

Biotecnología, agricultura y ambiente: una recapitulación

••••• ROSALBA CASAS Y MICHELLE CHAUVET*

Desde mediados de los años ochenta los efectos económicos, sociales y políticos de la biotecnología han sido objeto de diversos estudios latinoamericanos e internacionales, en los cuales se han destacado las bondades y las desventajas de este campo de investigación. A diferencia de otros ámbitos tecnológicos, la biotecnología tiene efectos heterogéneos según las tecnologías específicas de interés y el modelo socioeconómico respectivo.

El eje teórico-metodológico de este trabajo se enmarca en la discusión sobre el carácter de ruptura o continuidad que se atribuye a la biotecnología en los modelos tecnológicos aplicados en la agricultura. En este debate se hace hincapié en que el presente es un período de transición, de constante cambio y redefinición, con resistencias e impulsos hacia una nueva forma de hacer las cosas que desecha ciertos aspectos e inventa otros.

Por la diversidad de los análisis sobre la importancia de la biotecnología para la agricultura y el ambiente, así como por los numerosos planteamientos de política derivados, es importante elaborar un balance de sus aportaciones desde la perspectiva de la gestación de un nuevo modelo tecnológico, de manera que se discutan las posibilidades reales de las biotecnologías para mejorar la agricultura de los países latinoamericanos.

En el primer apartado se refiere brevemente al marco económico internacional en que se desarrolla la biotecnología, a lo cual sigue un inventario de las ventajas e inconvenientes de las biotecnologías para la agricultura y el ambiente. Luego se señalan los enfoques con que se ha abordado el efecto de dicha tecnología, para pasar al examen específico de las repercusiones en la

sustitución de cultivos y productos; los rendimientos y la productividad; los diversos grupos de productores; el empleo y los procesos de trabajo, y el ambiente.

MARCO ECONÓMICO DEL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA

Para evaluar los efectos de la biotecnología en la agricultura y el ambiente de América Latina es menester identificar las condiciones favorables y las adversas del nuevo entorno económico para las actividades agropecuarias de la región. En la fase actual del capitalismo mundial la característica sobresaliente del sistema económico es la globalización, es decir, el nuevo período de la internacionalización de la economía en que destacan cuatro fenómenos nuevos: la unificación de los mercados financieros internacionales y nacionales en un circuito único de movilidad de capital; el comienzo de la integración multinacional de las grandes corporaciones transnacionales de diferente base nacional; el surgimiento de bloques comerciales regionales, y el inicio de la coordinación permanente de las políticas económicas de las grandes potencias capitalistas.¹ Las consecuencias de quedar al margen de la economía global parecen catastróficas.

La globalización entraña la interdependencia, pero por las relaciones desiguales entre las naciones se le caracteriza como interdependencia asimétrica,² en donde el poder es el elemen-

1. A. Dabat, *El mundo y las naciones*, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, México, 1993.

2. M. Alfie, "El proceso de globalización y los nuevos nacionalismos: la herencia de la guerra fría". *Revista Sociológica*, Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, núm. 21, año 8, enero-abril de 1993, pp. 238-254.

* Investigadora del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México y profesora-investigadora del Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana, plantel Azcapotzalco, respectivamente.

to de control sobre los recursos y la fuerza que puede afectar los resultados. Una de las partes obtiene más beneficios y, por tanto, la que queda en desventaja paga el costo de su interrelación.

De los variados enfoques sobre la globalización cabe resaltar tres aspectos que guardan una estrecha relación con el rumbo que tome la aplicación de la biotecnología en la agricultura regional: los procesos de reestructuración de la economía; la reformulación de las reglas del juego, y la redefinición del poder mundial y de los estados nacionales.³

Aunque esos rasgos del proceso globalizador atañen a los cambios en las funciones estatales, en este trabajo sólo se tocan las tendencias en la relación que se construye entre la sociedad civil y el Estado de las naciones europeas, donde "...existe un consenso bastante amplio en torno a la tendencia a sustituir las anteriores funciones de inducción del crecimiento económico y propiedad de un gran complejo empresarial para subsidiar la producción y el mercado interno, por otras orientadas al desarrollo de la tecnología de punta, el respaldo a la competitividad internacional, la sustentabilidad del desarrollo o la atención de las mayores desasistencias sociales generadas por la aceleración del cambio técnico y la competencia internacional".⁴

También es importante tener en cuenta que la globalización tiende a homogeneizar distintos ámbitos, desde la producción hasta la vida social y cultural, pues detrás de toda homogeneidad está una hegemonía.⁵

El estudio de los efectos socioeconómicos de la biotecnología en la agricultura latinoamericana debe tener en cuenta la idea de homogeneización en el uso de técnicas, modelos productivos y controles de comercialización. Pero todo este esfuerzo carecería de sentido si no se considera el eje básico del mercado, cuyas transformaciones y características cada vez más inciertas someten al proceso de globalización a cambios constantes. Como lo único seguro es que nada lo es, se afirma que esta fase es de transición, de mudanza de una forma de hacer las cosas, el prolongado paso a un nuevo modelo tecnológico. Es decir, en el actual entorno económico aún coexiste un modelo en decadencia y plena transformación con las fuerzas que abren paso al surgimiento de un nuevo modelo tecnológico y social para la agricultura.

Todo análisis social sobre los efectos de la biotecnología debe tener muy presente las resistencias al cambio, así como que no se cumplió la idea predominante hace unos quince años de que sería una tecnología restructurante del proceso productivo agrícola. Las aplicaciones de la biotecnología se habían equiparado a las de nuevas tecnologías, como la microelectrónica y la informática, pero en realidad era una comparación poco seria debido a los distintos alcances de unas y otras. Esto ha llevado a discutir en el ámbito social si las biotecnologías representan

una innovación de ruptura o continuidad, asunto que se aborda más adelante.

Aun cuando la biotecnología no reestructura el proceso productivo agrícola, entendiéndolo por ello que sus aplicaciones se generalicen a toda la producción agropecuaria, como sucede con otras innovaciones tecnológicas, se adentra en aspectos más delicados que se vinculan con la ética, al entrañar un virtual rediseño de la naturaleza. Esta idea queda más clara si se refieren cuáles son las expectativas y las preocupaciones sobre el uso de la biotecnología en la producción agropecuaria, tanto en los países industrializados cuanto en las naciones en desarrollo.

Si bien en los primeros no sólo se alcanzó la soberanía alimentaria sino que hay una sobreproducción de alimentos, el desarrollo de biotecnologías ha respondido a la búsqueda de menores costos en coyunturas concretas, como el encarecimiento de los hidrocarburos por parte de la OPEP, que llevó a explorar nuevas fuentes de energía, como el etanol o las celdas solares. Otro caso es de la política de protección del mercado azucarero estadounidense, con precios internos para el dulce superiores a los del mercado internacional, lo cual estimuló la investigación de edulcorantes no derivados de la caña de azúcar y dio lugar a la producción de sustitutos calóricos provenientes de los jarabes de fructosa y no calóricos como la sacarina y el aspartame.⁶

En las sociedades desarrolladas se espera que la biotecnología aporte "nuevos" productos libres de las cualidades no deseadas de los alimentos naturales; por ejemplo, dulces sin contenido calórico que conserven sus características organolépticas pese a los procesos de congelamiento o deshidratación, es decir, que sepan, huelan y se parezcan a sus homólogos naturales. Esta línea de desarrollo biotecnológico es la que ha suscitado mayor controversia y preocupación entre los grupos de consumidores que perciben serios riesgos para la salud por la ingesta de alimentos tratados con técnicas de ingeniería genética.

La situación es distinta en los países en desarrollo, donde la biotecnología se presenta como opción para elevar los rendimientos y vencer las adversidades climáticas ahondadas por el deterioro de los recursos naturales, en aras de la seguridad alimentaria. El reto es romper el binomio sobreproducción de alimentos-desnutrición y hambrunas.

Bondades y desventajas de la biotecnología

Cabe aclarar que en este artículo el concepto de biotecnología se utiliza en sentido amplio. Se trata de un campo multidisciplinario en que convergen muy diversas disciplinas y distintas generaciones en su desarrollo. El objetivo central es la transformación industrial de materiales por medio de microorganismos y otros agentes biológicos para producir bienes y servicios,⁷ aunque durante los años ochenta se introduce un nuevo elemento de finitorio por la posibilidad de manipular también caracterís-

3. L. Llambi, "Globalización y ruralidad. Necesidad de un nuevo paradigma", ponencia presentada en el seminario Nuevos Procesos Rurales en México, Estudios de Caso y Perspectivas, Taxco, Guerrero, 30 de mayo de 1994.

