

## Poder y ciencia en un mundo globalizado y cambiante

José Manuel Sánchez Ron

José Manuel Sánchez Ron es catedrático de Historia de la Ciencia en el Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid y miembro de la Real Academia Española.

Es autor de una extensa obra dedicada a la historia de la ciencia. Recientemente ha publicado *El poder de la ciencia* (editorial Crítica). El artículo que aquí ve la luz corresponde a la VII Conferencia José María Coll que impartió (en el marco de la VI Jornada de la Fundación Cañada Blanch) el 21 de noviembre de 2007 en el Aula Magna de la Universitat de Valencia.

### CIENCIA Y CAMBIO SOCIAL

Mostrando una vez más tanto su perspicacia como la buena información de que disponía, en 1923 José Ortega y Gasset escribió en uno de sus libros, *El tema de nuestro tiempo*:<sup>1</sup> «Nuestra generación, si no quiere quedar a espaldas de su propio destino, tiene que orientarse en los caracteres generales de la ciencia que hoy se hace, en vez de fijarse en la política del presente, que es toda ella anacrónica y mera resonancia de una sensibilidad fenecida. De lo que hoy se empieza a pensar depende lo que mañana se vivirá en las plazuelas». Pues bien, si entonces era cierto lo que decía el agudo filósofo español, mucho más lo es hoy, cuando la ciencia, además de haber continuado desarrollándose, avanzando, es, más de lo que era en los (para algunos) «felices» años 20 del siglo XX, asunto de Estado, y, claro, de negocios, de muchos y muy rentables negocios. Sin olvidar que no son pocas las esperanzas que la sociedad, los ciudadanos de a pie, tienen, tenemos, depositadas en la investigación científica con vistas a un futuro mejor.

Desde hace ya tiempo es prácticamente imposible vivir –salvo en los mundos de la pobreza y la marginación, que, por supuesto, existen; no lo debemos olvidar– sin relacionarse constantemente con productos de la civilización científico-tecnológica. Hablar de ciencia es referirse a algo más que a síntesis o elucubraciones teóricas que se comprueban en lugares o situaciones remotas y prácticamente inobservables, como pueden ser niveles atómicos, centros de galaxias o combinaciones de nucleótidos. Hoy la ciencia penetra la sociedad por prácticamente todos sus poros. Así, se dice que la nuestra es una «Sociedad del Conocimiento», denominación con la que se pretende transmitir la idea de que es el conocimiento que suministra la investigación científica el responsable de la mayor parte de los cambios que han hecho que el mundo presente sea en numerosos y muy obvios apartados sustancialmente diferente del de hace unas pocas décadas. Los ejemplos en este sentido son tan numerosos como cotidianos. Vivimos inmersos en una revolución tecnocientífica, la de la biomedicina, que no sólo promete sino que ya ofrece todo tipo de posibilidades en aquello que nos es más próximo y querido: nuestros propios cuerpos y los medios de reproducción que nos pueden ser accesibles. Precisamente por tal cercanía, esa revolución científica conmueve nuestro mundo más profundamente que las últimas dos grandes revoluciones científicas (del siglo XX), la relativista y la cuántica, cuyas consecuencias carecían de la proximidad que da la vida.

Por otro lado está el desarrollo de las técnicas electrónicas de comunicación, entre las que destaca ese poderoso y ubicuo monstruo de millones de cabezas que es Internet, que, evidentemente, no tendría sentido sin otro de los hijos del mundo electrónico, los ordenadores. Y no debemos olvidar otras novedades, como teléfonos celulares o GPS,

1. José Ortega y Gasset, *El tema de nuestro tiempo* (1923), en José Ortega y Gasset, *Obras completas*, tomo III (1917/1925), Madrid, Taurus, 2005, pág. 571.

desarrollos tecnocientíficos que están modificando drásticamente nuestras vidas y costumbres, al mismo tiempo que el en absoluto irrelevante mercado laboral. Modificando y provocando fenómenos completamente nuevos.

Las incertidumbres que generan estos conocimientos, pueden llegar a límites que uno casi está tentado de denominar absurdos. Hace no mucho leía un escrito de James Watson, el célebre codescubridor de la estructura del ADN, que me produjo una gran impresión. Analizando, en una conferencia que pronunció en Milán, los mundos éticos que abre la investigación actual sobre el código genético, Watson manifestaba:<sup>2</sup> «Incluso en el caso de que existan leyes y normativas satisfactorias, todavía habrá muchos dilemas que no podrán tratarse fácilmente con estos medios. Por ejemplo, ¿qué responsabilidad tiene una persona de conocer su constitución genética antes de decidirse a procrear un hijo? En el futuro, ¿se nos considerará de manera general moralmente negligentes cuando, a sabiendas, permitamos el nacimiento de niños con defectos genéticos graves? Y las víctimas de tales enfermedades, ¿tendrían posteriormente base legal contra sus padres, que no habrían emprendido ninguna acción para evitar que llegaran al mundo con pocas oportunidades de vivir una vida sin dolor y sin sufrimiento emocional?».

Sabemos demasiado bien que no es ésta una posibilidad impensable. El suelo, en definitiva, tiembla bajo nuestros pies, y cual presagio de terremoto no sabemos que consecuencias tendrá para nosotros la próxima sacudida, que prevemos inminente. ¿Cómo en semejante situación, rodeados de provisionalidad, podemos desarrollar algún sentido de pertenencia? ¿Qué podemos dejar a nuestros hijos? ¿Alguna escala de valores, más o menos segura, una «Visión del Mundo», que les ayude a orientarse en el camino de sus vidas? ¿Podremos, al menos, orientarles en la elección de lo que van a estudiar para que vayan preparándose un futuro profesional? ¿Pero cómo les vamos a dejar eso, si todo cambia continua, rápida, frenéticamente, si lo que ayer era de una forma hoy puede ser de otras muy diferentes, ante las cuales debemos elegir?

