Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC)
Documento de Trabajo 97-02

Nueva biotecnología y sector agropecuario: el reto de las racionalidades contrapuestas

Emilio Muñoz

Grupo Esferas
Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC)

Introducción

El cauce científico-técnico

La definición de biotecnología no es tarea fácil a pesar de la actualidad e importancia que ha adquirido este término en los últimos años o incluso la beligerancia que suscita entre determinados colectivos.

El convenio resultante del proceso de reflexión llevado a cabo en el mundo desarrollado a lo largo de la primera mitad de los ochenta, asume la coexistencia de dos definiciones. La primera de ellas cobija bajo el término biotecnología al conjunto de técnicas que utiliza organismos vivos (o parte de ellos) para obtener productos o modificarlos, mejorar plantas o animales, o para desarrollar microorganismos con fines bien determinados. Esta definición abarca tanto los nuevos instrumentos biológicos como los métodos tradicionales de selección genética que desde los albores de la civilización humana se vienen aplicando, en un principio de modo intuitivo, posteriormente sobre la base de las leyes de la genética o del conocimiento bioquímico o fisiológico para la mejora de productos agrícolas, ganaderos o de fermentación. La segunda definición, más acotada, concierne a la nueva biotecnología que ha empezado a aplicar con fines comerciales las técnicas del ADN recombinante, la fusión celular y nuevos procesos de bioingeniería.

Esta precisión me parece absolutamente imprescindible para acometer, o intentarlo al menos, un debate racional sobre los usos, con sus ventajas e inconvenientes, de la biotecnología.

En contra de una tendencia natural que me ha llevado durante mucho tiempo a dar por supuestas y conocidas las cosas que para mí lo son, ahora he cambiado de estrategia y me planteo insistir sobre estas definiciones, ya que estimo que es el punto de partida obligatorio para el encauzamiento de cualquier debate que se relacione con las aplicaciones de las propiedades de los seres vivos a fines productivos y comerciales (véase por ejemplo Muñoz y Bas (1997)).

El debate sobre la biotecnología y su empleo en un determinado sector de la economía debe incorporar en mi opinión una visión analítica retrospectiva en la que se contemple lo que esa tecnología, en la primera acepción, ha supuesto en ese sector o en un determinado campo de aplicación y cuales son los eventuales beneficios o problemas que su aplicación ha supuesto, aproximación analítica que se enriquezca, a su vez, con la orientación comparativa que ponga de relieve las ventajas o inconvenientes que surgen con la utilización específica de métodos o técnicas propias de la nueva biotecnología.

Este encauzamiento me parece imprescindible desde el punto de vista técnico para avanzar por el camino del debate racional que tenga en cuenta la evolución social que viene marcada por el tránsito o la síntesis de la sociedad moderna (la noción que Habermas construyó sobre el proyecto ilustrado, 1971, 1989) a la sociedad del riesgo que se articula alrededor de los análisis y propuestas de una serie de científicos sociales que encabeza Ulrich Beck (1986,1992) y al que han seguido, entre otros, H. Margolis (1993,1996), Scot Lash y Brian Wynne (1992, 1996).

El marco conceptual

Beck apunta que "del mismo modo que la modernización provocó la disolución de la estructura feudal en el siglo XIX dando origen a la sociedad actual, la modernización hoy día está disolviendo la sociedad industrial para dar origen a otra modernidad" .

Esta analogía presenta limitaciones que clarifican el argumento. La modernización en el siglo XIX transcurrió frente a su contrario: lo tradicional y la naturaleza que debía ser conocida y amaestrada. En el presente, la modernización ha consumido y perdido ese "otro" por lo que socava las premisas y los principios funcionales de la propia sociedad industrial. De ahí que Beck cualifique la modernización refiriéndola como "modernización reflexiva" en el sentido de una "modernidad" que va más allá del diseño clásico de la sociedad industrial, permitiendo así la desmitificación de la ciencia y la tecnología[1].

Pero Beck no sucumbe al pesimismo y señala que los efectos "perversos" de la modernización no se afrontan con la negación de la racionalización sino con la radicalización de esa racionalización. Esta posición conduce a la reflexividad en la línea de lo que hoy en día ya es operativo a través de la crítica de la ciencia que se desarrolla no sólo en el seno del movimiento verde, sino en torno a amplias capas de la sociedad.

La distinción entre sociedad industrial y sociedad del riesgo se cifra para Beck en el objeto de la distribución -bienes en el caso de la sociedad industrial: males o peligros en el segundo tipo- y en el modelo de estructura -clases sociales en el primer tipo, individuos en el segundo-. Pero Beck sostiene con énfasis que la sociedad del riesgo es, al mismo tiempo, una sociedad industrial ya que es precisamente la industria, en conjunción con la ciencia, la que está implicada en la creación de los riesgos de esta sociedad del riesgo.

El riesgo se ha convertido en un nudo por el que circulan muchos ramales del discurso que ciñe la crisis de la modernidad y la sociedad industrial. Los riesgos se definen en función de las probabilidades de que ocurra algún daño físico a causa de procesos tecnológicos. De aquí que los técnicos ocupen una posición preeminente en la definición de las agendas y en la imposición de las premisas que marcan los discursos sobre los riesgos.

Desde la convergencia del trabajo de Beck y Anthony Giddens (1990, 1991, 1994) emergen, en el campo sociológico que se ocupa del riesgo, los temas relacionados con la confianza y la credibilidad. En este contexto, se replantea la reflexividad que se había excluido habitualmente de las relaciones e interacciones sociales y políticas entre expertos y grupos sociales acerca de los riesgos en virtud de la sistemática asunción del realismo de la ciencia. Hay un problema que surge del desfase en el papel de los intelectuales y de los expertos ante la dimensión social de la crisis de modernidad. Los expertos, los científicos y los técnicos, han propiciado un modelo idealizado del sistema del riesgo, reflejado desde el foco del conocimiento experimentado, mientras que la inteligencia de vanguardia, los líderes de la "cultura", asumían el liderazgo del postmodernismo.

Particularmente relevante al debate que se plantea respecto a la repercusión social del conflicto relativo al tránsito entre sociedad industrial y las críticas postmodernistas radica

en lo que Beck trata en su libro *The Risk Society* (1992) como "escepticismo metódico" y su institucionalización dentro de la sociedad industrial. Por un lado, este escepticismo se limita a los objetos de la investigación, mientras que los fundamentos y las consecuencias derivadas del trabajo científico permanecen protegidos contra el escepticismo interno. Esta división coloca al progreso científico-técnico frente a un dilema: le confiere estabilidad y continuidad en el ámbito profesional mientras que le crea discontinuidad y desconfianza en el ámbito relacional, tanto interna como externamente. Avanzar por el camino de la modernización reflexiva supone que el escepticismo se extienda, progrese hasta los fundamentos y riesgos del quehacer científico con lo que la ciencia es, a la vez, generalizada y desmitificada.

