mayoría de las construcciones arquitectónicas más notables de la humanidad) no han dependido de la ciencia. La tecnología requiere a veces conocimientos que no provienen de una teoría científica. Sus

objetivos son esencialmente diferentes, como lo son sus medidas de éxito y los modelos que explican su desarrollo en medio de la sociedad. Y, de hecho, a través de la historia ha hecho más la técnica por la ciencia que la ciencia por la técnica, al menos hasta tiempos recientes, algo que también comentaremos en su momento.

Hay otra cuestión relacionada con lo anterior. En nuestros tiempos ya resulta impúdico referirse sólo a la investigación. Se ha pasado de ello a usar siglas de longitud creciente con iniciales ordenadas según lo que parece sugerir un orden jerárquico: Primero fue I+D (desarrollo); ahora estamos en I+D+I (innovación) y no sabemos si seguirá creciendo. No me extrañaría que pronto fuese, por ejemplo, I+D+I+P (prosperidad) El mensaje que I+D+I (cuando no I+D+i minúscula) parece transmitir es muy inadecuado. Desde luego no cumple el requisito de una verdad científica (recordemos: conocimiento acorde con la realidad) y, además, en la medida en que parece sugerir un orden jerárquico, es algo conceptualmente absurdo. ¿Alguien piensa que la cremallera y la fregona tienen alguna relación de dependencia con la ciencia o la tecnología? Sin embargo, tienen mucho que decir en el terreno de la innovación. Por supuesto que ésta también puede tener conexiones muy interesantes con la ciencia y la tecnología, pero es algo esencialmente diferente. Por ejemplo, hay técnicas para la investigación científica o técnica, pero no para la innovación.

Aclarado esto, retomemos el hilo de la cuestión central. ¿Qué hace y qué significa la ciencia en nuestras vidas? La ciencia cambia nuestro mundo. Muchos creen que lo hace por sus productos pero en realidad, al menos hasta tiempos recientes, lo ha hecho más por sus ideas que por sus productos. Tal vez en este sentido estemos viviendo un cambio importante que podría tener consecuencias de largo alcance. Siempre dentro de una relación de mutua influencia, más simbiótica que jerárquica, la íntima fusión sin precedentes entre ciencia y técnica

alcanzada en nuestra época, con el acortamiento del tiempo entre el desarrollo de ideas científicas y su aplicación a técnicas de vanguardia, ha dado lugar a tecnologías muy poderosas basadas en ideas científicas muy avanzadas que están progresando a un ritmo vertiginoso.

Realmente en muchos casos ya tiene poco sentido hablar de ciencia y tecnología por separado. Más bien deberíamos hablar de una tecnociencia que aumenta constantemente su capacidad de cambiar nuestro mundo y nuestras vidas y, en consecuencia, también su capacidad de hacer mucho bien o mucho daño, no hay que olvidarlo. En lo sucesivo el término ciencia (que usaré a veces por brevedad o por costumbre) se podrá entender en ocasiones como tecnociencia sin más explicación.

Veamos un ejemplo significativo de algo que, por su naturaleza, no parecía, en principio, muy importante, pero ha entrado en la vida de casi todo el mundo. En 1943 Thomas Watson, presidente de IBM, decía: “Creo que hay un mercado mundial para tal vez unos cinco computadores” y, tres años más tarde, entre las previsiones tecnológicas de la revista *Popular Mechanics*, se pronosticaba que en el futuro los ordenadores no pesarían más de una tonelada y media. A fines de los pasados años sesenta se podían adquirir cinco automóviles por el precio de un solo computador. Calculen ustedes cuántos buenos computadores se pueden adquirir hoy por el precio de un automóvil medio y piensen si eso no es un cambio. Ejemplos de este tipo se pueden encontrar muchos. De hecho, lo que está ocurriendo en los sectores tecnológicamente más avanzados es que el centro de empuje de la competitividad, situado hasta no hace mucho en la capacidad tecnológica de aplicar el conocimiento disponible, se sitúa ahora cada vez más en la capacidad de generar conocimiento nuevo. Eso sí que es un cambio de gran calado.