4. A. Dabat, *op. cit.*, p. 25.

5. S. de la Peña, "La agricultura mexicana de frente al TLC", en C. González (coord.), *El sector agropecuario mexicano frente al Tratado de Libre Comercio*, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, Universidad Autónoma Chapingo y Juan Pablos, México, 1993.

6. L. Llambi, "Economías abiertas y mercados cerrados. La difícil inserción de las agriculturas latinoamericanas en la economía global", Seminario de Estrategias de Supervivencia ante la Crisis Económica y Ambiental, UAM-Xochimilco, México, noviembre de 1992.

7. EAST, *Science and Technology Policy*, Subprograma sobre Biosociedad, Bruselas, 1980.

ticas vegetales y animales con las técnicas de ingeniería genética. La noción referida no considera el término biotecnología como sinónimo de ingeniería genética, tal como se ha generalizado desde el decenio pasado. Uno de los ejes centrales de ese campo de investigación son los microorganismos, que se constituyen en los agentes productores y son utilizados tanto por la biotecnología microbiana y la microbiología de suelos como por la biología molecular y para la salud humana, mediante las técnicas de ingeniería genética.⁸

En los últimos diez años organismos internacionales y científicos sociales interesados en la biotecnología han elaborado numerosos análisis a fin de avanzar en el señalamiento de las bondades y desventajas que ofrece para los países en desarrollo.

Ventajas

Desde mediados de los ochenta se ha argumentado en diferentes foros internacionales que una de las vías de solución para los problemas del Tercer Mundo está en las nuevas técnicas biotecnológicas y, desde luego, en su adecuación a los requerimientos específicos de las regiones en desarrollo. Así lo sostienen los análisis y propuestas del Programa FAST, financiado por la Unión Europea, la ONUDI, la UNESCO y la Organización Panamericana de la Salud.

En el ámbito académico se ha tratado de determinar la naturaleza de los efectos potenciales de la biotecnología en el Tercer Mundo, fundamentalmente en la agricultura, la salud y el ambiente. Algunos autores consideran que al comprender las bases genéticas de los mecanismos de defensa de las plantas y animales, los científicos podrán manipular los que resulten benéficos para la agricultura.⁹ Sería el caso de la resistencia al estrés ambiental o biológico; la vulnerabilidad de los insectos a los plaguicidas; el control de enfermedades; la tolerancia de las plantas a plaguicidas y herbicidas; la fijación biológica del nitrógeno, y la inserción de genes para crear nuevas defensas en las plantas y más oportunidades para el uso de tierras marginales.

Aunque en los últimos años se han logrado importantes avances en la biotecnología, sus aplicaciones todavía son en su mayoría de carácter potencial y sus efectos se observarán en plazos disímiles, sobre todo en productos de importancia económica en los países en desarrollo: en cinco años para la papa y el arroz; de cinco a diez años para las plantaciones de plátano, yuca y café, y más de un decenio para el cacao, el coco, el aceite de palma y el trigo.¹⁰

No obstante, las previsiones sobre sus efectos tienden a multiplicarse y a señalar puntos decisivos sobre los cuales los paí-

ses en desarrollo deben estar muy atentos. La biotecnología promete nuevas intervenciones masivas en la salud y la agricultura de esas naciones.¹¹ Algunas tecnologías microbianas, como las de biogás, biofertilizantes, reaprovechamiento de residuos industriales, acuicultura y producción de hongos comestibles, se vinculan con el desarrollo sociocultural, técnico y económico en las áreas rurales.

Al parecer las repercusiones de la biotecnología en la agricultura y la población serán de muy diversa índole, dependiendo de las prioridades seleccionadas. Ello plantea la interrogante de si dicha tecnología entraña una ruptura con el patrón agrícola vigente o más bien su continuidad, discusión que en años recientes rompió la idea de un nuevo paradigma biológico que llevaría a una profunda reestructuración productiva de la agricultura.

Por un lado se sostiene que las biotecnologías no representan más que una última etapa de la construcción y normalización del saber científico,¹² mientras que por otro se afirma que el cambio tecnológico fue sobrestimado por la convergencia en Estados Unidos de intereses agrícolas, científicos, industriales, financieros y políticos que a fines de los ochenta propagaron la inminencia de una verdadera biorrevolución.¹³ Sin embargo, la disociación de esos intereses ha alargado los plazos biorrevolucionarios. De lo anterior se desprende que la biotecnología, al no representar una revolución, se ubica en la continuidad y por ende no reestructura del todo los patrones tecnológicos vigentes en la agricultura.

En opinión de otros autores las biotecnologías aún atraviesan por una fase preparadigmática, aun cuando se aprecian importantes discontinuidades entre las técnicas tradicionales y las fundadas en la biotecnología, pues entrañan una modificación de la base del conocimiento y un cambio radical en los métodos e itinerarios seguidos para la innovación.¹⁴ Al mismo tiempo, se considera, no existe aún un paradigma dominante compartido por una comunidad de actores, incluyendo tanto a los innovadores cuanto a los beneficiarios de las innovaciones, agricultores y productores, como tampoco la definición de su contenido ni de las instituciones conductoras.¹⁵

La biotecnología se ha asimilado como un nuevo paradigma en el medio científico, pero el sector productivo agrícola aún no lo ha adoptado. Es una fase de transición entre un viejo modelo de desarrollo agrícola y uno nuevo, en que la tecnología figura como elemento, pero que por sí sola no definirá el nuevo patrón y tendrá que ver con el replanteamiento del papel de la agricultura en la sociedad contemporánea. Así, la suerte de la biotecnología dependerá de si el nuevo paradigma se consolida en el modelo agrícola vigente o rompe por completo con las bases previas para generar uno nuevo.

8. E.J. da Silva, "Biotechnology: Socioeconomic Considerations, Intercultural Perspectives and International Viewpoints", en E.J. da Silva, C. Ratledge y A. Sasson, *Biotechnology: Economic and Social Aspects. Issues for Developing Countries*, Cambridge University Press-UNESCO, Inglaterra, 1992.

9. H. Carter, S. Logan y L. Lohr, "Agricultural Policy Implication of Biotechnology", *California Implications*, núm. 41, 1987, pp. 20-21.

10. Banco Mundial, *Agricultural Biotechnology. The Next "Green Revolution"*, Informe Técnico núm. 133, Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural, Washington, 1991.

11. R. Walgate, "Making Biotechnology Appropriate and Environmentally Sound", en E.J. da Silva, C. Ratledge y A. Sasson, *op. cit.*

12. B. Benvenuti, "Comentarios en el seminario Biotechnologie et Agriculture: Évolution ou Révolution", *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales*, núm. 24-25, Institut National de la Recherche Agronomique, Ivry, Francia, 1992, pp. 194-196.

13. F. Buttet, "Le caractère idéologique du développement des biotechnologies aux États Unis", *ibid.*, pp. 93-114.

14. G. Dosi, "Comentarios", *ibid.*, pp. 189-192.

15. *Ibid.*

Una idea similar se encuentra en el señalamiento de que numerosas aplicaciones agrícolas de la biotecnología son de naturaleza neofordista más que postfordista.¹⁶ El neofordismo, en este marco, concierne a las aplicaciones de las biotecnologías que contribuyen a reforzar el sistema aún dominante de la producción en masa para los mercados. El posfordismo atañe a las aplicaciones de la biotecnología enfocadas a disminuir los insumos químicos en las plantas y el ambiente, más acorde con una agricultura para el desarrollo sustentable.

De lo anterior se puede concluir que algunas aplicaciones de la biotecnología reforzarían el modelo agrícola existente o neofordista, a partir de la generación de híbridos, la aplicación de insumos agrícolas y el uso de tierras aptas para la agricultura; como resultado, se intensificarían la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales. Otras aplicaciones contribuirían a crear un nuevo modelo agrícola posfordista, en que el aumento de la productividad se basaría en variedades reproductivamente estables y no en híbridos, sin depender de insumos costosos, y que permitiría la agricultura en regiones donde no se ha desarrollado, lo cual garantizaría la reproducción de la naturaleza y sus ecosistemas agrícolas. La definición de un nuevo patrón agrícola, en suma, se relaciona menos con el perfeccionamiento de la ciencia que con la reformulación del papel de la agricultura en las sociedades industriales.

