

Biotecnología y comercio en productos agrícolas vegetales: la perspectiva de los países en desarrollo*

HELEN R. ARGALLAS**

I. INTRODUCCIÓN

AUNQUE SÓLO UNA PEQUEÑA PARTE de la inversión en investigación y desarrollo en biotecnología se dedica a la agricultura, ésta es el centro de un debate cada vez mayor respecto a las implicaciones de la biotecnología para los países en desarrollo. Las razones principales de ello son: la importancia de la agricultura como fuente de crecimiento del PNB y el comercio en gran número de países en desarrollo; las perspectivas que ofrece la biotecnología para aumentar la productividad, pero también las amenazas que presenta para el comercio agrícola de los países en desarrollo; los cambios importantes en la organización y control de la investigación y desarrollo agrícola que están llevando a un incremento en la apropiación del conocimiento en un sector en el que el conocimiento ha sido tradicionalmente un bien público y la preocupación acerca de la diversidad genética.

En este artículo se propone analizar algunos de estos temas por lo que toca a su relación con el comercio de los países en desarrollo en productos agrícolas.

En la segunda sección se revisa el patrón del comercio de los países en desarrollo en productos agrícolas vegetales y se identifican los principales efectos esperados de la biotecnología en la exportación e importación de estos países, con el objeto de ordenar por magnitud las dimensiones del comercio que resultarán afectadas por la biotecnología; en la tercera sección se esbozan los cambios institucionales que ocurren en la investigación y desarrollo en biotecnología en los países desarrollados con economías orientadas hacia el mercado, y se examinan sus implicaciones para la generación de innovaciones en biotecnología y para la ampliación de éstas hacia los países en desarrollo; en la cuarta sección se discuten brevemente las implicaciones para los países en desarrollo de una protección a la

* Artículo presentado ante el Simposio sobre Biotecnología y Comercio Internacional: 1992 y años posteriores, organizado por la Federación Internacional de Institutos Avanzados, celebrado en Maastricht, Holanda, del 20 al 22 de junio de 1990.

** Las opiniones expresadas en este trabajo son de la autora y no reflejan necesariamente los del secretariado de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), de cuyo personal la autora forma parte.

propiedad más estricta en relación con las aplicaciones biotecnológicas por parte de los países desarrollados con economías orientadas al mercado y el alcance de esa protección para los países en desarrollo.

2. EL COMERCIO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS VEGETALES Y LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO

La participación de la agricultura en el comercio de productos de los países en desarrollo ha venido disminuyendo durante los últimos 20 años. Sin embargo, ello no ha sido resultado de la creciente diversificación en bienes exportados en todos estos países, sino más bien de un crecimiento más lento o estacionario de la demanda de dichos productos y las consiguientes tendencias declinantes de los precios mundiales de los productos agrícolas frente a los precios de otros productos, particularmente los manufacturados. De esta manera, aunque unos cuantos países han logrado ser competitivos en gran diversidad de productos, la gran mayoría de los países en desarrollo continúa dependiendo de la agricultura para la generación de PNB y para sus ingresos por exportación. La participación de las exportaciones agrícolas (alimentos y materias primas) en el total de las exportaciones es aún superior al 50% en muchos países en desarrollo e incluso llega al 75% entre los más pobres, y únicamente algunos productos conforman esta participación. Simultáneamente, los países en desarrollo dependen mucho de los productos alimenticios importados y muchos de ellos siguen siendo importadores netos de alimentos. La participación de los productos alimenticios en el total de productos importados es más alto en los países en desarrollo como grupo que para cualquier otro grupo de países. Los productos vegetales representan más de la mitad de sus importaciones de alimentos. Tan sólo en los cereales, la importación durante el período 1985-1987 fue equivalente a casi 15% de los ingresos provenientes de la exportación de productos agrícolas. De lo anterior resulta claro que los cambios tanto en la exportación como en la importación de productos agrícolas podrían afectar significativamente el balance comercial de los países en desarrollo.

La biotecnología, más que cualquier otro cambio tecnológico anterior, actuará como determinante de la oferta y la demanda. Por una parte, ofrece el potencial de disminuir los costos de producción, de incrementar la productividad en la agricultura y de mejorar la calidad. Esto afectará la oferta de productos. Por otra parte, también afectará la demanda al posibilitar la modificación de los cultivos para proporcionarles características económicamente deseables presentes en otros cultivos o hacerlos crecer a partir de ese momento en diferentes ambientes y al introducir métodos novedosos para la producción de mercancías en las fábricas, o de las sustancias que los constituyen y que son industrialmente importantes. El resultado de estos cambios significará una diferencia en las ventajas comparativas entre productos y países que modificarán los patrones comerciales.

Es difícil estimar cuál será el efecto general de la biotecnología en un área específica. Dado el estado de desarrollo de las tecnologías, tendríamos que especular acerca de los avances posibles y cómo afectarán las relaciones de producción, los precios mundiales y los términos comerciales. No obstante, es posible afirmar que, en el corto plazo, el efecto sobre los países en desarrollo se determinará a través de los objetivos de "desarrollo" de los países desarrollados con economías orientadas al mercado, puesto que éstos "con base en las oportunidades económicas y obstáculos percibidos por sus principales actores industriales, son los que han conformado el curso del desarrollo de la biotecnología y las 'trayectorias' por las que actualmente avanza".¹ Como resultado de ello, es posible esperar que la biotecnología tendrá inicialmente efectos de desplazamiento comercial. En el largo plazo, el acceso de los países en desarrollo a los materiales y conocimientos y al desarrollo de la capacidad de utilizar, adaptar y generar aplicaciones biotecnológicas específicas a las necesidades de aumentos en la productividad alimentaria y las exportaciones, determinará si los países en desarrollo se beneficiarán de las ventajas que se espera ofrecerán las nuevas tecnologías.

A partir de las tecnologías de que se dispone, los efectos a corto y mediano plazo sobre la exportación de los países en desarrollo se relacionan con:

- a) la sustitución de azúcar por jarabes de maíz altos en fructosa (JMAF), posible gracias a los avances en la tecnología de inmovilización de enzimas, y
- b) la sustitución de plantas que contienen sustancias útiles por la producción de las sustancias mismas en la fábrica mediante el uso de procesos biotecnológicos.

