
*A. Casimiro Herruzo**

*Biotecnología en la agricultura:
Efectos económicos
e implicaciones para las políticas
de investigación y agrarias*

I. INTRODUCCION

Los rápidos avances que se han venido realizando en el campo de la biotecnología, desde principios de la década pasada, permiten pronosticar el comienzo de una nueva era tecnológica en la agricultura cuyas consecuencias podrían superar en profundidad, amplitud y complejidad a aquellas producidas por las revoluciones mecánica y química a lo largo del presente siglo. Si las esperanzas que hay depositadas en el desarrollo de la biotecnología llegan a materializarse, los agricultores se encontrarán en un futuro no muy lejano ante una extensa variedad de innovaciones de carácter biotecnológico-biotecnologías con potencialidad para revolucionar las producciones agropecuarias, aumentar la eficacia de los procesos productivos agrarios y, en definitiva, elevar el nivel de vida de la sociedad. No obstante, como ha sucedido en épocas históricas anteriores, caracterizadas por un intenso ritmo de cambio tecnológico, es previsible que la adopción de los nuevos productos y procesos biotecnológicos

(*) Departamento de Economía Agraria, Administración de Empresas y Estadística. Universidad de Córdoba.

en la agricultura genere, asimismo, importantes desajustes en los mercados, procesos redistributivos de renta y cambios en la estructura social.

La magnitud y naturaleza de las transformaciones económicas que pueden esperarse de la difusión generalizada de estas nuevas tecnologías hace cada vez más urgente que los científicos sociales interesados en el estudio del cambio tecnológico en la agricultura comiencen a analizar los efectos de la adopción de las innovaciones resultantes de los avances en la biotecnología, como oportunamente señalaron Fishel y Kenney en el último Congreso Internacional de Economistas Agrarios (Fishel y Kenney). Obviamente, el futuro no puede predecirse con certeza, de aquí que este trabajo tenga un carácter eminentemente especulativo, pero también es cierto que la dirección de muchos de los cambios que se aventuran no es conjeturable y puede ser anticipada desde nuestra perspectiva actual, aunque sí puedan ser conjeturables su ritmo y magnitud. Teniendo esto presente, en este artículo se analizan, desde la perspectiva de la teoría económica, algunos aspectos controvertidos relacionados con la difusión de las biotecnologías en el medio rural, y su fin último consiste en servir de estímulo a futuros trabajos empíricos que aborden el estudio de las posibles consecuencias socioeconómicas que la introducción de las innovaciones biotecnológicas producirán en nuestro país (1).

Comenzamos con una breve descripción de las principales aplicaciones de la biotecnología a la mejora de las producciones animal y vegetal. A continuación, se examinan algunas de las características más generales de las innovaciones biotecnológicas, resaltando sus aspectos diferenciales respecto a otras innovaciones agrícolas precedentes. Más adelante, en lo que

(1) Este artículo se limita al estudio de aquellas biotecnologías con potencial incidencia en los sistemas de producción agropecuarios. Existen, asimismo, un gran número de oportunidades tecnológicas derivadas de la biotecnología en la industria transformadora de productos agrarios que, por limitaciones de espacio, no son analizadas en este trabajo. El lector interesado en este tema puede consultar el libro editado por Harlander y Labuza citado en la bibliografía al final del artículo.

constituye el núcleo central de este trabajo, nos centramos en el análisis del impacto potencial de la difusión de estas nuevas tecnologías sobre los niveles agregados de producción, precios y rentas agrarias; la distribución de los recursos dentro del sector agrario; el medio ambiente y los recursos naturales; y el comercio internacional de productos agrarios. Terminaremos indicando algunas actuaciones de política cuya realización pensamos que podría contribuir a realzar los aspectos benéficos y mitigar las consecuencias adversas que posiblemente resultarán de la implantación de las futuras biotecnologías.

2. APLICACIONES AGRARIAS DE LA BIOTECNOLOGIA

Podemos definir la biotecnología como «la aplicación de los principios de la ciencia y de la ingeniería al tratamiento de materiales por agentes biológicos para la producción de bienes y servicios» (Bull, Holt y Lilly). Dentro del campo de la agricultura, la biotecnología tiene incidencia tanto en la producción animal como en la producción vegetal. Las aplicaciones potenciales de la biotecnología en la cría de ganado se dirigen hacia la producción de fármacos y hacia la mejora de la cabaña ganadera. En la mejora de las plantas, pueden esperarse aplicaciones prácticas de la biotecnología en áreas tan diversas como el aumento de la calidad nutritiva de los alimentos, la reducción de las necesidades de fertilizantes, el logro de niveles superiores de resistencia a las plagas y a las enfermedades, y la consecución de una mayor tolerancia a medios adversos como la sequía, la salinidad y toxicidad del suelo, las temperaturas extremas, etc. (Barton y Brill; Castells y otros; Faras y Muscoplat; M.E.C.; Walsh).

El desarrollo de las técnicas de la ingeniería genética está permitiendo aumentar la eficacia en la fabricación de algunos productos farmacéuticos ya conocidos, pero de obtención muy costosa por métodos más tradicionales, así como en la

producción de nuevos fármacos con un importante valor económico potencial. Algunos de estos productos, como las vacunas, se orientan hacia la mejora de la sanidad animal, otros, como las hormonas para la regulación del crecimiento y de la producción láctea, se dirigen hacia la mejora de las producciones ganaderas (Bauman y otros; Chung y otros). Existe también la posibilidad de emplear las técnicas de la ingeniería genética en la producción de proteínas unicelulares que podrían administrarse para la alimentación del ganado, supliendo las deficiencias de los piensos pobres en proteínas, con una mejora notable en las condiciones de nutrición animal (Ulmer). La biotecnología ha abierto también un amplio horizonte a la mejora genética del ganado al ofrecer la posibilidad de insertar genes en las células reproductoras de los animales para infundirles algunas características favorables que puedan transmitir a sus descendientes (Wagner). Intimamente ligadas a las técnicas de la inserción de genes se encuentran las técnicas de transferencia de embriones, la conjunción de ambas técnicas permitirá en el futuro obtener numerosas crías de razas seleccionadas con nuevas características incorporadas (Pond). Además, al existir la posibilidad de congelar los embriones, éstos podrán ser transportados a cualquier lugar donde pretendan ser transferidos ampliándose así enormemente el radio de acción de la mejora.