Todo esto refuerza la importancia de las ideas. Pero, en conjunto, es posible que estemos viviendo una transición de la situación pasada a otra nueva, en la que se están invirtiendo los términos, y la ciencia empieza a cambiar el mundo por sus productos, al menos tanto como por sus ideas o, quién sabe, si tal vez más. ¿Podría ser un cambio de dimensión histórica?

No podemos ver el futuro, pero sí que podemos reflexionar un poco sobre el pasado. A través de la historia, tanto los productos tangibles de la técnica como las consecuencias del desarrollo de los *conceptos* científicos han contribuido a modificar profundamente la vida de la gente. No sólo han cambiado las condiciones materiales, sino también la cultura y las formas de organización social, siempre en una relación de ida y vuelta, pues la ciencia a su vez se ha ido desarrollando en consonancia con todos esos cambios.

Volvamos al concepto del Tiempo, concepto fundamental en la Física (sobre el que, incidentalmente, aún quedan algunos misterios por aclarar). Hacia la segunda mitad del siglo XIII, se planteó en los monasterios una cuestión que iba a tener consecuencias de largo alcance en el desarrollo de las sociedades. Para cumplir regularmente todas las obligaciones de las órdenes religiosas (*orare et laborare*) se necesitaba regular las horas canónicas y para ello se precisaba un instrumento mejor que todo lo existente hasta entonces (clepsidras, relojes de arena, relojes de sol). Así, aparecieron en los monasterios y abadías los primeros relojes mecánicos, que permitían dividir el tiempo de manera uniforme en intervalos regulares a lo largo de las 24 horas del día de cualquier época del año y en cualquier lugar. Aunque con la lentitud de los cambios correspondientes a aquella época, los relojes mecánicos empezaron a extenderse por Europa. Al principio eran aun algo imperfectos y su perfeccionamiento llegó mucho más tarde, pero en

la segunda mitad del siglo XIV ya estaban en las torres campanarios de muchas ciudades.

Por una parte las necesidades de la Astronomía y la Navegación, que requerían una medida más precisa del tiempo, llevaron al desarrollo de mejores relojes. Por otra parte, el crecimiento de la riqueza de las ciudades iba atrayendo a la gente del campo y la vida urbana iba superando en importancia a la rural. Ya en el siglo XVI el desequilibrio era muy acusado; las ciudades eran hervideros de gente y eso también requería medidas concordantes (y por tanto más precisas) del tiempo para regular su actividad. La gente fue pasando de vivir según sus ritmos fisiológicos naturales a vivir según los relojes; se pasó de comer cuando se sentía hambre a hacerlo cuando lo decía el reloj. Esto permitió la organización práctica del ritmo de trabajo que favoreció la eficacia de la organización fabril en las revoluciones industriales que vendrían después, lo que provocó profundos cambios sociales. Nótese que en todos estos casos, desde los monasterios medievales hasta las fábricas, hay el mismo hecho esencial. Para organizar eficazmente la convivencia en una sociedad o comunidad se necesita una medida concordante del paso del tiempo, que pueda ser compartida por todos en cualquier momento y en cualquier lugar. La medida del tiempo, un concepto abstracto, uno de los conceptos fundamentales de la física, ha cambiado profundamente nuestras vidas y hoy somos esclavos del reloj.

El Espacio es otro concepto científico fundamental cuyo desarrollo ha tenido consecuencias muy importantes. Consideremos, por ejemplo, la Pintura. Hasta el Renacimiento los elementos e imágenes que aparecían en ésta estaban organizados como símbolos y valores. Después, con la introducción de relaciones espaciales mediante la perspectiva, pasaron a ser organizados según conceptos geométricos. Así, antes, la figura más grande era la del obispo porque era más importante que los feligreses; después pasó a ser más grande la figura del que estaba más cerca. El tamaño de la figura ya no indicaba una jerarquía, sino una situación

relativa en el espacio: una figura más grande o más pequeña correspondía a una posición más cercana o más lejana. Esto permitió, por ejemplo, integrar en un mismo cuadro personajes de una escena con elementos del paisaje. Ya es muy importante revolucionar la pintura, pero esto no fue lo único. La introducción de la perspectiva tuvo también grandes consecuencias en el diseño arquitectónico y en la cartografía, con su enorme repercusión en las navegaciones, los descubrimientos, el desarrollo de los imperios ultramarinos y toda la historia humana desde entonces. Cambió la cultura de Europa y la vida de sus gentes.