El caso de la sustitución de azúcar está muy bien documentado.² Y es particularmente interesante debido a que el azúcar es el principal cultivo comercial sobre el cual la biotecnología ha tenido un efecto considerable y porque es un ejemplo de la manera en que las políticas agrícolas, las consideraciones de la demanda y el cambio tecnológico han interactuado para producir los cambios drásticos observados.³ Las políticas agrícolas en los principales países desarrollados con economías orientadas al mercado, las cuales en Estados Unidos han incluido préstamos garantizados a los productores y cuotas de importación, en la CEE, las cuotas de producción nacional, así como los precios de garantía y las importaciones preferenciales y, en Japón, los derechos aduanales e impuestos al consumidor, han mantenido elevados los precios del azúcar y han alentado o protegido la producción

¹ OCDE, *Biotechnology. Economic and Wider Impacts*, París, 1989, p. 80.

² De hecho, la tecnología se refiere al procesamiento de alimentos que no se aborda en este artículo. No obstante, sí se documenta el cambio del poder endulzante de las plantas a través de la ingeniería genética, o la utilización de cultivos de tejidos para producir thaumatina como sustituto de la planta *Thaumatococcus Danielli*.

³ Como consecuencia de las medidas políticas en varios países, en 1986 menos del 27% de la producción de azúcar mundial participó en el comercio mundial y sólo 18% de la producción se vendió a precios de mercado libre. Consultar H. Thomas, "Agriculture in the Uruguay Round: Interests and Issues" en *Uruguay Round: Papers on Selected Issues*, p. 245.

nacional. Además, los altos precios del azúcar llevaron a realizar esfuerzos por sustituirlo con productos cuyos precios son más competitivos en los alimentos procesados. El JMAF fue uno de estos productos, particularmente en Estados Unidos, donde las políticas agrícolas han llevado a la acumulación de grandes reservas de maíz —la materia prima de los JMAF. Su disponibilidad a bajos precios actuó como incentivo importante para el desarrollo técnico, como puede deducirse por el hecho de que las grandes empresas estadounidenses que participan en el procesamiento del maíz han desempeñado un papel importante en el desarrollo de los JMAF.⁴ Finalmente, los cambios de la demanda en los países desarrollados con economías orientadas al mercado hacia productos con contenidos calóricos más bajos también han limitado el consumo de azúcar. El consumo aparente en estos países por unidad de PNB no sólo ha bajado, sino que esta tasa de disminución también se ha acelerado. En el futuro, la biotecnología afectará potencialmente el comercio de azúcar de diversas maneras. La aplicación de nuevas técnicas de mejoramiento podría producir un ampliación del área de la caña de azúcar y de la remolacha y a más altos rendimientos de fructosa. La tecnología de enzimas posibilita la extracción del dulce de cualquier fuente con contenido de almidón, incluyendo algunos de los cultivos de países en desarrollo como la yuca; y las técnicas de cultivo de tejidos podrían permitir la producción de edulcorantes a partir de otras plantas. Sin embargo, las políticas agrícolas y comerciales, además de los avances tecnológicos, continuarán siendo importantes factores en la determinación de las ventajas comparativas de los diferentes productos como fuentes de edulcorantes, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, donde estos últimos participan cada vez más en el consumo mundial de azúcar.

El otro efecto que podemos discernir sobre las exportaciones de los países en desarrollo se presenta a partir de la posibilidad de utilizar técnicas de cultivo de tejidos para producir sustancias sintetizadas en metabolitos secundarios de las plantas. Varias sustancias químicas se utilizan actualmente en las industrias farmacéutica y química especializada, así como en la industria alimentaria: de aquí su interés comercial. Aunque estas técnicas se han estudiado durante algunos años, hasta ahora sólo se han utilizado para la producción comercial de unos cuantos químicos, entre los más comúnmente citados está el skikonin, que se extrae de una planta que se cultiva en las repúblicas de Corea y China y sólo para algunos otros la producción en cultivos ha sido igual o superior a la cantidad de químicos producidos en toda la planta. Como consecuencia de ello, los costos de producción siguen siendo prohibitivos, lo que representa el principal factor limitante para el desarrollo industrial de esta técnica. Los avances en el futuro dependerán tanto de la comprensión de los procesos que forman parte de la síntesis de las sustancias de las plantas como de los avances en la tecnología de enzimas e ingeniería

⁴ Los JMAF se comercializaron por primera vez en Japón en los años sesenta. Sin embargo, el avance técnico más importante ocurrió a fines de la década de 1970 y la difusión de la tecnología se amplió en los años ochenta.

genética. En el corto plazo, el potencial de la tecnología será limitado y tendrá que ver fundamentalmente con sustancias químicamente más simples o con mayor valor.

En una discusión reciente respecto al potencial de estas técnicas, durante el Simposio de la Fundación *Ciba* sobre Componentes Bioactivos de las Plantas celebrado en 1990, aparecieron divergencias significativas en las opiniones entre los expertos. Sin embargo, dado el interés de estos productos para la industria, una mayor investigación podría producir más éxitos comerciales en el futuro.

El uso de técnicas de cultivo de tejidos para la producción de sustancias probablemente afectará la exportación de plantas medicinales, especias y otras plantas saborizantes exportadas por países en desarrollo. Las dimensiones generales del comercio de estos productos es bastante pequeña. De hecho, estos países como grupo son importadores netos de plantas medicinales y el valor total de las exportaciones de especias alcanza los 1 200 millones de dólares, de los cuales, 53% resultan del comercio entre países en desarrollo. A pesar de lo reducido de su participación en el comercio total de productos, la producción de cada planta generalmente se concentra en un número limitado de países (vainilla en Madagascar, piretio en Kenia) para los cuales bien podría constituir una fuente importante de divisas extranjeras. Por consiguiente, el efecto de las exportaciones y los ingresos de estos países (fundamentalmente conformados por agricultores sin tierra) será más significativo de lo que indica la participación de tales productos en el comercio total de productos agrícolas de los países en desarrollo. Sin embargo, puesto que el cultivo de tejidos es una técnica que puede implantarse fácilmente en los centros de investigación de la mayor parte de los países en desarrollo, podría utilizarse en dichos países para los mismos fines. Por ejemplo, la investigación que desarrolla la Junta de Piretio de Kenia, cuyo objetivo es aumentar los rendimientos y mejorar la calidad del piretio a través de la propagación del cultivo de tejidos. Por otra parte, se ha reportado cierto éxito en el uso del cultivo de tejidos en el cardamomo en la India. Gran parte del efecto inmediato del cultivo de tejidos en este tipo de productos dependerá de la forma en que se equilibre la investigación en este terreno entre países desarrollados y en desarrollo.