El conflicto entre expertos y ciudadanos

Consecuentemente se ha estado incubando el proceso de un conflicto entre estos colectivos a lo largo de las últimas dos décadas que H. Margolis identifica en su libro *Dealing with Risk* (1996) con la controversia acerca de los «sospechosos habituales» y para lo que establece tres niveles o argumentos teóricos.

En el primer nivel, la controversia se sitúa en el plano de la ideología, de modo que los conflictos más profundos tienen que ver con el poder y la responsabilidad en lo que concierne a las obligaciones de los humanos para con otros humano y para con la naturaleza y de este modo incide sobre los fines a los que la política pública se dirige. En el segundo nivel, la controversia se centra en las ideas de los expertos y radica fundamentalmente en la falta de confianza del público en las instituciones que aseguran que los peligros están bajo control. La tercera base teórica descansa en la idea que los expertos visualizan el riesgo de modo diferente a lo que el público ve. El experto considera los aspectos cuantitativos mientras que el público muestra un sentido mucho más amplio de los peligros. el juicio entre expertos y profanos difiere lo que ha llevado a Margolis a proponer la idea de las racionalidades rivales o lo que yo llamo aquí "racionalidades contrapuestas".

En la mayoría de los conflictos coinciden estas tres orientaciones. Se puede decir que los tres tipos de argumentos utilizados conjuntamente son difíciles de atacar, ya que no son incompatibles. Aunque no se haga conscientemente, las personas que intervienen en los debates utilizan argumentos de uno u otro tipo para aprovechar las debilidades con el fin de obtener mejores resultados en la confrontación.

Hay que tener conciencia de ello y precisar en consecuencia en la necesidad de articular instrumentos que permitan negociar y consensuar. De otro modo, el terreno del discurso se convertirá en un campo de batalla argumental en el que se intercambian visiones ideológicas, relaciones de confianza o posiciones de racionalidad de modo conjunto o indistinto para quizá racionalizar pero, sin duda, no para explicar las dificultades con que nos encontramos.

Sector agropecuario y biotecnología

Situación actual

El sector agroalimentario ha sido el primero que incorporó las innovaciones biotecnológicas en el sentido de la primera definición a que se hacía mención.. Incluso las nuevas biotecnologías estaban introducidas con anterioridad en este sector y más utilizadas que en los otros sectores económicos. Este hecho está ligado a la aplicación de biotecnologías tradicionales bien establecidas en los subsectores de alimentos y bebidas.

Los procedimientos de transformación que se utilizan en estas biotecnologías han sido desarrollados antes de la revolución molecular de la biología y la genética, están aceptados por los consumidores y reconocidos por la reglamentación vigente. Las aplicaciones de la nueva biotecnología han aprovechado el impulso de esta tradición, de ahí que su utilización fuera entendida como lógica por los científicos y técnicos y por las empresas.

Entre las aplicaciones biotecnológicas al área alimentaria actualmente en explotación comercial se pueden citar:

- los nuevos métodos biotecnológicos de medida;
- la utilización de enzimas para la bioconversión del almidón en productos edulcorantes;
- los aromas y acentuadores del sabor;
- la elaboración de jugos de frutas;
- los aminoácidos y otras moléculas nutritivas;
- los alimentos fermentados con nuevas texturas;
- las enzimas de quesería y los productos lácteos delactosados;
- las levaduras híbridas.

El sector animal ha sido durante los años ochenta objeto de progresos científicos y de aplicaciones tecnológicas que han recuperado los obstáculos y retrasos que, principalmente en el campo de la genética, se habían experimentado a lo largo de los setenta. Las relaciones entre el campo de la investigación en animales con la investigación en salud humana han colaborado al progreso en estos dos ámbitos. Las primeras aplicaciones de la nueva biotecnología en la explotación y el diagnóstico han llegado al mercado a finales de los años setenta. Se encuentran en explotación comercial los siguientes productos y procesos:

- los métodos de diagnóstico para los animales;
- numerosas vacunas y moléculas terapéuticas;
- la fertilización in vitro de embriones;
- la hormona del crecimiento para incrementar el rendimiento lácteo y el peso;
- los productos de alimentación animal y los aditivos alimentarios;
- los animales genéticamente transformados disponibles en el mercado son animales de laboratorio utilizados como modelos para las enfermedades humanas (por ejemplo, un "onco-ratón" para la investigación contra el cáncer).

En el terreno de la explotación vegetal, se aplican, por ejemplo, nuevas biotecnologías con fines comerciales en :

- los materiales para el diagnóstico en las plantas;
- los insecticidas microbianos;
- las técnicas de cultivo de tejidos;
- las técnicas de micropropagación;
- las técnicas de cartografía genética.

La producción agrícola tiene también aplicaciones no alimentarias, entre las que cabe mencionar algunas que están disponibles en el mercado:

- la conversión de biomasa en energía por la fermentación anaerobia para producir etanol o metano;
- la selección y los métodos de propagación para árboles y plantas ornamentales;
- las técnicas de cultivo de células vegetales;

- las tecnologías enzimáticas para la elaboración y la extracción de productos (a partir del almidón, de aceites vegetales, etc.) y la fabricación de sustancias útiles en agroquímica.

Una valoración de esta situación

La valoración de la situación a la que se enfrentan la agricultura y el sector alimentario constituye un primer paso para la construcción de unos argumentos de racionalidad que pueden ser esgrimidos en la relación entre estas actividades productivas y el interés que la (nueva) biotecnología aportaría a esos subsectores económicos.

La agricultura se enfrenta a tres problemas: alimentación y desarrollo; alimentación y población; alimentación y territorio. El equilibrio alimentario es precario, a pesar de que la agricultura ha experimentado, a lo largo de su historia, cambios muy profundos que han permitido su éxito, acelerando el ritmo para adaptarse al paso de las exigencias.

A pesar de estos satisfactorios resultados, el mundo continúa sufriendo, en una parte importante de su población, los rigores del hambre. La tecnología y el incremento de los recursos alimentarios no han sido capaces de compensar la cinética exponencial de la demografía mundial. En este terreno, las razones de los desequilibrios radican principalmente en cuestiones geopolíticas, las cuales residen generalmente en las relaciones conflictivas entre países productores y consumidores. Después del período de la agricultura "extensiva" , caracterizado por el predominio de la química y la mecanización, se abre el período de las nuevas biotecnologías.

Cabe interrogarse sobre si nos encontramos en el preludio de una nueva revolución en la historia de la agricultura y de las industrias agroalimentarias. Es difícil dar una respuesta concreta a esta pregunta, ya que nos movemos todavía en un terreno salpicado por la especulación. Las industrias agroalimentarias, que podrían haber utilizado las ventajas de la nueva biotecnología, han dudado de la necesidad de invertir en investigación y desarrollo, quizá cegados por los rápidos éxitos económicos. En 1991, se reconocía que la aplicación de la ingeniería genética al mundo de las plantas y de los animales estaba simplemente en el nivel de los ensayos.