Las áreas de aplicación potencial de la biotecnología en la producción vegetal comprenden: la inoculación de microorganismos, la propagación de plantas y la mejora genética (National Research Council). La transferencia a las plantas de microorganismos genéticamente alterados con propiedades interesantes para el cultivo ofrece grandes posibilidades para la producción de pesticidas biológicos y la mejora de la fijación de nitrógeno y de otros procesos vegetales complejos (Burgess; Miller, Ling y Bulla). Las técnicas de cultivo de tejidos vegetales y células individuales permiten acelerar la velocidad a que las plantas pueden propagarse vegetativamente y disminuir así el tiempo necesario para desarrollar nuevas variedades. Estas técnicas ofrecen además la posibilidad de

operar en el laboratorio, pudiendo iniciarse gran cantidad de cultivos y someterlos a alguna variable adversa para analizar sus efectos. Pero, sin duda, el aspecto más trascendente de la aplicación de la biotecnología a la mejora de la producción vegetal reside en las posibilidades que ofrece para obtener recombinaciones genéticas inalcanzables hasta el momento. Mediante el cultivo de células podrán salvarse las barreras interespecíficas, posibilitándose la creación de nuevas plantas híbridas a partir de especies que no pueden ser cruzadas sexualmente (Jones y Karp). No obstante, la técnica con mayores posibilidades de cara a la mejora genética vegetal es la ingeniería genética, aunque es también la que presenta una mayor complejidad y dificultad, y la que se encuentra a un nivel de desarrollo inferior. Con el empleo de técnicas moleculares será posible transferir a plantas genes de otras plantas e incluso de procedencia exterior al reino vegetal (por ejemplo, de una bacteria), abriéndose así una amplísima fuente de diversidad para la mejora genética (Fraley y otros). Desgraciadamente persisten todavía una serie de barreras que limitan aún la plena realización de las técnicas de la ingeniería genética. Entre estas limitaciones podemos señalar la inadecuada comprensión de la base molecular de la expresión y regulación genética, las dificultades que aún existen para identificar genes con características muy importantes en plantas y animales, y la necesidad de encontrar métodos eficaces para regenerar plantas a partir de células individuales en cultivo (National Research Council).

Aunque es demasiado pronto para predecir con exactitud las potencialidades o limitaciones futuras de la biotecnología en la agricultura, si puede afirmarse ya que su impacto más inmediato será superior en la producción animal que en la producción vegetal, debido a que muchas de sus aplicaciones a la cría de ganado no exigen conocimientos de los procesos biológicos de los animales a nivel molecular. De los resultados de un amplio estudio realizado por la Oficina de Evaluación Tecnológica del Congreso de los Estados Unidos se desprende que el período de difusión comercial de las biotecnologías en

ese país abarcará desde el momento actual —para los fármacos obtenidos mediante ingeniería genética, el control de las enfermedades infecciosas en los animales; la superovulación, la transferencia de embriones y su manipulación en el ganado bovino; y el control del crecimiento y desarrollo de las plantas— hasta el año 2000 y más adelante, para las técnicas de ingeniería genética aplicada a los animales y a los cereales (Office of Technology Assesment, 1986). Estas proyecciones podrían ser extrapoladas al resto de los países occidentales desarrollados con bastante aproximación. Ahora bien, conviene señalar aquí que el impacto final del futuro potencial tecnológico generado por los avances en la biotecnología en la agricultura de cada país dependerá, en última instancia, de tres factores íntimamente interrelacionados: el nivel de aceptación de las innovaciones biotecnológicas por parte de los agricultores, el sistema que se establezca para regular su difusión, y la acogida por el público de los productos generados mediante las aplicaciones de la biotecnología, así como de los procesos empleados en su generación (Kalter).

3. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS BIOTECNOLOGIAS

Al abordar el estudio de las nuevas tecnologías que están surgiendo como consecuencia de los avances en la biotecnología se observan, en conjunto, una serie de características generales que, en algunos casos, las hacen diferir marcadamente de otras tecnologías precedentes. Este carácter diferenciador de las biotecnologías procede tanto de su propia naturaleza cuanto del entorno institucional dentro del cual están siendo desarrolladas, y su consideración, aunque sólo sea someramente, constituye un paso previo obligado al inicio del exámen y valoración de su impacto económico.

Hasta los años setenta no eran muchas las empresas privadas dedicadas al desarrollo de tecnologías agrícolas de carácter biológico. Por el contrario, los esfuerzos del sector privado en materia de investigación agraria se concentraban

fundamentalmente en tecnologías de origen químico y mecánico (herbicidas, pesticidas, maquinaria, etc.) (Ruttan). En contraste con esta situación, y aunque existen diferencias entre países, puede afirmarse que los sistemas públicos de investigación no están constituyendo el núcleo básico de expansión de la biotecnología sino que, por el contrario, son los sistemas privados los que han tomado la iniciativa y el liderazgo en el desarrollo y difusión de las innovaciones biotecnológicas. Las empresas privadas con actividades de investigación en biotecnología pueden clasificarse en pequeñas empresas de nueva creación y en grandes empresas multinacionales, predominantemente de los sectores químico y farmacéutico, siendo éstas últimas las que dominan los procesos de comercialización (Buttel, Kenney y Kloppenburg; Office of Technology Assessment, 1984; Sharp). El enorme interés que la investigación en biotecnología ha despertado en el sector privado obedece, por un lado, a cambios técnicos, como la consecución de la inestabilidad en la reproducción a través de la hibridación, e institucionales, como la posibilidad de extender los derechos de propiedad a los microorganismos (Buttel). Ambas circunstancias han contribuido a eliminar en muchos casos el carácter de bien público que hasta ahora presentaban la mayoría de las innovaciones agrarias de naturaleza biológica. De otra parte, las previsiones de avances científicos excepcionales en la ingeniería genética, con prometedoras ganancias económicas, ha constituido también una importante fuente de atracción de capitales privados al desarrollo de innovaciones biotecnológicas. Este proceso de reasignación de las tareas de investigación agraria, abierto gracias a las grandes posibilidades que ofrece la biotecnología y a los cambios tecnológicos e institucionales que acabamos de indicar, constituye una variable clave en la determinación de las áreas de potencial aplicación de la biotecnología en la agricultura. Sus implicaciones, como veremos a continuación, son de enorme importancia.

Lo primero que se hace notar al examinar las características de las biotecnologías es la oportunidad que estas nuevas

tecnologías ofrecen para acelerar las tasas de crecimiento de la productividad de la agricultura a niveles muy superiores a los logrados en el pasado con las tecnologías precedentes. Este gran potencial productivo de las innovaciones biotecnológicas proviene, por un lado, de la propia naturaleza de la biotecnología, que se orienta hasta el conocimiento de los fundamentos químicos de la vida, y por otro, de las grandes posibilidades que ofrece para acortar el hasta ahora largo camino a recorrer para materializar los resultados de la investigación básica en aplicaciones concretas. Otro importante aspecto de la biotecnología es su versatilidad y generalidad, ya que prácticamente todos los aspectos biológicos de la agricultura podrán, en principio, ser objeto de innovaciones biotecnológicas. En la actualidad se está trabajando en la mejora genética de todo tipo de especies vegetales y en la de las principales especies ganaderas; asimismo, se está actuando también en la producción de fármacos con gran incidencia en la ganadería, en la creación de bacterias para mejorar los cultivos, así como en otras muchas áreas de vital importancia para la agricultura. De todo lo anterior puede deducirse que el impacto de la biotecnología se ejercerá en múltiples direcciones. Por otra parte, dado que uno de los objetivos a los que se dirige la investigación biotecnológica en la agricultura es la consecución de una mayor tolerancia en las plantas a medios adversos, es de esperar que los descubrimientos logrados en esta dirección podrán ser aplicados a una amplia esfera geográfica, que incluirá a aquellas áreas marginales caracterizadas por una escasa precipitación, altos niveles de salinidad, toxicidad, temperaturas extremas, etc.; al contrario de lo ocurrido con la llamada "revolución verde" cuyos descubrimientos han sido aplicados básicamente a zonas de regadío (Buttel, Kenney y Kloppenburg).