⁵ P. Kumar, *Application of plant tissue culture technology to an export-oriented crop: A case study of cardamom in India*, artículo presentado en el Segundo Simposio sobre Difusión Internacional de Programas sobre Biotecnología de la Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados, Maastricht, Países Bajos, junio de 1990.

CUADRO 1

DISPONIBILIDAD DE NUEVAS BIOTECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS PARA DETERMINADOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS CON LOS VALORES CORRESPONDIENTES DEL COMERCIO DE LOS PAÍSES EN DESARROLLO (PROMEDIO 1985-1987)

<i>Producto</i>	<i>Exportaciones Mundiales (en millones de dls.)</i>	<i>Importaciones Mundiales (en millones de dls.)</i>	<i>Disponibilidad de nuevas tecnologías</i>				
			<i>Diagnóstico</i>	<i>Marcadores de RFLP</i>	<i>Cultivo de tejidos y células</i>	<i>Plantas transgénicas</i>	<i>Expectativas de tiempo para plantas transgénicas (años)</i>
Total (28 productos)							
Cereales	45.704	29.708					
Trigo	858	7.549	3	1	2	0	más de 10
Arroz	1.630	2.368	3	2	3	1	de 5 a 10
Maíz	1.094	2.616	3	3	2	2	de 0 a 5
Cebada	28	1.063	3	2	2	1	de 5 a 10
Sorgo	235	385		1	2	0	más de 10
Mijo	9	12		0	1	0	más de 10
Triticale	0	0	---	1	2	0	más de 10
Centeno	0	8		0	2	1	de 5 a 10
Vegetales							
Yuca	684	29	3	1	3	1	de 5 a 10
Batata	13	1		1	2	1	de 5 a 10
Camote	9	4	---	1	2	1	de 5 a 10

<i>Producto</i>	<i>Exportaciones Mundiales (en millones de dls.)</i>	<i>Importaciones Mundiales</i>	<i>Disponibilidad de nuevas tecnologías</i>				
			<i>Diagnóstico</i>	<i>Marcadores de RFLP</i>	<i>Cultivos de tejidos y células</i>	<i>Plantas transgénicas</i>	<i>Expectativas de tiempo para plantas transgénicas (años)</i>
Papa	139	260	3	1	3	2	de 0 a 5
Jitomate	384	99		1	3	2	de 0 a 5
Frutas							
Plátano/Plantíos	1.603	160	3	1	3	1	de 5 a 10
Piña	472	60			2	0	más de 10
Azúcar	6.808	2.289					
Caña de azúcar			3		2	0	más de 10
Betabel			2		2	1	de 5 a 10
Bebidas tropicales							
Café	11.613	1.019	3		3	0	más de 10
Cacao	3.775	287	3		2	0	más de 10
Té	1.529	1.033	3		2	0	más de 10
Espicias							
Vainilla	84	1	---	---	3	---	---

Producto	Exportaciones Mundiales (en millones de dls.)	Importaciones Mundiales	Disponibilidad de nuevas tecnologías				
			Diagnóstico	Marcadores de RFLP	Cultivos de tejidos y células	Plantas (transgénicas)	Expectativas de tiempo para plantas transgénicas (años)
Semillas oleaginosas							
Frijol de Soya	3.688 (660)	3.491 (1.215)	2	2		1	de 5 a 10
Semilla de girasol	553 (393)	692 (502)	2			1	de 5 a 10
Semilla de colza	35 (18)	493 (410)	2		2	2	de 5 a 10
Coco (copra)	871 (539)	161 (88)			1	0	más de 10
Aceite de palma	2.350 (2.249)	1.589 (1.588)			2	0	más de 10
Materias primas							
Tabaco	1.726	809	2		3	2	de 0 a 5
Caucho	3.049	716			3	2	de 0 a 5
Algodón	2.465	2.514	---	---	1	1	de 5 a 10

FUENTE: *Trade and Development Opportunities and Implications of New and Emerging Technologies: the Case of Biotechnology*, informe del secretariado de la UNCTAD (TD/B/C6/154), Ginebra, 1991.

a) Para una cobertura precisa de las categorías de productos, consultar el Anexo del cuadro 2.

b) Los recuentos muestra para aproximadamente 66% y 54%, respectivamente, de todas las exportaciones e importaciones de productos vegetales de los países en desarrollo.

c) Se refiere a azúcar refinada y no refinada, las cifras de caña de azúcar y betabel no están disponibles.

d) Como se establece en el texto, sigue habiendo graves problemas que pueden superarse al producir aceite de cacao directamente en el cultivo e incluso mayores problemas para producirlo de manera económica. Por otra parte, la columna (5) indica que el cultivo de tejidos se ha utilizado con cierto éxito en la regeneración y propagación clonal de plantas de cacao.

e) La columna (5) se refiere fundamentalmente a la producción directa de vainilla en el cultivo que está cercano volverse comercial

f) Las cifras en paréntesis se refieren al comercio de aceites. Las cifras totales incluyen el comercio de semillas, frutas, aceites y harinas de borujo

NOTA: 0: técnicas no disponibles; 1: muchos problemas deben resolverse aún; 2: se reportan ciertos avances, pero la técnica todavía no puede utilizarse de manera rutinaria; 3: se puede utilizar la técnica de manera rutinaria;: no se dispone de información.