A pesar de ello, los expertos estiman que las nuevas biotecnologías van a mejorar los rendimientos agrícolas. Las grandes metas que se podrían conseguir con su concurso serían: huir de una búsqueda denodada de la superabundancia para buscar un progreso de carácter más cualitativo, obtener productos agrícolas de uso menos agresivo, menos costosos a largo plazo y al mismo tiempo más ecológicos -al ser menos dependientes de los abonos químicos- y quizá más adaptables en ciertas circunstancias a las condiciones climáticas y geoquímicas de las zonas áridas. Se puede plantear asimismo la estrategia de aumentar la biodiversidad que se ha reducido de modo drástico como consecuencia de la llamada "revolución verde".

De forma práctica, la primera aproximación ha tenido por objeto transferir un solo gen, normalmente procedente de una bacteria o de una levadura. Entre los primeros éxitos hay que mencionar la adquisición de resistencia a una molécula -el glifosfato- que integra una gran variedad de herbicidas. Esta sustancia actúa inhibiendo una enzima esencial para el metabolismo de malas hierbas. Desgraciadamente este proceso es poco selectivo por lo que puede resultar nocivo para las plantas cultivadas. Otra gran lucha de intereses se ha puesto en marcha alrededor de otro herbicida de amplio espectro, la fosfinotricina. El empleo masivo de plantas modificadas selectivamente para resistir a esta molécula inofensiva para el hombre y los animales y perfectamente biodegradable, podría convertir a esta sustancia en el "arma ideal" contra las malas hierbas y reducir los gastos de los

agricultores que desembolsan en herbicidas selectivos cantidades dos o tres veces superiores a los que dispensan para semillas.

Posteriormente, la Sociedad Plant Genetic Systems consiguió transferir a todo un conjunto de plantas -remolacha, patata, tabaco, tomate, alfalfa- un gen procedente del *Streptomyces higroscopicus* que codifica para un enzima que convierte la fosfinotricina en un derivado desprovisto de toxicidad para la planta transgénica. Se han llevado a cabo diversos ensayos en Francia, ensayos autorizados por la Comisión de Ingeniería Biomolecular, responsable de evaluar los peligros potenciales asociados al empleo de plantas transgénicas.

La misma empresa conseguía en 1985 incorporar el gen formador de una toxina bacteriana con intensa actividad frente a las larvas de insectos. Esta toxina de naturaleza proteica se acumula en las esporas de un bacilo común e inofensivo, *Bacillus thuringesis*. Tres plantas -patata, tabaco y tomate- han incorporado el gen de esta toxina natural y numerosos ensayos han sido llevados a cabo en diversos países, gozando del aval de agencias tan rigurosas como la Agencia de Protección Medioambiental estadounidense (EPA) o la Comisión francesa mencionada anteriormente, que son celosos guardianes de los valores ecológicos.

La incorporación del gen en el maíz ha supuesto un éxito reciente ya que los cereales son plantas que dan quebraderos de cabeza para la experimentación en ingeniería genética. Utilizando una nueva estrategia, investigadores de Ciba-Geigy han conseguido incorporar un gen artificial que se expresa mejor.

El duro combate contra los virus vegetales encontró una salida al descubrirse que el gen responsable de la envoltura de los virus transferido al tomate o al tabaco transformaba estas plantas en insensibles a los virus del mosaico (experiencias llevadas a cabo por Monsanto en colaboración con investigadores de la Universidad Washington de Saint Louis, Missouri).

Los ejemplos se multiplican en la tarea de incorporar a las plantas nuevos caracteres que tratan de modificar las propiedades de los productos: consistencia, conservación, gusto y valor nutritivo. La sociedad Calgene, ubicada en California, ha conseguido producir tomates que mantienen tersura constante, impidiendo el proceso de maduración al incorporar un gen que inhibe la formación de pectinasa, enzima que se activa en el curso del envejecimiento del fruto y que consiguientemente disuelve la cubierta externa de los tomates aunque éstos se conserven en frío.

Son igualmente dignos de mención los trabajos que tienen que ver con las proteínas de reserva de las plantas. Estas proteínas poseen un valor nutritivo reconocido, aunque presentan carencias en algunos de los aminoácidos esenciales -lisina o metionina o cisteína-. Investigadores del Plant Cell Research Institute descubrieron que la *Bertollatia excelsia*, abundante en Amazonia, tiene proteínas con alto contenido en metionina. Han conseguido clonar el gen y transferirlo a plantas de tabaco y soja corrigiendo así la carencia y aumentando la calidad nutritiva del producto.

La horticultura ha encontrado también terreno de experimentación. Los nuevos biotecnólogos han podido obtener, gracias a la ingeniería genética, variedades coloreadas imposibles de obtener por cruzamiento o hibridización, como es el caso de un gen de petunia que permite obtener rosas y claveles azules. Investigadores alemanes han transferido un gen del maíz para obtener petunias de color bronce.

La industria Genentech ha incidido en la obtención de un producto de gran valor añadido

como es el caucho. Ha clonado el gen de la secreción de esta sustancia a partir de un planta tropical, *Hevea brasiliensis*. Este gen ha sido transferido a la planta del tabaco, que combate de este modo su mala fama como responsable primario del vicio del cigarrillo y se convierte en fuente preciada de experimentos biotecnológicos.

La relación entre plantas y microorganismos es otro campo de desarrollo para las nuevas biotecnologías, principalmente en lo que supone al papel de los microorganismos en los ciclos biológicos -lado positivo- y en su actividad como agentes patógenos -lado negativo-. Consecuentemente, los biólogos han dirigido su atención hacia esta relampagueante rizosfera de forma que los microbiólogos han empezado a considerar el suelo como "ser vivo" en cuya superficie se libra un diálogo biológico complejo entre plantas y microbios. Por ello, de la misma forma que se han manipulado los genes de las plantas, se ha procurado modificar su entorno tratando de manipular el genoma de bacterias que se oponen a los parásitos de las plantas.

Las plantaciones de algodón son atacadas frecuentemente por el *Phytium*, cuyos ataques generan problemas económicos de envergadura. La transferencia de los genes de una especie de *Pseudomonas, Ps. putida* que coloniza las raíces del algodón, a otra especie, *Ps. fluorescens*, que produce un transportador de hierro que inhibe el crecimiento del hongo, ha generado un nuevo microorganismo que es capaz de colonizar las raíces y de producir sideróforos protectores para la planta de algodón.