Aunque conceptualmente la biotecnología se caracteriza por su versatilidad y generalidad, en la práctica, como ya se señaló en el apartado anterior, su grado de desarrollo no será el mismo en todas las áreas de potencial aplicación. Este desarrollo desigual supondrá, a su vez, un efecto desigual

sobre los distintos subsectores agrícolas y ganaderos, dando origen a posibles desajustes dentro del sector primario. Asimismo, la aplicación de la biotecnología a la producción de alimentos sintéticos supondrá el desplazamiento y la sustitución de ciertos productos agrarios lo que, a su vez, podrá ser causa de importantes desajustes en el futuro, con una particular importancia para los países en desarrollo (van der Doel y Junne).

Es previsible suponer también que la mayoría de las biotecnologías presentarán un mayor grado de neutralidad respecto a la tierra y el trabajo que el ofrecido por algunas de las tecnologías precedentes (Buttel; Sundquist, 1985). En este sentido, puede esperarse que aquellos avances científicos en el campo de la biotecnología incorporados en semillas mejoradas, hormonas de crecimiento animal, vacunas, etc., no desplazarán mano de obra, ni darán lugar a economías de escala técnicas con la misma intensidad que los avances en la mecanización. En relación al capital, hay un número importante de aplicaciones potenciales de la biotecnología con capacidad para reducir su empleo en la agricultura, entre las que se incluyen la mejora en los procesos de fijación de nitrógeno en los cereales y el desarrollo de pesticidas biológicos. No obstante, también pueden encontrarse otras aplicaciones de la biotecnología que contribuirán directamente a aumentar la intensificación de este factor de producción en los procesos productivos agrarios como, por ejemplo, el desarrollo de semillas más resistentes a los herbicidas y algunas de las aplicaciones en el área de la producción animal. Así pues, la incidencia final de la biotecnología sobre el empleo de capital en la agricultura dependerá, en última instancia, del tipo de biotecnologías desarrolladas y difundidas en el sector. La estrecha relación existente entre las grandes empresas multinacionales, con importantes intereses en actividades de investigación en biotecnología, y los mercados de fertilizantes y productos fitosanitarios ha llevado a algunos autores a cuestionar que al menos los primeros esfuerzos en investigación en biotecnología, realizados en el sector privado,

vayan a ir orientados hacia la sustitución de productos agroquímicos por tecnologías biológicas y, en consecuencia, a la disminución de las necesidades de capital en la agricultura (Buttel). Por último, es oportuno indicar también que el empleo eficaz de cierto número de biotecnologías exigirá una mayor capacidad técnica y unos niveles superiores de información en los agricultores. Este carácter intensivo en conocimientos técnicos y en información de las biotecnologías implicará, en muchos casos, la ineludible necesidad de realizar inversiones adicionales (Buttel; Sundquist, 1985).

Por regla general, las nuevas tecnologías que emergerán de los avances en la biotecnología llevarán incorporados unos gastos de investigación superiores a los de muchas de las tecnologías que las han precedido como es el caso, por ejemplo, de la mejora vegetal. Existen al menos dos razones que sustentan la afirmación anterior. La primera de ellas se refiere a las mayores exigencias en capacidad de investigación que las biotecnologías necesitan para su generación, estas mayores exigencias incluyen, además de conocimientos de genética y ciencias agrarias, conocimientos de microbiología, bioquímica, biología molecular, etc. La segunda razón tiene que ver con el marcado carácter privado de las biotecnologías. No es necesario insistir en que el desarrollo de las actividades privadas de investigación depende directamente de la posibilidad de establecer derechos de propiedad sobre los descubrimientos científicos, así como de que dichos derechos puedan ser garantizados con efectividad. Ante esta realidad no sería absurdo pensar que las empresas privadas con actividades de investigación en biotecnología destinarán parte de sus recursos de investigación a la consecución de una mayor diferenciación y al logro de una mayor estabilidad en las características de sus innovaciones a fin de poder facilitar el que puedan ser objeto de patente. Estos gastos no redundarán, necesariamente, en unos mayores beneficios para el agricultor que adopte innovaciones, pero sí tenderán a encarecer los precios a los que serán comercializadas (Schmid). El elevado coste de generación de las invenciones en biotecnología, unido

al desarrollo de unos sistemas eficaces de protección y regulación de los derechos de propiedad sobre los descubrimientos científicos hace presumible esperar una tendencia gradual hacia una mayor concentración industrial en el sector de fabricación y distribución de medios de producción en la agricultura. Ello podría desembocar en la adopción, por parte de las empresas integrantes, de prácticas monopolistas que supondrían un encarecimiento adicional de las biotecnologías de manera que las necesidades de capital en los procesos productivos podrían verse incrementadas incluso en el caso de tecnologías totalmente neutras a dicho factor de producción (Sundquist, 1985; Sundquist, 1987).

Un último aspecto que conviene resaltar se encuentra también relacionado con el entorno institucional dentro del que se están desarrollando las biotecnologías. El desplazamiento de las tareas de investigación agraria del sector público al privado, a raíz de los avances científicos en la biotecnología, está comportando un desplazamiento paralelo de las fuentes y del control de la información científica y técnica, y existe una creciente preocupación de que dicho desplazamiento pueda suponer una progresiva obstrucción de los canales mediante los que esta información ha venido discurriendo libremente hasta ahora (Fishel y Kenney). En este sentido, se ha señalado que la concesión de derechos exclusivos de propiedad a las empresas privadas por sus descubrimientos en biotecnología podría obstaculizar el acceso de los sistemas públicos de investigación a importantes parcelas de información necesarias para el desarrollo eficaz de sus actividades investigadoras. Asimismo, la capacidad del sector público para transferir innovaciones tecnológicas a los agricultores podría verse reducida si se le impide acceder a las nuevas tecnologías relevantes generadas por el sector privado (Sundquist, 1987). Las implicaciones de esta nueva situación, en lo que respecta a los procesos de transferencia de conocimientos científicos y técnicos van más allá de lo que concierne a las relaciones entre los sistemas de investigación públicos y privados dentro de un país; extendiéndose también a las relaciones entre los

sistemas nacionales de investigación y a aquellas que tendrán lugar entre éstos y los sistemas internacionales (Kenney y Buttel; Buttel y Barker).

