

Biotecnología y salud. Un análisis de riesgos y oportunidades

JOSEP L. BARONA

INSTITUT D'HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA I DOCUMENTACIÓ (UVEG-CSIC). UNIVERSITAT DE VALÈNCIA, ESTUDI GENERAL

Resumen

La actual transformación del sistema democrático y la creciente importancia económica y mediática de la industria tecnocientífica, especialmente en el dominio de la biomedicina, plantean un panorama complicado, con posibilidades y riesgos sin precedentes. El presente artículo pretende trazar un panorama general de la situación actual y analizar aspectos específicos como los riesgos de la biotecnología, las nuevas técnicas reproductivas, los trasplantes y la medicina regenerativa, así como los problemas éticos asociados.

Palabras clave: biotecnología, tecnociencia, industria, salud, medicina regenerativa, ética pública.

Abstract

The present transformation of the democratic system and the growing importance of technoscience in economy and in the media, particularly in the field of bio-medicine, show a difficult context, with unprecedented risks and opportunities. The present article tries to draw a general landscape analysing some specific aspects such as the risks associated to biotechnology, including the new reproductive technologies, transplants and regenerative medicine, as well as ethical problems associated.

Key words: biotechnology, technoscience, industry, health, regenerative medicine, public ethics.

1. La biotecnología en un universo democrático en transformación

Algunos de los pilares fundamentales de la sociedad democrática, tal y como fueron formulados y más tarde se consolidaron en la mayoría de las sociedades occidentales durante el período histórico posterior a la II Guerra Mundial, –la también llamada Guerra Fría–, han ido transformándose de una manera sutil, pero incesante, a lo largo del último cuarto de siglo. Se

trata de un proceso que no ha afectado, ciertamente, a aspectos esenciales de las concepciones más inherentes a la democracia liberal, como podría ser la estructura del estado, el modelo de representación política, la neutralidad confesional o el laicismo, la política parlamentaria, la libertad de expresión o la separación de poderes. Estos aspectos permanecen como aspectos indiscutibles del sistema político. Tampoco estas transformaciones han afectado a la capacidad de acción de los movimientos cívicos, ni al sistema de relaciones laborales entre las asociaciones de trabajadores y empresarios, aunque en realidad su influencia haya experimentado un retroceso palpable. No se trata, por lo tanto, de una transformación estructural, ni tan siquiera de un cambio formal evidente que pudiera haber afectado a los referentes ineludibles de aquella sociedad democrática, tolerante y liberal, que construyó un modelo paradigmático de sistema político durante la segunda mitad del siglo xx. Sin embargo, la permanencia, en líneas generales, del modelo y de los órganos que lo configuran, de los escenarios y los actores, del lenguaje y sus retóricas, no significa necesariamente que el sentido y la significación de las dinámicas sociales o el núcleo de valor que sustentaba aquella sociedad democrática se hayan mantenido inalterados en todos sus atributos más esenciales.

Uno de los aspectos que tal vez se ha ido transformando de una manera más general ha sido la articulación del sistema democrático alrededor de un orden jerárquico implícito, que hace unas décadas ponía en primer lugar y por encima de todo la autoridad y la función activa del estado. La democracia representaba un sistema de recompensas basado fundamentalmente en la justicia social, en el trabajo y el mérito, en la integración de los ciudadanos y en la protección social, y el papel del estado resultaba fundamental en la articulación de todos esos elementos. Todo ello configuraba un universo de relaciones integrador de las políticas públicas y ese fue el motor impulsor de la génesis, desarrollo y esplendor del estado de bienestar durante un largo período posterior a la II Guerra Mundial. Ese modelo de democracia se desarrollaba ya en el contexto de un mercado global que se regía por las leyes del libre comercio de mercancías y capitales, al amparo de una tolerancia legislativa que reconocía y daba legitimidad, al menos en parte, a las regulaciones estatales y permitía a los estados un grado importante de autonomía en la regulación de las relaciones laborales y en el impulso a las negociaciones entre empresarios y trabajadores.¹

Sin embargo, desde las dos últimas décadas del siglo xx, este universo de relaciones sociales y de valores políticos que se acaban de describir

1. He desarrollado estas ideas en trabajos recientes (Barona, 2006a y Barona, 2006b).

muy esquemáticamente está siendo sustituido por un nuevo *common world*, un nuevo modelo que ha transformado sutilmente muchos de los valores y de las normas explícitas o implícitas que orientaban y legitimaban las relaciones sociales en el universo democrático anterior. Cada vez más, el nuevo modelo se va articulando alrededor de un referente distinto al estado: el compromiso o la responsabilidad individual. Ello favorece la emergencia de nuevos valores, como son la transparencia o la eficiencia, que representan, sin duda, algunos de los más significativos referentes del nuevo modelo socio-económico-político. Pero la progresiva marginación del estado como agente regulador de las relaciones sociales y como garantía del bien común en beneficio de agentes privados individuales o colectivos, ha favorecido, al mismo tiempo, en la mayoría de los ciudadanos sentimientos de inseguridad y vulnerabilidad. Por eso la seguridad y el riesgo se han convertido en referentes insoslayables y en elementos esenciales del nuevo orden y del nuevo discurso (Callon, Lascoumes y Barthe, 2001).

Hemos asistido a la creación de nuevos conceptos que han alcanzado una significación fundamental: la gobernanza, por ejemplo, se ha convertido en la piedra angular del discurso de profesionales, empresarios, gobiernos, economistas, expertos universitarios, financieros y organismos internacionales. Detrás de ese neologismo, tan de moda, subyace una idea fuerza: lo más importante, el valor supremo, es la gestión eficiente. Resulta algo fácilmente comprensible si se tiene en cuenta que gobernar se ha vuelto sinónimo de gestionar un universo de relaciones en un proceso de continua transformación (Moreau Defarges, 2001: 165-172). La buena gobernanza se impone como idea fuerza para optimizar el funcionamiento de la administración pública, de las empresas, las industrias, el comercio o los programas de cooperación humanitaria. Según Boltanski y Chiapello el concepto de gobernanza representa en la actualidad al nuevo y poderoso «espíritu del capitalismo», alrededor del que se han ido generando nuevos conceptos, nuevos valores y se han interiorizado nuevas normas (Boltanski y Chiapello, 2000).

La tendencia a la sustitución del estado y a la gestión pública por la gobernanza eficiente a cargo principalmente de la iniciativa privada está teniendo consecuencias significativas en esferas muy diversas de nuestras sociedades, que resultaría ahora prolijo analizar con rigor y nos derivaría hacia otros asuntos ajenos a la orientación de este artículo. Sin embargo, conviene tener en cuenta algunas consecuencias. Ya hemos apuntado el desplazamiento del estado y el desprestigio de la gestión pública frente a la supuesta eficacia de lo privado. Otra consecuencia es la marginación y

el descrédito de la propia política, como algo superfluo, en beneficio de la gestión eficiente. Todo eso apunta a la sustitución del estado como agente principal y regulador de las políticas públicas en beneficio del mercado libre y de la privatización. Desde hace años, el crecimiento espectacular de las patentes y de los derechos de propiedad sobre todo tipo de productos naturales y tecnológicos, es un ejemplo evidente de la fuerte tendencia que conduce a la privatización del conocimiento (Angell y Relman, 2002: 13-25).