Otro ejemplo del ingenio biotecnológico se corresponde con los clásicos experimentos de Kozloff y colaboradores en 1983 para combatir los efectos perniciosos del hielo y las heladas en los vegetales superiores. Dos bacterias, *Pseudomonas syringae* y *Erwinia herbícola* cuyos hábitats naturales son las plantas, son responsables del daño en el vegetal al facilitar la producción de cristales de hielo con una proteína que actúa como núcleo de cristalización. La separación del gen implicado -operación conocida como deleción- permite obtener individuos de los géneros *Pseudomonas* o *Erwinia* que conservan sus propiedades saprofitas pero no son generadoras de hielo. Al inocular las plantas con cantidades elevadas de estas bacterias modificadas, aparece un antagonismo biológico que reduce el efecto de las bacterias con efectos nocivos, de forma que las plantas así tratadas resisten mucho mejor las bajas temperaturas.

Las plantas pueden mejorar también sus propiedades nutritivas o preventivas enriqueciendo, gracias a la ingeniería genética, las propiedades de algunas sustancias. En este sentido aboga un resultado obtenido por investigadores del Departamento de Genética de la Universidad Hebrea de Jerusalén. El grupo de investigación dirigido por el Dr. J. Hirschberg ha identificado el gen que controla la producción de betacaroteno, componente natural de las zanahorias y otros vegetales, que reduce el riesgo de cáncer. Los responsables del descubrimiento piensan que podrán producir frutas y verduras con un importante contenido de betacaroteno con lo cual se podrá enriquecer la dieta con ese elemento en estado natural.

La posibilidad de mejorar los procesos de desarrollo vegetal se abre con la reciente aplicación de la fecundación "in vitro" a plantas con flor, en concreto al maíz, como ha sido descrito por el grupo francés de C. Dumas de la Escuela Normal Superior de Lyon. La dificultad de la fecundación "in vitro" en plantas se deriva de su complejidad. Los trabajos del equipo francés abren la puerta hacia el conocimiento del fenómeno de la doble fecundación.

En el área **agroalimentaria**, donde el hombre empezó a usar el potencial de los seres vivos desde el umbral de su historia para transformar y conservar alimentos, también las nuevas biotecnologías ofrecen perspectivas interesantes. Amaestrar los microorganismos

que intervienen en las transformaciones de los productos de la leche, de los cereales, de la vid para conseguir la estabilidad de las cepas, prever su variación e intentar, si es necesario, la transformación por ingeniería genética, son objetivos prioritarios.

Dentro de este contexto, cabe mencionar el progreso en el conocimiento de las bases genéticas de la fermentación láctica y la liberación de proteasas, cuya responsabilidad descansa en plásmidos hoy en día identificados y clasificados. Otra orientación de la investigación actual se encamina a luchar contra los enemigos naturales de la flora láctica, los bacteriófagos específicos. La incapacidad de estandarizar las bacterias lácteas plantea problemas sobre la definición y homogeneización de los quesos, que seguirán ofreciendo las innumerables variedades francesas o los problemas de uniformidad en las variedades españolas. Aunque cabe preguntarse a este respecto si esta diversidad es un inconveniente o una ventaja. En todo caso, los industriales queseros intentan avanzar en la "tecnologización" de sus procedimientos recurriendo a enzimas purificados en lugar de acudir al cuajo extraído del cuajar de vaca. Se ha logrado aislar el gen de la quimosina y se ha transferido a una bacteria huésped que actúa de bioreactor para producir el enzima en gran escala. Varias firmas comerciales han entrado en este negocio para el que se preveían a finales de los ochenta cifras de negocios superiores al centenar de millones de dólares.

La ingeniería de proteínas, la visión más novedosa de la ingeniería genética, se viene constituyendo como instrumento de elección para renovar el mercado de los enzimas - amilasas, proteasas- aumentando su eficacia catalítica, su resistencia a factores externos o incluso para modificar su especificidad.

La industria cervecera y la enología son otros campos en los que empiezan a cristalizar esfuerzos para mejorar el rendimiento o la calidad de los productos, procurando dominar la fisiología de la cervecería o de la vinificación.

El subsector agropecuario

Las aplicaciones de las nuevas biotecnologías al desarrollo y explotación de animales domésticos se encuentran menos avanzadas que en el reino vegetal. La "nueva zootecnia" progresa más lentamente que el dominio de las plantas transgénicas, quizá porque, por un lado, subyace el temor de la analogías con lo que podría llevarse a cabo con el ser humano, y por otro lado, la célula animal difiere de la célula vegetal. Sólo recientemente se ha descrito la clonación de un animal a partir de sus tejidos somáticos como se puede hacer con una planta (una oveja a partir de las células de la ubre de un animal adulto). En cualquier caso, los experimentos de transferencia de genes en animales deber ser modestos acudiendo a la vía, difícil, de la microinyección genética en los ovocitos prefecundados.

A pesar de la modestia de los resultados anteriores, las experiencias que se han llevado a cabo ponen de manifiesto la imaginación de los biotecnólogos. Centenares de firmas norteamericanas trabajan en métodos clásicos para la selección de razas, que se encaminan a mejorar la reproducción del ganado porcino o bovino. La transferencia de genes se viene desarrollando con el fin de mejorar las razas de los animales domésticos - cerdos, vacuno, aves y caprinos. La meta sería alcanzar animales que consumieran menos, y que presentaran una mejor conformación y suministraran carnes más pobres en grasas.

Los primeros experimentos dieron resultados poco satisfactorios a causa de la baja proporción de inserción del gen en los cromosomas del huevo, o de la inestabilidad o escasa operatividad del gen cuando se consigue la inserción. Las experiencias de

transgenesis efectuadas con óvulos de cerdos a los que se incorporaba el gen de la hormona de crecimiento produjo un resultado poco satisfactorio- se obtuvieron cerdos artríticos. Otros investigadores han tratado de contrarrestar las dificultades de la transgenesis ovocitaria por la inyección directa de la hormona de crecimiento en animales jóvenes con el fin de obtener animales más magros y una mejor productividad. Esta aproximación ha rendido resultados más satisfactorios, con una reducción del 30 por ciento en el alimento a suministrar al ganado y la obtención de carnes menos grasas.

En la primavera de 1993 se anunciaba la obtención de un cerdo más magro y más feliz por medio de un programa, iniciado en 1980, por Costwold Pig Development Company Ltd que pudo sacar provecho del descubrimiento de un gen cuya mutación es responsable de producir menos grasa en el cerdo y reduce además la capacidad de la carne para acumular agua. Este gen, conocido como el gen "halotano", ya que se detectaba sólo en animales que expresaban la mutación en la exposición a este anestésico, ha podido ser detectado en animales portadores. Es interesante señalar además que la ventaja genética confiere menor sensibilidad al estrés en los animales, una ventaja añadida para combatir las reacciones negativas de las asociaciones protectoras de los animales ante estos experimentos y estas orientaciones prácticas de la moderna biotecnología.

