

Biotecnología agrícola, espejo de la revolución verde

Fernando E. Vega

Javier Trujillo Arriaga*

En prácticamente todos los países está en peligro la continuidad de la producción agrícola que se realiza con tecnología moderna. La causa más importante de esa amenaza es que tal tipo de producción depende de insumos obtenidos de recursos naturales no renovables. Asimismo, la acentuada importancia que se da a la productividad en perjuicio de la sostenibilidad, ha provocado una degradación de los recursos naturales que sustentan la producción agrícola. Por otro lado, en los países no industrializados, el uso de genotipos¹ homogéneos (iniciado con la revolución verde) ha provocado que los cultivos sean más sensibles a condiciones ambientales adversas (plagas, enfermedades y fenómenos climáticos extremos), lo que aumenta el riesgo de pérdidas totales.

En México, las innovaciones tecnológicas propiciadas por la revolución verde sólo las adoptaron plenamente los agricultores empresariales, propietarios de las mejores tierras, que constituyen una minoría de los productores agrícolas de ese país.² Es decir, no se satisficieron las demandas tecnológicas del desarrollo rural en los países no industrializados, ya que aún persisten las principales limitaciones de la producción agrícola (sequía, erosión y escasa fertilidad del suelo) que predominaban al inicio de ese intento de modernización.

Ha poco se han propuesto innovaciones tecnológicas, convencionalmente denominadas biotecnología, que según prometen sus promotores (empresas transnacionales e institutos nacionales de investigación) dará por fin las soluciones requeridas para superar los obstáculos ambientales más importantes de la producción agrícola mundial.

Este ensayo es una crítica a la forma en que se ha desarrollado la biotecnología y pretende estimular la reflexión acerca de la excesiva importancia que se le ha atribuido como estrategia de de-

sarrollo agrícola. Existen razones para afirmar que la biotecnología no satisfará las necesidades de la mayoría de los productores agrícolas de México (los campesinos). Aunque podría contribuir al desarrollo del campo, su importancia será menor que la que proclaman las compañías que desarrollan sus productos. Aquí se examinan las consecuencias sociales, económicas y ecológicas que puede tener la aplicación generalizada de la biotecnología en México y en otros países de América Latina.

Evolución tecnológica de la modernización agrícola

El proceso de modernización de la agricultura mexicana provocó que una proporción creciente de agricultores que usaban casi exclusivamente recursos de sus lugares dependiera por completo de insumos y bienes industriales, tales como plaguicidas, fertilizantes y maquinaria. Dicha dependencia se inició con la revolución verde y ha aumentado con el tiempo. Por otra parte, se pueden citar las cifras agregadas de consumo de agroquímicos en América Latina, que de 1980 a 1984 importó 430 millones de dólares en plaguicidas. En el mismo período se utilizaron 6.5 millones de toneladas de fertilizantes, y se contaba con más de 850 000 tractores.³ La India es otro caso ilustrador: sus importaciones de fertilizantes aumentaron más de 600% de 1960 a 1980⁴ y actualmente se aplican agroquímicos en 80 millones de hectáreas, cifra muy superior a los 6 millones en 1960.⁵

Altieri identifica cinco ciclos de difusión de la tecnología agrícola moderna:⁶ i) prácticas agronómicas, como programación y densidad de siembra, ii) mecanización, iii) uso de semillas mejoradas, iv) uso de plaguicidas y fertilizantes, y v) la más reciente: la biotecnología, que se examina en este trabajo. Ésta se ha pre-

1. Conjunto de factores hereditarios característicos de un individuo o de una especie.

2. CEPAL, *Economía campesina y agricultura empresarial*, Siglo XXI Editores, México, 1982.

* Los autores trabajan, respectivamente, en el Departamento de Entomología de la Universidad de Maryland, Estados Unidos, y en el Centro de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados de Chapingo, México. Este artículo se elaboró gracias a la beca que la International Telephone and Telegraph Corporation otorgó a Fernando E. Vega por medio del Instituto Internacional para la Educación, que permitió financiar su estancia en México durante nueve meses. Los autores agradecen los comentarios de Allan Hruska (Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Managua, Nicaragua); Íñigo Granzow de la Cerda y Judith Carney (Universidad de California, Los Ángeles, Estados Unidos) y de Blanca Suárez (Centro de Ecodesarrollo, México).

3. Miguel Ángel Altieri, "Agroecology and Rural Development in Latin America", en Miguel Ángel Altieri y Susana B. Hecht (eds.), *Agroecology and Small Farm Development*, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 1989.

4. Jack Doyle, "The Agricultural Fix. Biotechnology Sows Its Seeds", en *Multinational Monitor*, 28 de febrero de 1986, pp. 3-15.

5. Sandra Postel, "Defusing the Toxic Threat: Controlling Pesticides and Toxic Waste", en *Worldwatch Paper 79*, en World Resources Institute, Washington, 1987.