Desde el desarrollo de los últimos años se han señalado varias ventajas que los países del Tercer Mundo deben explotar en beneficio propio. En ello se debe considerar como área importante a la biotecnología aplicada a plantas, principalmente el cultivo de células vegetales para la producción de metabólicos secundarios. La biotecnología no se limita a las técnicas de recombinación genética, sino que comprende un gran número de procesos para explotar recursos microbianos. Muchos países en desarrollo tienen ya experiencias prácticas que deben perfeccionarse y pueden cobrar mayor importancia que la ingeniería genética misma. Se trata de las técnicas de fermentación en medios líquido y sólido, el reaprovechamiento de desechos, la producción de gas metano, la descomposición de la biomasa lignocelulósica y la transformación de combustibles.

En 1982 un grupo de académicos planteó que la biotecnología podría contribuir mucho al desarrollo del Tercer Mundo, en particular con la producción de alimentos para consumo humano y animal, la elaboración de insecticidas microbianos, la fijación biológica del nitrógeno, el tratamiento de desechos y el mejoramiento de cultivos.¹⁷ Estas áreas de aplicación permitirían obtener nuevos productos y ampliar el espectro de utilización de los recursos naturales.

Diez años después, en otro foro académico sobre las perspectivas de la biotecnología, se reafirmó que ésta ofrece una gran variedad de herramientas, con diferentes complejidades técnicas, inversiones económicas y esfuerzos necesarios para esperar efectos positivos. Sin embargo, se concluyó, no es suficien-

te contar con una base sólida de investigación biológica. Se requiere también un enfoque flexible para dirigir el capital de manera productiva, transformar la investigación y el desarrollo en innovaciones industriales rentables, y mejorar las opciones para los productos agrícolas y las materias primas.¹⁸

La discusión de los mismos aspectos con una diferencia de diez años refleja que la biotecnología no se ha generalizado en los procesos productivos de la agricultura y la agroindustria debido a la sobreproducción de alimentos y materias primas obtenida con las tecnologías convencionales y a los períodos tan largos que requiere el desarrollo y la asimilación de las nuevas biotecnologías. También se ha insistido en las contribuciones que la biotecnología puede ofrecer para la conservación y el aprovechamiento sostenido de la diversidad biológica, sobre todo en los países en desarrollo. Se sostiene que la biotecnología puede contribuir con diversas técnicas a la conservación *ex situ* e *in situ* de plantas, animales y, en general, de la biodiversidad, tan amenazada ahora en el mundo en desarrollo. La biotecnología, así, se constituye en un elemento potenciador de los recursos naturales de la diversidad biológica.¹⁹

De los planteamientos anteriores se deduce que la biotecnología ofrece opciones interesantes para los países en desarrollo, pero su importancia real dependerá de varios factores, como la detección de los problemas específicos que requieren estas tecnologías, la naturaleza de los recursos naturales disponibles, las características de la infraestructura científico-técnica y la presencia de un marco político que valoree la definición de una estrategia biotecnológica.

Desventajas

Además de los planteamientos que destacan las ventajas potenciales de la biotecnología para el Tercer Mundo, en años más recientes y tras ciertas experiencias en el mundo industrializado se han elaborado análisis que alertan sobre los efectos socioeconómicos negativos de la aplicación de las biotecnologías en el Tercer Mundo. Algunos se derivan de las tendencias internacionales de la biotecnología, que será difícil revertir cuando se incorporen al mundo en desarrollo. Otros se refieren a las repercusiones de la biotecnología en los sectores agrícolas del Tercer Mundo y el ambiente, previsible con base en las experiencias previas en la aplicación de tecnologías agrícolas, como la Revolución Verde, y los riesgos que implica para la conservación de los recursos naturales. Un conjunto más de efectos de orden socioeconómico se empiezan a manifestar en el empleo, los ingresos, la propiedad agrícola y otros aspectos. Finalmente, la aplicación de las técnicas biotecnológicas también genera una mayor dependencia económica para los países en desarrollo.

Muchas argumentaciones sobre los efectos negativos de la biotecnología parten de la extrapolación de sus tendencias actuales en los países desarrollados, así como la de las consecuen-

16. G. Junne, "La grandes entreprises face a la révolution biotechnologique", *ibid.*, pp. 143-159.

17. A. Sasson, *Quelles biotechnologies pour les pays en développement?*, Sextante 21, UNESCO, Paris, 1986.

18. P. A. Van Hemert, H. L. M. Liljeveldt y J. W. M. Riviere, *Biotechnology in Developing Countries*, Delft University Press, Holanda, 1982.

19. V. Costarini y A. Sasson (eds.), *Biotechnologies in Perspective: Socioeconomic Implications for Developing Countries*, UNESCO, París, 1991.

20. L. F. Soares de Assis, "La región frente a la negociación de la biodiversidad", documento de consultoría de la CEPAL, enero de 1991.

C U A D R O 1

APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA: COMPARACIÓN DE LOS MODOS NEO Y POSFORDISTA

Aplicaciones neofordistas

Variedades resistentes a los herbicidas

Mejoramiento de rendimientos

Aumento de la producción animal
(v.gr. hormona bovina del crecimiento)Aumento de la sustituibilidad de los
componentes alimentariosProducción en serie de materias
primas industrialesAplicaciones mixtas¹*Insumos agrícolas*
Bioplaguicidas*Bioteología vegetal*
Resistencia al estrés;
incremento del contenido nutricional*Producción animal*
Mejoramiento de los índices de transformación
Mejoramiento de la salud animal
Tratamiento de desechos animales*Productos alimentarios*
Alimentos de prolongada conservación*Aplicaciones no alimentarias*
Tratamiento en gran escala de los desechos
(v.gr. efluentes animales)

Aplicaciones posfordistas

Agricultura que economiza insumos

Variedades que fijan nitrógeno

Mejoras a la palatividad
Valorización de las especificidades
regionalesAplicaciones no alimentarias
especializadas

1. Podrían convenir a las estructuras neo o posfordistas.

cias evidentes de las tecnologías derivadas de la Revolución Verde. Sin embargo, el espectro de aplicaciones potenciales de las biotecnologías es vasto y la naturaleza de los efectos dependerá del tipo de tecnologías generadas.

En la actualidad se aprecian diversas tendencias en el desarrollo de las biotecnologías, con repercusiones también diferentes y a veces contradictorias. En el sector agrícola se busca sustituir cultivos, dar nuevos usos a éstos, optimizar el uso de insumos agrícolas y mejorar las técnicas tradicionales. Cada una de esas orientaciones entraña distintos efectos socioeconómicos para las naciones en desarrollo, aunque ello depende de si éstas logran el control del desarrollo aplicado de la biotecnología y de sus recursos naturales.

La tendencia predominante en los países desarrollados a privatizar la biotecnología plantea importantes escollos para los del Tercer Mundo. El carácter privado no sólo limita el libre acceso al conocimiento de procesos y productos generados por esa tecnología, sino que sus repercusiones socioeconómicas se agudizan al atentar contra el libre acceso de las naciones en desarrollo a sus propios recursos naturales y la posibilidad de controlar sus recursos fitogenéticos. Entre las consecuencias que resentirán los sectores agrícolas de esos países se ha destacado el reforzamiento de la gran propiedad, en vez de que mejoren las condiciones de los pequeños agricultores. Esta situación se anticipa por ser los grandes propietarios agrícolas quienes poseen las técnicas de gestión, los medios financieros y la experiencia de comercialización para obtener rápido provecho de las nuevas aplicaciones tecnológicas,²¹ aunque ello se debe al entorno socioeconómico y no a la biotecnología en sí.