#### UN MUNDO GLOBALIZADO

Vivimos, por consiguiente, en un mundo rápidamente cambiante, pero que cambia para todos, porque es un mundo globalizado.

En efecto, entre los cambios inesperados que ha traído la ciencia a la humanidad se encuentra la globalidad, que no es sino producto de las inmensas posibilidades de comunicación, almacenamiento y transmisión de información a que ha dado origen el desarrollo de las ciencias y técnicas físicas, aliadas con los saberes matemáticos, con, en especial, poderosísimos algoritmos matemáticos.

Siempre es difícil –e injusto– establecer puntos de partida, orígenes de los que decir «A partir de entonces nada fue igual». No obstante, un momento importante en lo que a la globalización del mundo se refiere tuvo lugar hace sesenta años, en 1947, cuando John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley descubrieron el transistor mientras trabajaban en un laboratorio industrial (no de una universidad): los Laboratorios Bell, creados como una compañía subsidiaria de ATT (American Telephone and Telegraph) y Western Electric.<sup>3</sup>

Con los transistores –que consumen muy poca energía– es posible regular y amplificar corrientes que pasen a través de ellos. Sustituyeron a las válvulas termoiónicas, que

2. James Watson, «Implicaciones éticas del Proyecto del Genoma Humano», reproducida en J. Watson, *Pasión por el ADN*, Barcelona, Crítica, 2002, págs. 214-223; pág. 220.

3. He tratado de manera más detallada estas cuestiones, al igual que otras incluidas en el presente artículo, en José M. Sánchez Ron, *El poder de la ciencia*, Barcelona, Crítica, 2007.

necesitaban un cierto tiempo para calentarse y entrar en acción, eran más grandes, consumían más energía y se estropeaban con frecuencia. Aquellos de nosotros con una cierta edad, recordaremos los aparatos de radio con válvulas, que tardaban en ponerse en funcionamiento, y también cómo fueron sustituidos por otros más pequeños, a los que, injustificada pero comprensiblemente terminamos denominando «transistores».

Como casi siempre sucede con las novedades científico-tecnológicas, el transistor primitivo dejó su lugar a descendientes mejores. De especial importancia fue cuando, a comienzos de la década de 1960, se mejoraron las técnicas con las que se crearían materiales en forma de finas láminas de silicio, con lo que se pudieron fabricar los denominados *chips*; esto es, los *circuitos integrados* en los que sus diversos componentes podían fabricarse sobre una misma oblea de material semiconductor.

Las posibilidades que abrieron el transistor y materiales semiconductores como el silicio y el germanio se hicieron pronto evidentes. Para compañías emprendedoras, por supuesto, pero también para científicos, que, inmersos en un mundo en el que el dinero y los negocios representaban un valor no sólo material sino cultural también, se decidieron –algunos al menos– a traspasar las fronteras académicas de manera mucho más radical que cuando antes habían aceptado trabajar para laboratorios industriales; esto es, convirtiéndose ellos mismos en empresarios. Tal fue el origen del célebre Silicon Valley (Valle del Silicio), situado al sureste de San Francisco, en cuya constitución desempeñaron papeles centrales Frederick Terman, catedrático y director de la Escuela de Ingeniería de la cercana Universidad de Stanford, y uno de los inventores del transistor, William Shockley, que abandonó los Laboratorios Bell buscando horizontes más lucrativos: en 1955 fundó, en lo que entonces era simplemente los alrededores de la bahía de San Francisco, su propia compañía, el «Shockley Semiconductor Laboratory». Como es bien sabido, el crecimiento, durante las décadas de 1960 y 1970, de Silicon Valley fue extraordinario. Pronto quedó claro que la ciencia estaba abriendo un mundo industrial y económico extremadamente prometedor. Se estaba, en definitiva, estableciendo una «nueva alianza» entre ciencia e industria, que crearía y, a su vez, se vería posteriormente reforzada por lo que denominamos «mundo digital».

Es aleccionador recordar que las compañías que más desarrollaron las posibilidades que abrían el transistor y los circuitos integrados fueron industrias como Texas Instruments, una empresa geofísica que en 1952 decidió que el futuro estaba en los transistores, y Fairchild Semiconductor. Ninguna de las dos habían tenido que ver previamente con la industria de las telecomunicaciones, y por ello buscaron nuevos escenarios comerciales, como las calculadoras, en las que Texas Instruments desempeñó, junto con IBM, un papel dominante durante algún tiempo. De hecho, hasta la llegada de los transistores y circuitos integrados las máquinas de calcular utilizadas eran gigantescos amasijos de componentes electrónicos. Durante la Segunda Guerra Mundial se construyó una de las primeras computadoras electrónicas, el *Electronic Numerical Integrator and Computer*, Computador Integrador Numérico Electrónico, también conocido por sus siglas inglesas, ENIAC. Tenía 17.000 tubos electrónicos, unidos por miles de cables, pesaba 30 toneladas y consumía 174 kilowatios. Podemos considerarlo el paradigma de la primera generación de computadoras. Con los transistores llegó, en la década de 1950, la segunda generación,

ejemplificada por el TRIDAC (de *Transistorized Digital Computer*), construido en 1954 por los Laboratorios Bell para la Fuerza Aérea estadounidense; utilizaba 700 transistores y podía competir en velocidad con ENIAC.

El primer ordenador personal (PC) fue construido en 1972 en el Centro Xerox de Investigación de Palo Alto, situado también en Silicon Valley, pero no atrajo realmente la atención del gran público hasta finales de la década de 1980. Eso sí, entonces comenzó una carrera que todavía no ha terminado. Cada vez cada menos tiempo, aparecieron ordenadores personales más y más potentes, más y más pequeños. Las actuales tarjetas de felicitación musicales, por ejemplo, que contienen chips desechables, tienen ya más potencia informática que los ordenadores que existían antes de 1950.