6. Miguel Ángel Altieri, *op. cit.*

7. Frederick H. Buttell, B. Kenntly y Jack Kloppenburg, "The IARCs and the Development and Application of Biotechnology in Developing Countries", en *Biotechnology in International Agricultural Research*, IRRI, Manila, 1984, pp. 383-394; Jack Doyle, *Altered Harvest. Agriculture, Genetics and the Fate of the World's Food Supply*, Penguin Books, Nueva York, 1986; Alain De Janvry, David Runsten y Elizabeth Sadoulet, "Technological Innovations in Latin American Agriculture", en *IICA Program Paper Series*, núm. 4, San José, Costa Rica, 1987; Enrique Galindo Fentanes, "Biotecnología: oportunidades y amenazas", en *Ciencia y Desarrollo*, vol. 80, 1988, pp. 21-40.

sentado como una segunda revolución verde,⁷ como una biorrevolución⁸ e incluso como una nueva revolución industrial.⁹

Por otro lado, tras la introducción de los agroquímicos y la revolución verde se ha considerado que la biotecnología es una especie de tercera venganza de la industria con la que se pretende dar jaque mate a la baja productividad de las tierras agrícolas y por ende a la ley de oferta limitada de los productos de la agricultura.¹⁰

Una de las promesas de la biotecnología es poder producir plantas que resistan sales y sequías, toleren insectos y elementos patógenos, soporten condiciones ambientales extremas y tengan capacidad de crecimiento rápido y homogéneo.¹¹ Se pretende lograr esto con el uso combinado de las ciencias químicas, biológicas y de ingeniería en las cuales se basa la biotecnología.¹²

Desde el punto de vista del agricultor, los objetivos centrales de la biotecnología agrícola han sido, primero, disminuir los costos de producción, particularmente por concepto de mano de obra y, segundo, lograr una elevada productividad. Así, es muy probable que los beneficios sociales de este cambio tecnológico sean muy limitados. Esta estrategia ha ignorado asuntos tales como la estabilidad, la sostenibilidad y la distribución justa de los beneficios entre los miembros de la sociedad, criterios que son importantes para lograr una producción agrícola verdaderamente exitosa. Conway define a la estabilidad como el mantenimiento de la capacidad productiva durante períodos ilimitados, y a la sostenibilidad como la respuesta del agroecosistema para recuperar el nivel normal de producción después de catástrofes ambientales.¹³

La biotecnología y los países no industrializados

En esta sección se rebate la afirmación de que la biotecnología agrícola tendrá un desarrollo propio en los países no industrializados y que la prioridad de sus objetivos se establecerá según las necesidades más urgentes de la agricultura de cada país. Se ha señalado que en esos países se preferirá la investigación en torno a la fijación de nitrógeno y a insecticidas microbiales.¹⁴

8. Frederick H. Buttel *et al.*, *op. cit.*; Martin Kenney y Albert Sasson, "Biotechnologies in Farming and Food Systems", en Ann Johnston y Albert Sasson (eds.), *New Technologies and Development*, UNESCO, París 1986, pp. 102-148; Martin Kenney, *Biotechnology: The University Industrial Complex*, Yale University Press, New Haven, 1987.

9. Rodolfo Quintero Ramírez, "Situación internacional de la biotecnología: presente y futuro", en *Prospectiva de la biotecnología en México*, Fundación Javier Barros Sierra, México, 1985, pp. 479-496.

10. Kostas Vergopoulos, "The End of Agribusiness or the Emergence of Biotechnology", en *International Social Science Journal*, 1985, pp. 285-299.

11. Jack Doyle, "The Agricultural . . .", *op. cit.*; James A. Drake, David A. Kenny y Timothy Voskuil, "Environmental Biotechnology", en *BioScience*, vol. 38, 1988, pp. 420-422.

12. Enrique Galindo Fentanes, *op. cit.*

13. Gordon R. Conway, *Agroecosystem Analysis for Research and Development*, Winrock International, Bangkok, 1986. Agroecosistema es el conjunto de interrelaciones de los factores bióticos y abióticos en determinado sistema agronómico.

14. M.S. Swaminathan, "Perspectives in Biotechnology Research from

Se ha dicho que se promoverá la búsqueda de plantas capaces de producir aceptablemente en zonas marginadas que tienen un limitado desarrollo de cultivos debido a su alta concentración de sales u otros químicos.¹⁵ También se ha planteado que la fermentación de materia orgánica del suelo podrá conservar la fertilidad de las regiones marginadas.¹⁶ Éstos serían los primeros ejemplos de una tendencia que busque reducir la dependencia de insumos externos.

La importancia concedida a la capacidad de las instituciones nacionales para solucionar problemas prioritarios se basa en premisas falsas: según la experiencia, las inversiones nacionales que requiere el desarrollo de la biotecnología no se dedicarán a atender las necesidades de los agricultores más pobres, quienes necesitan usar menos insumos adquiridos en el mercado.