El nuevo contexto tiende a depositar todo el poder en la eficiencia y el buen funcionamiento de los mercados, de manera que el debate democrático, la negociación y la participación dejan de ser elementos centrales del sistema y no sólo pierden interés y valor en sí mismos, sino que además devienen molestos. El debate y la participación implican una pluralidad de agentes que deliberan y eso hace más compleja e imprevisible la toma de decisiones. En definitiva, la democracia deliberativa representa un obstáculo para la tendencia a fomentar formas de democracia piramidal. Dominique Pestre ha relacionado la creciente influencia de este proceso con la decadencia del ideal de la democracia de la deliberación, tal como fue formulada por Jürgen Habermas, entre otros, al inicio de la Guerra Fría (Pestre 2003).

La decadencia de la democracia deliberativa se está produciendo en beneficio del saber técnico de grupos de expertos aparentemente neutrales que, en realidad, se encuentran estrechamente relacionados con intereses económicos y sociales que son claramente identificables. Estamos asistiendo, pues, a una transformación del universo democrático caracterizado por la sustitución de la democracia deliberativa del estado, la política y el diálogo, por formas de tecnocracia legitimadas por el criterio legítimo de los expertos (Hatchuel, 2000; Heurigon y Landrieu, 2000; Joly, 1999; Milani, Arturi y Solinis, 2001). Es fácil comprender que, bajo estas circunstancias, el talante tecnocrático del nuevo discurso desprecie la política con el argumento-fuerza de que los políticos no son expertos, dependen de las elecciones y manipulan la democracia del diálogo en beneficio de sus intereses de gobierno.

Este proceso se está acelerando precisamente en un momento delicado, porque en la era del mercado global o globalización del comercio internacional la toma de decisiones depende de una amplia variedad de lógicas que van más allá del intercambio de productos, argumentos o regulaciones estatales. Por todo ello, la esfera política del estado está perdiendo importancia porque los actores económicos juegan, cada vez más, un papel fundamental en las redes de producción, innovación, compra y

venta, es decir, en la economía del conocimiento y en los procesos de producción de riqueza. Así las cosas, la tendencia actual hace que las grandes decisiones se adopten, cada vez más, al margen de los estados, puesto que dependen directamente de la dinámica de los mercados internacionales. Los principales actores de la economía mundial se han convertido en metapoderes, cuya fuerza reside en su capacidad de crear y producir conocimientos y objetos, y en la posibilidad de invertir allí donde consideren más oportuno, abandonando los países que no favorecen sus intereses (Beck, 2002). Llegados a este punto, conviene recordar una vez más que estos metapoderes económicos no se legitiman democráticamente mediante las formas clásicas de la representación, que han sido sustituidas por órganos de gestión como por ejemplo los bancos centrales, los consejos de administración o las juntas directivas. Cuando este sistema organizativo provoca un conflicto de intereses o se produce una vulneración de las normas, entonces es la administración de justicia la que se ocupa de resolver los conflictos.

2. La biotecnología, entre la industria y las políticas públicas

La tecnociencia ocupa una posición fundamental no sólo en la producción de conocimientos, sino también en la riqueza y en la economía de las sociedades postindustriales (Callon, Lascoumes y Barthe, 2001). ¿Hasta qué punto están legitimados los estados para legislar y tienen capacidad real para intervenir sobre la industria tecnológica y la investigación científica? ¿Hasta qué extremo el ámbito político del estado puede seguir siendo el escenario del debate democrático sobre los productos –materiales o intelectuales– de la tecnociencia? ¿Pueden las tradicionales estructuras democráticas influir en la toma de decisiones y en la regulación de las redes y los procesos industriales? ¿Todo comercio está justificado *a priori* o cabe limitarlo cuando afecta a aspectos fundamentales de la sociedad, a los valores públicos y a la ética social? La tendencia que se observa y que estamos analizando como predominante en el mundo industrializado actual elude toda interferencia política excepto en aspectos que afectan muy directamente a la moral o a la religión, como en los casos de la clonación de humanos, la experimentación con seres vivos, el comercio de órganos o la muerte asistida, entre otros (Dasgupta, 2000: 264-271).

El nuevo orden tecnocrático de expertos al servicio del libre mercado muestra una tendencia a simplificar o incluso a evitar las tensiones y los conflictos consustanciales a la democracia deliberativa, que son, en defi-

nitiva la expresión de la pluralidad y el fundamento de la investigación de soluciones que tomen en consideración el bien público por encima del beneficio particular. Casi todo cuanto se mueve en el ámbito de la ciencia y la tecnología afecta a la sociedad, comporta aspectos éticos o afecta al medio ambiente y por ello su impacto debe tener necesariamente consecuencias problemáticas. Es lo que sucede con los efectos de un peligro incierto asociado a ciertas tecnologías sobre la salud humana, como en el caso de las ondas electromagnéticas de baja frecuencia o a la transformación industrial de los alimentos. Analizaremos después algunos de estos asuntos. Resulta, sin embargo, sorprendente la capacidad que exhibe el nuevo orden para absorber la crítica y reformular los argumentos en beneficio propio. Un ejemplo bien conocido es el concepto de desarrollo sostenible, antes postulado con un sentido crítico, entendido como forma alternativa al desarrollo depredador de los recursos naturales, que posteriormente ha sido incorporado al acerbo neoliberal como argumento para conseguir más agua, producir más energía, más petróleo, tal vez más carbón y energía nuclear o más energías renovables. En definitiva, el desarrollo sostenible se ha vuelto una forma más de negocio para una emergente industria medioambiental (Hermitte y Kahn, 2004).

Cada vez más, la industria tecnocientífica gana poder económico y financiero y constituye la representación más paradigmática del principal y verdadero poder. Pensemos en el impacto económico de la industria informática, energética o sanitaria. Durante la Guerra Fría, el sistema de creación, aplicación y difusión del conocimiento configuraba una trama bien regulada en la que participaban colectivos de profesionales expertos, órganos públicos estatales, empresarios e industrias. En la actualidad, los procedimientos de evaluación generalmente se escapan a la esfera estatal o pública. Es cierto que las legislaciones son estrictas, pero, por ejemplo, la evaluación de fármacos mediante protocolos y ensayos clínicos, las técnicas biotecnológicas aplicadas a la fecundación y reproducción *in vitro* o al cultivo de células embrionarias, los efectos sobre la salud de las condiciones laborales, el impacto medioambiental de las grandes obras de ingeniería o comunicaciones, la exposición a ondas de telefonía móvil o cables de alta tensión, todos estos aspectos de la tecnoindustria que presentan elementos controvertidos, tienden a resolverse mediante informes de expertos externos, que muchas veces son profesionales particulares o pertenecen a entidades privadas. Es fácil comprender, pues, que, en la situación que va imponiéndose, quede excluida o abandonada toda forma de conocimiento o todo avance técnico que no sea claramente rentable, como también resulta muy difícil poner en cuestión todo aquello

que, siendo rentable, pueda contravenir los intereses de los metapoderes económicos.