El número de ordenadores, y el número de ellos conectados a Internet, que existen en nuestros hogares, crece exponencialmente. Y ya no son meras máquinas de escribir particularmente inteligentes y limpias, sino que son nuestras enciclopedias en las que buscamos todo tipo de información, nuestro servicio postal de correos, el agente que nos compra entradas para el cine, nos hace el pedido de la compra o nos informa de la predicción del tiempo, en el lugar que sea de la Tierra. Más que una comodidad, se va imponiendo como una necesidad. Según algunos analistas, pronto estaremos rodeados de minúsculos microprocesadores que detectarán nuestra presencia (sensores de rayos infrarrojos nos identificarán por el calor que despedimos), se anticiparán a nuestros deseos –que conocerán tras una cierta educación– e incluso interpretarán nuestras emociones. Cuartos de aseo inteligentes supervisarán nuestra salud, realizando, por ejemplo, análisis químicos de orina o tomándonos el pulso simplemente cuando nos sentamos en el asiento del retrete. Otros, en relojes de pulsera o pendientes –con más capacidad de almacenar y manipular información que el mayor de los ordenadores/computadoras de hace unos pocos años– también nos servirán bien, como médicos o guías absolutamente personales. Y todos estos microprocesadores estarán conectados a Internet, para lo que sea menester, desde llamar al técnico para que arregle nuestro sistema (de células fotovoltaicas) de calefacción o de refrigeración, hasta informar al centro médico sobre nuestros problemas de salud.

Vivimos, en resumen, rodeados de artilugios electrónicos que amplían radicalmente nuestras posibilidades (de presente y de futuro). Provistos de un pequeño ordenador portátil podemos acceder a todo tipo de informaciones. Nos inunda la información y las posibilidades que ésta permite, hasta el punto de que no son pocos los que naufragan y terminan ahogándose en ese inmenso océano que a base de dar mucho (información) puede quitar no menos, en particular algo tan valioso como la capacidad creativa, esa sutil y elusiva característica que normalmente requiere de la solitaria reflexión. De hecho, no deberíamos pasar por alto semejante circunstancia. A veces me asalta el pensamiento de si no estaremos tomando una ruta equivocada en lo que a tácticas educativas se refiere. Sabemos que en la actualidad uno de los indicadores con los que se mide el esfuerzo que en educación realiza un gobierno (nacional o regional) es el número de ordenadores de que disponen los alumnos en sus colegios o institutos. Por un lado, está bien que se familiaricen lo antes posible con un instrumento sin el cual sus vidas se verán enormemente dificultadas; pero ¿y la capacidad creativa que surge de la reflexión individual a la que

acabo de referirme? ¿Estamos enseñando a los jóvenes a desarrollar unas facultades que fueron las que, a la postre, nos condujeron al lugar que ahora ocupamos, a la ciencia y técnica de que disponemos?

En el horizonte se alumbra, además, una nueva posible revolución. Para aludir, muy brevemente a ella, no encuentro nada mejor que citar unos párrafos de un artículo que Bill Gates, el célebre fundador de Microsoft, escribió para el número de enero de 2007 de *Scientific American*:

Me imagino estando presente en el nacimiento de una nueva industria. Se trata de una industria basada en rompedoras nuevas tecnologías, en la que un puñado de bien establecidas corporaciones venden instrumentos altamente especializados para utilizar en los negocios, y un número de nuevas compañías que crece rápidamente producen innovadores juguetes, artilugios para los amantes de los entretenimientos y otros interesantes productos. Pero es también una industria muy fragmentada, con pocos estándares o plataformas comunes. Los proyectos son complejos, el progreso lento y las aplicaciones prácticas relativamente escasas. De hecho, a pesar de toda la excitación y las promesas, nadie puede decir con seguridad cuándo –o incluso si– esta industria alcanzará una masa crítica. No obstante, si lo logra cambiará el mundo.

Semejantes palabras, continuaba explicando Gates, podrían «constituir una descripción de la industria de las computadoras a mediados de la década de 1970, cuando Paul Allen y yo lanzamos Microsoft. Por entonces, grandes, caros ordenadores centrales realizaban operaciones de apoyo para grandes compañías, departamentos gubernamentales y otras instituciones. Investigadores en las más destacadas universidades y laboratorios industriales estaban creando las piezas que harían posible la era de la información». Pero, claro, no era a esta industria a la que se refería Gates, sino que lo que «tenía realmente en mente es algo mucho más actual: la emergencia de la industria de la robótica, que se está desarrollando de la misma forma en que lo hizo la industria de las computadoras hace 30 años».

Así que una nueva revolución se vislumbra en el horizonte. Y si llega –y llegará– a concretarse, afectará profundamente a nuestras vidas, aliada con las posibilidades a las que me referí hace un momento que ya ofrecen u ofrecerán los microprocesadores e Internet.

Pero dejemos esta posible nueva revolución tecnocientífica, y volvamos a esa globalización que tanto influye en los mundos de la política y de los negocios, así como en la vida social. Como he tratado de explicar, la globalización no es el resultado de decisiones políticas o convicciones tomadas por grupos o instituciones, ni el producto de una filosofía determinada que haya terminado conquistando la sociedad, sino que ha sido la consecuencia inevitable de una serie de desarrollos tecnocientíficos. Han sido, en consecuencia, la ciencia y la tecnología quienes han cambiado el mundo, haciendo permeables fronteras antes impenetrables. Podemos obstinarnos en continuar centrando muchas de nuestras reconstrucciones históricas en las ideologías, ideas o actuaciones de políticos, militares o instituciones al igual que en las relaciones diplomáticas entre naciones, pero si elegimos únicamente a semejantes protagonistas no entenderemos mucho, no desde luego la dinámica internacional de, como mínimo, el último siglo. Y, sin embargo, esto es lo que en esencia continuamos haciendo en nuestras universidades. En los estudios no científicos o tecnológicos no se enseña nada (o apenas) de ciencia y tecnología. Pero, por poner un par de ejemplos, ¿cómo se puede entender la historia económica e industrial del siglo XX, así como la dinámica económica mundial de la actualidad, sin saber algo de ciencia y tecnología, de sus contenidos e historia? Y ¿qué decir de las rela-

ciones políticas internacionales durante la segunda mitad del siglo xx, condicionadas por la existencia del armamento atómico?