Con respecto a los principales productos exportados en los países en desarrollo (con excepción del azúcar), como el café, cacao y caucho, las biotecnologías con efectos comerciales potencialmente importantes se plantean posteriores a la década actual (cuadro 1), puesto que la mayoría depende de los avances que se llevan a cabo en transferencias genéticas de características multigénicas (características controladas por diversos genes) y en avances básicos en bioquímica vegetal. Por ejemplo, las dos aplicaciones más frecuentemente citadas, es decir, la producción de manteca de cacao a través de técnicas de cultivo celular y la ingeniería genética de semilla de colza, para poder producir aceites similares a los derivados del coco y la copra se consideran aún a 20 años de distancia.⁶

A pesar de que no es probable que revolucione a la agricultura, la biotecnología, en el corto y mediano plazos contribuiría a aumentar la productividad de varios productos exportados por los países en desarrollo. Éstos podrían incluir tabaco, algodón, frijol de soya, aceite de palma y, a más largo plazo, café, cacao y caucho. Los efectos comerciales de tales aumentos en la productividad no siempre son obvios. Puesto que las aplicaciones de la biotecnología deben responder precisamente a los sistemas productivos para los cuales fueron creadas (por ejemplo, una variedad con resistencia mejorada a cierto virus en Asia no puede utilizarse en África), los aumentos de productividad en el corto y mediano plazos difícilmente se distribuirán uniformemente en las diferentes regiones geográficas. Los efectos comerciales negativos para las exportaciones de los países en desarrollo podrían relacionarse con el tabaco, el algodón, el frijol de soya —los tres productos también se producen en países desarrollados y son objeto de los esfuerzos de investigación de estos países. Para los cultivos tropicales, el desarrollo y la distribución desiguales de las aplicaciones de la biotecnología serían la causa de los cambios en las ventajas comparativas entre los países del mundo en desarrollo. El aumento en la competencia para retener las participaciones del mercado podría tener como resultado la sobducción y precios menores para productos con demandas no flexibles y efectos comerciales negativos para los exportadores menos productivos y/o más pequeños. Este tipo de desarrollo podría incluir a productos como el café y el cacao. Los exportadores de ambos productos comprenden tanto un pequeño número de grandes exportadores como un gran número de pequeños exportadores.

Sin embargo, los efectos más importantes de la biotecnología en los países en desarrollo están en la posibilidad que ofrece para la satisfacción de las necesidades alimentarias. En este caso, el efecto sobre el comercio provendría de una reducción

⁶ James F. Battey, Katherine M. Schmid, John Ohirogge, "Genetic Engineering for plant oils: potential and limitations" en *Trends in Biotechnology*, vol. 7, mayo de 1989, pp. 122-125. Según los autores, "no existen informes de modificaciones exitosas de aceites vegetales utilizando técnicas de genética molecular. Uno de los principales factores limitantes en la aplicación de estas técnicas parece ser la falta de conocimientos detallados de bioquímica de lípidos vegetales. . .por consiguiente, no puede (siquiera) diseñarse una estrategia racional para el aislamiento genético".

de las importaciones. Esto a su vez podría lograrse mediante de una mayor producción de productos importados o a través de la sustitución de bienes de importación por otros producidos localmente.

Los cultivos alimentarios importantes en los países en desarrollo, en un orden aproximado de prioridades son: arroz, trigo, maíz, sorgo, yuca, batata, camote, mijo, legumbres gramíneas, semillas oleaginosas, otros cereales, papa, vegetales, frutas, otras raíces y tubérculos. Los cereales son los productos importados más importantes. En semillas oleaginosas y aceites, los países en desarrollo son esencialmente autosuficientes, mientras que las exportaciones de alimentos para ganado son excedentes importantes. En aceites y cereales, el comercio entre países en desarrollo también es significativo, y sólo unos cuantos de éstos son exportadores (Tailandia, arroz; Argentina, trigo; Malasia, aceite de palma) y la mayoría de ellos son importadores. En la mayor parte de vegetales y frutas, los países en desarrollo son autosuficientes y en algunos productos (plátano, cítricos), son exportadores importantes. Este panorama general de la situación alimentaria de los países en desarrollo no muestra, por supuesto, las situaciones significativamente variadas que prevalecen en las diferentes regiones y las diferentes zonas climáticas.

CUADRO 2
RENDIMIENTOS ACTUALES Y POTENCIALES DE DETERMINADAS ESPECIES AGRÍCOLAS
Y FORESTALES

	<i>Rendimiento actual tons./ha</i>	<i>Rendimiento potencial tons./ha</i>
Caña de azúcar	70-90	150-200
Yuca	15-20	60-100
Jitomate	20-40	60-100
Aceite de palma	2.5	10-12
Cacahuete	1.6	4.0
Semilla de ricino (aceite de ricino)	0.6	2.5
Coníferas de zona templada (madera)	6.8	20.30
Coníferas tropicales (madera)	12-20	40-60
Árboles tropicales de hoja amplia (madera)	10-20	40-100
Bambú	2.5	100

Fuente: Sasson, A. (1988), pág. 22.

En los últimos 30 años, la productividad de los países en desarrollo se ha quedado atrás de los países desarrollados con economías orientadas al mercado. Para ciertos productos y algunas regiones, esta diferencia llega a cifras de seis a uno. Además la calidad nutritiva de muchos de los productos producidos localmente está significativamente por debajo de los rendimientos potenciales (cuadro 2). Esto sostiene la hipótesis de que es posible que ocurran mejorías sustanciales en los países en desarrollo a partir de la utilización en el futuro de la transferencia, modificación y adopción de tecnologías existentes. En este contexto, debe subrayarse que tales tecnologías (mecanización, fertilizantes y pesticidas químicos, riego y variedades nuevas con rendimientos superiores) demuestran un alto grado de complementariedad y debido a ello, no podrían adaptarse técnicamente a las condiciones locales, como lo testifica la Revolución Verde que en África no ha tenido efecto alguno. Se ha estimado que, para poder satisfacer los requisitos proyectados de los principales cultivos (cereales, semillas oleaginosas, tubérculos), los rendimientos promedio tendrían que aumentar de 12% a 50% entre 1982-1984 y el año 2000. Esto implica que la capacidad actual para la producción de semillas mejoradas tendría que crecer entre 50% y 100% de ahora hasta el año 2000.⁷ Dado que las aplicaciones de biotecnología son altamente específicas y capaces de transformarse en insumos divisibles (semillas), poseen la posibilidad de afectar a un número mucho mayor de cultivos en condiciones de tierra y clima mucho más amplias. El cuadro 1 muestra que se dispone de técnicas de cultivo de tejidos para muchos de los cultivos de interés para los países en desarrollo. Por ejemplo, en la República de China, el cultivo de tejidos se ha utilizado para el control de plagas y se han reportado éxitos en el cultivo de yuca que podría sustituir alimentos importados. Sin embargo, para los cultivos importados más significativos, las aplicaciones de biotecnología se encuentran apenas en sus primeras etapas de desarrollo. Esto se debe a que: a) estos cultivos son genéticamente más complejos; b) los grandes avances en este sentido sólo pueden provenir de técnicas de ingeniería genética, y que c) los genes de muchas características deseadas, particularmente las relacionadas con mayores rendimientos, no están disponibles debido a que son parte de una característica multigénica.