3. El doble rostro de Jano: la biotecnología entre progreso y destrucción

La tecnología ha transformado cada vez más la vida humana hasta provocar una fuerte dependencia de ella. Los beneficios que ello ha reportado sobre las condiciones de vida son palpables y objetivables, aunque también ha provocado riesgos asociados a su uso masivo (Hi-Tech Horrors, 2007). Por ejemplo, los motores de combustión han transformado la industria del transporte, las infraestructuras viarias y la libertad de movimiento de los ciudadanos, pero, al mismo tiempo, han provocado la muerte de millones de personas por los accidentes de tráfico y también han perjudicado la salud pública debido al sedentarismo, la pérdida de calidad de vida en las ciudades o la salubridad del aire debido a la contaminación atmosférica. Lo mismo puede decirse del empleo de los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas...) durante casi dos siglos, fuente de energía esencial para el desarrollo, pero también implicada en el efecto invernadero y el calentamiento global. Los teléfonos móviles han revolucionado durante la última década las tecnologías de comunicación oral. Sin embargo, se están empezando a publicar informes que acumulan pruebas sobre la relación entre la radiación que emiten y el cáncer cerebral, particularmente desde la perspectiva de los niños y jóvenes cuya exposición es y seguirá siendo muy prolongada a lo largo de su vida. La opinión pública británica se ha hecho eco recientemente de dos informes oficiales de William Stewart, presidente de la Agencia para la Protección de la Salud (Health Protection Agency), sin que haya habido ninguna reacción política (Hi-Tech Horrors, 2007). En sus informes, Stewart se mostraba cauto y proponía medidas informativas sugiriendo que el gobierno hiciera públicas informaciones sobre los riesgos potenciales del uso excesivo del teléfono móvil, solicitaba que cada aparato incluyese información sobre los niveles de radiación que emite, de manera que el cliente pudiese elegir el teléfono de menor radiación, recomendaba el alejamiento de las antenas de telefonía de los centros escolares e insistía en una pedagogía de la disuasión del uso de móviles en niños. Ninguna de estas propuestas fue tomada en consideración por el gobierno británico, ni tampoco, que yo sepa, por otros gobiernos. Pero la cautela de los últimos meses frente a la amenaza de la telefonía móvil ha quedado en-

sombrecida por nuevos informes relativos al uso de la tecnología Wi-Fi, especialmente en las escuelas, pero también en las instituciones, barrios y otros lugares. Aunque la radiación que emiten las redes Wi-Fi es mucho menor que las de la telefonía móvil y no está tan próxima a la cabeza, es sin embargo constante y su peligrosidad reside en la imposibilidad de sustraerse a sus efectos, y como esta tecnología se está aplicando a ciudades enteras, será prácticamente imposible escapar a su influencia. Resulta imposible, hoy en día, evaluar sus efectos con una perspectiva temporal suficiente, por lo que, en realidad, estamos sometiendo a los ciudadanos y especialmente a los niños, a un experimento masivo de difícil pronóstico al rodearlos de una sopa de ondas (*electronic soup* o *waves soup*) ajena en absoluto al medio en el que se ha desarrollado durante millones de años la especie humana, en contra de toda ética de la investigación científica. Aunque sus efectos patógenos no están claramente demostrados –si bien se relaciona a su efecto la desaparición de las abejas en amplias regiones– habría que aplicar el conocido principio de precaución. En este caso, lo racional y prudente va en contra de los intereses industriales y de los beneficios económicos de grandes empresas tecnológicas y los gobiernos se muestran incapaces de frenar esta presumible amenaza para la salud humana.

Además de los riesgos de la biotecnología para el medio ambiente y la salud pública, su poder sobre los procesos más íntimos de la vida se ha manifestado a lo largo de la última década en una serie de nuevos territorios emergentes. Las técnicas de fertilización *in vitro* han abierto posibilidades inéditas en la selección genética de especies agrícolas –los llamados productos transgénicos– y de embriones animales y humanos. Por otra parte, el cultivo de células embrionarias pluripotenciales ha iniciado un largo camino de la medicina regenerativa, al tiempo que las tradicionales técnicas de trasplantes de órganos y uso de prótesis han ampliado su territorio de acción con la introducción de las técnicas de sustitución de órganos: los respiradores artificiales, las máquinas de diálisis o los marcapasos son algunos de los ejemplos más conocidos.

La capacidad de intervención sobre la vida humana ha provocado reacciones ideológicas de oposición tanto desde posiciones religiosas como ecológicas o naturalistas. Los estados se han visto abocados a establecer regulaciones y a crear comités de bioética para dar respuesta a las situaciones controvertidas. Recientemente en el Reino Unido la *Human Fertilisation and Embryology Authority* aprobó que las familias con antecedentes de cáncer de mama pudieran someterse a una exploración denominada diagnóstico genético pre-implantación (DGP) para determinar esta

predisposición en el embrión, lo que provocó una furibunda respuesta de los activistas pro vida. En términos comprensibles, la técnica consiste en fecundar un óvulo *in vitro*, hacerlo crecer durante unos días hasta que se ha formado un minúsculo embrión de ocho células, de las cuales se extrae una para biopsia. Los riesgos asociados a la técnica son mínimos y si el embrión carece del factor que la familia trata de evitar, puede implantarse en el útero materno y dar origen a un feto sano. La técnica no es sencilla, como cualquier otra técnica de fecundación *in vitro*, con porcentajes de éxito que rondan el 25%, por lo que son procedimientos que se aplican selectivamente desde la década de los años 1990 y difícilmente pueden generalizarse de forma trivial (Shakespeare, 2007). Hasta ahora el DGP se ha aplicado a enfermedades que se manifiestan ya desde el parto o los primeros momentos de la vida del niño, como las enfermedades degenerativas del estilo de la fibrosis quística o la distrofia muscular. En vez de optar por la práctica de una exploración genética durante el embarazo y el aborto de los fetos afectados, el DGP permite evitar el trauma del aborto. En muchos países se ha autorizado la técnica para los casos de familias afectadas de enfermedades degenerativas hereditarias graves como la enfermedad de Huntington, el cáncer de mama hereditario o el cáncer de colon. Son familias que han conocido el trauma de la muerte de sus parientes y no desean que sus hijos hereden el riesgo de la enfermedad. El principal argumento contrario insiste en que no todos los ciudadanos que poseen los genes acaban desarrollando un cáncer, con porcentajes que van del 50 al 80%, por lo que rechazan la destrucción de embriones.