4. EFECTOS ECONOMICOS

La mejora de la productividad de la agricultura se ha dirigido tradicionalmente a la consecución de un doble objetivo: generar un aumento sostenido en las rentas de los agricultores y proporcionar a los consumidores los productos agrarios en condiciones cada vez más favorables. No obstante, este doble objetivo aparece a veces inconsistente y en conflicto. Los incrementos en los rendimientos agrícolas y en las producciones no son necesariamente una buena noticia para el sector agrario, ni para el conjunto de la economía de un país, cuando la acumulación masiva de excedentes agrarios es la nota predominante. Por otra parte, los aumentos en la renta agregada neta, generados por los incrementos en los rendimientos agrarios y en las producciones, no son siempre distributivos de forma equitativa dentro del propio sector agrario, lo que da lugar a graves problemas redistributivos. Además, cada vez es mayor la preocupación social por el número creciente de externalidades generadas por las nuevas tecnologías agrarias cuyas principales manifestaciones son: la degradación del medio ambiente, el agotamiento de los recursos naturales, el deterioro de la salud pública, etc. A continuación, examinaremos en qué medida la situación que acabamos de describir, y que ha caracterizado a los procesos de cambio tecnológico producidos por los avances en las tecnologías mecánica y química realizados a lo largo de este siglo, es aplicable al futuro desarrollo de las biotecnologías y su difusión en la agricultura.

4.1. Producción, precios y renta agregada

Al igual que ha ocurrido con las tecnologías que las han precedido, las biotecnologías contribuirán a incrementar las

producciones agrarias y, en consecuencia, podrían acentuar el desajuste agrario que desde hace tiempo vienen experimentando los países occidentales, debido al desplazamiento de la oferta de productos agrarios hacia la derecha a una tasa que excede al movimiento de la demanda en la misma dirección (Shultz). El resultado lógico de este fenómeno es una abundancia de productos agrarios y una tendencia al abaratamiento de los precios que, sin embargo, no llega a materializarse totalmente en el momento actual al estar en realidad muchos de ellos garantizados, lo cual refuerza aún más el proceso de acumulación de excedentes agrarios en estos países y el crecimiento de los gastos de protección al sector agrario.

Como consecuencia de los avances en la biotecnología, y siguiendo de nuevo el estudio de la Oficina de Evaluación Tecnológica, la producción de leche por vaca podrá duplicarse de aquí al año 2.000; la eficacia en la alimentación del ganado aumentará desde un 0,2 por 100 anual en el ganado bovino a un 1,4 por 100 en el aviar, y la eficacia en la reproducción es de esperar también que aumente desde un 0,6 por 100 anual en el ganado bovino a un 1,11 por 100 anual en el porcino. El impacto de la biotecnología en la producción vegetal se prevé menor en una primera etapa, puesto que como ya se ha señalado no es de esperar la comercialización de tecnologías derivadas de la biotecnología hasta finales de los años 90. Es a partir de estas fechas cuando es previsible que empezarán a ser difundidos cultivos alterados genéticamente para resistir a las plagas y enfermedades, a las adversidades del medio, con mayor capacidad para la fijación de nitrógeno, etc. Hasta entonces, hay previsto, sin embargo, un crecimiento sostenido de los rendimientos unitarios a tasas similares a las experimentadas en épocas recientes (Office of Technology Assesment, 1986). La realización de estos resultados vendrá a suponer una dificultad adicional en los esfuerzos que actualmente se están realizando en muchos países para corregir los persistentes desajustes agrarios en algunas de las producciones mayoritarias. Y tenderá a

acentuar aún más el dilema planteado entre el incremento de los gastos de apoyo al sector agrario, para mantener los niveles actuales de renta de sus componentes, o la congelación e incluso reducción de dichos gastos, lo cual traería como consecuencia el derrumbamiento de los precios y una consiguiente conmoción en todo el sector que afectaría más a sus miembros más débiles. En definitiva, las previsibles presiones que la adopción de las innovaciones biotecnológicas ejercerá sobre la oferta de ciertos productos agrarios tenderán a acentuar los actuales desajustes, a menos que la demanda no permanezca inalterada, saliendo de su persistente atonía vía mercado exterior, o bien, siempre que sean llevadas a cabo amplias medidas de reestructuración dentro del sector agrario, cuyo coste se magnifica en una situación de crisis económica como la que actualmente atraviesan muchos países. Ambas circunstancias determinarán el impacto final que la difusión de las biotecnologías ejercerá sobre las producciones, precios y rentas agrarias de los distintos países.

4.2. Impacto redistributivo

La adopción generalizada de las biotecnologías producirá también una serie de efectos redistributivos en la sociedad, asimismo difíciles de determinar con exactitud, pero sobre los que sí podemos adelantar algunas consideraciones. Dichos efectos dependerán del impacto final que las innovaciones biotecnológicas ejercerán sobre los precios de los distintos productos agrarios y sobre la demanda de los diferentes factores de producción, y vendrán determinados por las características particulares de los mercados de productos y factores donde sean adoptadas dichas innovaciones.

Como todo cambio tecnológico, la adopción de las innovaciones biotecnológicas producirá un desplazamiento hacia la derecha de la oferta de productos agrarios y, consecuentemente, unas presiones a la baja en los precios de los mismos. En la medida en que estas presiones se materialicen, serán los consumidores los que, a largo plazo, tenderán

a percibir las mayores ganancias de la biotecnología vía precios más bajos en los productos que habitualmente consumen (Cochrane, 1957). La magnitud de estas ganancias será proporcional al descenso de los precios y su distribución dependerá del volumen de gasto que cada consumidor realice en los productos afectados. Pero, aún en el caso de que las ganancias derivadas de la biotecnología sean percibidas en última instancia por los consumidores, la adopción de las innovaciones biotecnológicas producirá además otra serie de efectos redistributivos que se difundirán de forma desigual por todo el sector agrario, dependiendo del momento en que sean adoptadas las innovaciones, del sesgo que éstas presenten hacia la dimensión de las explotaciones y del acceso relativo que cada grupo de agricultores posea a los mercados de factores y de productos (Binswanger).