Resumiendo, el principal efecto comercial de las biotecnologías no se realizará en mucho tiempo. Los efectos reales hasta ahora y los efectos fáciles de predecir en plantas especiales sugieren la dirección de los efectos potenciales de los países en desarrollo; sin embargo, se espera que las biotecnologías les ofrezcan una variedad amplia de beneficios potenciales. El alcance de éstos podría mitigar los efectos negativos de las biotecnologías y las ganancias de las ventas se determinarán no sólo a través de las estrategias que éstas adopten, sino lo que es aún más importante, por las condiciones bajo las cuales se desarrollan estas tecnologías, es decir, los actores principales en la investigación y el alcance de la investigación y desarrollo ilimita-

⁷ Alexandratos, N., "Agriculture towards the year 2000", p. 114.

dos en el plano mundial. En las siguientes secciones se discuten brevemente algunos de estos temas.

3. FACTORES QUE AFECTAN LA GENERACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO

Aunque el desarrollo de una tecnología se determinará en última instancia a través de los descubrimientos científicos y tecnológicos, los esfuerzos realizados para lograr diferentes objetivos, en términos tanto de recursos humanos como financieros, generalmente se establecen por muchos factores no técnicos, lo cuales, a su vez, como lo vimos en el caso del azúcar, pueden tener un efecto sobre las tecnologías que se desarrollarán y la manera en que se distribuirán los beneficios.

El desarrollo de la biotecnología se está llevando a cabo en un contexto marcado por tres características principales: la adopción, en los países con economías orientadas al mercado, de sistemas de producción que privilegian la flexibilidad y rapidez de respuesta; un medio ambiente económico e institucional favorable al acercamiento de la investigación pública y privada; y, en la esfera empresarial, la reestructuración de la industria química caracterizada, por un lado, por una mayor concentración al interior de la propia industria y por el otro, por la diversificación de la industria de las semillas.

Las características de las biotecnologías se han adaptado particularmente bien a este medio ambiente; las aplicaciones de la biotecnología, al introducir un control determinado y exacto sobre la materia viva, posibilitan rápidas respuestas para las demandas diversificadas: existe una relación cercana entre la investigación fundamental y la aplicada; además, las biotecnologías se basan en el conocimiento especializado de múltiples disciplinas científicas; y, finalmente, sus aplicaciones cubren un amplia variedad de sectores. Esta complementariedad entre las características de la biotecnología y el medio ambiente prevaleciente y gran número de descubrimientos científicos muy importantes en biología molecular durante los años setenta y ochenta, que produjeron cambios o sirvieron para confirmar ciertas leyes sobre protección de la propiedad intelectual en biotecnología, han contribuido a una mayor participación del sector privado en biotecnología.

La mayor participación del sector privado resulta clara en dos tipos de transformaciones interrelacionadas: el cambio en la estructura institucional de la investigación y desarrollo en agricultura y los cambios en la estructura organizativa de la agroindustria, es decir, las industrias biotecnológicas de productos químicos especializados, los alimentos, semillas y vegetales.

Tradicionalmente, la investigación en agricultura, principalmente el mejoramiento de cultivos, se ha llevado a cabo en las instituciones públicas. Esto ocurrió en contraste con las industrias farmacéutica y fitosanitaria, donde casi toda la

inversión en investigación y desarrollo la llevó a cabo el sector privado. Con el surgimiento de la biotecnología vegetal, esto ha comenzado a cambiar. Según los cálculos recientes, 33% y 50% de toda la inversión en investigación y desarrollo en mejoramiento genético y biotecnología, de plantas respectivamente, está representado por el sector privado.⁸ Sin embargo, algo más importante que la creciente inversión del sector privado en investigación y desarrollo agrícolas son los cambios en la estructura institucional de la investigación tanto en el sector público como en el privado y las relaciones entre éstos.

Los cambios dentro de cada sector se derivan fundamentalmente de la naturaleza interdisciplinaria de la biotecnología, puesto que el desarrollo de nuevas aplicaciones requiere de la reunión de conocimientos de diversas ramas científicas no necesariamente encontradas en el mismo laboratorio. En el sector público, las nuevas disciplinas de ciencias básicas se han vuelto una parte integral de la investigación agrícola. En el sector privado, la biotecnología ha alentado la tendencia hacia la organización "en redes" de las actividades de investigación y desarrollo. Para los agentes que se encuentran fuera de la red, la nueva tecnología debe considerarse como un "bien privado". Esto tiene implicaciones importantes para el acceso a nuevas tecnologías tanto para los países en desarrollo como para los investigadores de los países desarrollados con economías orientadas al mercado, y quienes no participan de tales redes. Por otra parte, la creciente intensidad científica de la investigación agrícola dificulta cada vez más la distinción entre la investigación fundamental y la aplicada. Una consecuencia directa de ello son los lazos más cercanos y diversificados entre ambos sectores. Aunque este tipo de interacciones no es nueva en otros sectores, constituye un cambio importante para la investigación agrícola; combinada con los avances en el área de la protección de la propiedad intelectual, podría tener implicaciones importantes para la dirección que tomará la investigación fundamental en las instituciones públicas y también para el estatus de propiedad de las aplicaciones desarrolladas a través de la investigación financiada públicamente.