En muchos países, y en el nuestro en particular, esto tiene consecuencias peligrosas. Al proceder la mayor parte de los políticos de los estudios no científicos, esto es, de las carreras de Derecho, Políticas o Económicas, sus conocimientos y sensibilidad sobre ciencia son muy escasos (recuerden esa maldita y terrible frase, que, ay, aún no ha desaparecido: «Yo, es que soy de Letras»). Prácticamente no existen equipos de asesores científicos en los partidos políticos, gobiernos, ni en instituciones como el Congreso o Senado. Son frecuentes manifestaciones de responsables públicos contradictorias desde el punto de vista de la lógica de lo que nos enseña la ciencia. Argumentar un día que no existe peligro de un cambio climático, y al día siguiente defender una revitalización del programa de construcción de centrales nucleares, que en la actualidad no son pocos los que defienden, pero únicamente como medio de combatir el cambio climático: producen poco dióxido de carbono, uno de los principales gases de efecto invernadero. Otros, por el contrario, reconocen el peligro de un cambio climático, y prometen medidas para combatirlo, pero rechazan de plano la energía nuclear, sin someter tal decisión a un análisis concienzudo.

#### UN PROBLEMA GLOBAL: EL CAMBIO CLIMÁTICO

Y puesto que he mencionado el problema del cambio climático –uno de los temas de nuestro tiempo, como diría Ortega–, señalaré que es un ejemplo canónico de problema global, aunque se trate de otro tipo de globalización. Si existe algo común, algo que compartimos todos los humanos, es el planeta en el que vivimos y la atmósfera que lo rodea. Podemos –y lo hemos hecho– establecer fronteras terrestres, hablar incluso de «espacios aéreos» nacionales, pero ¿quién puede poner límites a los flujos atmosféricos, a la circulación de los vientos, al movimiento de las nubes?, ¿o regular local, «nacionalmente», los procesos que se producen en la atmósfera, incluyendo su interacción con las radiaciones procedentes del Sol?

En un lugar prominente entre los causantes del cambio climático se encuentran los gases de efecto invernadero, que si bien permiten que la luz que proviene del Sol atraviese la atmósfera, no dejan salir una parte de la radiación infrarroja rebotada de la Tierra, con lo que se produce un aumento de la temperatura del aire. En principio, estos gases no son necesariamente malos, siendo necesaria una cierta presencia de ellos para la existencia de la vida: si no estuvieran presentes, la temperatura promedio de la superficie de la Tierra rondaría los 18° grados centígrados bajo cero; con ellos, esa temperatura es, o debería ser en condiciones naturales, de 15° C sobre cero. El problema es que debido a nuestras actividades la presencia de estos gases, en especial del dióxido de carbono, responsable de en torno al 80 por ciento del total de la emisiones de gases de efecto invernadero, ha aumentado de manera extraordinaria. Cuando quemamos combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) en nuestras casas, automóviles, fábricas y plantas eléctricas, o cuando producimos cemento, liberamos  $\text{CO}_2$  en la atmósfera.

Tomemos el ejemplo de los transportes. Se trata de uno de los ámbitos industriales en el que se genera más riqueza, y que más trabajo proporciona. Ahora bien, también constituye la fuente de emisiones de dióxido de carbono que crece más rápida-

mente, tanto en el mundo rico como en los países en vías de desarrollo. El transporte por carretera, los automóviles que utilizan derivados del petróleo, es el mayor responsable, con más del 75 por 100, de las emisiones totales del sector, mientras que el transporte aéreo participa con un 15 por 100, aunque crece rápidamente (entre un 2 y un 3 por 100 anual). Es imposible mantener durante mucho tiempo esta tendencia. Olvidándonos por un instante de su contribución al calentamiento global, a nivel biológico los gases que se emiten contribuyen a aumentar la contaminación atmosférica, la suspensión de partículas de, por ejemplo, plomo en la atmósfera, lo que redundará en una mayor proliferación de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como de las alergias. Urge, en consecuencia, tomar medidas. Y como no es posible pensar por el momento en abandonar los automóviles particulares, que tanto, por otra parte, nos han y continúan dando, es preciso poner en marcha otros mecanismos. Uno es desarrollar e introducir otro tipo de motores (eléctricos, por ejemplo), tarea en la que ya se ha avanzado, pero de una forma caótica, sin ser impulsada por los gobiernos. Unos gobiernos (y éstos, conviene no olvidarlo, somos todos) que se benefician mucho de los impuestos que se incluyen en el precio de los combustibles. Ya existen, no obstante, coches pequeños que gastan menos de 4 litros de combustible en 100 kilómetros, y coches híbridos que consumen y contaminan menos. Y si esos 4 litros fuesen de un biocombustible –combustibles orgánicos procedentes, por ejemplo, de cultivos intensivos de colza, girasol o de otras plantas, al igual que del alcohol obtenido de la caña de azúcar o de la remolacha–, mucho mejor, ya que en su combustión se produce menos dióxido de carbono, entre otras razones porque en su crecimiento estas plantas lo han absorbido antes. Aunque, claro, también sabemos de las perniciosas consecuencias sociales que está teniendo la utilización de cosechas para la producción de biocombustibles.

Los problemas científicos implicados en la dinámica del clima, en saber si, efectivamente, la temperatura global de la Tierra aumentará, son muy variados. Es, por ejemplo, difícil de cuantificar el movimiento de las corrientes profundas o la emisión directa o indirecta del calor desde la superficie del mar. ¿Se mantendrá la Corriente del Golfo, sin la cual el clima mundial sería muy diferente? Y ¿cuál es la capacidad de los mares para absorber dióxido de carbono?