Espacio y Tiempo. Dos conceptos científicos básicos que contribuyeron de manera muy importante a cambiar la forma de vivir. Pero aún hay mucho más. Las categorías de Espacio y Tiempo estuvieron desunidas hasta el siglo XVII. La unión de estos dos conceptos, antes separados, permitió llegar al concepto de *aceleración*, pieza clave en el desarrollo de la *dinámica clásica de Newton*, el primer gran monumento de la Física teórica. Dice el historiador Paolo Rossi: “Desde el Renacimiento la cultura moderna mentalmente se lanzó al espacio y se entregó al movimiento” Empezó lo que Max Weber llamó *el romanticismo de los números*. En muchos poetas, escritores y filósofos de la primera mitad del siglo XVII se manifiesta ya la sensación de que se había llegado al final de una cultura, de que “había entrado todo un modo (nuevo) de entender al hombre y a la naturaleza”. La Revolución Científica del Renacimiento desempeñó un papel central en estos procesos, que figuran entre los más importantes de la historia humana (y espero que los historiadores sean benignos con mi irreverencia, pero es que el aspecto histórico salta a la vista constantemente).

En particular, muchos autores ven una estrecha relación entre el desarrollo de un capitalismo burgués y el de los hábitos de pensamiento científico. El hecho es que los descubrimientos científicos del Renacimiento produjeron una auténtica revolución cultural que

repercutiría en profundos cambios en la vida económica y social. Sigue diciendo Rossi: “La cultura europea era llevada así a una ruptura definitiva con aquella tesis de la inferioridad de la técnica respecto de la ciencia, y del trabajo manual frente al intelectual, que había gozado de tanta vigencia en la civilización clásica y en el medioevo”. La alusión a la civilización clásica se refiere al hecho de que aquella sociedad griega, que tan justamente admiramos, era muy elitista. Un caballero griego no usaba las matemáticas para calcular nada práctico; demostraba teoremas. Y hasta nada menos que un Aristóteles manifestaba su desdén por los trabajos manuales, que eran encomendados a los esclavos. Esta cultura social hizo que, salvo unos pocos episodios aislados, la experimentación no acompañase adecuadamente al análisis teórico racional. Ése fue el paso importante que se dio en el Renacimiento. Desde entonces el desarrollo de la ciencia ha sido una parte integrante de la cultura europea y, después, de la cultura universal.

Ahora bien, no hay que pensar que la ciencia es siempre el motor inicial de los cambios importantes. Ni siquiera sus propios cambios se inician de una manera totalmente autónoma. Entrando el siglo XIX, fue la filosofía romántica la que estimuló la eclosión de la Segunda Revolución Científica, en la que básicamente seguimos instalados. La etapa decimonónica es, en muchos aspectos, fascinante y constituye otro poderoso ejemplo que ilustra cómo las corrientes de pensamiento, la ciencia, el arte, la técnica, la cultura general, y los fenómenos sociales evolucionan a la vez en consonancia y en mutua influencia.

Las personas cultas de siglo XIX siguieron los avances de la ciencia con un interés apasionado. Resulta asombrosa la influencia del Segundo Principio de Termodinámica (¡“la ley de degradación de la energía!”) en la cultura decimonónica. Lo que impactó a muchos fue que la nueva ciencia venía a decirles que hay en la naturaleza una tendencia *irreversible* (término inquietante: no hay marcha atrás) del *orden* (término