Desde los tiempos de la revolución verde las políticas de investigación agrícola en México han dado prioridad al aumento de la productividad en superficies agrícolas sin restricciones físicas importantes para la producción. Por otro lado, los presupuestos gubernamentales son tan desproporcionadamente inferiores a los de las grandes transnacionales que parece casi imposible ganarles la competencia en el desarrollo de algunas biotecnologías, aunque las metas puedan ser distintas.

Es muy probable que los agricultores de las zonas marginadas no adopten la biotecnología, tal como ocurrió con la revolución verde. El costo de oportunidad de la biotecnología será altísimo si se considera que los recursos podrían destinarse a apoyar estrategias mucho más robustas para enfrentar el problema de la sostenibilidad agrícola. Un ejemplo claro del tipo ecológico de tecnología que debiera promoverse es el control biológico de plagas, pues puede significar el control permanente de éstas. Los logros en esa materia obtenidos en California han producido beneficios de 25 dólares por cada dólar invertido; incluidos los costos de los casos fallidos.¹⁷ La redituabilidad de los plaguicidas es diez veces menor, sin contar los costos sociales que ocasiona la contaminación ambiental.¹⁸ Un ejemplo exitoso de control biológico es el de la chinche harinosa de la yuca en África; se ha determinado una tasa de beneficio a costo de 149 a 1.¹⁹ Debido a que este tipo de control no es patentable y puede autoperpetuarse, su desarrollo sólo es posible con recursos sociales que ahora no recibe y que, sin embargo, comienzan a aplicarse a la biotecnología.

the Point of View of the Third World Agriculture", en *Priorities in Biotechnology Research for International Development- Proceedings of a Workshop*, National Academy Press, Washington, 1982, pp. 38-63; Jack Doyle, "The Agricultural . . .", *op. cit.*

15. Frederick H. Buttel *et al.*, *op. cit.*

16. Comunicación a los autores de A. Vera Cruz, del Centro de Eco-desarrollo, México.

17. Paul DeBach, "The Scope of Biological Control", en Paul DeBach (ed.), *Biological Control of Insect Pests and Weeds*, Reinhold, Nueva York, 1964, pp. 3-20.

18. D. Pimentel, J. Krummel, D. Gallahan *et al.*, "Benefits and Costs of Pesticide Use in U.S. Food Production", en *BioScience*, 1978, vol. 28, pp. 772-783, y "A Cost-Benefit Analysis of Pesticide Use in U.S. Food Production", en T. Sheets y D. Pimentel (eds.), *Pesticides: Their Contemporary Roles in Agriculture, Health and the Environment*, The Human Press Inc., Clifton, Nueva Jersey, 1979.

19. Richard B. Norgaard, "Economics of the Cassava Mealybug Biological Control Program in Africa (*Phaenacoccus manihoti*, Homoptera: Pseudococcidae), en *Entomophaga*, vol. 33, 1988, pp. 3-6.

La biotecnología y el capitalismo

En las sociedades capitalistas el propósito que define el patrón de desarrollo de las innovaciones tecnológicas no es el bien general de la población, sino las ganancias de quienes pueden solventar los costos de producción y el uso de aquéllas. La inversión que realizan las industrias privadas y gubernamentales de los países industrializados en todas las áreas de la biotecnología aumentó de 1 000 millones de dólares en 1980 a 6 000 millones en 1986.²⁰ En 1982 de 732 compañías con actividades biotecnológicas, 463 se encontraban en Estados Unidos. De éstas, 78 estaban en el grupo de las 500 compañías industriales con más recursos económicos en ese país.²¹ A la luz de las posibles ganancias, la biotecnología se considera una opción, aunque no necesariamente para resolver las necesidades fundamentales de la agricultura.

Para su desarrollo, la biotecnología ha contado con el apoyo decidido de diversas ramas de la actividad humana; destaca la producción agrícola, por los beneficios que representa para la industria de agroquímicos. Por ejemplo, el desarrollo de productos biotecnológicos es menos costoso y requiere menos tiempo que el de un plaguicida. Lograr mediante la biotecnología plantas resistentes a una plaga resulta hasta 20 veces más barato que obtener un plaguicida, cuyo costo estimado es de 150 millones de dólares.²²

Quintero argumenta que del descubrimiento biotecnológico hasta su comercialización transcurren de cuatro a cinco años.²³ En cambio, el desarrollo de un plaguicida puede llevar hasta nueve años.²⁴ Las diferencias en tiempos y costos, más una infraestructura establecida para distribuir el producto (por ejemplo, los agroquímicos), han contribuido al auge de la biotecnología. Las empresas transnacionales complementaron la infraestructura requerida para comercializar productos biotecnológicos al adquirir compañías productoras de semillas.²⁵ De esta manera se crearon las condiciones técnicas y económicas para controlar todo tipo de insumos relacionados con la demanda de la agricultura y que permitirían la creciente expansión de la biotecnología.