En la actualidad vivimos un momento en el que está extendiéndose la preocupación por la salud del planeta, pero ¿continuará siendo así? Es preciso, en este sentido, recordar que el conocimiento científico es, podríamos decir, «amoral» y que algunas de las predicciones sobre la evolución del clima no afectan a todos los países por igual, lo que acaso podría terminar originando reacciones que no serían bienvenidas por todos.

Estoy pensando en la dimensión económica del cambio climático, especialmente patente en el «Informe Stern» difundido a finales de 2006. En este trabajo nos encontramos con pasajes del tipo de: «Debemos considerar el mitigar los efectos –tomar acciones duras para reducir las emisiones– como una inversión, un coste en el que incurrimos ahora y las próximas pocas décadas para evitar los riesgos de muy severas consecuencias en el futuro. Si hacemos estas inversiones con sabiduría, los costes serán manejables, y existirá un amplio rango de oportunidades para el crecimiento y el desarrollo a lo largo del camino». «La evidencia», se nos dice, «es que ignorar el cambio climático dañaría

en su momento el crecimiento económico» (su estimación es que la economía mundial caerá un 20 por ciento si no se frena el calentamiento del planeta).

Ahora bien, existen otras lecturas de las consecuencias económicas del cambio climático. Así, en un informe publicado en el número del 16 de abril de 2007 de la revista *Newsweek* se analizaba la *cuestión* (ya no necesariamente *problema*) del calentamiento global, llegándose a, entre otras, la conclusión de que los países que más se beneficiarán del cambio climático serán, por este orden, Noruega, Finlandia, Suecia, Suiza y Canadá, mientras que los más perjudicados serán Sierra Leona, Bangladesh, Somalia, Mozambique y Etiopía; esto es, los ricos se harán más ricos y los pobres más pobres. Puede que no sea posible mantener las estaciones de esquí de los Alpes, pero en su lugar se podrán construir *spas* con vistas maravillosas. Y la Costa del Sol se verá sustituida por la Costa del Norte escandinava. Cuando en las inmensas llanuras de Siberia se descongele el permafrost, permitiendo acceder a nuevas fuentes naturales de enorme valor económico, ¿se esforzará Rusia por ser solidaria con otros países menos favorecidos, en pro de «la salud del planeta»?

#### EL NUEVO MUNDO, TECNOCIENTÍFICO Y ECONÓMICO, BIOMÉDICO

Me referiré, por último, a otro de los grandes temas del presente, en el que se muestra con particular claridad e intensidad –ya nos encontramos en la sección inicial con un ejemplo (de Watson) en esta sentido– la naturaleza cambiante de nuestro tiempo, así como las estrechas relaciones entre ciencia y poder, poder industrial, económico y social. Se trata de las ciencias biomédicas y biológico-moleculares (como la genómica).

La medicina es una de las disciplinas científicas en la que más patente es la dimensión socioeconómica. Dejando al margen a los pacientes, que tanto necesitan y esperan del saber médico, hay que recordar, por un lado, la importancia política de los sistemas públicos de salud y, por otro, de la industria farmacéutica (para la que, por ciento, trabajaba un gran número de científicos, incluyendo científicos con puestos universitarios). Pues bien, con el comienzo de la era del ADN –en la que es posible identificar dos momentos fundamentales: 1953: descubrimiento de la estructura, una doble hélice, de la molécula de ADN; y 1969-1970, desarrollo de las técnicas necesarias para cortar y unir fragmentos de genes (ADN recombinante)– se inauguró un nuevo mundo.

El establecimiento, en 1989, del denominado Proyecto Genoma Humano, liderado por Estados Unidos, para determinar la estructura de nuestro genoma, fue fruto de lo que los nuevos conocimientos disponibles hacían posible. Se trataba, evidentemente, de un esfuerzo destinado a obtener un conocimiento que además de contribuir al avance de la ciencia, debería tener consecuencias evidentes para la salud, como averiguar las relaciones entre genes y características determinadas (incluyendo enfermedades) de la especie humana.

Precisamente por esta dimensión era evidente que el objetivo del Proyecto Genoma Humano tenía interés también para la industria privada. Semejante interés no tardó demasiado en manifestarse: lo hizo a través de una compañía comercial fundada en 1998, «Celera Genomics», dirigida por el innovador biólogo molecular Craig Venter.

Licenciado –después de haber estado en la guerra de Vietnam– en bioquímica y doctorado en fisiología y farmacología en 1975 por la Universidad de California, en San Diego,



Venter trabajó a principios de los noventa para los Institutos Nacionales de la Salud (NIH) de Estados Unidos, donde se inició en la biología molecular y estudios genómicos después de haberse dedicado a la bioquímica en la Escuela de Medicina de la Universidad Estatal de Nueva York en Buffalo. Pronto, sin embargo, abandonó el hogar federal (esto es, público) de los NIH, y en 1992 fundó un Instituto para la Investigación Genómica, que no buscaba beneficios, y al que una corporación sanitaria, HealthCare Management Investment Corp., aportó 70 millones de dólares de capital. Allí, Venter desarrolló la técnica pionera para identificar genes en cadenas de ADN que ya había comenzado a utilizar en los NIH, una técnica completamente diferente a la que se estaba empleando en el Proyecto Genoma Humano. Con su método (diez veces más barato que el empleado por el proyecto público, y más rápido), Venter secuenció el genoma de una bacteria, *Hemophilus influenzae*, que produce meningitis y sordera, el primer genoma completo de un organismo vivo completado en la historia (los resultados fueron publicados en 1995).

En 1998, Venter anunció su intención de determinar la secuencia del genoma humano, lo que, evidentemente, implicaba competir con el proyecto público. Para alcanzar tal fin, en junio de aquel año constituyó, aliándose con Applera Corporation, una compañía, que esta vez sí que buscaba beneficios: Celera Genomics, en la que él era al mismo tiempo presidente y líder científico.