Aquellos agricultores que se anticipen al resto en la adopción de las nuevas tecnologías podrán obtener lo que en la literatura económica se denomina «renta de los innovadores» y, posiblemente, será ésta la única ganancia lograda a corto plazo por el sector productor en aquellas situaciones caracterizadas por unos mercados con demandas finales inelásticas, donde la adopción generalizada de las nuevas tecnologías ejercerá presiones a la baja en los precios de los productos. Aunque la percepción de esta «renta de los innovadores» sea sólo transitoria, es importante conocer su distribución, dado el efecto que ésta podrá producir sobre la configuración de la estructura del sector agrario que seguirá al período de difusión generalizado de las biotecnologías. En este sentido, puede aventurarse que serán los grandes agricultores los primeros en adoptar las innovaciones procedentes de los avances en la biotecnología, aunque sólo sea por el hecho de que tendrán mayores incentivos para buscar información sobre ellas, puesto que los beneficios potenciales de dicha búsqueda serán proporcionales a la dimensión de las explotaciones, mientras que los costes derivados de la misma tenderán a ser fijos (Binswanger). Con respecto a la relación entre innovaciones tecnológicas y dimensión de las actividades

agrarias, las biotecnologías no parecen estar, en principio, sesgadas a favor de la gran explotación; las semillas mejoradas, las hormonas de crecimiento animal y las vacunas obtenidas mediante ingeniería genética supondrán reducciones en los costes de producción a corto plazo de similar magnitud, cualesquiera que sea el tamaño de las explotaciones donde se empleen. Pero hay que considerar también que en aquellas actividades agrarias caracterizadas por costes decrecientes a largo plazo, la adopción de ciertas biotecnologías permitirá al agricultor que la realice desplazarse hacia abajo a lo largo de su curva de costes medios a largo plazo y obtener unos mayores beneficios, con lo cual se situará en una posición más ventajosa respecto al resto de los agricultores (Phillips, 1985a). Piénsese, por ejemplo, que se desarrollase una vacuna eficaz contra la peste porcina en nuestro país; en una situación así el riesgo derivado de concentrar un elevado número de animales en una sola explotación quedaría drásticamente reducido y existirían incentivos para aumentar el tamaño de las explotaciones porcinas; en definitiva, la disponibilidad de la vacuna favorecería la concentración de recursos dentro de esta actividad.

Las posibilidades de acceso de los agricultores a los mercados de factores y de productos constituye también un aspecto clave en la determinación del impacto redistributivo de los cambios tecnológicos que acompañarán a la difusión de las biotecnologías en la agricultura. Aun con las reservas expresadas en el apartado anterior, puede aventurarse que muchas biotecnologías serán menos intensivas en capital que algunas de las tecnologías precedentes. Además, muchas biotecnologías vendrán incorporadas en nuevas semillas, fertilizantes y otros medios de producción que habitualmente son adquiridos por los agricultores a través de los canales de comercialización bien establecidos. Luego, en este sentido, la posición relativa del pequeño y mediano agricultor ante el acceso a los medios de producción no debería verse deteriorada por la introducción de las biotecnologías en el sector agrario. A pesar de todo, son previsibles unas mayores

facilidades para la adopción de las innovaciones biotecnológicas en las grandes explotaciones, puesto que los problemas para la adopción de las biotecnologías no parecen residir tanto en las posibilidades de adquirirlas cuanto en poseer la información y la capacidad técnica necesaria para poder emplearlas con efectividad, y en esto la gran explotación se encuentra en una posición claramente más ventajosa (Yonker y otros). Por último, la biotecnología, al aumentar grandemente el poder de influencia sobre las producciones durante los procesos productivos, ofrecerá a la industria transformadora la posibilidad de sustituir unas actividades de clasificación y normalización, siempre costosas, por un mayor control sobre las características de las producciones (color, tamaño, composición) a nivel de explotación. Las posibilidades abiertas por la biotecnología en este campo podrían incentivar el establecimiento de relaciones contractuales entre el agricultor y la industria, para facilitar la realización de ese mayor control de los procesos productivos por parte de ésta. La biotecnología estaría generando así una tendencia subyacente hacia una mayor integración vertical en el sector agrario, que podría resultar en una reducción de las posibilidades de acceso a los mercados lo que, en última instancia, redundará en beneficio de las explotaciones de mayor tamaño, y en perjuicio del pequeño agricultor (Phillips, 1985a).

Los efectos redistributivos de la aplicación de los avances en la biotecnología en el sector agrario afectarán también a los oferentes de factores de producción. El impacto de la adopción de una nueva tecnología sobre un determinado factor de producción dependerá del grado de neutralidad de la misma, de la elasticidad precio de la demanda del producto en cuyo proceso productivo se incorpora y de la elasticidad precio de la oferta del factor en cuestión (Binswanger). Partiendo de que en el futuro se mantendrán los niveles actuales de protección a la agricultura y adjudicando globalmente a las biotecnologías un cierto carácter neutral, se llega a la conclusión de que serán aquellos factores de

producción con una menor elasticidad precio de oferta los que resultarán más beneficiados del amplio proceso de innovación tecnológica que acompañará al desarrollo de la biotecnología; estos factores serán la tierra, dada su cantidad limitada, y el capital, en la medida en que podemos prever un creciente grado de concentración en la industria suministradora de medios de producción biotecnológicos. Veamos esto más claramente con un ejemplo concreto, siguiendo el modelo desarrollado por Cochrane (Cochrane, 1981). La difusión de nuevas variedades de un determinado cultivo obtenidas mediante la ingeniería genética incrementará sus rendimientos y reducirá los costes unitarios de los agricultores que las adopten induciéndoles a aumentar sus ofertas a los precios existentes, para lo cual, dado el carácter neutral de esta innovación, deberán incrementar la demanda del conjunto de factores empleados en la producción de dicho cultivo. En una agricultura competitiva los precios descenderían al aumentar la oferta del productor y se llegaría a un nuevo equilibrio a un nivel de precios más bajo en el cual los agricultores innovadores dejarían de obtener beneficios. Por el contrario, en una agricultura protegida el nivel de precios no caerá cuando la oferta agregada aumente, al menos totalmente, de modo que los agricultores innovadores seguirán obteniendo beneficios e intentarán continuar aumentando sus producciones, para lo cual tratarán de contratar más trabajadores, adquirir más bienes de capital y comprar tierras a los agricultores menos innovadores. Ahora bien, dado que la superficie agrícola es limitada, la competencia por la misma elevará su valor, y lo mismo ocurrirá con el resto de los factores de producción cuya oferta sea inelástica, elevándose al mismo tiempo los costes de producción. En última instancia, los agricultores innovadores alcanzarán un nuevo equilibrio, de nuevo con beneficios nulos, pero caracterizados esta vez no por unos precios más bajos en las producciones sino por un mayor valor de la tierra y del resto de los factores de producción con una oferta inelástica (en este caso, los bienes de capital).