Legislación de la biotecnología: los países no industrializados como espectadores

Sólo los países industrializados tienen capacidad para financiar los costos de producción de la biotecnología. Por tanto son ellos quienes están estableciendo las normas y las reglas. Esto se observa claramente en su interés por formular una ley internacional de patentes.²⁶ Esta ley podría significar un control legal sobre semillas y material genético endémicos de los países no industrializados. Éstos permanecen como espectadores ante reglas que les van a afectar y en cuyo establecimiento no han participado. Por ello deben legislar para proteger sus intereses nacionales

20. Enríque Galindo Fentanes, *op. cit.*

21. Rodolfo Quintero Ramírez, *op. cit.*

22. GIFAP, "Future of the Pesticide Industry", en *Boletín GIFAP*, vol. 13, 1987.

23. Rodolfo Quintero Ramírez, *op. cit.*

24. Alain De Janvry *et al.*, *op. cit.*

25. Jack Doule, *Altered Harvest...*, *op. cit.*

26. *Ibid.*

frente a las posibles consecuencias socioeconómicas de la biotecnología.

Baste citar el caso de los plaguicidas. Los cultivos comerciales en los países no industrializados se enfrentaron a una nueva tecnología: la revolución verde. Para lograr altos rendimientos, ésta exigía el uso de insumos externos, como fertilizantes y plaguicidas, de los que por lo general no se disponía en la misma región. Como resultado de esta tecnología "moderna", los países no industrializados aún sufren las consecuencias ambientales y de salud pública causadas por plaguicidas cuyo registro ya se ha cancelado en el país de origen; carecen de mecanismos legislativos, o de los recursos financieros para aplicarlos, encaminados a prevenir su entrada.

Con la biotecnología se puede repetir esa historia. En Estados Unidos no es ilegal exportar productos agroquímicos cuyo uso interno está prohibido; lo mismo podría ocurrir con los productos biotecnológicos. Los países no industrializados serían entonces los depósitos de desechos de la tecnología de los países industrializados.

Incluso es posible que se justifique la venta de estos productos prohibidos con el subsecuente uso de organismos genéticamente alterados por medio de la biotecnología. Se combinarían los plaguicidas y la biotecnología para "ayudar" a los países no industrializados. Por ejemplo, en el caso de los herbicidas que contienen dioxinas (compuestos muy cancerígenos) se podría justificar el desarrollo de un organismo que las degrade,²⁷ para continuar utilizando el herbicida. De acuerdo con este escenario, las economías de los países latinoamericanos aumentarían su dependencia de insumos externos para la producción agrícola.

Las transnacionales podrían establecer compañías biotecnológicas en países no industrializados mediante el incentivo de la creación de empleos. De este modo se beneficiarían, asegurándose mano de obra barata y evitando las posibles presiones y repercusiones de los grupos ambientalistas de su país de origen. Si las transnacionales logran su objetivo, los países no industrializados se convertirían en sus campos de prueba, ya que éstos no cuentan con los mecanismos para asegurar que los organismos genéticamente alterados por la biotecnología se utilicen con precaución.

Otra consecuencia del establecimiento de esas compañías en los países no industrializados sería la "fuga de cerebros": los investigadores de las instituciones públicas serían contratados por las empresas privadas, que suelen ofrecer salarios más altos y mayores prestaciones. Podría suceder, entonces, que las prioridades de investigación con interés nacional cedan el paso a las que determinen las compañías privadas.

Restricciones ecológicas de la biotecnología

Un límite fundamental de la biotecnología es la condición, prácticamente ineludible, de establecer en los cultivos poblaciones con genotipos idénticos. Esto agravaría la vulnerabilidad de los plantas ante factores ambientales adversos y aumentaría el riesgo de pérdidas totales. Éste es un fenómeno conspicuo

27. Sheldon Krimsky, "Biotechnology and Unnatural Selection: The Social Control of Genes", en G.F. Summers (ed.), *Technology and Social Change in Rural Areas*, Westview Press, Boulder, 1983, pp. 51-73.

después del uso generalizado de híbridos. Aunque una planta sea resistente a un factor en particular, la eventual ocurrencia de otro podría significar la pérdida total. Esta fragilidad se acentuaría en condiciones adversas para el desarrollo de los cultivos (pendiente, sequía, heladas) que por lo general son en las que la mayoría de los campesinos de México practican la agricultura.

Aunque fuese posible producir genotipos capaces de responder a varios factores ambientales, la diversidad geográfica de un país como México requeriría de uno con las combinaciones adecuadas a las limitaciones productivas de cada región geográfica.

En sí mismas, las barreras físicas a la producción agrícola son problemas ecológicos que sólo podrán superarse con metodologías ecológicas, no genéticas. La biotecnología agrícola representa el extremo reduccionista de las formas de enfrentar el cambio tecnológico para lograr un nivel de productividad aceptable y sostenido. Para un campesino cuyos objetivos en el manejo de recursos naturales son múltiples (producción pecuaria y alimentaria) parece precario ofrecer una innovación pretendidamente sustantiva sólo con la modificación genética de uno de los diversos componentes biológicos que atiende.