El aumento de la actividad lactogénica de la vaca ha sido otro de los objetivos perseguidos por la administración exógena de la hormona somatotropa. Otra línea de trabajo, más inesperada, trata de sacar provecho del fenómeno de la lactación, ya que la glándula mamaria es capaz de fabricar cantidades considerables de proteínas a partir de un número reducido de genes. Algunos laboratorios han tratado de modificar transgéneticamente la propia naturaleza de las proteínas sintetizadas por la glándula mamaria. Se puede decir que ha sido reprogramada para producir, a modo de bioreactor, proteínas heterólogas -medicamentos, anticuerpos-. Se han llevado a cabo experimentos con ratones (en los Estados Unidos la empresa Integrated Genetics en colaboración con los Institutos Nacionales de Salud estadounidenses) para fabricar cantidades notables de un agente antitombrótico, activador del plasminógeno. En el Instituto Roslin de Edimburgo, se obtuvo una oveja transgénica que desarrolla un sistema de secreción en la leche de sustancias farmacológicamente interesantes como, por ejemplo, un inhibidor -alpha antitripsina humana- del enfisema pulmonar. La explotación de este logro se realiza en colaboración con la empresa Pharmaceutical Proteins de Edimburgo. Estas investigaciones están en el origen de los experimentos de clonación con la oveja a que se hacía referencia anteriormente.

Una granja de Massachussets desarrolla cabras modificadas genéticamente para producir el anticoagulante antitrombina III, una proteína humana anticoagulante que ha sido utilizada en pruebas clínicas a lo largo de 1995. La empresa Gezyme Transgenic está haciendo experimentos con otras proteínas -el activador tisular del plasminógeno, la albúmina de suero humano-. Este rebaño de cabras promete un ahorro significativo frente a los métodos covencionales de producción que exigen grandes reactores con equipos de cultivos celulares.

Aunque no se puede todavía hablar de la hora de la zootecnia, no se pueden dejar de lado los importantes avances conseguidos, y que acabamos de dibujar sumariamente. A estos logros hay que añadir el importante arsenal de vacunas veterinarias obtenidas por ingeniería genética contra los agentes de las epizootias de gran alcance económico, como la colibacilosis, la fiebre aftosa, la peste porcina o la glosopeda. Algunas se están comercializando ya como es el caso de la colibacilosis, de la rinotraqueitis bovina, o la enfermedad de Aujesztry, mientras que en otros casos como fiebre aftosa o glosopeda y peste porcina africana no hay todavía resultados positivos.

Agrobiotecnología y riesgos ambientales: la posición científica desde la perspectiva político-social

Las aplicaciones biotecnológicas en agricultura plantean riesgos para el ambiente. La sociedad reclama a los gobiernos que evalúen los riesgos y desarrollen esquemas de gestión de esos riesgos que pueda plantear la agricultura biotecnológica. Los riesgos ambientales y los beneficios de esta orientación de la agricultura deben contemplarse desde una triple perspectiva: la biológica, la de política pública y la psicosocial. La principal causa de la controversia que rodea la biotecnología reside en el hecho de que los riesgos no son totalmente controlables. Como consecuencia, el público insiste en que el gobierno detecte y evalúe tales riesgos antes de otorgar la aprobación para el desarrollo y comercialización de los productos biotecnológicos. Los reguladores deben por lo tanto identificar riesgos potenciales, evaluar los impactos potenciales y asegurar al público que los riesgos se pueden gestionar.

Las políticas públicas pueden ejercerse por la vía de la regulación o de la persecución judicial. La regulación corresponde a una aproximación "ex-ante" que trata de reducir la intensidad o la probabilidad de un evento. El proceso judicial sigue la aproximación "ex-post" y busca el castigo de la negligencia, el daño, procurando compensar a las víctimas o restaurar los daños causados. Estas dos aproximaciones son muy distintas entre sí e imponen, por lo tanto, condiciones diferentes para las firmas que invierten en agricultura biotecnológica y para las agencias que las regulan.

Se considera que la información es un elemento decisivo para el desarrollo de políticas orientadas a evaluar y gestionar los riesgos. Si la información es escasa o inadecuada, las políticas serán inapropiadas. Aumentar la accesibilidad a la información es, quizá, la medida más importante que se puede tomar para afrontar las controversias que genera la aplicación de la biotecnología a la agricultura. Este acceso a la información es tan básico para el objetivo de proporcionar confianza como lo es el desarrollo de datos científicos significativos. La información debe ser accesible para todos los interesados y presentada de forma comprensible y dentro del contexto apropiado.

Todas las partes interesadas, científicos, corporaciones, reguladores y el público en sentido amplio, deben cooperar en la interpretación de la información y en el proceso de toma de decisiones. De este modo, se podrán formular y desarrollar políticas efectivas para la reducción de riesgos y el aumento de los beneficios en la aplicación de la biotecnología a la agricultura.

Algunos ejemplos

Desde que el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos inició la regulación de los ensayos de campo con plantas transgénicas se han concedido unos 370 permisos en 35 estados (USDA, APHIS Biotechnology Permits Unit, base de datos 12 Mayo 1993). Una docena de cultivos han sido utilizados en experimentos de transgenesis y los experimentos en aire libre han dado resultados satisfactorios hasta el punto de que el Departamento de Agricultura ha contemplado la desregulación de estos genotipos recombinantes. Esta desregulación implica que la variedad recombinante sería tratada del mismo modo que un cultivo convencional, lo que es un prerrequisito para comercializar cultivos transgénicos. Sin embargo, los ambientalistas reclaman la seguridad de que los riesgos ecológicos sean mínimos.

Por otro lado, el empleo de cultivos modificados genéticamente para incorporar toxinas con capacidad insecticida requiere reflexionar acerca de los problemas ecológicos que pueden generar y sobre la ineficacia de su uso que puede resultar del desarrollo de resistencias.

Ya se han publicado algunos trabajos (McGaughey y Whalon, 1992) que describen una serie de estudios sobre la resistencia a los endotoxinas del *B. thuringiensis*. Estos estudios suponen que los genotipos resistentes aparecerán rápidamente cuando los cultivos transgénicos con estas toxinas incorporadas se planten extensivamente. Una vez aparezcan estos genes, bastarán unas pocas generaciones de insectos para que esos cultivos transgénicos sean pasto de nuevo de los agentes patógenos.

Es importante subrayar que la discusión relativa a los aspectos biológicos de la evolución de resistencia a los insecticidas y a las toxinas debe estar integrada en un contexto social y económico más amplio. Estrategias de corto alcance para la aplicación de pesticidas químicos tienen frecuentemente sus raíces en diferencias en los intereses económicos entre los fabricantes de pesticidas, los agricultores y la sociedad en general (May y Dobson, 1986, May 1993).