21. Véase A. Sasson, *op. cit.*; S. D. Deo, "Implications of Biotechnologies for Third World Agriculture: Lessons of the Past and Prospects", en E.J. da Silva, C. Ratledge y A. Sasson, *op. cit.*, y G. Otero,

Otros efectos negativos de la biotecnología se derivan de las experiencias de comercialización de procesos, como los nuevos edulcorantes y el cultivo de tejidos vegetales. De ellas se deducen, entre otras, las siguientes consecuencias: *i*) una nueva organización de la cadena alimenticia; *ii*) la (bio)quimización de la agricultura; *iii*) cambios en las formas de propiedad rural y de control sobre la producción alimentaria, y *iv*) el descenso de los precios de las materias primas suministradas por el Tercer Mundo, o bien su sustitución.²² También se ha advertido que la sustitución de los cultivos tradicionales por nuevas variedades mermará el empleo de mano de obra agrícola, como ocurre en Costa Rica que remplace el cultivo de banano por el de palma de aceite.²³

Otras consideraciones señalan que las tendencias de la biotecnología abrirán paso a la creciente concentración del sector agroindustrial y al ulterior debilitamiento del poder de los gobiernos del Tercer Mundo para negociar en el ámbito internacional.²⁴ Además, se sostiene que el desarrollo y la extensión de un sistema mundial de biotecnología pueden engendrar nuevos lazos de dependencia tecnológica que se intensificarán con el comercio mundial de semillas y productos agroquímicos controlados por las empresas transnacionales.²⁵ De nueva cuenta

"Biotechnology and Economic Restructuring: Towards a New Technological Paradigm in Agriculture", *ibid.*

22. H. Hobbelink y G. Ruivenkamp, "Biología y Tercer Mundo: desenmascaramiento de una promesa", *D'Afers International*, revista del CIDOB, Barcelona, invierno de 1986, y G. Junne, "The Impact of Biotechnology on International Trade", en E.J. da Silva, C. Ratledge y A. Sasson, *op. cit.*

23. A. Sasson, *op. cit.*

24. H. Hobbelink y G. Ruivenkamp, *op. cit.*

25. K. Vergopolous, "La fin de l'agroalimentaire ou l'émergence

estas consecuencias no son originadas por la biotecnología, sino por la brecha tecnológica entre los países desarrollados y el Tercer Mundo.

Entre los temas que más se han discutido en los últimos años figuran la bioseguridad, los derechos de propiedad intelectual, las patentes, las repercusiones ambientales de los procesos biotecnológicos y la conservación del germoplasma, en razón tanto de los avances en las aplicaciones de los productos biotecnológicos cuanto de las debilidades de las políticas de los países en desarrollo.

Si bien se cuenta con diversos estudios que prevén los efectos positivos y negativos de las biotecnologías, aún son de carácter muy general y hasta la fecha sólo existen unos cuantos productos biotecnológicos en el mercado. Así, muchos de los esfuerzos de identificación de promesas y amenazas de la biotecnología son de tipo especulativo. En los apartados siguientes se explican los enfoques utilizados para el estudio de los efectos de la biotecnología, así como la discusión más amplia de algunos de éstos en la agricultura y el ambiente.

ENFOQUES DE ESTUDIO

El interés por analizar los efectos de la biotecnología surgió desde mediados de los ochenta, es decir, unos años después del advenimiento de la gran revolución biotecnológica. La discusión se ha realizado a partir de varios enfoques, los cuales se abordan a continuación.

Efectos reales-efectos potenciales

Los análisis se basan en dos perspectivas: la que se refiere a los efectos observables merced a la aplicación de las biotecnologías y la que plantea de manera anticipada los efectos de técnicas específicas con base en evaluaciones especulativas o metodológicas bien definidas.

En el primer caso destacan los estudios sobre cultivos o productos que buscan identificar efectos de tipo socioeconómico. Algunos trabajos pioneros en América Latina anticipan el examen de las repercusiones de las biotecnologías provenientes de los países desarrollados, en particular las aplicadas al sistema cañero, y se refieren también a las secuelas que en México podría tener la aplicación de la biotecnología en cultivos como la yuca, la actividad forestal y la ganadería.²⁶ Más recientemente, se han elaborado estudios de caso sobre los efectos reales de su empleo en actividades como la ganadería²⁷ y la flori-

de la biotechnologie. L'état de la question", ponencia presentada en el seminario Biotecnología y Autosuficiencia Alimentaria para México y Centroamérica, Tegucigalpa, 6-10 de abril de 1987.

26. Cabe mencionar los trabajos de G. Arroyo (coord.), *Biotecnología: ¿una salida para la crisis agroalimentaria* (1988), *La biotecnología y el problema alimentario en México* (1989) y *La pérdida de la autosuficiencia alimentaria y el auge de la ganadería en México* (1989), coeditados por Plaza y Valdez y la UAM-Xochimilco.

27. M. Chauvet, "La biotecnología aplicada a la producción ganadera en México", en R. Casas, M. Chauvet y D. Rodríguez, *La biotec-*

cultura.²⁸ Sin embargo, la mayoría de los trabajos aún permanece en el terreno de lo potencial. Por ello, hay la necesidad de continuar con estudios de caso que permitan un acercamiento a la verdadera naturaleza de los efectos de la biotecnología y contribuyan al conocimiento de las diversas formas en que repercute socialmente.²⁹

Efectos económicos, sociales y políticos

En América Latina los estudios recientes han abordado varios efectos, entre los que destacan los económicos, los sociales y los políticos. Respecto a los primeros, los estudios se han basado en elementos tales como el incremento de los rendimientos, cuando se trata de nuevas variedades agrícolas; el crecimiento de la producción, que sería el caso de los inoculantes y otros productos de interés para la agricultura (microalgas, etanol, etc.), y el aumento de la resistencia a virus, al estrés y a los productos químicos como insecticidas y herbicidas.³⁰

En lo que toca a los aspectos sociales, hay un gran interés por demostrar los efectos de las biotecnologías en el empleo, los procesos de trabajo, los productores, los patrones de consumo y el ambiente.³¹ Por lo que se refiere a los efectos políticos de las biotecnologías, se han destacado la privatización del conocimiento; las patentes y la propiedad intelectual; las nuevas formas para recompensar la apropiación presente y pasada de la información genética; la biodiversidad, y la bioseguridad.³²

nología y sus repercusiones económicas y políticas, UAM-Azcapotzalco, Instituto de Investigaciones Económicas e Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México, 1992.

28. Y. Massieu, "Aplicaciones de la biotecnología a la floricultura en México: efectos en el empleo", en *ibid.*

29. Para el caso de México véanse A. Eastmond, "Consideraciones sobre la aplicación de la biotecnología vegetal en el sureste de México", en R. Casas, M. Chauvet y D. Rodríguez, *op. cit.*; B. Suárez, "La desregulación en la industria de las semillas: patentes y biotecnología", *ibid.*, e Y. Velázquez, "Avances y repercusiones de la biotecnología en la producción de café", *ibid.* En cuanto a América Latina y otros países de la región, véanse W.R. Jaffé, *Análisis de impacto de las biotecnologías en la agricultura: aspectos conceptuales y metodológicos*, Instituto Iberoamericano de Cooperación Agrícola, San José, Costa Rica, 1991; R. Galhardi, *Employment and Income Effects of Biotechnology in Latin America. A Speculative Assessment*, Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra, 1993; S.S. Filho, "Biotecnologies végétales: évolution et implications", en A. Sasson y V. Costarini, *op. cit.*, y A. Martel, "Possible Impacts of Biotechnology on Venezuela's Agro-industry", en *ibid.*

30. Véanse W. Ancies y J.E. Cassilato, *Biotecnología. Seus impactos no setor industrial*, CNPQ, Brasilia, 1992; G. Arroyo y M. Waissbluth, *Bases para una política de desarrollo biotecnológico en la producción agropecuaria-forestal y alimentaria de México*, CEPAL, México, 1987; N. Bercovich y J. Katz, *op. cit.*, y L. Kato, "El factor potencial de la aplicación de la biotecnología en el sector petroquímico", en R. Casas, M. Chauvet y D. Rodríguez, *op. cit.*

31. R. Casas, "El tratamiento biológico de aguas residuales, ¿demanda social o coyuntura política?", en R. Casas, M. Chauvet y D. Rodríguez, *op. cit.*; M. Chauvet, *op. cit.*; A. Eastmond, *op. cit.*, y Y. Massieu, *op. cit.*

32. Véanse G. Aboytes, "Problemas que plantea la biotecnología en el marco legislativo de la propiedad intelectual", en R. Casas, M.