En un área de la biotecnología agrícola se pretende insertar genes en plantas para que éstas produzcan compuestos tóxicos, es decir, que elaboren su propio plaguicida. Éste es el caso de la proteína sintetizada para la bacteria *Bacillus thuringiensis* (que es tóxica para algunos insectos). Cabe argumentar que la síntesis de esa proteína, por medio de la biotecnología, en tejidos de cultivos de interés podría rebasar la resistencia que desarrollen las poblaciones que se han sometido a ese factor de selección.²⁸ Además, la introducción de genes bacteriales en las plantas puede ser diez veces más costosa que los métodos convencionales de mejoramiento genético.²⁹

Los tipos de innovación capaces de reducir la dependencia de insumos externos, tales como un aumento en la eficiencia fotosintética y la fijación de nitrógeno, dependen de más de un gene; esto hace que el desarrollo de dichas innovaciones sea muy complicado y costoso. Por esas razones muchas compañías biotecnológicas se dedican a desarrollar características que dependen de un sólo gene, como ocurre con la resistencia a un insecto.³⁰ Este tipo de resistencia basada en un sólo gene lo derrotan con facilidad los insectos. Por otra parte, como lo usual es que los ataques más de una especie, los cultivos sólo tendrían una protección parcial. Además, se sabe que la modificación de ciertos caracteres puede provocar mayor susceptibilidad al ataque de otros insectos que podrían convertirse en plagas.³¹

28. Stephen J. Risch, "Agricultural Ecology and Insect Outbreaks", en P. Barbosa y J. Schultz (eds.), *Insect Outbreaks*, Academic Press, San Diego, California, 1987, pp. 217-238; Fred Gould, "Evolutionary Biology and Genetically Engineered Crops", en *BioScience*, vol. 38, 1988, pp. 26-33.

29. Ronald L. Meeusen, "Genetic Engineering of Insect Resistant Crops", resumen presentado en el Congreso, auspiciado por la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), titulado Strengthening Collaboration in Biotechnology: International Agricultural Research and the Private Sector, 17-21 de abril de 1988, Rosslyn, Virginia.

30. Bill Freiberg, "Biotechnology in Agriculture: Some Neglected Issues", en *Ag Biotechnology News*, vol. 5, 1988, pp. 1 y 23-24.

31. M. Wink, "Plant Breeding: Importance of Plant Secondary Metabolites for Protection Against Pathogens and Herbivores", en *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 75, 1988, pp. 225-233.

Es muy probable que se generalicen los cultivos producidos con ingeniería genética como consecuencia de su éxito productivo, aunque sea a corto plazo. Sin embargo, los costos ecológicos pueden ser importantes: por un lado se erosionará la riqueza genética de la especie cultivada y, por otro, se reducirá la diversidad vegetal debido a la enorme extensión que pueden ocupar los cultivos con respuesta tan espectacular (en tanto pueden tenerla, dada su inherente fragilidad). No es satisfactoria la estrategia más difundida para la conservación de germoplasma, pues hacerlo fuera del sitio de diversificación ya ha causado pérdidas irreparables.³² Se presenta la paradoja de que la riqueza específica y genética que constituye la fuente biológica de la ingeniería genética agrícola es amenazada por ella misma.

Otra posible consecuencia ecológica de la biotecnología es que las nuevas plantas alteradas genéticamente y que muestren resistencia a un herbicida se cruzaran con malezas sexualmente compatibles, transfiriendo tal resistencia a la maleza.³³ Es más urgente la necesidad de sostenibilidad que la de productividad en la mayoría de los países del mundo, considerando, por un lado, el uso de tierra agrícola para la producción de cultivos suntuarios y, por otro, las raíces de pobreza que explican el hambre. La biotecnología sólo atiende aspectos de productividad. Por su pobre sustento ecológico no es capaz de resolver la sostenibilidad y la estabilidad de la producción. Por ello, no debería ser la opción que recibiera las proporciones más grandes de recursos sociales.

La agricultura tradicional, que tiene atributos inherentes de adaptación ambiental,³⁴ está desapareciendo como consecuencia de la modernización agrícola y por el empobrecimiento rural que ha descampesinado a gran parte de la población rural de México. Así, la agricultura ecológica tiene un plazo cada vez más corto para aprovechar las experiencias generadas por la agricultura tradicional. Sin embargo, las investigaciones en esta última opción no están recibiendo apoyo, mientras la biotecnología cuenta con recursos crecientes por parte de centros como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales y el Conacyt.

Consecuencias sociales de la biotecnología

Como se mencionó, las etapas de desarrollo tecnológico que siguieron a la agricultura tradicional dependen de insumos externos tales como fertilizantes, maquinaria y plaguicidas. Parece claro que con la biotecnología no variarán dichos requerimientos, pues ésta ofrece a las transnacionales un mecanismo para expandir sus mercados y aumentar sus ganancias.