Las reacciones sociales - Los contrargumentos

Alimentos y etiquetaje

Los combates contra los productos agrícolas obtenidos por manipulación genética son actuales e intensos. De ahí que se haya planteado el debate sobre la identificación con etiquetas de tales productos. Como en otras cuestiones tecnológicas, los Estados Unidos marcan siempre el terreno. A finales del 93, Chicago estableció una ley local que exige que todos los alimentos producidos por ingeniería genética deben llevar una etiqueta que los identifique como tales. Esta situación ha generado preocupación en las compañías biotecnológicas que han confiado en la ingeniería genética de plantas para la producción más eficiente de alimentos.

La actitud de Chicago refleja la creciente oposición de las consumidores a los alimentos obtenidos por manipulación genética. Un movimiento, the Pure Food Campaign, encabezado por el fundamentalista Jeremy Rifkin se refiere a la ley de Chicago como "a devastating blow to the biotech industry". La Campaña apunta que los alimentos modificados entrañan riesgos potenciales para la salud y que las encuestas manifiestan que la mayoría de los Americanos consideran "no-ético" el proceso de transferencia interespecífica de genes.

Nueva York tiene una ley semejante en la recámara. Sin embargo, a nivel estatal la Food and Drug Administration (FDA) no pareció dispuesta a actuar con rapidez. Tras un período de consultas ha propuesto el uso de etiquetas únicamente cuando el tratamiento de ingeniería genética suponga un efecto en el uso del producto.

Es oportuno señalar que no todas las empresas están preocupadas por la práctica del etiquetaje. La empresa Calgene (Davis, California), que ha obtenido el tomate de sabor y textura permanente, está orgullosamente dispuesta a colocar la pertinente etiqueta. La FDA está dispuesta a admitir la decisión de Calgene ya que no se prevén otros productos en el horizonte, de forma que no se contempla una crisis. Sin embargo, la Biotechnology Industry Organization (BIO) ha tomado en consideración las amenazas de una reacción adversa por parte de los consumidores y se ha quejado de la forma en que se aprobó la ley de Chicago, tratando de ejercer acciones de presión que cambien o, al menos, modifiquen el sombrío panorama.

La Unión Europea lleva unos años inmersa en el debate sobre el etiquetado de los alimentos con decisiones que cambian según la influencia de las corrientes de opinión en las actitudes de los responsables. La últimas decisiones fluctúan entre la adopción de una regulación semejante a la norteamericana, es decir se etiquetarán los productos

transgénicos originales, pero no los derivados o la propuesta, que yo suscribiría, de etiquetar todos los alimentos.

Por lo que se refiere a las previsiones en el sector de la *agricultura,* cabe mencionar que la biotecnología puede contribuir al incremento de la producción de alimentos por varias vías: aumento en el rendimiento, disminución en el coste de los insumos, desarrollo de nuevos productos de alto valor añadido que satisfagan las necesidades de consumidores y productores de alimentos. En los Estados Unidos, las CDB (Compañías Dedicadas a la Biotecnología), que son pequeñas compañías independientes, surgidas desde la década de los 70, están recurriendo a la aplicación de la biotecnología en agricultura de forma que firmas bien establecidas están adaptando la biotecnología a sus vigentes programas de investigación. La capacidad para utilizar y desarrollar nuevos productos depende de una serie de factores entre los que cabe mencionar: el mercado potencial de tales productos, la existencia de sustitutos, la velocidad a la que se adoptan nuevos productos y nuevas tecnologías, el potencial para vender de modo continuo en virtud de la protección por patentes, la existencia de obstáculos regulatorios y las perspectivas de aceptación de estos productos por parte de los consumidores.

Estos factores presentan notables variaciones entre los países, lo que condiciona la extensión de aplicaciones. Sin embargo, puesto que la mayoría de los productos para uso agrícola de origen biotecnológico están todavía en vías de desarrollo, los datos actuales referentes al número de productos en explotación son de limitada significación y están en constante evolución. Hasta 1990, el 60 por ciento de los ensayos efectuados a nivel mundial han tenido lugar en los Estados Unidos.

El caso de la somatotropina bovina

El caso más emblemático del conflicto acerca de la conveniencia o no de utilizar productos obtenidos a través de la biotecnología corresponde al uso de la hormona de crecimiento bovina (también conocida como somatotropina bovina), obtenida por técnicas de ingeniería genética. Esta sustancia, que prometía mejorar entre un 5-25 por ciento los rendimientos de la producción lechera, ha experimentado demoras y moratorias durante 9 largos años. La FDA americana autorizaba su empleo y la subsiguiente venta a los granjeros en noviembre de 1993, aunque imponía una moratoria de 90 días. Los consumidores reclamaron que la leche fuera etiquetada y solicitaron a las compañías lecheras que no vendieran leche procedente de vacas tratadas con la somatotropina bovina. Los grupos activistas amenazaron con boicotear el producto y manifestarse contra su comercialización. Las encuestas revelan que entre un 15 y un 40 por ciento de los consumidores están en contra del producto procedente de animales tratados (Lehrman, *Nature* 366). Un informe favorable producido por la administración Clinton sobre los impactos económicos y sociales de la hormona recombinante ha abierto el camino para que la compañía Monsanto empiece a introducir el compuesto en el mercado.

La batalla, tras el debate en el Congreso norteamericano, se ha centrado entre la industria agroalimentaria y los activistas contra la ingeniería genética de ambos lados del Atlántico actuando en nombre de los consumidores norteamericanos. En Febrero de 1994 (Lehrman, "BST enters battle for consumers", *Nature* 367, p 585), la empresa Monsanto inició la venta de la somatotropina bovina obtenida por ingeniería genética. Los activistas respondieron con una serie de acciones de protesta. Jeremy Rifkin el conocido opositor al empleo de la nueva biotecnología, presentó una denuncia contra la FDA por haber aprobado la comercialización de la hormona. Consumidores, hosteleros y granjeros se han unido a la denuncia argumentando que debería incorporarse un etiquetado especial.

Otros industriales y granjeros han adoptado la táctica de incorporar etiquetas con las que

informan a los consumidores de que no están utilizando dicha hormona. La FDA ha aceptado esta posición, pero exigiendo que estos individuos y empresas expongan las razones por las que han decidido evitar su uso. Aunque la FDA reconoce que la hormona es saludable para las vacas y que su presencia en la leche no dañará a quienes la consuman, ha alertado a Monsanto para que imprima etiquetas sobre posibles riesgos de infección y otros problemas de salud en los animales tratados que requieran medicación (Lehrman, ibid: p 585).

En la Unión Europea, la hormona permanecerá todavía en moratoria, aunque la ratificación del GATT puede haber supuesto un choque para esa situación de moratoria.