Un balance general de dichos enfoques muestra la mayor atención por los efectos económicos, que en última instancia definen la comercialización de los productos, y el menor interés correlativo por las consecuencias sociales y políticas.

Metodologías para el análisis

Al paso de los años se han emprendido diversos esfuerzos para plantear una metodología de análisis de los efectos de la biotecnología, en especial los concernientes al sector agrícola y el ambiente. La mayoría de esos empeños se refiere a las consecuencias potenciales.

En primer término se expone una propuesta metodológica en torno a los aspectos económicos, es decir, de cómo variarían la oferta y la demanda de los factores que componen los mercados de productos e insumos.³³ Respecto al primero, se plantea que en principio el cambio tecnológico puede suscitar una mayor eficiencia, el aumento de la oferta de productos y, en un mercado interno, el desplazamiento de productores al bajar los precios y no poder contar todos con la nueva tecnología. El beneficio sería para los consumidores. Este efecto podría ser más vigoroso si las políticas instrumentadas buscan generar economías de escala, lo cual expulsaría a los pequeños agricultores del mercado. Este fenómeno incide en la distribución del ingreso.

Con relación al mercado de insumos, se consideran los posibles efectos en los siguientes rubros: mano de obra; capacidad gerencial; tierra; maquinaria; fertilizantes y plaguicidas; forraje; insumos veterinarios, y agua. Una descripción puntual resultaría excesiva, pero cabe destacar dos aspectos. Primero, en las ideas sobre el posible rumbo de los mercados de insumos se incluyen argumentaciones que contradicen los contundentes juicios iniciales sobre los efectos de las biotecnologías, como que su uso se generalizaría rápidamente y con ello se desplazaría mano de obra y caerían las exportaciones agropecuarias de los países en desarrollo, incluso las de productos tropicales. Segundo, si bien las biotecnologías contribuyen a mejorar el rendimiento de la tierra y el cultivo de tierras deterioradas o áridas, ello podría acarrear graves problemas al ambiente por el incremento de los desmontes. Dicha propuesta metodológica y de reflexión se extiende al examen de las posibles repercusiones de las biotecnologías en los sectores agropecuarios de los países de América Latina y el Caribe.

Entre las metodologías de efectos de carácter especulativo, cabe mencionar un trabajo realizado en el marco de las evalua-

Chauvet y D. Rodríguez, *op. cit.*; M. Kenney, "Propiedad intelectual, biotecnología y desarrollo internacional", *ibid.*; J. Kloppenburg, "¡Prohibido cazar! Explotación científica, los derechos de los indígenas y la biodiversidad intelectual", *ibid.*; F. Martínez, "Repercusiones políticas de la biotecnología", *ibid.*; L. Rioja, "La bioseguridad en la dinámica actual de las relaciones internacionales", *ibid.*, y G. Otero, "Biotechnology and Economic Restructuring: Toward a New Technological Paradigm in Agriculture?", en E.J. da Silva, C. Ratledge y A. Sasson, *op. cit.*

33. K. Klein, L.A. Marks y W.A. Kerr, "Repercusiones de la biotecnología en el sector agropecuario de los países de América Latina y el Caribe. Una propuesta metodológica", en W.R. Jaffé (ed.), *op. cit.*

ciones de la Organización Internacional del Trabajo sobre las aplicaciones de la biotecnología en el sector rural.³⁴ Se trata de un ejercicio para estimar las posibles consecuencias en el empleo de los desarrollos biotecnológicos, en particular los que generen sustitución de cultivos como el café y el cacao. La autora trata de identificar sobre todo las repercusiones para los pequeños productores del campo. Su análisis se divide en cultivos de subsistencia y de exportación. En el primer caso, se analizan varios cultivos básicos cuya productividad puede mejorarse con la producción de semillas libres de enfermedades y de variedades adaptadas a suelos de baja fertilidad o condiciones locales desfavorables; se trata de un ejercicio *ex ante* de los efectos posibles de la biotecnología en cultivos básicos. El examen de los cultivos de exportación señala una tendencia a su sustitución por parte de los países desarrollados, como serían los casos del azúcar, el cacao y el café.

Con base en información estadística sobre producción, consumo, exportaciones y empleo en países latinoamericanos, se realiza una estimación cuantitativa de los posibles efectos en el empleo de una menor demanda de los cultivos de exportación por los países desarrollados y se plantean diversos escenarios. Finalmente, se presentan algunas recomendaciones para la formulación de políticas que mitiguen los efectos socioeconómicos de la sustitución de cultivos en puerta. Tal ejercicio metodológico representa un esfuerzo por prever los efectos de la biotecnología en los pequeños agricultores, con una clara diferenciación de las repercusiones en los cultivos básicos y de exportación.

Una tercera metodología es la que plantean de manera conjunta el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo y expertos del Centro para la Innovación Tecnológica de la UNAM. Más allá de la evaluación de efectos, este planteamiento busca definir prioridades de investigación biotecnológica en los ámbitos agrícola, ganadero y agroindustrial. Se parte de un escenario del *buen seguidor*, es decir, se asume que no puede alcanzarse el liderazgo dadas las barreras al acceso a la tecnología y el enorme control de la investigación básica por los países y empresas a la vanguardia en la materia.³⁵

Esta metodología comprende tres grandes pasos: *i*) la identificación y jerarquización de las aplicaciones de la biotecnología en los campos referidos; *ii*) la identificación de las áreas genéricas de conocimiento necesarias para el desarrollo comercial de las aplicaciones prioritarias, y *iii*) la determinación del avance relativo necesario en dichas áreas para alcanzar el perfil de buen seguidor.

Los criterios básicos que hay que considerar son la adecuación socioeconómica, la factibilidad tecnológica y el atractivo del mercado. El planteamiento se puso a prueba en un taller en que participaron expertos de los sectores académico, agrícola, pecuario, agroindustrial, financiero y regulatorio. Se trabajó con matrices de ponderación para determinar cuáles serían las aplicaciones más importantes de las biotecnologías por rama, según los criterios referidos.

34. R. Galhardi, *op. cit.*

35. R. Quintero y J.L. Solleiro, *Prioridades de integración y desarrollo en biotecnología alimentaria*, Centro de Innovación Tecnológica de la UNAM y Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, México, 1993.

El ejercicio permitió validar la metodología y detectar sus aciertos y errores. Un factor limitante es que la independencia frente al gobierno, si bien contribuyó a aislar sesgos e influencias, puede amenazar la implantación de los resultados del proyecto al no tenerse autoridad para incidir en las macropolíticas oficiales, necesaria para lograr la aceptación de la prospectiva. En estas condiciones, por el momento, esta metodología tendrá que buscar clientes de tipo institucional.

Existen pocos trabajos orientados a descubrir los efectos de las biotecnologías aplicadas y a darles seguimiento. Se trata de un campo con grandes retos para el investigador de ciencias sociales, tanto por lo complejo de las tecnologías generadas y sus repercusiones cuanto por lo cambiante y variado de los avances respectivos.

PRINCIPALES EFECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LA AGRICULTURA

La naturaleza de las relaciones socioeconómicas que encierra la globalización lleva a reflexionar en los efectos de la biotecnología con una óptica flexible. Las mutaciones de las biotecnologías y su comercialización internacional son procesos dinámicos que requieren un análisis permanente para conocer sus consecuencias específicas en cada momento.

En la sustitución de cultivos y productos

La idea anterior se torna evidente en el caso del subsistema del azúcar, cuyas tendencias de mediano y largo plazos se consideraban ya definidas. La caña de azúcar es un cultivo en el que los avances biotecnológicos suscitan dos fenómenos divergentes. Para la investigación científica ofrece usos muy variados, ya que sirve de plataforma experimental y al estudio específico de mejoras o transformaciones biotecnológicas como cultivo. En Cuba se tienen importantes avances en varias líneas. La paradoja radica en que el cultivo de la caña ha sido el más afectado por la biotecnología, en cuanto a la línea de sustitución de productos. Como se mencionó, el azúcar tiene como sucedáneos a la fructuosa y los edulcorantes sintéticos (sacarina y aspartame).

De las innovaciones biotecnológicas que han llegado a la fase comercial, los edulcorantes que no provienen de la caña de azúcar o la remolacha son los más antiguos en el mercado e incluso la patente del aspartame expiró en diciembre de 1992. Por ello, el subsistema agrícola aporta interesantes puntos de reflexión y permite plantear la naturaleza real de los efectos socioeconómicos de la biotecnología en una realidad cambiante. A continuación se describen algunos aspectos del mercado del azúcar en México a raíz del uso de los nuevos edulcorantes.