La segunda transformación importante, es decir, la reestructuración de la agroindustria, se ha centrado en la industria de las semillas. El estímulo comercial del interés en la industria de las semillas es bastante comprensible, ya que en primer lugar, se pretende que la biotecnología cambie considerablemente el mercado de los insumos agrícolas, puesto que las semillas serán el mecanismo fundamental de los resultados de la nueva tecnología en el plano de las propiedades rurales. Segundo, los cambios confirmados y anticipados en la legislación respecto a la protección de la propiedad intelectual de variedades vegetales,

⁸ Ducos, C. y P. B., Joly, *Semences et Biotechnologies: les grands groupes internationaux*, París, CFCE, 1985; GNIS, *Les semences en Europe*, GNIS, 1987; Office of Technology Assessment, *New Developments in Biotechnology: United States Investment in Biotechnology*, Washington, 1988; G, Persley (ed.), *Agricultural Biotechnology: Opportunities for International Development*, CAB International, Reino Unido, 1990, en prensa.

permitiría a la agroindustria⁹ obtener una mayor participación del valor agregado de las semillas mejoradas que el que se ha obtenido anteriormente gracias al mejoramiento genético. Históricamente, los costos de las semillas han representado menos de 20% de los costos en insumos (es decir, fertilizantes, pesticidas, etcétera), mientras que según la mayoría de los análisis, el mejoramiento genético ha producido más de 50% del aumento en la productividad en los países desarrollados con economías orientadas al mercado, aunque se espera que con el uso de biotecnologías esta situación cambie. Las transformaciones en la industria de las semillas han requerido de la diversificación de las industrias química y alimentaria en este terreno y de la consolidación dentro de la propia industria de las semillas. Desde mediados de los años setenta, muchas empresas químicas con diferentes objetivos estratégicos han comenzado a invertir en tal industria. Aunque con limitaciones, las industrias alimentarias también ya comenzaron a invertir en la industria de las semillas. En vista del largo proceso que significa la creación de una nueva variedad, la mayoría de esta inversión se ha cristalizado en la adquisición de las empresas productoras de semillas más pequeñas.¹⁰ Al mismo tiempo, el aumento en los presupuestos de investigación y desarrollo producido por la biotecnología ha aumentado las dimensiones mínimas requeridas para la supervivencia de una empresa. La protección de la propiedad intelectual más estricta (primero, la protección de variedades vegetales y, más recientemente en Estados Unidos, la protección total a las patentes de variedades vegetales) también ha contribuido a la consolidación dentro de la propia industria de las semillas. Finalmente, la consolidación entre empresas especializadas en biotecnología ha sido asimismo muy importante. Estas empresas surgieron a principios de la década de 1980, fundamentalmente involucradas en el desarrollo de tecnologías habilitadoras (es decir, identificación y aislamiento de genes, trazo de genes, etcétera). Los problemas de financiamiento que enfrentan para llevar a cabo el desarrollo total de los productos finales han llevado a la mayoría de tales empresas a establecer relaciones cercanas con grandes grupos industriales o a su total absorción. De esta manera, la importancia cada vez mayor del sector privado en la investigación y desarrollo agrícola también se ha relacionado con una creciente concentración de la investigación y desarrollo en biotecnología controlada por unas cuantas grandes empresas cuyos intereses son bastante diversos.

Los cambios descritos arriba representan un problema potencialmente crítico con respecto tanto a la generación de tecnologías apropiadas para los cultivos de los países en desarrollo como para la transferencia de tecnología. El problema tiene dos dimensiones: la primera se relaciona con las implicaciones de los cambios en el establecimiento de las prioridades de investigación y desarrollo en los países en

⁹ A excepción de las semillas híbridas, el sector privado pocas veces ha obtenido las ganancias del desarrollo de las semillas mejoradas y las prácticas culturales.

¹⁰ Se necesitan entre 15 y 20 años para que un proyecto de desarrollo original produzca los primeros resultados (UNCTAD), documento inédito.

desarrollo; y la segunda se refiere a las implicaciones para el acceso de estos países a los materiales y conocimientos. La primera de estas dos dimensiones se discutirá en la sección que describimos a continuación. En la siguiente sección se abordarán algunos de los temas que se relacionan con la protección de las patentes de biotecnología en la agricultura.

Las prioridades del sector privado son, en gran medida, determinados por: a) el tamaño y las perspectivas de los mercados; b) el tiempo necesario para su comercialización, y c) lo adecuado de los rendimientos de la inversión. Éstos, a su vez, pueden resultar afectados por la percepción de la industria respecto a los cambios probables en las políticas agrícola y comercial, por regímenes regulatorios¹¹ y la capacidad de la industria para captar una mayor participación del valor agregado de la innovación.

Los productos incluidos en los sectores privados de los países desarrollados con economías orientadas al mercado son: trigo, betabel, cebada, soya, colza, papa, jitomate, leguminosas para forrajeras, tabaco, algodón, árboles (madera y pulpa), árboles para la producción de aceites y ornamentales.

Por lo que respecta a los productos mencionados con anterioridad, los objetivos de la industria son: a) aumentos en la producción; b) mayor diferenciación y mejor calidad de los productos existentes, y c) desarrollo de nuevos productos. Puesto que, como ya se ha mencionado, gran parte de la investigación y desarrollo en biotecnología se lleva a cabo en las industrias químicas de semillas o alimentarias, o se relaciona con éstas, los objetivos más amplios de tales empresas también son importantes para la determinación de los objetivos de la biotecnología. Como resultado de ello, la investigación y desarrollo podría centrarse en aplicaciones que resultarían un complemento más que un sustituto de las líneas de producción existentes. Podemos encontrar muchos ejemplos que apoyan los puntos planteados arriba en la literatura sobre el tema. La cuestión es cuál será el efecto más importante para los países en desarrollo.

A partir de un primer análisis de los productos seleccionados, podría decirse que al menos una parte de la investigación realizada en los países en desarrollo es importante para éstos. Sin embargo, existen varios problemas al respecto.

Primero, es muy poca la investigación que se realiza fuera de los países en desarrollo respecto de cultivos básicos para zonas pobres en recursos. Sin embargo, la investigación de ciertos productos fundamentales para estos países como el arroz y la yuca la lleva a cabo, respectivamente, el Instituto Rockefeller y los Centros Internacionales de Investigación.

Segundo, aun cuando los productos de interés son importantes para los países en desarrollo, no puede perseguirse su objetivo específico de interés. Por ejemplo, la semilla de papa en los países en desarrollo se importa de los países desarrollados.

¹¹ Se habla mucho de que Europa se está quedando a la zaga de Estados Unidos y Japón debido a las directrices más estrictas adoptadas por la CEE. P. Marsh, "Europe likely to fall behind in 1990 biotechnology", *International Herald Tribune*, 28 de marzo.