tranquilizador) al *desorden* (de nuevo una palabra con connotaciones catastrofistas). Y esto se aplicaba a nosotros mismos: un ser vivo, una persona, es agregación, procesos ordenados que tienen que sostenerse frente a la tendencia al desorden y la degradación. La segunda ley de termodinámica vino a explicarnos cómo el tiempo se nos come; estamos condenados a luchar contra una ley general que nos arrastra irreversiblemente hacia la degradación. Los filósofos, los poetas, los teólogos y muchos más habían considerado la muerte desde su punto de vista, pero he aquí que ahora un principio de la ciencia venía a establecer *científicamente* una nueva y terrible evidencia y a decirnos que nosotros no somos más que pequeñas "islas antientrópicas", si me permiten la expresión, destinadas a un naufragio que la ciencia describe en términos precisos. Era para producir una conmoción en todos los ámbitos que estaban al corriente de las novedades científicas. Así, más o menos, es como fue percibida la segunda ley de termodinámica por todo el público culto de la época y sus repercusiones fueron numerosas, importantes y llamativas.

En Literatura, por ejemplo, el poema *LA CARROÑA*, de Charles Baudelaire, formaba parte de la *estética de lo horrible*, que se extendió por una sociedad en la que florecieron escuelas como los *Decadentes*, en Francia.

El historiador norteamericano Henry Adams proclamaba: "el caos es la ley de la naturaleza; el orden el sueño del hombre" (la palabra *caos* tiene aquí el sentido corriente de desorden, no el significado técnico que hoy tiene este término en la física contemporánea). Adams se dedicó a recoger evidencia de todo tipo de degradación (de física a biológica y social). En sus ensayos sobre *LA DEGRADACIÓN DEL DOGMA DEMOCRÁTICO* propuso una formulación de la ciencia histórica basada en los conceptos de energía y entropía e intentó interpretar los cambios históricos partiendo de la segunda ley de termodinámica y aplicando literalmente la

regla de las fases, del físico norteamericano John Willard Gibbs, que permite entender aspectos termodinámicos básicos en fenómenos físicos y químicos, algunos de interés tecnológico, como los procesos que tienen lugar en metalurgia.

El filósofo inglés Herbert Spencer fue uno de los primeros en recoger la idea de la disipación de la energía para incorporarla en un sistema general de filosofía, insistiendo en la tendencia a la disolución, que aplicaba tanto al universo inanimado como a los seres vivos y a las sociedades humanas.

El filósofo alemán Oswald Spengler, universalmente conocido por su obra *LA DECADENCIA DE OCCIDENTE*, cuando sobre la base de amplios estudios en matemáticas, ciencia, historia, filosofía occidental y arte, formuló un sistema filosófico que trataba de ofrecer una explicación de la historia de la cultura humana, argumentó explícitamente en términos de *entropía*.

Adams, Spencer, Spengler y muchos más importantes pensadores del siglo XIX se interesaron por la Física, a cuyo estudio dedicaron mucho tiempo: Nietzsche (a quien tendremos que perdonar que acusase a la ciencia de deshumanizar al ser humano), Marx (de quien nos ocuparemos más tarde en este ciclo), Freud (con su noción de *instinto de muerte*, que ha sido interpretado por distintos autores como una clara influencia de las ideas de la segunda ley de termodinámica)... La lista sería interminable pero, como siempre, también hay ejemplos muy importantes de influencia en el sentido inverso. Siempre, entre la ciencia y el resto de la cultura humana, hay una mutua relación constante de ida y vuelta.

A principios del XIX se tenían ya notables conocimientos de electricidad por un lado y de magnetismo por otro, pero Oersted no estaba

satisfecho. No había nada en los hechos hasta entonces observados que obligase a pensar en una relación entre ambos fenómenos, pero él creía que tenía que existir. Como ocurre a menudo en la investigación científica, él estaba subjetivamente convencido; era una expectación, una especie de sentimiento de que tenía que ser así. Era en realidad un sueño romántico inspirado en la nueva filosofía de la naturaleza, que Oersted conocía. Unos doce años estuvo trabajando en buscar una conexión experimental que por fin halló, cuando en 1819 consiguió demostrar que una corriente eléctrica podía producir un campo magnético. Al año siguiente, Ampère, al tomar conocimiento de este descubrimiento, presentó una teoría más completa de este fenómeno, pero el verdadero trabajo seminal fue el Oersted que, además, hizo otra cosa muy interesante: no sólo dio respuesta a una pregunta, sino que también planteó otra igualmente importante: si la electricidad puede producir magnetismo, ¿no debería también el magnetismo producir electricidad?