Tuvo éxito, como muestra el que el 26 de junio de 2000, Venter, en su calidad de presidente de Celera Genomics, y Francis Collins, desde abril de 1993 director del Proyecto Genoma Humano (sucedió a James Watson), realizaran un primer anuncio conjunto manifestando que habían completado la secuenciación del genoma humano. A pesar de lo grandilocuente de la declaración, en la que estuvieron presentes el presidente Bill Clinton y el primer ministro británico Tony Blair, aún quedaba bastante que hacer. No se había, por ejemplo, dicho nada sobre cuántos genes forman el genoma humano. El 11 de febrero de 2001 se remediaba tal carencia, anunciándose que el ser humano tiene aproximadamente 30.000 genes, frente a los 100.000 que se llevaba suponiendo desde hacía años (la estimación actual es de unos 23.000). El 15 de febrero, el consorcio público presentaba sus resultados en *Nature*, mientras que Celera lo hacía un día después en *Science*.<sup>4</sup>

Hasta aquí los hechos científicos, presentados con gran concisión. Pero es evidente que esta historia no se puede reducir únicamente a «hechos científicos». Hay más, mucho más.

En primer lugar, es preciso señalar que la aparición en escena de Venter y Celera Genomics ha sido buena para el proyecto de secuenciar el genoma de los humanos. Las previsiones más optimistas del Proyecto Genoma Humano en cuanto a completar la empresa para la que fue creado, situaban su término en el año 2003. Las innovaciones aportadas por Celera, la competición que significó su aparición, y el ritmo que ésta necesariamente debía llevar para ser rentable, sirvieron de estímulo para el consorcio público. Por otra parte, como no podía ser de otra manera, desde el principio se hizo obvio el problema que significaba el que Celera quisiese rentabilizar sus inversiones. Mientras que cualquier persona interesada tiene acceso libre a los datos obtenidos por el Proyecto Genoma Humano, no sucede lo mismo con los de Celera: la comunidad científica puede, en principio, acceder libremente a sus datos de segmentos del genoma con menos de un millón de bases, y debe pedir permiso o pagar para trozos mayores, com-

4. International Human Genome Sequencing Consortium, «Initial sequencing and analysis of the human genome», *Nature* 409, 860-921 (15 de febrero de 2001). La lista (incompleta) de autores de este artículo ocupaba una página de *Nature*; es obligado mencionar de ellos los nombres de Eric Lander (Whitehead Institute for Biomedical Research, Center for Genome Research), John Sulston (The Sanger Centre, Cambridge) y Robert Waterston (Washington University Genome Sequencing Center). C. Venter et al., *Science* 291, 1304-1351 (2001). El artículo del Proyecto Genoma Humano aparece reproducido en su totalidad en *The Human Genome*, Carina Dennis y Richard Gallagher, eds., Londres, Nature-Palgrave, 2001.

prometiéndose a no comercializar con la información recibida, una condición desigual, ya que Celera se benefició desde el principio de la información puesta en circulación por el consorcio público internacional.

El trasfondo de todo es, naturalmente, estar en la mejor situación posible para conseguir patentes. Ya en 2000, Celera había completado la solicitud de cerca de 7.000 patentes provisionales. Su propósito era seleccionar entre cien y trescientos genes que cumplieren el requisito de utilidad comercial y patentarlos. Y por ello, defendió con energía que también en este campo se mantuviese la política tradicional de patentes. En una audiencia pública celebrada el 6 de abril de 2000 en el Congreso, Venter advertía sobre los peligros que implicaría, como solicitaban algunos, modificar la legislación de patentes para genes:<sup>5</sup> «Cambios en la ley de patentes deben ser considerados en el contexto de los efectos que tendrán en los esfuerzos que realizan las compañías farmacéuticas para descubrir nuevos fármacos». Era necesario, añadía, proteger a empresas, cada una de las cuales se enfrentaba a un gasto de entre 300 y 800 millones de dólares cada vez que tenía que intentar superar los procedimientos exigidos por la Agencia de Alimentación y Medicamentos para aprobar un nuevo medicamento.

Evidentemente, no hay nada de sorprendente en manifestaciones como estas. Sucede, no obstante, que estamos tratando con un dominio tecnocientífico que puede tener profundas implicaciones para la vida, tal y como la hemos estado entendiendo hasta ahora. Aun así, no parece que tal diferencia esencial haya sido reconocida en la práctica. El derecho a conceder patentes relacionadas con seres vivos en Estados Unidos fue reconocido en 1980 por la decisión del Tribunal Supremo en el caso «*Diamond versus Chakrabarty*», que dictaminó que se podían patentar organismos vivos producidos por ingeniería genética. A raíz de esta decisión, a mediados de la década de 1980, la Oficina de Patentes estadounidense tomó medidas para ampliar el derecho a patentar plantas y animales no humanos: en 1987, por ejemplo, concedió el derecho a patentar animales transgénicos, esto es, creados por ingeniería genética. El 12 de abril de 1988 se aceptaba la patente de un ratón transgénico que portaba un gen humano que produce cáncer, creado en la Universidad de Harvard. En 1995, la Corte de Recursos declaró que también eran patentables secuencias de nucleótidos parcialmente publicadas. Basándose en esta legislación, en octubre de 1998 la Oficina estadounidense concedió la primera patente de una secuencia de ADN –incluyendo genes– a favor de InCyte Pharmaceuticals Inc. En 2000, el número de patentes que la Oficina de Patentes estadounidense concedió a este tipo de secuencias alcanzaba los 2.000. Es cierto que pueden existir diferencias en el campo biotecnológico entre las leyes que rigen las patentes en diferentes países, pero ¿qué valor tiene, en el mundo globalizado y mercantil en el que vivimos, una prohibición así, si algún país no la admite? En cualquier caso, cuando se observan los gráficos que expresan el aumento del número de patentes de secuencias de ADN concedidas en el mundo, se comprueba que el crecimiento es exponencial.<sup>6</sup> Ha comenzado una carrera de la que no sabemos dónde se encuentra la meta, ni tampoco todas las reglas que rigen la competición.