Contestando a quienes se escandalizan de estos procedimientos, T. Shakespeare afirmaba:

For myself, I'm not very concerned about embryos. A tiny ball of cells does not seem to me to be a person, or in special need of protection. Nor do I fear that this technique will be used for creating perfect people - the science is too complex for that, and we can regulate to avoid the use of the technology for non-medical reasons. I do not think PGD will ever become widespread, unless there is a major and unanticipated technological advance.

La medicina tiene como principal objetivo la salud y el bienestar de las personas, por lo que la prevención del cáncer o de ciertas enfermedades degenerativas es una buena razón para aplicar técnicas de selección de embriones. Desde la pura economía social, no sólo se evita así el sufrimiento humano, también el gasto en asistencia médica que estas enfermedades conllevan.

4. El trasplante de órganos y la conservación artificial de la vida

Conforme ha ido avanzando el siglo xx, cada vez han sido más numerosas las personas con deficiencias orgánicas que dependían de una máquina para su supervivencia. En unos casos era un órgano artificial o trasplantado; en otros, la sustitución de un órgano o su estimulación mecánica, otras veces la ingestión de un sustituto químico de la función alterada. No obstante, esa dependencia de un agente exterior presenta connotaciones bien distintas en cada caso. No existe la misma percepción del grado de discapacidad de un diabético que compensa su déficit hormonal con insulina, que del traumatizado que se vale de un miembro artificial, el paciente con insuficiencia renal que depende de una diálisis periódica, el que lleva instalado un marcapasos o el trasplantado de hígado.

La sofisticación en la tecnología sustitutiva de las funciones orgánicas puede ejemplificarse en la transición del llamado pulmón de acero –aquel gran armatoste semejante por su aparatosidad y su tamaño a una cámara mortuoria, en el que se depositaba el cuerpo del paciente– a la ventilación interna por presión positiva, mucho más aceptada al no implicar tubos o grandes aparatos.

El empleo, cada vez más habitual, de instrumentos de diferente tamaño instalados en el interior del cuerpo (órganos trasplantados, marcapasos, válvulas, prótesis...) no ha provocado en la población reacciones de intrusión o asalto al propio cuerpo, a pesar de que muchas veces requieren formas de cirugía muy complejas. Por eso, la amplia difusión de toda una serie de tecnologías cada vez más habituales en la práctica clínica –como, por ejemplo, las endoscopias– en la terapéutica y la rehabilitación, ha despertado reacciones tanto de simpatía y confianza como de rechazo. Todo ello ha desencadenado situaciones nuevas, que han requerido nuevas concepciones y nuevas actitudes sociales. Por ejemplo, el hecho de sobrevivir gracias a las inyecciones de insulina, a la acción de un ventilador o a la máquina de diálisis se ha planteado últimamente más bien como una forma de discapacidad que requiere apoyo social y psicológico para garantizar los derechos del discapacitado, de modo que el problema de la máquina o la enfermedad tienden a redefinirse principalmente en clave de la respuesta que debe dar la sociedad ante las más variadas formas de discapacidad o dependencia.

La diálisis renal se empezó a aplicar al tratamiento de la insuficiencia renal aguda precediendo al actual tratamiento de enfermos con insuficiencia crónica. La invención de la técnica en los años 1930 planteaba unas condiciones iniciales bastante complicadas; era necesario el empleo de he-

parina –un anticoagulante– para evitar las trombosis en los pacientes dializados, y se empleaban cubiertas de celofán en los primeros aparatos, con un gran temor por el riesgo a las infecciones. El holandés Willem Kolff fue el primero en realizar con éxito un riñón artificial durante los años de la II Guerra Mundial y después desarrolló sus máquinas en los Estados Unidos de América. En 1960, Belding Scribner, médico de Seattle (EEUU), inventó una variante de los aparatos anteriores, que permitía practicar repetidamente la diálisis. A mediados de los años 1960 la diálisis se había extendido por Europa, Canadá y los Estados Unidos de América. Su implantación se fue extendiendo desde unas cifras iniciales de 30 nuevos pacientes por millón al año –que era la cifra de los años 1960– hasta unos 40 nuevos pacientes al año en 1970 y 80 nuevos pacientes en los años 1990.

La respiración asistida mediante ventiladores es otra de las técnicas de conservación artificial de la vida que ha revolucionado la situación y las perspectivas de los enfermos en los servicios de reanimación y de medicina intensiva. La historia de estos aparatos, aun siendo breve, atravesó tres etapas. Antes del siglo xx se propusieron varios inventos, tanto manuales como mecánicos, cuyo objetivo era insuflar aire periódicamente en los pulmones y provocar así su contracción y dilatación. Pero ninguno de ellos alcanzó gran difusión. La historia de los ventiladores se inició realmente con la invención del ventilador por presión negativa, que consistía en reducir la presión del aire alrededor del pecho del paciente para hacer que el tórax se contraiga y el paciente realice un movimiento de espiración. Este enfoque se consolidó con la fabricación del llamado *Drinker Tank Respirator*, en 1928, que es el aparato popularmente conocido como pulmón de acero, que fue diseñado por Philip Drinker, un ingeniero de la *Harvard School of Public Health*. A pesar de su aparatosidad, el pulmón de acero adquirió una gran popularidad, lo que testimonia su impacto sobre la opinión pública, puesto que había una demanda urgente en muchos países occidentales para atender a niños que padecían poliomielitis y corrían el riesgo de morir si quedaban paralizados sus músculos respiratorios. La tercera fase de evolución de los respiradores se inició tras la epidemia de polio que afectó a Copenhague en 1952, cuando una variedad diferente del virus que provoca la enfermedad llevó a muchos pacientes a morir en el pulmón de acero. Se ideó entonces otra alternativa consistente en bombear aire al interior de la tráquea mediante tubos; es la llamada ventilación interna por presión positiva (IPPV).

La tecnología de los trasplantes de órganos ha marcado también las últimas décadas del siglo xx. A pesar de que el descubrimiento y la tipificación de los grupos sanguíneos por parte de Landsteiner a comienzos del

siglo xx abrió esperanzas en este sentido, la mayoría de los intentos fracasaba como consecuencia de los problemas de histocompatibilidad, reacción inmunitaria y rechazo. En los años 1950 avanzaron considerablemente los conocimientos inmunológicos y en una fecha tan temprana como 1954 se realizó un primer trasplante de riñón en los Estados Unidos de América a dos gemelos idénticos. A partir de entonces se multiplicaron los intentos de trasplante hepático y cardiaco. Es bien conocido el impacto que tuvo sobre la opinión pública internacional el primer trasplante de corazón realizado en Sudáfrica en 1967 (Younger, Fox y O'Connell, 1996).