32. Nicholas Wade, "Green Revolution (II): Problems of Adopting a Western Technology", en *Science*, 1974, vol. 180, pp. 1186-1192; Miguel Ángel Altieri y Laura C. Merrick, "In-situ Conservation of Crop Genetic Resources Through Maintenance of Traditional Farming Systems", en *Economic Botany*, vol. 41, 1987, pp. 86-96, y "Agroecology and In-situ Conservation of Native Crop Diversity in the Third World", en Edward O. Wilson (ed.), *Biodiversity*, National Academy Press, Washington, 1988, pp. 361-369.

33. Jack Doyle, "Biotechnology's Harvest of Herbicides", en *Gene-watch*, vol. 2, 1985, pp. 1-6; Norman C. Ellstrand, "Pollen as a Vehicle for the Escape of Engineered Genes", en *Trends in Biotechnology*, vol. 6, 1988, pp. 530-532.

34. Miguel Ángel Altieri y Laura C. Merrick, "Agroecology. . .", *op. cit.*

Gracias, en parte, a las compañías productoras de semillas que han adquirido en los últimos años, las transnacionales controlarán el flujo de ese insumo.³⁵ En 1986 se estimaba que el mercado mundial de semillas era de 50 000 a 60 000 millones de dólares, cifra que se triplicaría en 1990.³⁶ Con tan amplio mercado se entiende por qué las transnacionales están adquiriendo las compañías productoras de semillas. He aquí una gran diferencia entre la revolución verde y la biotecnología agrícola: mientras que con la primera no había un control del mercado de semillas, con la segunda se creará un oligopolio. Muchas de las semillas patentadas por las transnacionales provienen de cruces de material del dominio público (por ejemplo, el banco de semillas del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT), lo cual explica las ventajas unidireccionales que han logrado las transnacionales.

Las transnacionales también controlarán los plaguicidas para proteger sus semillas de plagas a las que no sean resistentes, así como los fertilizantes necesarios para lograr altos rendimientos.³⁷ Para ilustrar esta estrategia de las transnacionales, sirve de ejemplo el trabajo realizado en la Ciba-Geigy, donde se intenta crear semillas resistentes a uno de sus herbicidas que contiene atrazina. El maíz puede tolerarla con una enzima que la descompone; en cambio la soya, que en muchos sitios se siembra después del maíz, es susceptible a aquélla. Una vez aplicado, el herbicida no se descompone con rapidez y entonces los residuos permanecen en el suelo hasta la siguiente temporada, lo que afecta los rendimientos. El desarrollo de semillas resistentes a un herbicida hace que éste deje de ser un factor limitante de la producción o de la rotación de cultivos. Así, las nuevas variedades resistentes aumentarán las ventas de herbicidas.³⁸

Otro caso es el de la compañía Calgene, que trata de desarrollar plantas resistentes al glifosato, producto de la Monsanto (cuyo nombre comercial es Round Up)³⁹ que le representó en 1982 ingresos por 500 millones de dólares.⁴⁰ Desarrollar plantas resistentes a tal herbicida ampliaría el mercado del mismo, lucrativo de por sí, y el de semillas. Las ventas totales de herbicidas en 1984 fueron de 4 000 millones de dólares,⁴¹ lo que pone en claro el interés que ha surgido en este campo y por qué se hacen investigaciones para que ciertas plantas se hagan resistentes a los herbicidas.

La primera patente de una planta de maíz resistente a herbicidas le fue otorgada en 1988 a una compañía biotecnológica estadounidense que tenía un acuerdo con la American Cyanamid.⁴² La Pioneer Hi-Bred International espera comercializar en 1992 semillas resistentes a herbicidas, también por medio de un convenio con la American Cyanamid.⁴³

35. Jack Doyle, "The Agricultural . . .", *op. cit.*, y *Altered Harvest . . .*, *op. cit.*

36. Elizabeth Antebi y David Fishlock, *Biotechnology-Strategies for Life*, The MIT Press, Cambridge, 1986, p. 130.

37. Jack Doyle, "The Agricultural . . .", *op. cit.*

38. Jack Doyle, "Biotechnologies . . .", *op. cit.*

39. Marjorie Sun, "Engineering Crops to Resist Weed Killers", en *Science*, vol. 231, 1986, pp. 1360-1361.

40. Martin Kenney, *Biotechnology . . .*, *op. cit.*

41. Marjorie Sun, "Engineering . . .", *op. cit.*

42. "Herbicide Tolerant Corn Patent Issued", en *Ag Biotechnology News*, vol. 5, 1988, p. 10.