Otra conocida manifestación en este sentido es el de la clonación de una oveja, *Dolly*, llevada a cabo en la Estación de Investigación de Reproducción Animal de Escocia por un equipo dirigido por el embriólogo británico Ian Wilmut.<sup>7</sup>

5. Véase <http://www.businessweek.com/bwdaily/dnflash/apr2000/nf00407e.htm>.

6. Ver, por ejemplo, *Science and Engineering Indicators 2002*, Washington D. C., National Science Foundation, 2002, vol. 1, págs. 6-27.

7. I. Wilmut, A. E. Schnieke, J. McWhir, A. J. Kind y K. H. S. Campbell, «Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells», *Nature* 385, 811-813 (1997). Este artículo se reproduce en un apéndice (pp. 359-366) del libro de divulgación que Wilmut y Campbell, con la ayuda del zoólogo y escritor Colin Tudge, escribieron en 2000, del que existe traducido al castellano: I. Wilmut, K. Campbell y C. Tudge, *La Segunda Creación*, Barcelona, Ediciones B, 2000.

*Dolly*, nacida en julio de 1996, fue creada transfiriendo la carga genética (el ADN, los cromosomas) del núcleo de una célula de una glándula mamaria (es decir, una célula somática, no germinal) de una oveja adulta a un óvulo no fecundado y enucleado.

Una vez que se abren las puertas de un nuevo mundo científico, éste será –salvo que los poderes públicos introduzcan restricciones legales– visitado, explorado, utilizado, incluso, si es realmente atractivo y fecundo, expoliado. Así es la ciencia, que nadie se engañe. Los mismos investigadores del Instituto Roslin continuaron «apretando la tuerca de la creación», dando una vuelta más, una vuelta que mostraba con claridad lo que vendría en el futuro: en 1997 nacía otra oveja, *Polly*, clonada a partir de células cultivadas y transformadas genéticamente (se les añadió un gen humano durante el proceso). Posteriormente, el 25 de noviembre de 2001 la empresa estadounidense de investigación genética, Advanced Cell Technology (ACT), anunció en una revista de la red (*e-biomed: The Journal of Regenerative Medicine*) que había clonado un embrión humano con una técnica similar a la empleada con *Dolly*. La investigación, se añadía, no tenía por objetivo la duplicación de un humano, sino la obtención de células madre, el nuevo Eldorado de la investigación biomédica, las células que, no se sabe muy bien por qué o cómo, poseen la capacidad de convertirse en todo tipo de tejidos de órganos, lo que las hace especialmente susceptibles de ser utilizadas en el tratamiento de muchas enfermedades. «Las entidades que estamos creando», manifestaba Michael West, el fundador de ACT, «no son individuos, ni científica ni biológicamente. Es sólo vida celular, no una vida humana».

No sería vida humana, pero ya existe la posibilidad. En la actualidad el rechazo a la clonación humana –no a la terapéutica– parece unánime, centrándose las posibilidades en luchar contra enfermedades hoy por hoy incurables, como la diabetes o el Alzheimer, pero ¿quién sabe lo que ocurrirá mañana, en ese futuro del que estamos hablando? ¿Llegaremos a intervenir tanto en nuestras características biológicas que terminaremos pareciéndonos a *cyborgs* (término acuñado 1960 por Manfred Clynes y Nathan Kline combinando las palabras inglesas *cybernetics* y *organism*; esto es, «organismo cibernético») como esos que hoy contemplamos en las películas?

Advanced Cell Technologies no es en realidad sino una entre otras –cada vez más– compañías (como Aastrom Biosciences, Geron Corporation, Layton BioScience, NeuralSTEM Biopharmaceuticals, Neuronys Inc., Nexell Therapeutics Inc., Osiris Therapeutics, ReNeuron, Stem Cell Sciences o StemCells Inc.) que se disputan un mercado futuro que consideran, con razón, muy lucrativo.

No hay razón para sorprenderse de lo que lo que está ocurriendo. ¿Esperábamos algo diferente en el mundo que hemos construido, un mundo que valora crecientemente la intervención de empresas privadas en, por ejemplo, la financiación de la investigación científica, como un fin perseguible para disminuir las pesadas cargas que soporta el Estado? ¿Por qué iba a regirse el mundo de la ciencia por leyes diferente a las del mercado, a, en particular, la búsqueda de beneficios? ¿Porque se trata de nuestra salud, de formas de vida, de cosas que nos son mucho más próximas que circuitos electrónicos o materiales diseñados a la carta? No seamos ingenuos. La ciencia, que siempre, o casi siempre, ha mantenido a lo largo de la historia relaciones con el poder, político, económico y militar, da poder, más que tenerlo ella misma, y busca relacionarse con él. Sabemos que en el

pasado ese poder ha producido inmensos beneficios materiales e intelectuales a la humanidad: vivimos más y mejor; somos más sabios, estamos más protegidos contra los mitos y falacias de todo tipo, y por consiguiente, somos más libres (aunque no, claro, necesariamente más felices). Por otra parte, es innegable que la ciencia también ha provocado consecuencias perjudiciales (sin ir más lejos, ha aumentado nuestra capacidad de matar). En conjunto, no obstante, han sido mucho mayores las mercedes que hemos recibido de la ciencia que las maldiciones, los rayos de luz más abundantes que los truenos. Y queremos saber, y sabemos, más, ayudados por el hecho de que existen en la actualidad más científicos vivos que los que hubo en toda la historia de la humanidad precedente.