Pero el crecimiento espectacular de la tecnología de los trasplantes tuvo lugar a partir de 1983, tras descubrirse los efectos inmunosupresores de la ciclosporina, un fármaco que pronto adquirió fama de poseer una gran efectividad frente al principal problema de la tecnología de los trasplantes: el rechazo. El aumento del trasplante de órganos ha planteado otro problema de gran envergadura, que va asociado a la donación o venta de órganos, y la aparición de organizaciones mafiosas que practican todo tipo de atrocidades para obtenerlos, en contra de la vida humana y los derechos civiles. Una forma de delincuencia que ha aumentado considerablemente en los últimos años, dando pie a organizaciones internacionales de delincuentes que operan principalmente en países pobres de África.

5. Las tecnologías de la reproducción

La evolución de los censos de población desde mediados del siglo xx ofrecía unas tendencias al crecimiento tan espectaculares que desataron de inmediato lecturas maltusianas ante la amenaza de un desastre inminente causado por la explosión demográfica. La falta de alimentos, la acumulación de residuos, el deterioro del medio ambiente, los movimientos migratorios... todo hacía presagiar un deterioro de las condiciones de vida del planeta difíciles de controlar (Chadwick, 1992; Ginsburg y Rapp, 1995; Cooter y Pickstone, 2000). Esta panorámica representaba una amenaza real para los países industrializados y dibujaba unas condiciones de vida propicias a la agudización de las desigualdades, la crisis política y la revolución social, que se podía ver alentada por el binomio sobrepoblación y miseria. Justamente en ese contexto es en el que se produjo el descubrimiento de los anticonceptivos orales, que llegaron a su comercialización en las oficinas de farmacia en los años 1960. La famosa píldora anticonceptiva no era más que la combinación de estrógenos y progesterona, un

medicamento hormonal que prometía proteger a la mujer de los embarazos no deseados y repetidos, lo que le permitiría disfrutar de una sexualidad más autónoma y liberarse de su rol tradicional ligado exclusivamente a la maternidad, al cuidado del hogar y a la crianza de los hijos. Obviamente, la píldora anticonceptiva desencadenó un amplio debate social y sanitario, que destapó posturas encontradas, no tanto por razones de salud como de ideología, hasta que en 1974 el *National Health Service* británico decidió ofrecer servicios de asesoramiento a la anticoncepción a las mujeres, con independencia de su estado civil. A partir de entonces, los anticonceptivos orales se convirtieron en el método más popular para prevenir los embarazos y comenzó a hablarse de la *revolución de la píldora*.

Ya unas décadas antes, a partir de los años 1940, la tecnología sanitaria puso a punto técnicas de inseminación artificial, que fueron objeto de debate público. El método de la inseminación artificial es un método sencillo, que inicialmente no tenía otro objetivo que resolver ciertos casos de esterilidad, que preocupaban a un porcentaje significativo de la población, sin que pudieran explicarse a ciencia cierta las causas. A partir de los años 1950 dieron cierta luz las investigaciones clásicas de Macleod que relacionaron la infertilidad con una disminución de la densidad del semen. Una técnica de gran relevancia para el estudio clínico de la fertilidad fue la laparoscopia, iniciada en los años 1960 por P. Steptoe para visualizar directamente los órganos reproductores de la mujer. En 1968, Robert Edwards, de Cambridge, solicitó la colaboración de P. Steptoe para obtener óvulos humanos destinados a realizar investigaciones de fertilización *in vitro*. Los ensayos fueron un éxito y en 1978 Lesley Brown daba a luz a su hija Louise como consecuencia de esas investigaciones, a partir de las cuales se había conseguido fertilizar el óvulo de la mujer con espermatozoides de su marido. Hace, pues, un cuarto de siglo se inició la historia de la fertilización *in vitro*, que aportó a la tecnología sanitaria la posibilidad de iniciar la vida de un nuevo ser humano en un laboratorio fuera del antro materno.

En España, la primera experiencia de fertilización artificial se realizó en 1982, y pronto se desarrolló el necesario marco jurídico para regular el uso de estas técnicas. En noviembre de 1988 se promulgó la Ley de Reproducción Asistida y la rápida evolución de nuevas tecnologías aconsejaron una actualización o reforma de aquella ley para incorporar novedades como el almacenamiento de embriones para obtener células madres embrionarias para su empleo terapéutico. A raíz de estas novedades se ha abierto una discusión pública en muchos países –entre ellos España– cuya resolución mediante el consenso deberá abocar a una reforma legal.

6. Las terapias regenerativas

El anuncio público del éxito en la clonación de la oveja *Dolly*, llevado a cabo por un grupo de científicos escoceses en 1998 marcó un hito sin precedentes en la historia de la biotecnología. No sólo se había logrado un sueño jamás alcanzado antes –el de clonar a un ser vivo a partir de sus propias células adultas– sino que los experimentos que permitían obtener células madre a partir de embriones de diversas especies animales obtenidos por fecundación artificial abrían un horizonte terapéutico inalcanzable hasta entonces. Este panorama no excluía la aplicación de esas nuevas tecnologías a la especie humana. De este modo, los años finales del siglo xx coincidieron con el nacimiento de la llamada *medicina regenerativa*, que se convertía así en una ambición posible gracias al éxito obtenido en los experimentos de transplante nuclear.

Esta nueva técnica biológica permitía minimizar el riesgo del temido rechazo inmunológico frente a los trasplantes de tejidos y órganos, ya que el componente genético de los tejidos trasplantados podía coincidir con el del propio paciente, poseer su misma identidad biológica, algo sólo imaginable a partir de la clonación. El procedimiento que se siguió consistía en obtener varias líneas de diferenciación de células madre embrionarias a partir de blastocitos –las células embrionarias que se multiplican en las primeras fases del desarrollo embrionario y que carecen aún de diferenciación. Esas células se obtienen a partir de células adultas o de óvulos del paciente y son genéticamente idénticas a sus células. La principal orientación de la medicina regenerativa plantea, pues, crear embriones humanos mediante cultivos en el laboratorio para disponer de células madre germinales susceptibles de engendrar tejidos adultos sanos, capaces de restaurar los tejidos alterados del paciente.

El gran reto de la biotecnología consiste precisamente en dirigir la diferenciación de esas células; es decir, lograr que puedan originar cualquier tipo de células del organismo. Por eso, el principal reto que tiene planteado la medicina regenerativa en la actualidad consiste en avanzar en el conocimiento de los procesos más íntimos de la biología de las células embrionarias, averiguar cuáles son los mecanismos que las mantienen indiferenciadas y cuáles las claves más íntimas de los procesos que regulan su diferenciación en uno u otro tejido.