43. *Ibid.*

Es notable la ventaja de esta estrategia para las transnacionales: le pueden vender al agricultor tanto la semilla resistente al herbicida como el herbicida mismo. El uso de esta tecnología aumentaría el uso de aquéllos y el volumen de las ventas de las empresas químicas. Del mismo modo pueden desarrollarse productos que requieran un insumo adicional para funcionar adecuadamente,⁴⁴ ya sea un regulador de crecimiento o un producto microbial que la misma empresa pondría a la venta. En estas condiciones, un agricultor podría perder su autonomía, al depender de manera exclusiva de insumos externos y, por tanto, de las compañías que los proveen.⁴⁵ En consecuencia, las empresas aumentan su control sobre los consumidores de insumos agrícolas.⁴⁶

La biotecnología aumentará la productividad de algunos cultivos, pero no todos los agricultores tendrán acceso a ese cambio tecnológico. Como el requerimiento de insumos se mantendrá constante, el pequeño agricultor estará en marcada desventaja. El cultivo de plantas genéticamente idénticas podría facilitar la mecanización. Así, seguirán disminuyendo las posibilidades de empleo rural y se agravará aún más el empobrecimiento de los jornaleros, que acabarán emigrando a los centros urbanos o al extranjero.

Otra consecuencia social de la biotecnología es que muchos científicos, industriales y administradores de los recursos dedicados a la investigación científica y tecnológica tienen el poder para determinar los caminos que convienen a la sociedad. Una manera de prevenir consecuencias negativas sería delimitar responsabilidades. Los científicos, empresarios o administradores deben ser no sólo los receptores de las regalías generadas por sus productos, sino que también deben responder ante cualquier catástrofe ecológica provocada por ellos.⁴⁷ De esta manera se establecería un mecanismo para que se estudien más a fondo las consecuencias biológicas y ecológicas del uso de estos productos.

La biotecnología propicia la privatización del conocimiento, ya que sus tecnologías las desarrollan empresas privadas que obviamente no desean ayudar a sus competidores compartiendo su información.⁴⁸ Ésta es otra diferencia entre la biotecnología y la revolución verde. Esta última se generó en centros públicos de investigación donde la tecnología siempre estuvo disponible para todos.⁴⁹ La privatización del conocimiento se debe a que el sector privado puede patentar nuevas formas de vida desarrolladas por medio de la biotecnología, lo cual incrementa las posibi-

44. Jack Doyle, "The Agricultural . . .", *op. cit.*

45. Jack Doyle, *Altered Harvest . . .*, *op. cit.*; Cassio Luiselli Fernández, "Biotechnology and Food: the Scope for Cooperation", en Cathryn L. Thorup (ed.), *The United States and Mexico: Face to Face with New Technology*, Overseas Development Council, Washington, 1987, pp. 167-185; Miguel Ángel Altieri, "Biotechnology and Sustainable Agriculture", en *American Journal of Alternative Agriculture*, 1987, vol. 1, p. 146; Enrique Galindo Fentanes, *op. cit.*

46. Martin Kenney y Albert Sasson, "Biotechnologies . . .", *op. cit.*

47. Anton Moser, "Biotechnology - Quo vadis? Scientia sine conscientia?", en *Trends in Biotechnology*, vol. 6, 1988, pp. 207-208.

48. Frederick H. Buttel, "The IARCs . . .", *op. cit.*; "Biotechnology and Agricultural Research Policy: Emerging Issues", en Kenneth A. Dahlberg (ed.), *New Directions for Agriculture and Agricultural Research: Neglected Dimensions and Emerging Alternatives*, Rowman and Allanheld, Nueva Jersey, 1986, pp. 312-347; John Elkington, "Double Dividends? U.S. Biotechnology and Third World Development", en *World Resources Institute Paper 2*, Washington, 1986; Martin Kenney y Albert Sasson, "Biotechnologies . . .", *op. cit.*

49. Frederick H. Buttel et al., "The IARCs . . .", *op. cit.*

lidades lucrativas.⁵⁰ Con esta privatización los centros internacionales de investigación agrícola perderán el acceso a la información científica, en tanto que las compañías privadas dispondrán del acervo de los primeros.

Entre los centros internacionales de investigación agrícola comienza a surgir un interés por entrar en el área de la biotecnología. En el CIMMYT, por ejemplo, se trabaja en el establecimiento de un centro de biotecnología.⁵¹ Cabe destacar que el presupuesto anual de todos los centros internacionales de biotecnología es de 200 millones de dólares aproximadamente; en 1984 la Monsanto invirtió 190 millones en el desarrollo y la investigación de la tecnología agrícola.⁵² Si se utilizan los recursos financieros disponibles para comenzar a investigar en aspectos biotecnológicos dejarían de financiarse muchos programas auspiciados por dichos centros. Se podría abrir un debate sobre las prioridades de investigación en esas instituciones.