Por otra parte, la traducción del potencial de las biotecnologías agrícolas en productos y procesos es ante todo un problema industrial. Una revisión general de la industria agro-alimentaria en Europa, Estados Unidos y Japón (1990), realizada a este respecto, demuestra que las biotecnologías agro-alimentarias son cada vez más dominadas, directa o indirectamente, por las principales empresas multinacionales que tienen una visión global sobre el acceso a las materias primas básicas y sobre los mercados. Sin embargo, su actividad no disminuye las posibilidades de muchas pequeñas y medianas empresas de biotecnología, que alcanzan buenos resultados en nichos específicos del mercado e, incluso, podrían incrementarlos.

La viabilidad económica y la difusión de las biotecnologías agro-alimentarias depende de su adopción por los principales agentes industriales en la cadena agro-alimentaria y del logro de su integración en estrategias industriales competitivas. Esta dependencia se refleja en un gran número de problemas específicos, que se presentan a todos los niveles y en todos los sectores de esta cadena.

La crítica social de la nueva biotecnología en el sector agropecuario

Las críticas que desde diferentes organizaciones se lanzan sobre la aplicación de la nueva biotecnología al sector agropecuario están caracterizadas por la mezcla de los tres niveles teóricos que recogiendo las tesis de Margolis, he resumido anteriormente y cuyo debate o contraargumentación es realmente difícil de llevar a la práctica por la complejidad que entraña y la dispar mezcla de argumentos que se barajan.

Me limitaré a ofrecer unos cuantos apuntes que, en mi opinión, sustentan a esta afirmación.

a) Muchos de los argumentos que se utilizan para combatir la aplicación de técnicas biológicas están escondiendo críticas al sistema (neo) capitalista y al poderío de las multinacionales.

Los argumentos que se enarbolan sobre todo contra Monsanto, la gran empresa cuya apuesta por la biotecnología agrícola y su lógica estrategia empresarial ha llevado a la puesta en el mercado de ciertos productos cuya utilidad para el consumidor es cuando menos dudosa, están preñados de críticas anti-sistema[2]. En las frases que he entresacado en esta cita y que mantengo en inglés no hay críticas directas a la tecnología sino a su empleo por una empresa multinacional para mantener su estrategia de éxito.

Aunque personalmente pueda estar de acuerdo en las críticas al sistema, no parece apropiado -ético me atrevería a decir- criticar a la tecnología para atacar a ese sistema.

b) Una gran parte de los argumentos técnicos contrarios al empleo de la biotecnología en el sector agropecuario invocando la ética ecológica son razonables pero parciales en su

racionalidad ya que esconden una gran desconfianza frente a los científicos y técnicos que trabajan en el ámbito de la biología molecular y frente a los administradores y reguladores.

Su ética holística, contrapuesta a la ética reduccionista, adquiere, a su vez, tintes de reduccionismo por cuanto:

- ignora que la agresión a la diversidad biológica está ya presente en la actual, tradicional agricultura, hágase una cualificación biológica o no de ésta. La actual explotación agrícola ha reducido hasta límites insospechados la variedad y riqueza de los alimentos que comemos[3].
- se desconoce que la transferencia de material genético interespecífico es un fenómeno natural. De hecho la nueva biotecnología lo que ha perseguido es sacar partido de estos fenómenos y de procesos que se dan en la naturaleza.
- parece asumirse que la ingestión de genes nuevos o extraños solo ocurre cuando se ingieren alimentos transgénicos. Genes extraños -de la patata, el tomate, el pimiento, la calabaza, el melón, la vaca, el cerdo, etc..- los estamos introduciendo con cualquiera de los alimentos que a diario consumimos quienes tienen la fortuna de poder hacerlo porque su situación de bienestar se lo permite.

c) Existe una excesiva carga de ideología y desconfianza en los argumentos que se exponen, para que se pueda elaborar un debate dialéctico sobre racionalidades contrapuestas.

Una propuesta

A pesar de ello, yo defiendo el debate racional que permita avanzar en la valoración social y política de las tecnologías y sus usos y aplicaciones. Estimo que el instrumento de las conferencias de consenso que se viene poniendo en práctica en los países del norte-centro europeo (Dinamarca, Suecia, Noruega, Holanda, Reino Unido) puede ayudar a que las racionalidades contrapuestas encuentren una plataforma común para debatir y consensuar posiciones, en lugar de utilizar los argumentos como armas arrojadizas para descalificar a los que están o lo intentan, en una racionalidad diferente. Me parece cada vez más estéril enzarzarse en algo parecido a un «partido de tenis» en el que se cruzan las bolas sin red y sin reglas, con lo que nunca habrá puntos ganadores.

Las conferencias de consenso revelan, en los análisis que he podido realizar de sus resultados, las posiciones o actitudes de la sociedad en cuyo seno se debate[4], la máxima aspiración de una sociedad que se tilde de democrática.

Propongo asimismo que este diálogo social incorpore a los científicos y técnicos que deben adquirir conciencia de su responsabilidad creciente en una sociedad del riesgo y a los empresarios que deben ser conscientes de incorporar entre sus estrategias la necesidad de informar a la sociedad con el fin de que la lógica del mercado opere también con ciertas reglas de conciencia.

En resumen, a lo largo de este artículo, sin duda un modesto esfuerzo, he tratado de examinar los beneficios y riesgos de la aplicación de la biotecnología en el sector agropecuario abriendo una perspectiva de diálogo que sitúo en el ámbito de la modernización reflexiva de acuerdo con las propuestas de Beck, Giddens, Lash y Wynne.

Sobre estos planteamientos he venido elaborando diversos análisis y propuestas según se recoge en publicaciones previas (Muñoz, 1993; 1996a, b, c, d).

Es evidente que en el intento existen obvias limitaciones, unas derivadas del propio autor

que no puede dejar de lado que su formación científica deriva de la tradición experimental de la bioquímica y la biología molecular -un activo y un pasivo a los que no puedo renunciar-, aunque cada vez esté mas estrechamente vinculado a la corriente que realiza estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Otras limitaciones son espaciales y temporales que ponen de manifiesto la dificultad que existe en España para reflexionar colectivamente, pero estas limitaciones son corregibles porque dependen de la fuerza que socialmente se le quiera atribuir y reconocer al progreso científico y técnico como instrumento de evolución social.

Nota final

Durante la redacción de este trabajo ha llegado a mi alcance una publicación (T. Ashford, "Regulating agricultural biotechnology: reflexive modernisation and the European Union" : *Policy and Politics*, 24 (1997), pp 125-135) en la que se estudia la controversia que existe en el terreno de la agricultura biotecnológica a partir del caso de la somatotropina bovina, citado en el presente trabajo. El autor del artículo se aproxima al debate sobre la biotecnología en el contexto de reflexividad, escepticismo y las dificultades institucionales que han basado su discurso en aproximaciones positivistas. Representa, por lo tanto, un caso relevante para evaluar la tesis de la modernización reflexiva.