A partir de los blastocitos se obtienen líneas de desarrollo celular con una gran capacidad de multiplicación y diferenciación. Esas células poseen la misma dotación genética que la persona donante, lo que las hace perfectamente compatibles con el resto de sus células y garantiza la au-

sencia de cualquier rechazo o incompatibilidad inmunológica. En los últimos años, investigadores de la *Advanced Cell Technology* (ACT) de Massachusetts obtuvieron resultados muy favorables, como la creación de un embrión clónico de vaca, logrado en el año 2002. A partir de las células embrionarias de este animal se consiguió obtener tejido renal susceptible de ser trasplantado en la propia vaca donante, de modo que mostraba un perfecto funcionamiento para ejercer las funciones propias del riñón, filtrar la sangre y fabricar la orina. Otras investigaciones sobre terapia regenerativa van en la dirección de reparar el tejido muscular dañado tras un infarto de miocardio. R. Lanza, investigador de la empresa ACT y P. Anversa, del *New York Medical College* han conseguido recientemente llevar a cabo experimentos de clonación terapéutica de tejido muscular cardíaco infartado en ratones, lo que significa el desarrollo de una técnica para diferenciar las células precursoras del miocardio a partir de células madre embrionarias. Una vez obtenidas esas células precursoras, se trasplantan en las zonas del miocardio cuyo tejido ha sido dañado para que evolucionen en su proceso de maduración generando tejido cardíaco.

Algunas enfermedades degenerativas como la enfermedad de Parkinson o la enfermedad de Alzheimer están también en el punto de mira de las investigaciones en terapia regenerativa. Por ejemplo, la fisiopatología del Parkinson se asocia a un déficit de dopamina, sustancia neurotransmisora que desempeña una función fundamental para ciertos procesos de la actividad cerebral. Este déficit está relacionado con el deterioro de las células de la sustancia gris cerebral. R. McKay del *National Institute for Health* de Estados Unidos de América consiguió recientemente transformar células madre embrionarias en células con actividad dopaminérgica en animales de experimentación y, de esa forma, regenerar los daños cerebrales que provoca la enfermedad de Parkinson. Sin embargo, las dificultades que plantea conseguir la diferenciación de todas las células madre sin excepción o el filtrado de las no diferenciadas ha provocado que el efecto beneficioso fuese acompañado de la formación de tumores cerebrales. En la misma línea de investigación se han venido desarrollando últimamente intentos de regeneración de lesiones medulares. La empresa californiana *Geron Corporation* está realizando ensayos clínicos con células madre embrionarias para utilizar las que se encuentran en una fase de comienzo de su diferenciación, con objeto de regenerar lesiones de la médula espinal, del tejido óseo en enfermedades degenerativas crónicas como la osteoporosis y el desgaste de cartílago en procesos como la artritis.

Los ejemplos anteriormente mencionados indican hasta qué punto el cultivo de células madre embrionarias ha abierto expectativas inusitadas

en el tratamiento regenerativo de enfermedades crónicas hasta hoy inaccesibles a cualquier tipo de terapia.

Actualmente hay líneas de investigación encaminadas a lograr la creación de embriones clónicos que permitan regenerar el propio sistema inmunitario, cuya alteración provoca enfermedades autoinmunes: esclerosis múltiples, lupus eritematoso, diabetes juvenil o ciertas formas de artritis. El programa de trabajo es muy claro y consiste en convertir las células madre embrionarias en células de la médula ósea, que es el tejido precursor de todas las células componentes de la sangre, entre ellas los leucocitos directamente relacionados con la respuesta inmunitaria celular. En la actualidad, la técnica del trasplante de médula va necesariamente acompañada de un tratamiento con medicamentos inmunosupresores, que son fármacos muy agresivos para el paciente. Las células de la médula ósea son las más versátiles de cuantas células adultas componen el organismo humano, porque no sólo son las precursoras de las células sanguíneas, sino que también tienen la posibilidad de regenerar otros tejidos dañados como el músculo cardíaco o los cartílagos, entre otros, siempre que se consiga que las células emigren hacia el lugar donde se desea realizar la regeneración tisular.

7. Salud, tecnología y ética pública

La creciente dependencia entre economía, tecnología industrial y salud ha provocado la configuración de un complejo tecnocientífico o tecnociencia que afecta muy estrechamente a la vida y la muerte de los ciudadanos. Cuestiones como el aborto, las formas artificiales de fecundación *in vitro*, las nuevas tecnologías de la reproducción, la clonación, la selección sexual, la eugenesia, la experimentación y las pruebas clínicas con seres humanos, los derechos de los pacientes frente al aparato asistencial, la ingeniería genética, la confidencialidad y la privacidad de la información clínica, la eutanasia, la venta de órganos, el derecho a la asistencia sanitaria, la información consentida, el uso terapéutico de placebos y drogas, la prolongación artificial de la vida, son algunos de los aspectos que requieren respuestas de consenso en las sociedades laicas (Chadwick, 1992; Cooter y Pickstone, 2000).

Las cuestiones implicadas son de una índole tan diversa, que no sólo atañe a médicos y pacientes, sino que filósofos, teólogos, humanistas, sociólogos, juristas, colectivos feministas, políticos y amplios sectores de la opinión pública han intervenido. En la medida en que todas estas voces

aportan puntos de vista diferentes y en ocasiones contradictorios, respuestas parciales a los problemas éticos que plantea la práctica médica, puede considerarse que la llamada ética médica o bioética constituye un cuerpo de discurso plural y fuertemente trabado culturalmente (Cooter, 2000). El filósofo Stephen Toulmin considera que la medicina ha salvado la vida a la ética al devolverle la seriedad y la relevancia para el ser humano que había perdido durante el período entre guerras.

Dada la complejidad de las cuestiones planteadas, tanto las poderosas empresas multinacionales que controlan la industria farmacéutica, como los estados, los servicios de salud y órganos encargados de financiar la investigación pública han tenido que recurrir a la creación de comités de ética, cuyo principal cometido es el de asesorar en la regulación de las prácticas científicas en el dominio de la biología experimental y la medicina clínica (Jonsen, 1998). La trascendencia de la investigación, la industria, el consumo, la salud, la sexualidad, la alimentación sobre el ciudadano actual es de tal envergadura que resulta difícil rebatir la lúcida y provocativa idea de Foucault cuando afirmaba que el cuerpo humano se ha convertido en el primer territorio colonizado por el poder.

Tantas son las decisiones trascendentales que deben de tomarse en acciones quirúrgicas, terapéuticas, en el desarrollo de la investigación médica, en situaciones de regulación jurídica o actos judiciales, en decisiones de política económica asociadas al derecho a la asistencia médica que ya en los años 1970 se creó en los Estados Unidos de América una *National Commission for the Protection of the Human Subjects of Biomedical and Behavioural Research*. Infinidad de decisiones cotidianas poseen implicaciones éticas, al menos en la medida en que la vida y la muerte dependen literalmente de esas decisiones. Pero no hay que olvidar que las normas son siempre convencionales y, en la medida en que forman parte de un sistema sociocultural, deben contar siempre con el respaldo de la opinión pública, puesto que están influidas por ella.