El experimento que dio una respuesta contundente a esta pregunta fue realizado unos años más tarde en la *Royal Institution* de Londres. Allí el famoso químico (electroquímico) Humphry Davy, que había tenido muchos contactos con científicos imbuidos de las nuevas corrientes del pensamiento filosófico alemán, influyó en su joven protegido Michael Faraday, quien en 1831 demostró que moviendo un imán cerca de un conductor eléctrico se induce en éste una corriente eléctrica. Se había completado la relación de ida y vuelta entre los dos fenómenos.

Además, Faraday dio un paso muy importante: introdujo la noción de Campo, que habría de dominar la Física del siglo XX. Estos y otros descubrimientos llamaron la atención del gran Maxwell, que entre su teoría electromagnética de la luz, de 1865, y su famoso tratado del campo electromagnético de 1873, completó uno de los grandes monumentos de la Física. Electricidad, magnetismo y luz quedaron

descritos armoniosamente en una misma teoría. El sueño romántico de Oersted y Faraday se vería sobradamente culminado antes de acabar el siglo en una de las piezas fundamentales del progreso científico, que entre muchas otras cosas permitió predecir la existencia de ondas electromagnéticas antes de ser observadas experimentalmente.

¿Se imaginan un mundo sin electricidad, sin electrodinámica, sin ondas electromagnéticas? Pues conviene recordar lo que debemos a la Filosofía romántica.

Volvamos a la literatura y a la medida del tiempo, ahora en el siglo XIX. Se inició, primero en Suiza, la fabricación a gran escala de relojes baratos, que en el último cuarto del siglo se empezaron a producir en EEUU (en Conneticut). Ya no había que salir a la calle para ver la hora en los relojes públicos de los campanarios; los instrumentos de medir el tiempo se encontraban ya por todas partes, en las fábricas, en las oficinas y, cada vez más, encima de las mismas personas, allí donde estuviera la gente, controlando las horas y los minutos de sus vidas. Además de favorecer el aumento de eficacia en la organización práctica del ritmo de trabajo, anteriormente comentado, esto tuvo también repercusiones en la literatura de la época. No sólo entre sus protagonistas abundaron los científicos, personajes característicos de la nueva situación (esto en sí es normal y no significaría ninguna novedad esencial), es que la nueva necesidad de llenar cortos espacios de tiempo disponible creó la demanda masiva de un nuevo género literario. Edgar Allan Poe, maestro en relatos de terror y misterio, atribuyó la moda de las novelas cortas a la necesidad de relatos breves que pudieran ser leídos en ratos cortos para distracción en la rutina de unas jornadas muy atareadas.

En el siglo XX la ciencia empezó a organizarse institucionalmente de manera mucho más firme, los gobiernos y las corporaciones se dieron

cuenta del poder que confiere la ciencia y ésta empezó a crecer sobremanera y a progresar de un modo espectacular. Aunque su ritmo de crecimiento se ha ido atemperando al de otros indicadores del desarrollo, el número de científicos vivos que hay hoy en el mundo supera al de todos los que ha habido en toda la historia pasada. No es extraño que la ciencia siga modificando de manera importante no sólo nuestro mundo, sino también nuestra visión del mundo.

Consideremos el caso de la dinámica caótica (que no significa que todo sea un desbarajuste sin leyes, sino que, en muchos fenómenos, las leyes son muy diferentes de lo que creíamos). Sin afectar a lo fundamental, en lo fenomenológico se trata de un paradigma diferente. El hecho es que la física del caos ha abierto una gran ventana para el pensamiento desde la última etapa del siglo XX: presenta interesantes problemas para la filosofía de la ciencia, supone un hermanamiento más intenso y cualitativamente diferente entre la Física y las Matemáticas y tiene innumerables campos de aplicación en ciencia básica y aplicada, desde el estudio de diversos fenómenos físicos, fisicoquímicos y biológicos (modelos del desarrollo de un sistema cognitivo como, por ejemplo, el cerebro de un niño) al de problemas prácticos en meteorología, en biomedicina (arritmias cardíacas, epilepsia, propagación de epidemias), en agricultura (por ejemplo, propagación de plagas), en los temas de contaminación medioambiental, en economía, en fenómenos sociales (dinámica de poblaciones) y muchos más. Además, en un sentido más profundo, la dinámica caótica ha roto el vínculo entre causalidad y predictibilidad. Esto tiene importantes repercusiones en otros campos, en los que puede influir en la manera de pensar. Por ejemplo, ha atraído mucha atención por parte de paleontólogos e historiadores.