4.3. Dimensión internacional

El desarrollo de la biotecnología puede ejercer uno de sus mayores impactos sobre el comercio internacional de productos agrarios. En un principio, aquellos países que tomen la iniciativa en la adopción de innovaciones biotecnológicas podrán extraer ganancias importantes mediante unas mayores cuotas de mercado en el comercio internacional de productos agrarios. Y, al menos a corto plazo, es previsible esperar que sean los países más desarrollados los primeros en introducir las innovaciones biotecnológicas en sus agriculturas y en obtener las ganancias correspondientes (Hueth y Just). Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el amplio campo de aplicación de la biotecnología, tanto en lo que se refiere a producciones cuanto a áreas geográficas supone de hecho una nueva situación que puede dar pie en el futuro a una importante reestructuración y relocalización de ciertas actividades agrarias a nivel mundial, con importantes implicaciones sobre el comercio internacional. En este sentido, países que hoy son netamente importadores podrían convertirse en autosuficientes y, por el contrario, países con una gran vocación exportadora podrían verse desplazados de los mercados internacionales, e incluso, podría producirse la desaparición de ciertos mercados (van den Doel y Junne). Desgraciadamente, estas tendencias futuras son todavía muy difíciles de prever, puesto que no son aquí los aspectos técnicos los únicos determinantes de la situación, sino que habrá que contar también con una serie de factores económicos, institucionales e incluso políticos antes de emitir algún tipo de conclusiones definitivas sobre las posibilidades de desarrollo y difusión en cada país de aquellas innovaciones biotecnológicas más acordes con sus recursos productivos. El marcado carácter privado de la biotecnología hace aún más impredecible esta situación.

4.4. Impacto medioambiental

Las tecnologías que han precedido a la biotecnología a lo

largo del presente siglo han sido, por lo general, intensivas en el empleo de recursos no renovables. Los avances en la mecanización han incrementado de manera importante la demanda de energía en el sector agrario. Por otra parte, la mejora varietal ha conducido al empleo masivo de fertilizantes nitrogenados que, asimismo, llevan incorporados recursos no renovables. Por el contrario, el impacto de la biotecnología en el sector agrario no se ejercerá predominantemente a través del desarrollo de plantas excepcionalmente productivas en respuesta a dosis crecientes de fertilizantes, sino mediante la amortiguación de algunos de los «stress» y pérdidas patológicas que éstas experimentan y que vienen asociados a enfermedades y plagas y a factores climáticos y medioambientales (Sundquist, 1985). Es pues de esperar, que el desarrollo de productos biotecnológicos y su posterior difusión contribuirá a disminuir las presiones que actualmente vienen ejerciendo las actividades agrarias sobre los recursos no renovables.

Existe, asimismo, una creciente y generalizada preocupación sobre el efecto de las prácticas agrícolas sobre la contaminación y el deterioro del medioambiente. En este sentido hay razones para pensar que, en términos generales, la biotecnología podría ejercer un efecto benéfico sobre la conservación del medio natural, aunque aquí también el impacto final es difícil de determinar. Podrían citarse como aspectos positivos de la biotecnología a este respecto las posibilidades que en principio presenta para reducir y/o eliminar el empleo de sustancias químicas contaminantes, al facilitar la obtención de productos agrícolas alterados genéticamente más resistentes a plagas y enfermedades. Asimismo, el logro mediante la ingeniería genética de plantas más resistentes a la sequía y mejor adaptadas a terrenos marginales podría contribuir a reducir las crecientes necesidades de tierra y agua en la agricultura, deteniendo la erosión del suelo e impidiendo el aumento de la salinidad y toxicidad mineral en tierras intensamente regadas (Barton y Brill). Pero, obviamente, no todas las biotecnologías incidirán en una mejora del medio ambiente. En la actualidad una de las líneas

prioritarias en la investigación biotecnológica del sector privado consiste en el desarrollo de plantas más resistentes a los herbicidas, lo que sin duda contribuirá a un mayor uso de los mismos.

Otro aspecto quizá bastante más preocupante, cuyos efectos son aún imposibles de estimar lo constituye la generación deliberada de microorganismos alterados genéticamente, cuya difusión podría ocasionar daños irreversibles o de muy difícil eliminación (Doyle; Lu). Asimismo, el desarrollo comercial de las biotecnologías podría resultar en una disminución de la diversidad genética y, por tanto, en un peligro potencial para la agricultura; la dependencia de un escaso número de variedades obtenidas mediante ingeniería genética aumentará el grado de vulnerabilidad de la agricultura, al elevar el riesgo de fallo generalizado en las cosechas ante la súbita aparición de una nueva plaga o enfermedad (Plunknett y otros).

6. CONCLUSIONES Y ALGUNAS POSIBLES VIAS DE ACTUACION

Si se cumplen las previsiones existentes sobre los avances científicos en la biotecnología la adopción por un determinado país, en un futuro no muy lejano, de los nuevos productos y procesos biotecnológicos le podría permitir obtener una oferta de productos agrarios más abundante y de mayor calidad a precios más bajos para el consumidor, lograr una mejora de su competitividad en los mercados agrícolas internacionales, y disminuir el empleo de productos químicos en los procesos de producción agraria, con un consiguiente efecto benéfico sobre los niveles de contaminación ambiental y la preservación de los recursos naturales. No obstante, si se mantiene la actual configuración de las diferentes políticas relacionadas con el sector agrario, es muy probable que, paralelamente a los cambios anteriores, se produzca además un aumento en los excedentes de algunas producciones, una aceleración de los

actuales procesos de concentración e integración de los recursos en la agricultura, alteraciones importantes en el comercio internacional de productos agrarios y, quizá también, la aparición de nuevos problemas de índole medioambiental de raíz agraria. Todo ello nos lleva a esbozar, dadas las limitaciones del presente artículo, una serie de actuaciones de política cuya adopción podría servir para realzar los beneficios potenciales y mitigar las consecuencias adversas de la futura difusión de las biotecnologías en el medio rural.

i) El crecimiento en la productividad de la agricultura en una situación de mercados fuertemente protegidos plantea la necesidad ineludible de emprender actuaciones tendentes al logro del equilibrio de los mismos. Podría pensarse en establecer un freno a los procesos de investigación y desarrollo en biotecnología, que desacelerase el crecimiento de la productividad agraria y permitiera a los mercados nacionales e internacionales absorber los excedentes agrarios sin coste real para productores y/o consumidores. Sin embargo, creemos que los costes sociales que podrían derivarse de la renuncia al mantenimiento y mejora de la productividad agrícola, mediante una ralentización de los avances en la investigación biotecnológica, excederían con mucho a aquellos otros que se derivarían de las situaciones de sobreabundancia que la biotecnología podrá generar en el futuro.