La orientación elegida por Ashford coincide con la nuestra, lo que si, por un lado, reduce la originalidad de nuestra propuesta supone, por otro lado, un refuerzo académico para este posicionamiento.

Ashford constata las debilidades de la reflexividad institucional para avanzar en la resolución del conflicto por mor de la confrontación del interés en el seno de la Comisión Europea, por las peculiaridades del producto y la táctica de la empresa, Monsanto en este caso, y apunta un papel fundamental para el Parlamento Europeo, propuesta en la que yo puedo coincidir ideológicamente pero disentir en función de argumentos prácticos.

En suma creo que estamos en el eje de un conflicto planteado por racionalidades contrapuestas, sean éstas institucionales, de grupos o individuales.

Notas

[1] Esta desmitificación se asemeja a lo que ocurrió con los privilegios de clase o las visiones religiosas en el siglo diecinueve. ▲

[2] El grupo Grain ha colocado en las pantallas de los ordenadores un poderoso alegato contra las plantas resistentes al herbicida glifosfato ya citado anteriormente. Entre elaboradas consideraciones técnicas, el citado documento contiene frases como las siguientes:

"Concern is mounting worldwide over US chemical giant Monasanto's latest maneuvers to enhance its control over agriculture and the food system [...] Monsanto is making a kill in the agricultural sector at present. One of the first large agrochemicals concerns to invest heavily in biotechnology from the early 1980s, it is now sharpening its teeth for the pay off [...] Monsanto is proud to boast that Roundup [la fórmula Monsanto para suministar el herbicida glifosfato y que se considera la mejor tolerada] is the most heavily screened herbicide in the world. It should be. It has been in the market for 20 years, is the world's best selling herbicide and provides 17 per cent o the company's annual US 8.6 billon sales. In the first nine months of 1996, Monsanto's worldwide agrochemical sales increased by 21% to US 2.48 billion, due largely to increased sales of Roundup [...] Monsanto's longtime patent monopoly on Roundup will expire in 2000, so the company could lose its clamp on those sales very fast. Enter biotechnology. By having a gene from a microorganism inserted, crop plants can now be showered directly with the chemical. The idea, for Monsanto, is to extend the market life of Roundup beyond the patent. By creating crops tailoured to withstand Roundup, Monsanto will keep its

herbicide sales secure [...].

He dejado el texto en inglés para conservar el estilo original. Como se puede comprobar, los argumentos son sociopolíticos, no técnicos.

[3] Por contra, la biotecnología puede aumentar la diversidad, aunque ello no quiera decir que su uso encaminado a la búsqueda del éxito de la explotación comercial vaya en este sentido.

[4] Es ilustrativa a este respecto la conferencia sobre alimentos genéticamente modificado celebrada en Noruega (18-21 de octubre de 1996) bajo la supervisión del "National Committee for Research Ethics" "The Norwegian Biotechnology Advisory Board". La publicación de enero de 1997 constituye un buen ejemplo.

Referencias

Beck, U. (1986): *Riskgesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Suhrkamp Verlag, Fankfurt am Main.

Beck, U. (1992): *Risk Society: Towards a New Modernity*, Sage Publications, London, Thousand Oaks (Ca), New Delhi, 1992.

Giddens, A. (1990): *The Consequences of Modernity*, Polity Press, Cambridge.

Giddens, A. (1991): *Modernity and Self Identity: Self and Society in the Late Modern Age,* Polity Press, Cambridge.

Giddens, A. (1994): "Living in a post-traditional society", en U. Beck, A. Giddens y S. Lash, *Reflexive Modernization: Politics, Tradition and Aesthetics in the Modern Social Order,* Polity Press, Cambridge, pp 56-109.

Habermas, J. (1971): *Towards a Rational Society,* Londres.

Habermas, J. (1988): *The Structural Transformation of the Public Sphere: An Inquiry into a Category of Bourgeois Society*, MIT Press, Cambridge (Ma).

Lash, S. y Wynne, B. (1992): "Introduction", en V. Beck, *Risk Society. Towards a New Modernity*, Sage Publicacions, London, Thousand Oaks (Ca), New Delhi, pp. 1-8.

Lash, S., Szerszynsky, B. y Wynne, B. (eds.) (1996): *Risk, Environment & Modernity*, Sage Publications, London. Thousand Oaks (Ca), New Delhi.

Margolis, H. (1993): *Paradigms and Barriers: How habits of Mind Govern Scientific Beliefs,* University of Chicago Press, Chicago and London.

Margolis, H. (1996): *Dealing with Risk: Why the Public and the Experts Disagree on Environmental Issues,* University of Chicago Press, Chicago and London.

May, R. M. y Dobson, A. P. (1986): "Resistance to Pesticides", en E. H. Glass *et al.* (eds.), *Pesticide Resistance, Strategies and Tactics for Management*, National Academy Press, Washington.

May, R. M. (1993): "Resisting resistance" , *Nature*, 361, pp. 593-594.

McGaughey, W. H. y Whalon, M.E. (1992): "Managing Insect Resistance to *Bacillus thuringiensis* Toxins" , *Science*, 258, pp 1451-1455.

Muñoz, E. (1993): "Biotechnology, Environment and Society" en L.A. Hickman y E.F. Porter (eds). *Technology and Ecology,* SPT/Shouthern Illinois University, Carbondale, II. pp 240-262.

Muñoz, E. (1996a): "Agricultura y biodiversidad: biotecnología y su relación conflictiva con el medio ambiente" , *Arbor*, nº 603, CLIII, pp. 113-131.

Muñoz, E. (1996b): "Ingeniería genética en el sector primario y secundario: beneficios y problemas", *Cuadernos de Sección. Ciencias Sociales y Económicas*, 2, pp. 151-176.

Muñoz, E. (1996c): "Biotecnología y Medio Ambiente: encuentros y desencuentros", *Anales de la Real Academia de Farmacia*, vol. LXIII, nº 2, pp. 135-154.

Muñoz, E. (1996d): "El lugar de la genética en las políticas científicas y tecnológicas", en D. Borrillo (ed.), *Genes en el Estrado*, Grupo ESFERAS, Colección Politeya, Estudios de Política y Sociedad, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Estudios Sociales Avanzados, Madrid, pp. 39-61.

Muñoz, E. y Bas, F. (coords.), (1997): *Biotecnología*, Documentos Cotec sobre Oportunidades Tecnológicas nº 10, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, Madrid.

Publicado en A. Durán y J. Riechmann, comps., *Genes en el laboratorio y en la fábrica*, 119-140, Madrid: Fundación 1º de Mayo/Trotta, 1998.

[CSIC] [IESA Madrid] [Documentos de Trabajo]