Sin “chauvinismos” gremiales, por un lado, ni prejuicios hostiles o histerias prematuras, por otro, es imposible negar objetivamente la ubicuidad de la ciencia en nuestras vidas. Aporta a todos los ámbitos un

caudal creciente de conocimiento que, como tal, tiende en general a ser fiable y bastante influyente. Por ejemplo, muchos escritores y artistas se interesan por la ciencia porque, debido a los avances científicos, tienen hoy en día concepciones mucho más realistas de los orígenes, condiciones y capacidades de los seres humanos.

La gente, aun sin tener una clara consciencia de ello, está en contacto con la ciencia en todas las esferas de la vida. Cada modo de encuentro suscita en el público tipos diferentes de reacciones y actitudes que se difunden, llegan a ser ampliamente compartidas y devienen parte de la conciencia pública, la mentalidad, de nuestra civilización. Todo esto se va incorporando a la cultura en la que vive la gente. Lo hace de diferentes maneras que evidencian influencias históricas y nacionales, pero en general, en todos los países avanzados y prácticamente hasta nuestros días, las actitudes del público hacia la ciencia, que antes variaban entre la admiración y la indiferencia, hoy van de la esperanza a los temores. Esto es un cambio en la sociedad que, a su vez, afecta de manera importante a los modos de producción del conocimiento científico.

Es cierto que vivimos sometidos a frecuentes sobresaltos, a veces monstruosos, que con frecuencia acaparan los titulares. Pero la vida sigue y en los medios de comunicación, antes y después, pueden encontrarse abundantes ejemplos de problemas que preocupan a la gente en el día a día y que están relacionados con la ciencia. Por ejemplo:

- Fisiología de los tejidos de las vacas. Priones: la encefalopatía espongiforme, o mal de las *vacas locas*.
- Física nuclear, radioactividad y ciencia de materiales. Daños por radiación y fatiga de metales: el submarino nuclear TIRELESS, ¡el *INFATIGABLE* que se fatigó!

- Radiaciones electromagnéticas: teléfonos móviles, antenas, instalaciones de alta tensión. ¿Tenemos que temer a estos artefactos? ¿O al horno de microondas?
- Química orgánica. Pirobencenos: el aceite de orujo.
- Biotecnología y genética: clonación, alimentos transgénicos; el genoma humano, temores relativos a problemas laborales, ¿qué harán las compañías de seguros?
- Bioquímica: efectos nocivos de fármacos y productos similares supuestamente beneficiosos.
- Cambio climático, con todos sus aspectos tecnocientíficos.
- La energía nuclear y los residuos radiactivos. Muy probablemente, en un futuro no lejano sucederá lo mismo con las centrales nucleares de fusión termonuclear. El desconocimiento de lo que es fisión y fusión nuclear, además de la acalorada irracionalidad con la que se suele debatir esta cuestión, llevará a equiparar la peligrosidad de ambas tecnologías y no faltarán quienes aprovechen para pescar en río revuelto.
- También, en relación con el episodio del 11 de septiembre y sus consecuencias, la nueva histeria causada por el miedo, no sin fundamento, a las distintas modalidades de tecnoterrorismo (nuclear, biológico, químico)

Todos estos ejemplos, y muchos más que se podrían encontrar con facilidad, indican hasta qué punto la ciencia está en nuestras vidas constantemente. Y tienen una característica común: todos causan preocupación (agravado esto por el hecho de que las personas suelen reaccionar más a las malas noticias que a las buenas). Paradójicamente, mientras aumenta el distanciamiento esencial entre la ciencia y la gente, el interés práctico y la inquietud que suscitan los asuntos científicos han calado en la opinión pública con arraigo suficiente como para condicionar, a menudo, las declaraciones y entrar en las agendas de los políticos y gobernantes. Aproximadamente la mitad de los temas de debate que llegan al Congreso de los EEUU tiene alguna relación con la

tecnociencia. La ciencia es ya una cuestión pública importante en el mundo actual; un activo imprescindible en toda sociedad moderna.