El mayor impulso de la producción de azúcar a partir de los jarabes de fructuosa o del aspartame ha provenido del mercado estadounidense de bebidas y refrescos, al contar con importantes ventajas en costos de producción, acceso a la materia prima, transporte, almacenamiento y tecnología de proceso. Empero, la industria refresquera mexicana utiliza el azúcar de caña por-

que la reconversión de equipo necesario para sustituir el insumo requiere una alta inversión de capital.

Conforme a los términos en que se firmó el TLC de América del Norte, la actividad azucarera conserva cierta protección al persistir por algún tiempo más los aranceles a las importaciones del dulce e impedirse el ingreso de fructuosa. No obstante, apenas cinco meses después de entrar en vigor el tratado trilateral, Estados Unidos solicitó que una lista de 150 productos mexicanos, entre ellos el azúcar y la fructuosa, se desgraven más rápidamente que lo pactado. Detrás de esta demanda existe una compleja red de intereses que confirma la inexistencia de un determinismo tecnológico. Las innovaciones son un elemento que debe considerarse en el análisis socioeconómico, pero lo determinante son las fuerzas políticas y sociales que controlan los procesos.

Entre los actores involucrados se encuentran:

- los productores de azúcar de la Florida, interesados en exportar a México;
- los productores de azúcar mexicanos que sin la protección actual quedarían fuera de la actividad;
- los productores de maíz de Estados Unidos que abastecen a los fabricantes de fructuosa;
- las compañías estadounidenses que elaboran la fructuosa y se interesan por penetrar en el mercado mexicano;
- las dos grandes transnacionales fabricantes de refrescos de cola que compraron algunos de los ingenios de propiedad estatal;
- los franquiciarios mexicanos de dichas embotelladoras que no compraron ingenios y están inconformes con pagar los precios de la "bolsa azucarera" que formaron los empresarios de los ingenios;
- los industriales azucareros que argumentan que la protección les permitirá modernizar los ingenios y exigen beneficios por su inversión;
- el gobierno mexicano, que defiende la agroindustria nacional porque de ella dependen millones de campesinos y desea además impulsar la integración con la industria refresquera;
- las autoridades comerciales estadounidenses que buscan modificar los plazos convenidos a fin de favorecer a los agricultores e industriales de su país.

Vale destacar la incipiente asociación de industriales con empresas transnacionales en un nuevo negocio de "sistema de endulzantes", de intermediarios provistos de inventarios y contratos de compra a futuro que venden azúcar, fructuosa, edulcorantes de todo tipo o mezclas sobre pedido de industrias y conforme al perfil de combinaciones solicitado por los clientes específicos.³⁶ Como se aprecia, hay un intrincado juego de intereses que impide instituir políticas de manera unilineal, así se trate de grandes consorcios transnacionales. También es claro que la sustitución de productos tradicionales por nuevos no se realiza de manera absoluta e inmutable.

Entre las aplicaciones biotecnológicas de la caña de azúcar en México, por último, figura la producción de alimento para

36. J. Guadarrama, "Multinacionales se preparan para aprovechar el cambio en la estructura del mercado azucarero", *El Financiero*, 19 de octubre de 1993.

ganado a partir de la melaza, lo cual permite reducir costos en la ganadería lechera y de engorda. El producto que se obtiene de las materias primas derivadas de la caña de azúcar se conoce como *biofermel*. Así, la biotecnología puede abrir nuevos campos a productos en crisis, como los cañeros.

En la productividad y los rendimientos

La consideración de los efectos de la biotecnología en la productividad y los rendimientos es un aspecto central en los estudios económicos. Las evaluaciones realizadas en varios países en desarrollo, latinoamericanos, asiáticos y africanos, demuestran que las técnicas de anteras, líneas de haploides y micropropagación elevan la productividad de cultivos básicos como el arroz y otros de exportación. Con la micropropagación se han obtenido productos libres de patógenos y enfermedades, por lo cual mejoran los rendimientos de cultivos como la papa.³⁷

El uso de otros insumos agrícolas de origen biológico, mediante inoculantes de *rhizobium* y micorrizas, eleva los rendimientos de leguminosas. Los cultivos hortícolas y frutícolas también mejoran con técnicas biológicas para generar material libre de patógenos, lo que abre nuevas fuentes de ingresos para los agricultores de países en desarrollo. Con las biotecnologías se acrecientan la productividad y la calidad en la floricultura, como sucede con las rosas en el estado de Morelos, México. El uso de material clonado favorece la producción intensiva de invernadero para el mercado interno, en particular el de lujo, que en materia de productividad aventaja a la floricultura tradicional.³⁸

El crecimiento de la productividad, por tanto, es una de las ventajas potenciales de la biotecnología aplicada a la agricultura, lo mismo en cultivos básicos que en otros de consumo interno u orientados al mercado externo. La factibilidad de ello es una evidencia de que las orientaciones predominantes de la biotecnología sostienen el patrón agrícola vigente, regido por criterios de eficiencia, productividad y competitividad. En suma, la rentabilidad económica prevalece sobre la social.

En los productores

Una de las preocupaciones centrales de los avances biotecnológicos orientados al sector agrícola son los efectos en los productores. Desde el surgimiento de la biotecnología se ha afirmado que ésta beneficiará principalmente a los grandes productores agrícolas, mientras que las repercusiones para los pequeños y medianos no parecen tan favorables. Las tendencias generales de los desarrollos biotecnológicos en escala internacional apuntan al surgimiento de productos o procesos que intensificarían el patrón agrícola predominante, dependiente de maquinaria y crédito y con una demanda creciente de agroquímicos.

La aplicación de las biotecnologías, empero, no responde a un solo patrón de desarrollo sectorial. Se trata de tecnologías que pueden ser utilizadas conforme a diversos patrones, que favo-

rezcan el empleo, que no dependan de insumos químicos y que permitan conservar los recursos naturales. Entre los posibles efectos negativos para los pequeños productores se encuentran el desplazamiento de los cultivos de subsistencia por los comerciales; la concentración productiva en grandes explotaciones agrícolas por las grandes necesidades de capital y capacidad de gestión, y la sustitución de fuentes nacionales de insumos por extranjeras (basadas en biotecnologías).³⁹

La enumeración de dichos efectos resulta muy útil para discutir y prever qué tipo de desarrollos biotecnológicos se podrían estimular para revertirlos. De hecho, se cuenta con interesantes propuestas para orientar la biotecnología hacia una nueva estrategia de desarrollo en América Latina.⁴⁰ Se sugiere adoptar políticas que centren las investigaciones en los cultivos de subsistencia de los pequeños productores, con el uso de semillas mejoradas y otros medios que no requieran demasiados insumos complementarios. Se considera necesario utilizar los cultivos de subsistencia para obtener, mediante métodos biotecnológicos, nuevos productos. También se propone formular políticas para que los productores comerciales recuperen el costo de las mejoras obtenidas gracias a la biotecnología, en vez de que el Estado subvencione a los mayores productores. Con ello las capacidades de investigación se orientarían hacia problemas específicos de la agricultura regional, lo que en algunos países se aprecia de manera incipiente y resringida a ciertos grupos de investigación; los grupos de punta orientan sus trabajos según las tendencias de la investigación internacional y, por tanto, del patrón agrícola vigente.

Se considera que la biotecnología puede ayudar a los pequeños productores de los países en desarrollo por medio de métodos de producción e insumos que incrementen la productividad y, por ende, el ingreso de las oportunidades de empleo asalariado.⁴¹ Las posibilidades respectivas, sin embargo, deben examinarse en forma diferenciada para los subsectores de subsistencia y exportador. En el caso del de subsistencia, se juzga necesario plantear alternativas biotecnológicas integrales para cada cultivo y la agricultura en general. Es un argumento que había estado ausente en los análisis socioeconómicos de los efectos de la biotecnología. La tendencia ha sido considerar los efectos reales o potenciales de cada cultivo en particular, sin considerar la aplicación de técnicas biotecnológicas a un patrón agrícola basado en la combinación de cultivos y usos diversos para cada uno de ellos.