Así pues, admitida la ineludible necesidad de hacer frente a desequilibrios en los mercados y de tener que realizar los ajustes correspondientes, el problema se reduce a la determinación del nivel apropiado de instrumentos de intervención (Hueth y Just). Lo que, por otra parte, no resulta ni mucho menos una tarea fácil si tenemos en cuenta que el potencial productivo de la biotecnología será en muchos casos difícilmente estimable. Parece pues que la actuación más inmediata debería consistir en la realización de investigaciones que permitieran obtener información sobre el impacto

potencial de la biotecnología en las funciones de producción agrarias y sobre sus efectos finales en los diferentes mercados.

ii) Aunque la reforma estructural de muchas explotaciones agrarias de dudosa viabilidad económica es en la actualidad una condición absolutamente necesaria para su supervivencia, existe también un conjunto importante de explotaciones de tamaño medio, actualmente viables, pero cuya supervivencia podría verse amenazada como consecuencia de la difusión de las innovaciones biotecnológicas. Si el mantenimiento de este conjunto de explotaciones se encuentra dentro de los objetivos de la política agraria, será necesario establecer los medios que permitan a todos los agricultores tener un acceso similar a las nuevas tecnologías biotecnológicas, así como crear las condiciones para que puedan lograr el nivel de capacitación necesario para su uso efectivo. La política de innovación tecnológica y de extensión agraria que cada país instrumente, desempeñará aquí un papel fundamental (OTA. 1986).

iii) La política de innovación tecnológica adoptada por un determinado país en relación a la biotecnología será también crucial para el mantenimiento en el futuro de su competitividad internacional en materia de productos agrarios. La gran importancia que está adquiriendo el sector privado en la investigación en biotecnología a nivel mundial (multinacionales, empresas de nueva creación, etc.) va a suponer una progresiva obstrucción de las fuentes y de los canales mediante los que la información científica y técnica ha venido discurriendo hasta ahora y a través de los que se han venido nutriendo hasta el momento los sistemas nacionales e internacionales de investigación. Además, los esfuerzos de investigación que realice el sector privado vendrán determinados, por la propia lógica del sector, en función de los beneficios potenciales que puedan extraerse de la aplicación de la biotecnología a las diferentes áreas de la producción vegetal y animal, áreas que podrían no coincidir con aquellas que ofrecen un mayor interés para un país o para un

determinado grupo de países. Puede verse así la urgente necesidad que cada país tiene de desarrollar sus propios programas de investigación en biotecnología, orientados hacia aquellas áreas que gozan de una mayor prioridad para el mismo, así como de intensificar la cooperación en materia de investigación biotecnológica con otros países afines.

iv) Existe una serie de factores que sin duda tenderá a condicionar el desarrollo eficaz de todo programa nacional de investigación en biotecnología. Entre ellos se encuentran la concesión de ayudas e incentivos a la industria para la realización de actividades de investigación y desarrollo, la canalización de fondos a la investigación básica y aplicada del sector público, el desarrollo de mecanismos de interacción entre los centros de investigación públicos y las empresas privadas, y la mejora del potencial científico nacional. Convendría también desarrollar los aspectos legales en materia de propiedad intelectual de forma que puedan quedar amparados los nuevos productos y procesos biotecnológicos, así como vigilar y reglamentar, en su caso, la realización de prácticas restrictivas de la competencia por parte de las empresas privadas que actúen en el campo de la biotecnología (OTA, 1984; Phillips, 1985b; Stallman y Schmid). Los aspectos que acabamos de señalar comportan importantes repercusiones para la política científica y tecnológica cuyo análisis escapa, sin embargo, del alcance de este trabajo.

v) Es previsible que la adopción de un gran número de biotecnologías ofrecerá la posibilidad de reducir las fuertes presiones que las actuales prácticas agrarias están ejerciendo sobre los ecosistemas. Pero, como ya se ha señalado, es también previsible suponer que la aplicación de los avances biotecnológicos en la agricultura podría, asimismo, producir consecuencias adversas sobre el medio ambiente. Poco podemos adelantar en la actualidad sobre estas posibles consecuencias, pero sí podemos indicar algunas formas de proceder para impedir o al menos reducir su aparición en el

futuro. Habría que comenzar por realizar investigaciones que contribuyeran a un mejor conocimiento de los costes sociales en forma de deterioro ambiental que podrían derivarse de la difusión de ciertas innovaciones biotecnológicas. Asimismo, habría que regular cuidadosamente la producción, difusión y empleo de aquellas biotecnologías que se estimasen peligrosas y vigilar el estricto cumplimiento de las reglamentaciones que se establecieran a este respecto. Pero, y pensamos que esto es importante, sin caer en una regulación excesiva o inadecuada que pudiera suponer un retraso en el desarrollo y difusión de las biotecnologías, y ocasionar unos costes sociales superiores a aquellos que pudieran derivarse de un mayor riesgo de deterioro ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- BARTON, K. S. y BRILL, W. J. (1983): «Prospects in Plant Genetic Engineering». *Science*, vol. 219: 671-675.
- BAUMAN, D. E. y otros (1985): «Responses of High Producing Dairy Cows to Long Term Treatment with Pituitary —and Recombinant— Somatotropin». *Journal of Dairy Sciencia* 68 (2): 1352-1362.
- BINSWANGER, H. P. (1980): «Income Distribution Effects of Technical Change: Some Analytical Issues» en A. A. Araji, editor. *Research and Productivity in Agriculture*. University of Idaho.
- BULL, A. J., HOLT, G., LILLY, M. D. (1982): *Biotechnology: International Trends and Perspectives*. París. OECD.
- BURGESS, B. K. (1983): «Nitrogen Fixation: Research Imperatives» en Y. Lu, editor. *Emerging Technologies in Agricultural Production*. Washington D.C. USDA Cooperative State Research Service.
- BUTTEL, F. H. (1985): «Biotechnology and Genetic Information: Implications for Rural People and the Institutions that Serve Them», *The Rural Sociologist* 5 (2): 68-88.
- BUTTEL, F. H. y BARKER, R. (1985): «Emerging Agricultural Technologies,

-
- Public Policy and Implications for Third World Agriculture: The Case of Biotechnology», *American Journal of Agricultural Economics* 67 (5): 1170-1175.
- BUTTEL, F. H. y KENNEY, M. y KLOPPENBURG, J. (1985): «From Green Revolution to Biorevolution: Some Observations on the Changing Technological Bases of Economic Transformation in the Third World», *Economic Development and Cultural Change*, 34 (1): 31-55.
- CASTELLS, M. y otros (1986): *Nuevas Tecnologías, Economía y Sociedad en España*. Volumen I. Madrid. Alianza Editorial.
- COCHRANE, W. W. (1957): *Farm Prices, Myth and Reality*. Minneapolis. University of Minnesota Press.
- COCHRANE, W. W. (1981): *The Development of American Agriculture*. Minneapolis. University of Minnesota Press.
- CHUNG, C. S. y otros (1985): «Stimulation of Swine Growth by Porcine Growth Hormones». *Journal of Animal Science* 60 (1): 126-129.
- DOYLE, J. (1986): *Altered Harvest: Agriculture, Genetics, and the Fate of the World's Food Supply*. New York. Penguin Books.
- FARAS, A. J. y MUSCOPLAT, C. C. (1985): «The Impact of Genetic Engineering on Animal Health and Production», *Journal of Animal Science*, 61 (2): 144-153.
- FISHEL, W. L. y KENNEY, M. (1986): «Challenge to Studies of Biotechnology Impacts in the Social Sciences», en *Proceeding of the XIX International Conference of Agricultural Economists*. Oxford. Gower Publishing Company.
- FRALEY, R. T. y otros (1983): «Expresion of Bacterial Genes in Plaznt Cells», *Proceedings National Academy of Science*, 80: 4803-4807.
- HARLANDER, S. K. y LABUZA, T. P. editores (1986): *Biotechnology in Food Processing*. Park Ridge, New Jersey. Noyes Publications.
- HUETH, D. y JUST, R. E. (1987): «Policy Implications of Agricultural Biotechnology», *American Journal of Agricultural Economics* 69 (2): 426-431.