#### EL PODER DE LOS CIENTÍFICOS

Y ¿qué influencia tienen estos científicos? ¿Cuál es su estatus moral? Esto es, ¿son capaces, o les interesa, de controlar los efectos de sus descubrimientos, las direcciones en las que se quieren aplicar? Y, si fuesen capaces o les interesase, ¿nos podemos fiar de ellos? En definitiva, ¿cuál es el poder de los científicos?

En cuanto al poder real de los científicos, pocos ejemplos ilustran cuán escaso, en general, es como el de la bomba atómica. Como es bien sabido, cuando estaba ya claro que se habían resuelto todos los problemas y que, efectivamente, se iban a fabricar bombas atómicas, algunos científicos (como James Franck o Leo Szilard) intentaron influir en los políticos para que no fuesen utilizadas. Hiroshima y Nagasaki son testigos de su fracaso. Me gusta recordar el caso de Niels Bohr, el gran líder y patrón de la física cuántica.

Tras abandonar Dinamarca –iba a ser detenido por los alemanes– en octubre de 1943, y conocer de primera mano la situación en el Proyecto Manhattan (con el que colaboró), Bohr llegó a la conclusión que el poder del arma que se estaba intentado fabricar sería tan grande que sin duda afectaría después de la guerra a las relaciones internacionales, por lo que sería conveniente iniciar conversaciones para controlar en el futuro la proliferación de este armamento y así disminuir el peligro que representaba. «Iniciar conversaciones» quería decir, «informar a la Unión Soviética». Acostumbrado como estaba a moverse sin ninguna traba en la comunidad científica internacional, en la que su poder, prestigio e influencia eran casi absolutos, Bohr contactó con diversas personalidades, como, entre otros, lord Halifax, embajador británico en Washington, personas del entorno del presidente Roosevelt, y Felix Frankfurter, juez de la Corte Suprema de Estados Unidos y asesor de Roosevelt. Uno de los objetivos de Bohr era entrevistarse con los principales líderes políticos –esto es, con Roosevelt y Churchill– y convencerles de sus ideas, para que obrasen en consecuencia. Finalmente, consiguió ver a Churchill el 16 de mayo de 1944, que le recibió acompañado de su asesor científico, lord Cherwell, esto es, el físico Frederick Lindemann, catedrático en Oxford y experto en bajas temperaturas, aunque especialmente recordado por sus actividades en el campo de la administración y política científicas. El encuentro fue un fracaso total. Bohr tuvo pocas oportunidades de exponer sus ideas, y a Churchill le molestó especialmente saber que el danés había hablado con Frankfurter, informándole de detalles secretos del proyecto nuclear aliado. Es instructivo leer la nota que Churchill envió unos meses después, el 20 de septiembre de 1944, a Halifax, el, como he dicho, embajador británico en Washington. En ella se ve la irritación de

Churchill, que no debió entender qué pretendía un hombre que se dedicaba a la ciencia. La política era para los políticos, no para advenedizos como los científicos. Este es el texto de la nota:<sup>8</sup>

8. Niels Bohr *Collected Works*, vol. 11 (*The Political Arena, 1934-1961*), Finn Aaserud, ed., Ámsterdam, Elsevier, 2005, pág. 260.

El Presidente [de Estados Unidos] y yo estamos muy preocupados por el profesor Bohr. ¿Cómo se metió en este asunto? Es un defensor de la publicidad. Proporcionó una información no autorizada al *Chief Justice* Frankfurter, que sorprendió al Presidente cuando aquel le dijo que conocía todos los detalles [del Proyecto Manhattan]. Dice [Bohr] que mantiene correspondencia con un profesor ruso, un viejo amigo suyo en Rusia [Pieter Kapitza], al que ha escrito sobre el asunto y puede estar escribiéndole todavía. El profesor ruso le ha urgido que vaya a Rusia para tratar algunas cosas. ¿De qué va todo esto? Me parece que Bohr debería ser confinado o al menos que se le hiciese saber que está muy cerca de cometer crímenes mortales. No me había dado cuenta de nada de esto antes, aunque no me gustó el tipo cuando me lo presentó, con todo ese pelo por la cabeza, en Downing Street. Hágame saber sus opiniones sobre este hombre.

Seguramente, Bohr también quedó muy sorprendido. No estaba acostumbrado, él que reinaba sin obstáculos en la comunidad científica internacional, a ser tratado de semejante manera, a que sus ideas no fuesen consideradas en absoluto. En cualquier caso, comprendió. Se dio cuenta de dónde residía el poder. No en la ciencia, no en los científicos, sino en la política y en los políticos. A partir de entonces sólo de vez en cuando realizó manifestaciones (de tipo general) sobre el problema del armamento atómico.

Con relación al estatus moral de los científicos, simplemente diré que los hay de todas clases. Como en prácticamente cualquier otra profesión. No son ni mejores ni peores que cualquiera de nosotros. Podría ilustrar estas afirmaciones; hablar, por ejemplo, del gran Isaac Newton, de Edward Teller, o, más recientemente, del médico italiano Severino Antinori, que desea clonar un humano, cueste lo que cueste; incluso, si es preciso en un barco en aguas internacionales.

Hay que reconocer que, no importa sus múltiples dimensiones más mundanas, las complejas relaciones que ha mantenido con el poder político, económico y militar, en conjunto debemos a la ciencia mucho. Es, en mi opinión, uno de nuestros tesoros más preciados. Ahora bien, ¿continuará siendo el balance positivo en el futuro? Siempre pensé que sí, que el conocimiento no puede ser malo. Ahora, que mi fe en los productores y consumidores de ese conocimiento es cada vez menor, no estoy tan seguro. Si, como contínuo, eso sí, pensando, la ciencia da poder, querría que siguiese siendo válida aquella vieja –aunque no por ello caduca– máxima de los revolucionarios franceses: «El poder se origina en el pueblo, que lo establece. Lo establece para su bien, no en su detrimento. Ese bien se concreta principalmente en el disfrute seguro de los derechos». ■