Del análisis se concluye que no todas las aplicaciones biotecnológicas favorecen exclusivamente a los productores grandes y ricos. Se prevé que las nuevas variedades mejoradas de cultivos pueden elevar el ingreso y las oportunidades de empleo de los productores rurales, aunque las repercusiones favorables no parecen muy obvias para los productores pobres y de las zonas marginales. No obstante, la biotecnología ofrece la posibilidad de reducir los costos de producción mediante los fertilizantes biológicos, con combinaciones microbianas mejoradas (como micorrizas y rhizobia) y control biológico de enfermedades y

37. A. Sasson y V. Costarini, *op. cit.*

38. Y. Massieu, *op. cit.*

39. K. Klein, A. Kerr y L.A. Marks, *op. cit.*

40. *Ibid.*, y R. Galhardi, *op. cit.*

41. R. Galhardi, *op. cit.*

plagas, menos costosos que los insumos químicos. Una estrategia de este tipo entrañaría el paso a un nuevo patrón agrícola.

A diferencia de las tecnologías mecánicas derivadas de la Revolución Verde, las biotecnologías tienden a ser neutras en términos de escala y expanden en particular las oportunidades de empleo de los pequeños productores, quienes manifiestan gran interés por adoptar material libre de virus obtenido por técnicas biotecnológicas, lo cual contribuye a asegurar el éxito de sus cosechas.

En el caso específico de México, en la región del sureste la biotecnología vegetal representa una opción viable para los grandes y pequeños productores y para competir en los mercados internacionales.⁴² Lo anterior refuta la idea de que la biotecnología sólo beneficiará a los grandes productores. Numerosas experiencias de investigación en América Latina bien podrían ser prioritarias y estar encaminadas a generar tecnologías para apoyar y resolver muchos problemas de los pequeños productores de la región.

En el empleo y los procesos de trabajo

Con relación al empleo y los procesos de trabajo, se cuenta con estudios que analizan los efectos tanto reales como potenciales de biotecnologías ya aplicadas. En el caso del primero, se ha sostenido que ellos dependerán de las estructuras del mercado de trabajo existentes.

En el campo específico de la floricultura, hay evidencias de que la biotecnología incide en el aumento del empleo y en los cambios en los procesos de trabajo. Así se concluye en un estudio realizado en una región productora de rosas con técnicas biotecnológicas en México. Sin embargo, el control de material genético y la explotación del trabajo femenino impiden que los beneficios potenciales lleguen a todos los grupos sociales interesados.⁴³ Otras investigaciones señalan que la biotecnología aplicada a cultivos del sector de subsistencia, como maíz, papa y frijol, incrementa el empleo por los aumentos en la productividad, el decremento en las pérdidas y la expansión del área de cultivo.⁴⁴

La situación es diferente en los productos agrícolas de exportación. Desde los puntos de vista cualitativo y cuantitativo, estos cultivos se enfrentan con la seria amenaza de ser sustituidos por las técnicas biotecnológicas. Se anticipa que en los países desarrollados esto tendrá efectos negativos en el empleo y los ingresos para más de 50% de la población rural.⁴⁵ Otros estudios sobre la aplicación de la biotecnología al café prevén el desplazamiento de los productores tradicionales, de mano de obra y del mercado de la especie robusta.⁴⁶ En el caso de la producción de semillas de tomate a partir de biotecnologías, se apunta que los beneficios serán exclusivamente para los productores con tierras de riego, alto grado de organización y amplia disponibilidad de recursos.

42. A. Eastmond, *op. cit.*

43. Y. Massieu, *op. cit.*

44. R. Galhardi, *op. cit.*

45. *Ibid.*

46. Y. Velázquez, *op. cit.*

No resulta extraño que se considere necesario formular estrategias para aminorar los efectos de la biotecnología en el empleo.⁴⁷ La diversificación de los cultivos, su mejoramiento y los usos alternativos a los productos de exportación son tres opciones propuestas para reorientar los recursos desplazados por la sustitución hacia nuevas fuentes de empleo, como las demandantes de mano de obra especializada en micropropagación, en virtud del crecimiento del área cultivada, los rendimientos y la fertilidad de los suelos.

Al desplazamiento de empleo contribuirán, entre otros factores, las cosechas mecanizadas, la resistencia a herbicidas, el incremento en los costos de capital y las variedades mejoradas. Sin embargo, algunos autores sostienen que las biotecnologías podrían ser herramientas importantes para generar empleo adicional y fuentes de ingreso en la agricultura.⁴⁸ Una de las grandes amenazas de la biotecnología, en el corto y el mediano plazos, para el empleo en los países en desarrollo es precisamente la tendencia a sustituir cultivos. A medida que se transite hacia un nuevo modelo de desarrollo agrícola que atienda a los pequeños productores y vincule el área científica con el sector productivo, la biotecnología ofrecerá oportunidades de trabajo en el desarrollo de nuevos productos y la conservación del ambiente. El proceso de sustitución se revertirá entonces mediante usos alternativos para los productos tradicionales.

En el ambiente

Los enfoques tecnológicos se han sustentado en una racionalidad de la economía de mercado, con efectos desestabilizadores en los ecosistemas y a favor de la erosión de las tierras. Desde 1970, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano, y más recientemente en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, se propugna la aplicación de nuevas tecnologías con un enfoque de desarrollo sustentable y se ha atribuido enorme importancia a las tecnologías de base biológica.

La reflexión sobre las consecuencias de la biotecnología en el ambiente pueden analizarse desde tres perspectivas: una se relaciona con las posibilidades de conservación de la biodiversidad; otra a los daños ambientales por las aplicaciones de la nueva biotecnología, y la tercera considera las contribuciones de la biotecnología ante problemas de deterioro ambiental.

En el caso de la primera, la biotecnología ofrece la posibilidad de conservar el germoplasma de especies en peligro de extinción y formar con ello bancos de la diversidad. Este aspecto es muy importante para los países en desarrollo, depositarios naturales de la mayor riqueza biológica. Sin embargo, en América Latina no se tiene un conocimiento preciso de dichos recursos ni de bancos de conservación propios.

Respecto a las implicaciones ambientales de las manipulaciones genéticas en organismos animales y vegetales, existe una gran discusión internacional sobre bioseguridad. En el mundo desarrollado se prevén tres riesgos posibles: la producción de

47. R. Galhardi, *op. cit.*

48. A. Sasson y V. Costarini, *op. cit.*



Los efectos de las biotecnologías son muy complejos, heterogéneos y sus manifestaciones positivas o negativas dependen en gran medida de las características económicas, políticas y tecnológicas nacionales. Los desarrollos biotecnológicos están en proceso y sus potencialidades son enormes

organismos o sustancias patógenas, tanto nuevas como modificadas, y su uso en la industria o la agricultura; la liberación de organismos no patógenos modificados genéticamente que puedan afectar a otros seres vivos o al equilibrio ecológico, y los riesgos derivados de la manipulación genética de los seres vivos.⁴⁹ En el mundo en desarrollo la bioseguridad se refiere tanto al uso de productos o procesos biotecnológicos no aprobados en países desarrollados cuanto a sus efectos en la salud y el ambiente. Estos riesgos obligan a establecer sistemas regulatorios más estrictos y específicos para los procesos y productos biotecnológicos. Empero, es difícil introducir regulaciones en un campo nuevo por la falta de experiencia previa ya que los efectos de las nuevas tecnologías se conocerán *ex post facto*.⁵⁰

Hay diversos aspectos relacionados con la seguridad de la biotecnología para el ambiente: la seguridad en los laboratorios; los riesgos de la liberación deliberada de organismos modificados genéticamente; la seguridad ocupacional de los trabajadores participantes en la experimentación o producción de biotecnología, y la evaluación de los riesgos de salud para los consumidores.⁵¹ Los organismos modificados genéticamente parecen más peligrosos porque no son familiares. En realidad se trata de una amplificación de lo que los agricultores han hecho por mucho tiempo, es decir, cruzar genes para el mejoramiento de plantas y animales.⁵²

Los riesgos reales de la liberación deliberada se atribuyen a tres causas: el corto período en que los genes son traspasados,

en comparación con los métodos tradicionales de mejoramiento; el amplio espectro del gen por traspasar, lo cual amplía el rango de los "experimentos de los agricultores", y los mecanismos exóticos para hacer ese trabajo, lo que separa a los investigadores de las condiciones reales en que se utilizarán sus descubrimientos y productos.⁵³

Entre las principales preocupaciones actuales de daños en el ambiente figuran: *i*) la tolerancia a herbicidas, que una vez transferida a un cultivo por medios genéticos pudiera extenderse a todos los cultivos y generar superhierbas que no puedan destruirse; *ii*) la resistencia a insecticidas, que una vez transferida a las plantas se puede transmitir a las hierbas y engendrar variedades resistentes a insectos, y *iii*) la inducción de resistencia a virus, con riesgo de mutación y generar el efecto contrario, es decir, hipervirulencia.⁵⁴

A pesar de la discusión en curso, los riesgos de los organismos modificados genéticamente para el ambiente y la salud aún permanecen en un nivel de gran generalidad y los planteamientos en torno a ellos son todavía potenciales.