La colaboración entre científicos universitarios también disminuirá, ya que muchas universidades están firmando acuerdos con compañías privadas interesadas en biotecnología. Las empresas proveen el financiamiento a cambio de un mercado para cualquier producto que la universidad desarrolle; esto obliga a los científicos a mantener en secreto sus adelantos.⁵³ De esta manera la función intelectual de las universidades podría cambiar hacia investigaciones que rindan ganancias económicas.⁵⁴ En Estados Unidos, tras censar 20% de las compañías dedicadas a la biotecnología, se encontró que 345 de sus investigadores conservaban también su puesto en la universidad, lo que entraña un posible conflicto de intereses.⁵⁵

Para evitar este desequilibrio tecnológico, los países no industrializados instituyeron el Centro Internacional para Ingeniería Genética y Biotecnología, auspiciado por la UNESCO. Su creación encontró la oposición de Estados Unidos y Japón,⁵⁶ líderes mundiales en materia de biotecnología.⁵⁷

Agroecología para superar las limitaciones de la agricultura

La agroecología, en la que concurren diversas disciplinas científicas, ofrece lineamientos para el manejo sostenido de los recursos naturales agrícolas; proporciona los principios básicos para el establecimiento de sistemas agrícolas robustos, tanto en términos de productividad como en lo que se refiere a la eficiencia en el uso de recursos naturales.

Por su juventud, la agroecología aún no puede ofrecer toda la información necesaria para mejorar las propiedades ecológicas de la producción agrícola. Sin embargo, la agricultura tradi-

cional es una fuente de conocimiento útil para este propósito. Existen ejemplos de eficiencia en el manejo tradicional de recursos naturales que podrían incorporarse en las innovaciones tecnológicas que atiendan tanto productividad como sostenibilidad.⁵⁸

La agroecología no ha recibido un apoyo significativo en México ni en otros países latinoamericanos. La acelerada degradación del medio agrícola exige de manera imperiosa desarrollarla. Se requiere entrenamiento de técnicos y fondos para investigación y extensionismo y ninguno de estos aspectos se está cubriendo. Aunque parezca trivial afirmar que la agricultura debe circunscribir sus prácticas a las leyes naturales, el hecho es que ello no se ha logrado. Sería muy preocupante que los recursos económicos de los países latinoamericanos den preferencia al desarrollo biotecnológico y no al agroecológico.

Conclusiones

Las biotecnologías desarrolladas hasta ahora no contribuyen a atender la necesidad más importante de la agricultura moderna: lograr una producción sostenida. Las biotecnologías agrícolas que las grandes empresas están desarrollando, y probablemente las únicas que llegarán al mercado, se dirigen a aumentar la productividad y, sobre todo, a generar ganancias con la comercialización de nuevos insumos agrícolas.

Aun en el caso de que la biotecnología agrícola se encauzara con criterios más ecológicos, no debe considerarse como la única opción de desarrollo tecnológico. Las restricciones que la ecología impone a la biotecnología impedirán que ésta logre buenos resultados en plazos largos y medios en casi cualquier situación en la que se intente como estrategia para superar las limitaciones productivas.

Es probable que la biotecnología agrícola sea un éxito económico para sus promotores y usuarios, al menos durante un tiempo. Sin embargo, en términos sociales será un fracaso. Y lo será más desastroso en economías deprimidas y con distribución del ingreso extremadamente desigual, como la que hay en casi todos los países latinoamericanos. Mayor distancia económica entre pobres y ricos de cada país, en particular del sector rural, será un costo demasiado alto para cualquier sociedad latinoamericana.

La biotecnología agrícola guarda similitudes con la revolución verde. El fracaso de esta última como estrategia de un crecimiento agrícola sostenido y generalizado hace pensar que la biotecnología tampoco dará soluciones satisfactorias para el desarrollo rural. Los objetivos de la biotecnología son los que han determinado las transnacionales que están invirtiendo en ella. Éstos consisten básicamente en abrir nuevos mercados para los productos agroquímicos.

Técnicamente, el costo más alto de proporcionar apoyo a la biotecnología es el de negárselo a la agroecología, cuyos beneficios intrínsecos son sociales y de largo plazo. Otros costos importantes serán la erosión genética y la pérdida de la cultura agrícola generada empíricamente en las comunidades rurales. Esa cultura será el elemento central del desarrollo de una tecnología agrícola sustentada ecológicamente y capaz de ser la base de la producción agrícola por períodos ilimitados. □

58. Gene Wilken, *Good Farmers*, University of California Press, Berkeley, 1987.

50. *Ibid.*

51. Clive James, "CIMMYT's Collaborative Project with Molecular Markers and Agronomic Improvement Role of Private Sector. Commercial Opportunities", resumen presentado en el congreso mencionado en la nota 29.

52. Jack Doyle, *Altered Harvest* . . . , *op. cit.*

53. Frederick H. Buttel et al., "The IARCs . . .", *op. cit.*

54. James B. Rule, "Biotechnology: Big Money Comes to the University", en *Dissent*, otoño de 1988, pp. 430-436.

55. Martin Kenney, *Biotechnology* . . . , *op. cit.*

56. Frederick H. Buttel, "Biotechnology . . .", *op. cit.*

57. Cassio Luiselli Fernández, "Biotechnology . . .", *op. cit.*