La situación de los comités de ética y de la opinión pública es muy variable en los distintos países, en función del grado de laicidad y de la capacidad de influencia de las grandes instituciones políticas, económicas o religiosas. En los países confesionales es obvio que los problemas éticos asociados a la práctica médica se resuelven desde los valores acerca de la vida, el pecado, la salud o la muerte que emanan de las creencias religiosas y la tradición. No existe, en este caso, una gran receptividad a valorar con argumentos laicos los nuevos problemas éticos asociados a la medicina. Pero incluso en los países laicos, la influencia de las instituciones religiosas y su capacidad de presión es muy importante. La influencia de la Igle-

sia católica en países como España es evidente, pero también el discurso de ética médica que ha prevalecido en Estados Unidos de América desde mediados del siglo xx ha estado fuertemente influido por el catolicismo, lo que ha provocado numerosas controversias morales sobre cuestiones de investigación, técnicas de anticoncepción, aplicación del aborto o eutanasia.

Las primeras experiencias sobre el trasplante de órganos se iniciaron a mediados de los años 1950 en enfermos aquejados de insuficiencia renal irreversible y apenas unos años más tarde, la técnica del trasplante de riñón se había consolidado con éxito, gracias a donantes de la misma familia del paciente. Por eso ya en los años 1960 se tuvieron que establecer las primeras reglamentaciones sobre la donación y el uso de órganos humanos de vivos o de cadáveres. En el Reino Unido se aprobó *The Human Tissue Act* (1961) (Acta sobre los tejidos humanos), que regula la extracción de órganos de cadáveres, siempre que el difunto hubiese expresado en vida el deseo de donarlos, aunque también admite los órganos de quienes no hubiesen expresado objeciones a la donación, si tampoco lo hacen sus descendientes. Las primeras regulaciones nacionales no recogían problemas que se han detectado posteriormente, como los criterios de determinación y la certificación de la muerte en el caso de enfermos crónicos, intubados artificialmente o enfermos que perviven en estado vegetativo. En cambio, las regulaciones más recientes suelen recoger el criterio de muerte cerebral o la autorización para realizar extracciones en casos de enfermos en estado vegetativo persistente. La creciente demanda de órganos para el trasplante ha acelerado el comercio del que algunos han denominado irónicamente el supermercado de órganos.

La evaluación social de la tecnociencia (technological assessment) constituye un elemento fundamental para democratizar la ciencia y abrir el debate en torno a las grandes cuestiones más allá de la pura discusión entre especialistas. En la Unión Europea (UE) se han llevado a cabo iniciativas sectoriales en el seno del Consejo de Europa (Muñoz, 1994: 135). En 1978, el Consejo elaboró una resolución sobre el trasplante de órganos y a finales de 1989 celebró un congreso sobre bioética, en el que se abordaron, entre otros, los problemas fundamentales de la biomedicina, las fuentes de información de utilidad para la bioética y la creación de comités de expertos, que empezaron a funcionar a partir de 1983. Tras la reunión de Madrid, de 1992, se empezó a avanzar en la redacción de un acta o convenio que, en palabras de Emilio Muñoz (1994: 137):

El convenio se concibe como un marco que establezca unos principios generales y una serie de leyes concretas sobre cuestiones centrales y urgentes. Las grandes cues-

ciones contempladas son: regulación en lo concerniente a los trasplantes y la donación de órganos de manera que se prevén los castigos y sanciones para quienes comercien y trafiquen con ello. La procreación asistida se acepta como acto médico y no como acto social. Se rechaza, por tanto, el concepto de nueva modalidad de embarazo y se admite su dimensión clínica, entendida para resolver problemas de esterilidad. Se plantea tanto la «ética de la donación» como la «ética de la utilización». El proyecto se preocupa de garantizar los derechos legales de los hijos fruto de la procreación asistida, de manera que sus derechos como persona primen sobre los hechos estrictamente biológicos.

También se aborda la cuestión de la ingeniería genética en su aplicación al hombre. El único criterio que puede justificar las modificaciones en el patrimonio genético humano es de carácter médico en cuanto se destinan a curar o prevenir, pero no se autorizaría la modificación por razones sociales.

La Unión Europea inició una serie de medidas legislativas a partir de 1982, como el registro de trabajos que emplean ADN recombinante (Recomendación 82/472/EEC). Su modelo de actuación es el de formular recomendaciones que luego pueden ser asumidas por los estados miembros. Dada la importancia social y económica que estaban adquiriendo las investigaciones en biotecnología, creó un Comité Directivo (*Biotechnology Steering Committee*) para coordinar las políticas y regulaciones que atañen a la biotecnología y sus implicaciones éticas, presidido por el director general para la ciencia, la investigación y el desarrollo y formado por directores generales de mercado interno, medio ambiente, protección al consumidor y seguridad nuclear, empleo, asuntos sociales, educación y agricultura. En 1985, la UE fundó un comité de coordinación (*Biotechnology Interservice Regulation Committee*) para regular los usos industriales y comerciales de la biotecnología, al tiempo que las federaciones europeas de diversos sectores industriales relacionados con la biotecnología constituían un *European Committee on Regulatory Aspects of Biotechnology*, que elaboró un protocolo para la evaluación de riesgos de los experimentos relacionados con la liberación al medio ambiente de organismos modificados genéticamente. A estas iniciativas se ha sumado la creación de comités de ética en los diversos estados, como estamentos indispensables para garantizar que la investigación científica y sus aplicaciones tecnológicas no infringen normas fundamentales de respeto a los derechos humanos. La evolución de la tecnociencia y la envergadura de la industria de la salud han adquirido en la actualidad tales dimensiones y una importancia económica tal que resulta imprescindible regular la dinámica a que conduce espontáneamente el mercado. Sólo un marco de regulaciones internacionales que mantenga en cualquier lugar del mundo el más escrupuloso respeto a los derechos inalienables de la

condición humana y los principios de la justicia social podrán frenar los riesgos y perversiones del gran poder de la industria sanitaria y la biotecnología.

Corolario

La transformación que está experimentando el sistema democrático y los nuevos escenarios de decisión de las relaciones internacionales junto con la creciente importancia de la industria tecnocientífica dentro del universo mediático plantean un panorama complicado, con posibilidades y riesgos sin precedentes. La progresiva marginación del estado como agente regulador, y de los espacios de debate y representación política de la esfera pública, acentúan la tendencia a eludir el control político y democrático en beneficio de las dinámicas mercantiles asociadas a la lógica de los poderes económicos y de la industria militar. Regulación democrática y bien público pierden así importancia como valor principal y quedan reducidos a un segundo plano ante el predominio del complejo producción-consumo-beneficio. La dinámica de privatización del conocimiento y de los productos de la ciencia y la tecnología es una de las principales amenazas para la democracia, que debería de provocar reacciones de ciudadanos y movimientos cívicos a escala internacional. Es necesario reanudar el debate público como punto de partida de una crítica de las inconsistencias y los efectos perniciosos que genera la simple gobernanza de la creciente industria del conocimiento, sus productos, la naturaleza y el medio ambiente. Cada vez es más urgente analizar y regular con criterios de universalidad las estructuras de poder que hay detrás de la industria agroalimenticia, de las industrias de la salud, la energía, el armamento o el medio ambiente. Si la opinión pública internacional y los espacios de debate y participación pública (estatales, cívicos, no gubernamentales...) no reaccionan ante la configuración de formas de poder absoluto que actúan por encima de las leyes, en un futuro no demasiado lejano asistiremos a la vulneración impune de los derechos humanos, convertidos en un anacronismo de fugaces democracias utópicas del pasado.