Una preocupación importante en el cultivo de la papa para los primeros es el daño producido por la polilla de los tubérculos. Algunos laboratorios en países en desarrollo poseen la tecnología mediante la cual podría desarrollarse la resistencia de la papa a esta plaga. Sin embargo, esto no ocurre debido al temor de perder el control del material desarrollado. Por su parte, algunas de las características genéticas que son el objetivo de ciertas industrias de los países desarrollados como la resistencia a los herbicidas en el algodón y los principales productos de resistencia a las plagas en el maíz de Estados Unidos, podría aplicarse en la resistencia a la striga y orobanche en el frijol de fava o para la resistencia a los insectos de la semilla de caupí.¹² Estas tecnologías se adaptarían fácilmente a los cultivos mencionados, pero esto no se lleva a cabo debido a que los productos no son importantes en los mercados internacionales de las semillas comerciales.

Tercero, para poder garantizar la protección de la propiedad de la investigación, en el sector privado de los países en desarrollo se da gran importancia a la producción de híbridos. Esto significa que las semillas no pueden guardarse para la siguiente estación o para el cultivo en las parcelas. Esto ocurre en el caso del maíz y el algodón, productos que están más cerca de ser comercializados.

A partir de lo anterior, parece claro que la actividad de investigación y desarrollo del sector privado en los países desarrollados difícilmente tendrá un efecto directo significativo en la agricultura de los países en desarrollo en el corto plazo, a excepción de los países en los que las relaciones de producción son similares a las de los países desarrollados. Por otra parte, si se logra llegar a acuerdos mutuamente satisfactorios, parece existir la posibilidad de grandes beneficios para los países en desarrollo derivados de la investigación y desarrollo de los países desarrollados en áreas en las que no existen conflictos de interés. Los países en desarrollo con sistemas de mejoramiento genético bien establecidos también podrían beneficiarse de la investigación y desarrollo que se lleva a cabo en los países desarrollados. También podrían obtener ganancias del uso del diagnóstico y las RFLP. Esta situación no será la misma para los países en desarrollo más pobres, ya que éstos sólo podrán utilizar tecnologías desarrolladas en otros sitios. El endeudamiento y los obstáculos financieros serán factores determinantes para la adopción de biotecnologías aun cuando existan tecnologías apropiadas.

4. PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL DE LA BIOTECNOLOGÍA Y SUS IMPLICACIONES PARA LOS PAÍSES EN DESARROLLO

Uno de los temas de política que podrían afectar el acceso y las aplicaciones de la biotecnología en los países en desarrollo se relaciona con el debate internacional entre los países desarrollados y en desarrollo respecto a lo deseable de la protección de la

¹² Cierta tipo de garbanzo (N. del T.)

propiedad intelectual en biotecnología y, en particular, sus aplicaciones en la agricultura. Las razones de lo anterior son que las novedades en la agricultura difícilmente pueden discernirse para su protección, o su estatus es indeterminado en la mayoría de los decretos de patentes nacionales en los países en desarrollo. Los cambios que están ocurriendo en los países desarrollados respecto a la protección de las innovaciones en biotecnología y la internacionalización de estos cambios se relaciona fundamentalmente con la amplitud de la protección a la propiedad intelectual de variedades de materias vivas y, en particular, vegetales, esencialmente semillas.

En el pasado, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, las innovaciones en el campo de la materia viva, a excepción de la fermentación, han estado excluidas de la protección de patentes, sea como tales, o excluyendo los productos alimentarios con base en el hecho de que ya existen en la naturaleza, en contraste con las novedades que constituyen creaciones de la mente humana. En años más recientes, en el área de la agricultura, los países desarrollados han adoptado ciertas legislaciones especiales que proveen la protección limitada a los mejoradores (*plant breeders*). Este tipo de legislación se estableció siguiendo los lineamientos de la Convención para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV). Actualmente, ningún país en desarrollo es miembro de esta convención; sin embargo, con el surgimiento y desarrollo de las primeras aplicaciones de la biotecnología, ciertos países en desarrollo han interpretado sus leyes existentes de manera tal que pueden dotar de mayor protección para materias vivas. En Estados Unidos, desde 1985, la Oficina de Patentes y Marcas Registradas (PTO) ha otorgado patentes para productos vegetales, y desde 1987 declaró explícitamente que los animales superiores están incluidos en las patentes.¹³ Debido a las diferencias entre los diversos sistemas disponibles actualmente, algunos países desarrollados se han sentido presionados para armonizar las leyes que cubren la protección de la biotecnología en general, y sus aplicaciones en particular, en el plano internacional.

El debate se ha llevado a cabo tanto en las negociaciones de la Ronda de Uruguay como en el Acuerdo General de Comercio y Aranceles en el contexto del TRIP y al interior de la WIPO/UPOV para poner al día a esta última. Mientras que esta última se lleva a cabo con el objeto de armonizar la protección de las variedades vegetales con las patentes de inventos, los dos sistemas se dirigen hacia el mismo objetivo, es decir, proveer de una protección mayor a las variedades vegetales. Además, este tipo de protección podría ampliarse no sólo a variedades vegetales en sí mismas (por ejemplo, semillas o plantas completas), sino también a tejidos, órganos, células e incluso a los propios genes, en caso de que fueran suficientemente alterados de su estado natural.

¹³ Para obtener una descripción de las diferencias entre las Patentes de Inventos y de los Sistemas de Protección de Variedades Vegetales, consúltese UNCTAD/TD/B/C.6/154.

Desde el punto de vista de los países en desarrollo, los cambios en los sistemas nacionales de protección intelectual de materias vegetales y, más en general, la internacionalización de la protección a la propiedad intelectual podría ser un factor importante del acceso de estos países a la tecnología. Sin embargo, debe hacerse alguna distinción entre las técnicas biotecnológicas (fundamentalmente los procesos) que son patentables en la mayoría de las legislaciones nacionales sobre materias vivas. Respecto a la tecnología misma, parecería que su acceso no estaría restringido, tanto como resultado de la explotación monopólica como por las regalías de la alta tecnología que resultan de la protección de la propiedad intelectual. Para muchas operaciones básicas, a más largo plazo, existirán varias técnicas que logren objetivos similares. En tal situación, quien posea una patente estará interesado en otorgar licencias de explotación para imponer sus técnicas como estándares y evitar el desarrollo de técnicas alternativas, con lo que se tenderá a mantener bajos los costos del otorgamiento de licencias. Además, podría argumentarse que la experiencia obtenida y sus efectos posteriores tenderían a disminuir los costos marginales de las aplicaciones. Suponiendo esto, las patentes también tenderían a alentar la diversificación de las aplicaciones, lo que produciría economías de escala. Por consiguiente, parecería que existe la suficiente competencia como para obstaculizar el aumento de los precios del uso de ciertas tecnologías. Sin embargo, es cierto que los países en desarrollo tendrían que pagar por el acceso a avances que anteriormente se consideraban del dominio público.