Es ocioso hablar de la relación contemporánea de la ciencia con la tecnología y la economía, lo que la convierte en un activo imprescindible (aunque, hay que insistir, no suficiente) para el desarrollo económico, pero tal vez sea interesante resaltar algunos aspectos inmateriales de los que el público general suele estar menos consciente. Las revoluciones tecnológicas producen cambios evidentes que todos notamos: pueden cambiar el panorama de las industrias o introducir nuevos productos y nuevas formas de transporte o de energía, por ejemplo. Pero también, entre las redes e infraestructuras que estos cambios conllevan, cambian las lógicas organizativas necesarias para su eficacia y con ello se produce, en palabras de Nicholas Negroponte, “un cambio en la forma de vivir y de entender la realidad”. Basta notar que en la sociedad contemporánea ya no se trata solamente de preservar y transmitir saberes; se ha consagrado la necesidad de la novedad, de aumentar sin límite el conocimiento. Fíjense todo lo que está trayendo la difusión de Internet. Y los cambios “sin precedentes en toda la historia previa de la humanidad” que nos pueden traer las nanotecnologías, según avisó en su día la Fundación Nacional de Ciencias de los EEUU. Uno de los problemas, relacionado con todo esto, es que la sociedad es incapaz de asimilar los cambios con nada cercano a la rapidez con que se producen.

Consideremos, por ejemplo, los aspectos jurídicos. Se da el caso de un delincuente serial que ha violado y matado a unas cuantas mujeres (me refiero a un caso real cuyos detalles omitiré). Pasa tiempo en la cárcel y los informes facultativos reglamentarios (de un psiquiatra o psicólogo) informan repetidamente de que el recluso muestra un comportamiento normal y pacífico. Llegado el punto prescrito en las normas, éste empieza a salir a la calle y, a la primera oportunidad, reincide en su crimen. Este delincuente, en realidad, es un enfermo. Hay una parte del cerebro

humano encargada de controlar los impulsos agresivos; pero este hombre (constatado en tomografías) tiene, precisamente en esa parte de su cerebro, una deficiencia de riego de una sustancia necesaria para el desempeño correcto de su función. Este problema lo detecta de una manera inequívoca una tomografía de emisión de positrones, pero no lo puede detectar el psicoanalista, por muy competente que sea, porque lo que excita a este hombre y desencadena en él todo el proceso violento que su cerebro no puede controlar es el impulso de la libido que siente al ver a una mujer. En la cárcel no hay mujeres y allí su comportamiento es por lo demás normal y da toda la impresión de ser pacífico. No es un problema de psicoanálisis; es un problema de tomografía de emisión de positrones (incidentalmente, una técnica salida directamente de la mecánica cuántica) y estos tomógrafos están en los hospitales desde los pasados años setenta, pero esto no está aún recogido en las leyes.

Mientras las sociedades humanas, incluso las más avanzadas, son incapaces de asimilar e incorporar en sus normas de convivencia las nuevas realidades creadas por la tecnociencia, el potencial de la misma para cambiar radicalmente el mundo de diferentes maneras ha seguido aumentando sin parar. No debemos olvidar que ha desarrollado incluso la capacidad de destruirlo. Así lo reconoció Robert Oppenheimer cuando proclamó que la ciencia había conocido el pecado a través de la Física en Hiroshima. Una simple ecuación, $E=mc^2$, que establece la equivalencia entre materia y energía, y las ideas de la física cuántica suministraron la base teórica para el desarrollo de la física nuclear. Esto condujo a las bombas nucleares con todo su enorme impacto en la historia contemporánea.