Bibliografía

- ABRAHAM, J. (1995): *Science, Politics and the Pharmaceutical Industry: Controversy and Bias in Drug Regulation*, Londres, UCL Press.
- ANGELL, M. Y A. S. RELMAN (2002): «Patents, profits and American medicine: conflicts of interests in the testing and marketing of new drugs», *Daedalus*, 13-25.
- BANTA, H. D., C. J. BEHNEY Y J. S. WILLEMS, (1981): *Toward Rational Technology in Medicine*, New York, Springer.
- BARONA, J. L. (2004): *Salud, tecnología y saber médico*, Madrid, Editorial Ramón Areces.
- (2006 a): «Ciència, democràcia i mercat global», *Espil*, 23, 14-24.
- (2006 b): «Biotecnología. Ciencia, política y mercado», *Revista Digital Universitaria (UNAM México)*, 7, nº 11.
- BECK, U. (2002): *Macht und Gegenmacht im globales Zeitalter*, Fráncfort, Suhrkamp.
- BLUME, S. (1992): *Insight and Industry. On the Dynamics of Technological Change in Medicine*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- (2000): «Medicine, Technology and Industry» en COOTER, R. Y J. V. PICKSTONE, (eds.): *Medicine in the twentieth century*, Ámsterdam, Harwood Academic, 171-185.
- BOLTANSKI, L. Y E. CHIAPELLO (2000): *Le nouvel esprit du capitalisme*, París, Gallimard.
- BUSE, K. Y G. WALT (2002): «The World Health Organisation and Global Public-Private Health Partnerships: in Search of Good Global Health Governance» en *Public-Private Partnerships for Public Health*, Harvard, Harvard University Press, 169-195.
- CALLON, M., P. LASCOUMES Y Y. BARTHE (2001): *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, París, Seuil.
- CHADWICK, R. (ed.) (1992): *Ethics, Reproduction and Genetic Control*, Londres, Routledge.
- COOTER, R. Y J. V. PICKSTONE (eds.) (2000): *Medicine in the twentieth century*, Ámsterdam, Harwood Academic.
- DAHAN, A. Y D. PESTRE (2004): *Science et Guerre, 1940-1960*, París, Éditions de l'EHESS.
- DASGUPTA, P. (2000): «Science as an Institution: setting priorities in a new socio-economic context», *World Conference on Science. Science for the 21st Century, A new commitment*. París, UNESCO, 264-271.
- DAVIS, A. D. (1981): *Medicine and Its Technology: An Introduction to the*

- History of Medical Instrumentation*, Westport, Greenwood Press.
- DOSI, G. (1982): *Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change*, Research Policy.
- GAUDILLIÈRE, J. P. Y I. LÖWY (eds.) (1998): *The Invisible Industrialist: Manufactures and the Production of Scientific Knowledge*, Houndsmills, Macmillan.
- GELIJNS, A. C. (ed.) (1992): *Technology and Health Care in an Era of Limits en: Medical Innovation at the Crossroads*, Vol. 3, Washington, National Academy of Sciences Press.
- GELIJNS, A. C. Y H. DAWKINS (eds.) (1992): «Sources of Medical Technology: Universities and Industry», en *Medical Innovation at the Crossroads*, vol. 5, Washington, National Academy of Sciences Press.
- HABERMAS, J. (1969): *Technik und Wissenschaft als Ideologie*, Fráncfort, Suhrkamp.
- HATCHUEL, A. (2000): «Agir public et conception collective: l'expertise comme processus démocratique», en HEURGON, E. y J. LANDRIEU: *Prospective pour une gouvernance*, París, Éditions de l'Aube.
- HERMITTE, M. A. Y P. KAHN (2004): *Les ressources génétiques végétales et le droit dans les rapports Nord-Sud*, Bruselas, Bruylant.
- «Hi-Tech Horrors» (2007) *The Guardian*, 22 April.
- HOTTOIS, G. (1991): *El paradigma bioético. Una ética para la tecnociencia*, en *Nueva Ciencia*, Madrid, Anthropos.
- HOWELL, J. D. (1995): *Technology in the Hospital: Transforming Patient Care in the Early Twentieth Century*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- JOLY, P. B. (1999): «Besoin d'expertise et quête d'une légitimité nouvelle: quelles procédures pour réguler l'expertise», *Revue Française des Affaires Sociales*, 1, 45-52.
- JONSEN, A. (1998): *The Birth of Bioethics*, Nueva York, Oxford University Press.
- JUNNE, G. (1990): *La biotecnología: sus efectos sobre el comercio mundial y la división internacional del trabajo*, Buenos Aires, Fundación Friedrich Ebert.
- LAURANCE, J. (2004): «Pharmaceutical Companies Accused of Manipulating Drug Trials for Profit», *The Independent*, 23 April 2004.
- LESSIG, L. (2004): *Free Culture. How Big Media Uses Technology and the Law to Lock Down Culture and Control Creativity*, Londres, The Penguin Press.
- MILANI, C., C. ARTURI Y G. SOLINIS (2001): *Démocratie et gouvernance mon-*

- diale. Quelles régulations pour le XXI^e siècle?*, París, UNESCO & Karthala.
- MOREAU DEFARGES, P. (2001): «Gouvernance», *Le Debat*, 115, 165-172.
- MUÑOZ, E. (1994): *Una visión de la biotecnología: principios, políticas y problemas*, Madrid, Fondo de Investigaciones Sanitarias.
- ORSENIGO, L. (1989): *The Emergence of Biotechnology: Institutions and Markets in Industrial Innovation*, Londres, Pinter Publishers.
- PESTRE, D. (2003): *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*, París, INRA.
- PICKSTONE, J. V. (1985): *Medicine and Industrial Society*, Manchester, Manchester University Press.
- PLOUGH, A. (1986): *Borrowed Time: Artificial Organs and the Politics of Extending Lives*, Filadelfia, Temple University Press.
- RUPKE, N. (ed.) (1988): *Science, Politics and the Public Good*, Londres, Basingstoker.
- SAETNAN, A., N. OUDSHOORN Y M. KIRIJCYK (ed.) (2001): *Localizing and globalizing reproductive technologies*, Columbus Ohio, Ohio State University Press.
- SHAKESPEARE, T. (2007): «Selective Criticism», *The Independent*, 26 April.
- VERMA, I. M. (1991): «Terapia génica», *Investigación y Ciencia*, 1, 24-32.
- WEATHERALL, D.J. (1991): «Gene therapy in perspective», *Nature*, 349, 275-276.
- YOUNGNER, S. J., R. FOX Y L. J. O'CONNEL (eds.) (1996): *Organ Transplantation: Meanings and Realities*, Madison, Wisconsin University Press.