Por lo que toca a las implicaciones de una mayor protección intelectual de las innovaciones en materias vivas, los temas a tratar son significativamente más complejos. Además de los obstáculos existentes para la transferencia de tecnología, estos temas se relacionan con el efecto potencial de la ausencia de protección para el acceso de los países en desarrollo a los productos del mercado de los países desarrollados y para los efectos sobre la diversidad genética. También abordan el mantenimiento y la propiedad de los recursos genéticos, incluyendo la remuneración apropiada para los agricultores de los países en desarrollo por sus esfuerzos anteriores y el efecto del intercambio y utilización de germoplasma. Además, el alcance de los diferentes efectos dependerá del sistema de protección que surgirá con el tiempo. Ciertos principios como el alcance de los derechos derivados, la duración de la protección, los medios para la apertura de los objetos a proteger son importantes en la evaluación de los beneficios y pérdidas que se derivarán de la protección intelectual en esta área.

Finalmente, puesto que la mayoría de las aplicaciones necesitarán adaptarse a los cultivos y al medio ambiente de los países en desarrollo, está claro que la necesidad del acceso a la tecnología y, por consiguiente, la importancia de proveer protección variaría de país a país dependiendo de las habilidades tecnológicas internas. Parecería por consiguiente que dada la actual etapa de desarrollo de la biotecnología, sería difícil dar una respuesta general al alcance apropiado de la protección en esta área.

5. CONCLUSIONES Y CUESTIONES DE POLÍTICA

No es probable que los grandes avances biotecnológicos tengan un efecto importante en la agricultura antes de fines de esta década. El tiempo que falta podemos utilizarlo para comprender mejor las cuestiones que esto implicará. El debate en los planos nacional e internacional podría contribuir a aclarar los problemas sociales y éticos que toca, mientras que una investigación continua sobre aspectos económicos podría ofrecer al disponerse de una mayor información al respecto, una evaluación cada vez más exacta de los efectos económicos de la biotecnología en los países en desarrollo.

Así, se necesitaría abordar varias cuestiones sobre política. En el plano nacional, los problemas más significativos se relacionan con los intentos por adaptar los esfuerzos de la biotecnología a las actividades existentes de investigación agrícola, con la identificación de problemas agrícolas específicos de los diferentes países que deben resolverse a través de la aplicación de la biotecnología, con la distribución de recursos en biotecnología y con políticas dirigidas a la transferencia de tecnología en el campo de la biotecnología, incluyendo la creación de patentes.

En el plano internacional, los principales temas se relacionan con: el efecto del proteccionismo agrícola en los países con economías orientadas al mercado sobre la creación de distorsiones que estimulan artificialmente la creación de sustitutos, incluyendo sustitutos con bases biotecnológicas para las exportaciones agrícolas de los países en desarrollo; la necesidad de idear estrategias novedosas para la promoción de un mayor interés del sector privado en problemas de los países en desarrollo y en la transferencia de tecnología hacia esos países.

Existen también considerables oportunidades para la cooperación apoyada por el gobierno en el plano bilateral y a través de instituciones regionales e internacionales. Aparte del Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología, recientemente creado por UNIDO, existe la red de Centros Internacionales de Investigación Agrícola, localizados en diferentes partes del mundo en desarrollo y que han participado en la difusión de la tecnología de la Revolución Verde.

Traducción de Lili Buj

BIBLIOGRAFÍA

- Baker, R., "The impact of modern biotechnology on developing countries: some emerging issues", *Working papers in agricultural economics*, Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, diciembre de 1989.
- Buckwell, A. y A. Moxey, A., "Biotechnology and Agriculture", *Food policy*, febrero de 1990.

- Bureau Européen de Recherches, S. A., *The Impact of Biotechnology on Agriculture in the European Community to the year 2005*, Bruselas, 1988.
- CTA/FAO, *Symposium on Plant Biotechnology for Developing Countries: Conclusions and Recommendations*, Luxemburgo, 1989.
- Ducos, C. y P. B. Joly, *Les technologies*, Editions La Découverte, París, 1988.
- Joffe, S. y M. Greely, *The new plant biotechnologies and rural poverty in the Third World*, ponencia presentada para "Appropriate Technology International", Sussex, 1987.
- Marsh, J., "Getting the best from plants", en *Trends in Biotechnology*, junio de 1990.
- Kumar, P., *Application of plant tissue culture technology to export-oriented crop: A case study of cardamom in India*. Ponencia presentada ante el Segundo Simposio Internacional sobre Difusión del Programa de Biotecnología de la Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados, Maastricht, Países Bajos, junio de 1990.
- OCDE, *Biotechnology, economic and wider impacts*, OCDE, París, 1989.
- Persley, G., ed., *Agricultural biotechnology, opportunities for international trade: Synthesis report*, Banco Mundial, Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional; Oficina Australiana de Ayuda Internacional para el Desarrollo; Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional, La Haya, mayo de 1989.
- Sasson, A., *Biotechnologies and development*, UNESCO, París, 1988.
- Straus, J., *Agriculture in the Uruguay Round: International interests and issues, Uruguay Round — Papers on selected issues*, Naciones Unidas, Nueva York, 1989
- Toenniessen, G. H., *Rice biotechnology: Progress and Prospects*, Fundación Rockefeller, Nueva York, 1990.
- Walgate, R., *Miracle or Menace? Biotechnology and the Third World*, The Panos Institute, Londres, 1990.
- UNCTAD, *Trade and Development Opportunities and Implication of New and Emerging Technologies: the Case of Biotechnology*, informe del secretariado de la UNCTAD (TD/B/C.6/154).