Respecto a los efectos de la biotecnología para solucionar problemas ambientales, puede afirmarse que ya se tienen experiencias positivas. Por medio de la biotecnología se han desarrollado procesos para disminuir o limitar los contaminantes químicos, los residuos sólidos, los detergentes, los insecticidas y los subproductos del petróleo.

Los procesos biológicos se utilizan en todo el mundo para tratar aguas y afluentes, así como para reaprovechar residuos y subproductos. Además de las aplicaciones ya existentes, la biotecnología tiene un enorme potencial para mejorar los problemas ambientales por desastres, la introducción de otras tecnologías y el desarrollo industrial. Todo lo anterior confirma que el patrón tecnológico vigente apunta hacia el mantenimiento de las condiciones imperantes, en lugar de romper con ellas, y tales aplicaciones de la biotecnología se sitúan dentro del mode-

49. W. Jaffé y E. Trigo, "Biosafety Regulations in Developing Countries", *Genetic Engineering and Biotechnology Monitor*, núm. 3, septiembre de 1990, pp. 46-56.

50. C. Juma, *The Gene Hunters. Biotechnology and the Scramble for Seeds*, Princeton University Press-Acts, Londres y Nueva York, pp. 149-169.

51. E. Baark, "El discurso internacional sobre políticas de biotecnología: el caso de la bioseguridad", *Revista Mexicana de Sociología*, núm. 2, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México, abril-junio de 1991, pp. 3-18.

52. R. Walgate, *op. cit.*

53. *Ibid.*

54. *Ibid.*

lo neofordista.⁵⁵ No obstante, se debe reconocer que éstas han atenuado el deterioro ambiental proveniente del desarrollo industrial. Es menester avanzar hacia un nuevo patrón tecnológico fundado en una racionalidad ecológica, es decir, la búsqueda de fuentes de energía no contaminantes que harían innecesario recurrir a la biotecnología para resolver problemas de contaminación.

Parece claro que estas tecnologías, calificadas en general como de segunda operación, no se han evaluado lo suficiente en América Latina. Aun cuando se cuenta con una capacidad de investigación importante, enfocada a resolver problemas ambientales, en la región no se han efectuado estudios de caso sobre las repercusiones de dichas tecnologías una vez aplicadas. Se trata de un campo de investigación que deben abordar los estudiosos de las ciencias sociales, ya que algunas biotecnologías encaminadas a mejorar el ambiente pasaron ya de lo potencial al pleno uso.

Frente a los problemas de contaminación y las potencialidades aún por explorar, sin embargo, ni la biotecnología ni ninguna otra área de innovación podrá resolver por sí sola los problemas del desarrollo ambiental y el consecuente deterioro social.

CONCLUSIONES

Con esta recapitulación sobre los efectos de la biotecnología en la agricultura y el ambiente se reafirma que las expectativas fueron excesivas y dieron lugar a una serie de mitos que van de la panacea a la catástrofe. El dinamismo de las innovaciones biotecnológicas, junto con los cambios en los patrones de desarrollo de los países latinoamericanos, plantea la necesidad de continuar analizando las consecuencias de biotecnologías específicas antes y después de aplicarse, así como de mantener un monitoreo permanente de las mismas.

Para analizar los efectos de la biotecnología se debe abandonar la óptica del determinismo tecnológico, así como observar con atención el entorno en que irrumpe y se desarrolla. Es necesario avanzar en el análisis de las especificidades de los efectos e, incluso, adelantarse a las aplicaciones de las biotecnologías. Es decir, a diferencia de la forma como se han evaluado las consecuencias de las tecnologías de la Revolución Verde, los estudios deben realizarse *ex ante* para identificar, sobre todo en los países en desarrollo, los riesgos inherentes.

Los efectos de las biotecnologías son muy complejos, heterogéneos y sus manifestaciones positivas o negativas dependen en gran medida de las características económicas, políticas y tecnológicas nacionales. Los desarrollos biotecnológicos están en proceso y sus potencialidades son enormes, sobre todo si se concibe a la biotecnología como un campo integrado por varias generaciones de avances tecnológicos y no sólo por la ingeniería genética.

El panorama internacional no es fácil para los países en desarrollo. Sin embargo, por las tendencias visibles ya referidas puede afirmarse que aún hay espacios para que en esos países se den a la biotecnología orientaciones distintas a las del patrón agrícola vigente. Además de satisfacer necesidades básicas de


la población, se debería reorientar los cultivos agrícolas y los recursos naturales a nuevos usos de interés. La sustitución de cultivos agrícolas por otros nuevos o por productos biosintéticos también implica nuevas opciones para los países otrora exportadores de materias primas. La biotecnología plantea múltiples posibilidades para generar nuevos usos de dichos cultivos y obtener, así, nuevos productos para los mercados internos y externos de los países en desarrollo.

Para evaluar los efectos de la biotecnología en la agricultura y el ambiente de América Latina es imperativo identificar las dificultades y oportunidades del actual modelo de desarrollo. Es importante considerar los principales circuitos mercantiles agrícolas en que participa la región: las exportaciones agrícolas "tropicales"; las de alimentos básicos y materias primas agroindustriales de clima templado, y las agrícolas no tradicionales.⁵⁶ En los dos primeros, América Latina se ha vuelto vulnerable porque algunos productos agrícolas han sido sustituidos por productos biotecnológicos y en otros la capacidad exportadora se ha tornado en necesidad importadora. El tercer circuito es donde las aplicaciones de la biotecnología han arribado con mayor fuerza, por lo que ha sido el segmento del mercado al que han podido ingresar algunos países.

La introducción de la biotecnología en los primeros dos grupos permitiría el incremento de los rendimientos y una vía hacia la autosuficiencia alimentaria, objetivo contrario a las políticas de exportación de los países desarrollados. Sin embargo, sería un campo de aplicación de la biotecnología orientado a cubrir las necesidades de las poblaciones latinoamericanas.

Las biotecnologías exitosas en las exportaciones no tradicionales se orientan hacia la satisfacción de las necesidades de los países desarrollados. Es aquí donde se requiere un cambio de prioridades para dirigir los beneficios de la biotecnología hacia los productores ahora afectados. Para ello se propone discutir tres alternativas de producción:⁵⁷ *i*) la diversificación de cultivos, pasando de los cultivos de exportación tradicionales a los no tradicionales y a otros que puedan ser exportables; *ii*) el mejoramiento de cultivos y semillas mediante la aplicación de técnicas biotecnológicas avanzadas, y *iii*) los usos alternativos de los cultivos de exportación en la producción interna, con la idea de encontrar algunas opciones nacionales de demanda para su consumo, tanto de materias primas como de transformación de alimentos.

Con las estrategias pertinentes, la biotecnología puede contribuir a que los países latinoamericanos recuperen terreno en el comercio internacional mediante la oferta de nuevos productos de exportación y, al mismo tiempo, se pueden contrarrestar sus efectos negativos. Una estrategia de este tipo entraña dificultades, pues corresponde a la esfera de la política internacional y a las determinaciones de los gobiernos nacionales.

No obstante, a la luz del referido caso del mercado azucarero mexicano, adquiere fuerza el planteamiento de que puede configurarse un nuevo patrón agrícola, con bases radicalmente distintas, nuevas reglas y otra intervención de los estados nacionales; en fin, el reflujo del mundo unipolar. 

56. L. Llambí, "Economías abiertas...", *op. cit.*

57. Véase R. Galhardi, *op. cit.*

55. G. June, *op. cit.*