-
- JONES, M. G. K. y KARP, A. (1985): «Plant Tissue Culture Technology and Crop Improvement», *Advances in Biotechnological Processes*, 5: 91-121.
- KALTER, R. J. (1985): «The New Biotech Agriculture: Unforeseen Economic Consequences», *Issues in Science and Technology*, Otoño: 125-133.
- KENNEY, M. y BUTTEL, F. (1985): «Biotechnology: Prospects and Dilemas for Third World Development», *Development and Change*, 16 (1): 61-91.
- LU, Y. (1985): «Impacts of Technology and Structural Change on Agricultural Economy. Rural Communities and the Environment», *American Journal of Agricultural Economics* 67 (5): 1158-1163.
- MILLER, L. K., LING, A. J. y BULLA, L. A. (1983): «Bacterial Viral and Fungal Insecticides». *Science*, vol. 219: 715-21.
- M.E.C. (1985): *Programa Movilizador de Biotecnología*. Madrid.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1984): *Genetic Engineering of Plants*. Washington D. C. National Academy Press.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESMENT (1984): *Commercial Biotechnology: An International Analysis*. Washington D.C. U.S. Congress.
- OFFICE TECHNOLOGY ASSESMENT (1986): *Technology, Public Policy and the Changing Structure of American Agriculture: Final Report*. Washington D.C., U.S. Congress.
- PHILLIPS, M. J. (1985a): «Microeconomic Impacts of Emerging Technologies». *American Journal of Agricultural Economics* 62 (5): 1164-1177.
- PHILLIPS, M. J. (1985b): *Enhancing Competitiveness: Research and Technology in Agriculture*. Kansas City, Federal Reserve Bank of Kansas City.
- PLUCKNETT, D. L. y otros (1987): *Gene Banks and the World's Food*. Princeton. New Jersey. Princeton University Press.
- POND, G. W. (1980): *Animal Agriculture: Research to Meet Human Needs in the 21st Century*. Boulder, Colorado. Westview Press.
- RUTTAN, R. W. (1983): *Agricultural Research Policy*, Minneapolis University of Minnesota Press.
- SCHMID, A. A. (1985): «Biotechnology, Plant Variety Protection, and

-
- Changing Property Institutions in Agriculture», *North Central Journal of Agricultural Economics* 7(2): 129-138.
- SHARP, M. (1986): «Biotechnology: Watching and Waiting», en M. Sharp, editor. *Europe and the New Technologies: Six Cases in Innovation and Adjustment*. Ithaca, New York. Cornell University Press.
- STALLAMAN, J. I. y SCHMID, A. A. (1987): «Property Rights in Plants: Implications for Biotechnology Research and Extensión», *American Journal of Agricultural Economics*, 69(2): 432-437.
- SHULTZ, T. W. (1953): *The Economic Organization of Agriculture*. New York, McGraw Hill.
- SUNDQUIST, W. B. (1985): «Impacts of Emerging Technologies on U.S. and Third World Agriculture: Discussion», *American Journal of Agricultural Economics* 67(5): 1176-1177.
- SUNDQUIST, W. B. (1987): *Policy Implications for Agriculture of Biotechnology Research*. Staff Paper 87-7. Department of Agricultural and Applied Economics, University of Minnesota.
- ULMER, K. M. (1983): «Protein Engineering», *Science*, vol. 219:666-70.
- VAN DER DOEL, K., y JUNNE, G. (1986): «Product Substitution Through Biotechnology: Impact on the Third World». *Trends in Biotechnology*, n.º 4: 88-90.
- WAGNER, T. E. (1985): «The Role of Gene Transfer in Animal Agriculture and Biotechnology»; *Canadian Journal of Animal Science*, 65 (septiembre): 539-552.
- WALSH, M. (1984): *Areas of Biotechnology Research with Potential Applications to Agriculture: A Literature Search*. Staff Paper, 84-11. Department of Agricultural and Applied Economics, University of Minnesota.
- YONKER, R. D., RICHARDSON, J. W., KUTSON, R. D. y BUXTON, B. M. (1986): «Impact of Evolving Bio and Information Technologies on the Structure of Dairy Farming». Trabajo presentado a la Reunión Anual de la Southern Agricultural Economic Association, Orlando, Florida.

RESUMEN

Los recientes avances en el campo de la biotecnología permiten pronosticar el comienzo de una nueva era tecnológica en la agricultura con importantes implicaciones socioeconómicas. En este artículo se analizan, desde la perspectiva de la teoría económica algunos aspectos controvertidos relacionados con el impacto potencial de las futuras biotecnologías sobre los niveles de producción, precios y rentas agrarias; la distribución de los recursos dentro del sector agrario; el medio ambiente y los recursos naturales; y el comercio internacional de productos agrarios. Asimismo, se señalan también algunas actuaciones de política cuya adopción podría servir para realzar los aspectos positivos, y mitigar las consecuencias adversas, que podrían derivarse de la difusión de las innovaciones biotecnológicas en el medio rural.

RÉSUMÉ

Les progrès récents dans le domaine de la biotechnologie permettent d'envisager la naissance d'une nouvelle ère technologique dans l'agriculture, entraînant d'importantes conséquences socioéconomiques. Dans cet article il est analysé, du point de vue de la théorie économique, certains aspects faisant l'objet de controverses, quant à l'impact pouvant résulter des futures biotechnologies sur les niveaux de production, les prix et les revenus agricoles; sur la distribution des ressources à l'intérieur du secteur agricole, l'environnement et les ressources naturelles; et sur les échanges internationaux des produits agricoles. Par ailleurs, il est également signalé certaines actions politiques dont la mise en pratique pourrait mettre en relief les aspects positifs, et atténuer les conséquences contraires pouvant découler de la diffusion des innovations biotechnologiques dans le milieu rural.

SUMMARY

Recent progress in the field of biotechnology leads to foreseeing that a new technological age is dawning in agriculture, with significant social and economic implications. The paper reviews some controversial aspects concerning the potential impact of future biotechnologies on farm output, price and income levels, the environment and natural resources, and on world trade in agricultural products, from the point of view of economic theory. It also points out some policy moves which would boost the positive aspects and mitigate the negative consequences of the spreading to rural areas of innovations in biotechnology.