Y también existen terribles armas químicas y biológicas. Y la acción humana, con la tecnociencia, ha llegado a adquirir las dimensiones de una fuerza de la naturaleza, con lo que, si no somos sensatos, podemos hacer mucho daño al planeta. Pero también hay un sinfín de beneficios y

mejoras que la ciencia hace posibles si la usamos bien. La misma física nuclear permite obtener energía para usos pacíficos y proporciona interesantes aplicaciones en medicina. Hay, además, muchos cambios importantes cuyo carácter, deseable o indeseable, depende de cómo sepamos asimilarlos o de la interpretación que se quiera dar, pero cuya enorme envergadura es innegable.

¿Qué decir, por ejemplo, de todo lo que supone la difusión de Internet? Se estima que en un mes se efectúan más de 2.700 millones de consultas en Google. ¿Dónde obteníamos antes tanta información? Por no mencionar la posibilidad de organizar una manifestación ciudadana masiva sin salir de casa. O el hecho de que el número de mensajes sms enviados y recibidos cada día es mayor que el número total de habitantes del mundo. Pensemos también, por ejemplo, en la educación y el mercado laboral. Según Richard Ridley, Secretario de Educación en la Administración Clinton, los diez trabajos más deseados en 2006 no existían en el año 2000, algo que debería hacernos pensar a fondo nuestros planteamientos educativos. Estamos educando a las nuevas generaciones para trabajos que, en muchos casos, aún no existen y en otros tendrán que usar tecnologías hoy todavía no inventadas. El papel de la tecnociencia en todos estos procesos es abrumador.

Sin embargo, el distanciamiento entre la ciencia y la gente es un hecho que preocupa en muchas instancias importantes. El distanciamiento entraña desconocimiento y esto produce desconfianza. En el año 2000 la Cámara de los Lores del Parlamento Británico publicó un extenso informe sobre la percepción pública de la ciencia. Son significativos los títulos de secciones como *Una crisis de confianza*, o *Confianza y ambivalencia*. Entre las conclusiones de este informe se resalta la necesidad urgente de vigorosas campañas de alfabetización científica de la población general para la buena marcha de una democracia moderna.

Es evidente que la mera existencia de unas técnicas y unos conocimientos muy avanzados no basta para que el mundo salga beneficiado por las posibilidades que esto abre. Las nuevas tecnologías no pueden funcionar eficazmente en contextos sociales atrasados.

Es un juego de ida y vuelta: la innovación tecnocientífica también provoca la necesidad de innovaciones sociales y culturales, mientras que, aunque la dimensión social y política de la tecnociencia es a menudo ignorada, detrás de los esfuerzos y avances científicos hay un juego de numerosos poderes fácticos. Dentro de éstos la ciencia tiene que encontrar su propio nicho ecológico y éste tiene que ser compatible con la agenda política de la sociedad y con las nuevas necesidades emergentes. Por eso, una vez más, constatamos la imperiosa necesidad de un buen entendimiento entre la ciencia y la gente.

Pese a todo esto, la gran mayoría del público espera y reclama, sin más, las mejoras que exige a la ciencia, pero tiene escasísimo (cuando no nulo) interés en las políticas de desarrollo científico de sus gobiernos. Los responsables de este sector en la Unión Europea ven un grave riesgo para el futuro desarrollo en la escasa relevancia de la ciencia en la vida diaria de los ciudadanos de la Unión.

Pero va siendo hora de recordar al sabio Voltaire, que decía que la manera más segura de aburrir a todos es decirlo todo. Como resumen quisiera decirles que la apuesta por el desarrollo científico-técnico es una opción colectiva de la sociedad y se debería adoptar con plena consciencia de que 1) no hay marcha atrás 2) no hay progreso sin atrevimiento ni cambios sin riesgos y 3) no basta con tener buena tecnociencia; además, es imprescindible que desempeñe eficazmente su papel en la sociedad, cosa que no es posible si no encuentra su acomodo ecológico en su propio entorno social. Por eso es tan lamentable que entre la ciencia y la gente haya el desencuentro que hay.

Por eso es tan necesaria la comunicación entre todos y la reflexión conjunta. El mundo, en definitiva, lo hacemos entre todos.

