

La agrobiotecnología en América Latina y el Caribe: elementos para estrategias nacionales

WALTER R. JAFFÉ Y EDUARDO J. TRIGO*

El cambio tecnológico se encuentra cada vez más en la base de las profundas transformaciones económicas mundiales en marcha. Una evidencia directa son las nuevas tecnologías, cuyos efectos económicos y sociales son de importancia. Entre ellas destaca la biotecnología, por su influencia en aspectos básicos como la alimentación, la salud y la reproducción humanas.

Para los países en desarrollo la biotecnología, en especial la agropecuaria (agrobiotecnología), entraña un desafío crucial mucho mayor que el de cualquier tecnología del pasado, por su influjo potencial en sectores económicos claves como la agricultura, la silvicultura, la pesca, la acuicultura y la agroindustria. Tiene, por consiguiente, una importancia estratégica para las perspectivas de avance económico de esas naciones en el corto y mediano plazos; más aún, ofrece la posibilidad de que algún día se superen los problemas relacionados con la equidad y el desarrollo sostenible que en ciertos casos ponen en peligro la viabilidad misma de los países como sociedades modernas.

Quienes formulan las políticas en América Latina y el Caribe, tanto en el sector público como en el privado, poco a poco han aceptado la importancia de la biotecnología. No obstante, cualquier iniciativa todavía se topa con enormes obstáculos a causa de la crisis económica, las restricciones fiscales y la inestabilidad sociopolítica presentes en la mayoría de los países de la región. Gran parte de las actuales políticas biotecnológicas es fruto de iniciativas de la comunidad científica nacional y ex-

tranjera. Sin embargo, en general son pocos los esfuerzos en pos de proyectos económica e institucionalmente viables.

La biotecnología representa sólo una faceta de las tendencias internacionales más amplias en materia tecnológica, económica y política.¹ La presencia de nuevos actores en el escenario mundial ha repercutido en el comercio y la integración económica y política. Este entorno de rápidas transformaciones puede crear oportunidades para los países en desarrollo, siempre que cuenten con una comprensión puntual y estratégica de los cambios. También es necesario que se entiendan claramente las condiciones, limitaciones y oportunidades de la biotecnología agropecuaria, tanto en el campo internacional cuanto en los países en desarrollo, a fin de identificar las oportunidades científicas y productivas que permitan forjar ventajas competitivas y resolver problemas ecológicos y sociales.

El objetivo de este artículo es contribuir a esa tarea comprensiva mediante el análisis de la experiencia internacional, particularmente la de América Latina y el Caribe, en materia de biotecnología agropecuaria, es decir, el conjunto de tecnologías basadas en la biología molecular y celular aplicables a la agricultura, la zootecnia, la silvicultura, la acuicultura y la agroindustria. Con arreglo a una propuesta presentada en un documento de la OCDE, se distingue a la *biotecnología nueva*, asociada con los avances más recientes en la biología molecular, como la ingeniería genética y los hibridomas, de las *biotecnologías modernas*, especializadas en el cultivo de tejidos, las técnicas inmunológicas, los procesos enzimáticos y otras basadas en la biología

* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. Este trabajo se basa en una ponencia presentada en la conferencia *Biotechnology R & D Trends: Science Policy for Development*, celebrada del 2 al 6 de octubre de 1992 en el Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología, Trieste, Italia.

1. UNCTAD, *Technology, Trade Policy and the Uruguay Round*, ITP/23, Nueva York, 1990.

celular y en la ingeniería bioquímica, cuyo uso general tiene más tiempo.²

La agrobiotecnología en los noventa: escenario internacional

A veinte años de que Cohen y Boyer crearan la ingeniería genética, el desarrollo general de la biotecnología ha llegado a un punto clave. La acumulación de más de un siglo de avances científicos, acelerados por el surgimiento de la biología molecular, ha permitido desarrollar un poderoso conjunto de herramientas con amplias aplicaciones que influirán profundamente en muchas industrias y actividades económicas.³

Como resultado de cuantiosas inversiones, cuyo monto mundial en 1985 se estimó en 900 millones de dólares,⁴ algunos procesos y productos de la biotecnología agropecuaria alcanzaron la fase de introducción al mercado. Un indicador directo es el aumento de la actividad regulatoria relacionada con nuevos productos agrobiotecnológicos, en particular las pruebas con organismos vivos en el campo. Hasta diciembre de 1991 en Estados Unidos se habían hecho más de 400 ensayos de campo de plantas transgénicas, modificadas por ingeniería genética, mientras que en 1992 por lo menos una empresa buscó comercializar plantas de ese tipo.⁵

Aunque la biotecnología agropecuaria aún no cumple muchas de las expectativas originales, por cierto muy optimistas, varias de las tecnologías respectivas entraron en una etapa de consolidación.

La factibilidad técnico-industrial de nuevos procesos y productos, junto con el desbrozamiento de los aspectos regulatorios, han acrecentado la aceptación del público. Con ello se abre paso a un mayor uso de tales productos y procesos y, por consiguiente, a su difusión en otras industrias y países. Cada vez queda más claro que el aprovechamiento comercial de la agrobiotecnología será un elemento determinante de la competitividad de la agricultura en los próximos 15 o 20 años.⁶ El valor del

mercado estadounidense de los productos de la biotecnología agropecuaria se estimó en 490 millones de dólares en 1991 y se prevé que ascienda a unos 2 000 millones en el año 2001, con tasas de crecimiento anuales de 42 por ciento.⁷

En la industria biotecnológica participan tanto empresas que se establecieron sólo para explotar las nuevas tecnologías como las que ingresaron en fases anteriores del desarrollo de la actividad. Las nuevas empresas biotecnológicas surgieron como un sector especializado en investigación y desarrollo (ID),⁸ pero en la actualidad muchas ya fabrican y comercializan sus productos. Sin embargo, debido a la falta de capital y a que los períodos de desarrollo resultaron más largos de lo previsto, la mayoría de las nuevas empresas debió unirse a compañías más poderosas interesadas en la biotecnología, por lo general transnacionales, las cuales determinan el desarrollo de la industria. Mediante arreglos interempresariales, el apoyo a programas de investigación en las universidades y la participación o el control de empresas nacientes, las grandes compañías obtienen el acceso a los recursos científicos y tecnológicos complementarios que requiere la innovación.⁹

Gran parte de los esfuerzos de innovación en la biotecnología agropecuaria se encamina al perfeccionamiento de tecnologías genéricas. Destacan el cultivo de tejidos y células vegetales; la ingeniería genética de plantas; los hibridomas; la amplificación de genes; la ingeniería genética de microorganismos; los mapas de genes, y la manipulación de embriones.

Es previsible que ahora la ID se oriente al desarrollo de procesos y productos comerciales, a la diversificación de las aplicaciones de las nuevas tecnologías y al aumento de su eficiencia económica. Por consiguiente, cobrarán más importancia las tecnologías de producción y las nuevas aplicaciones de las tecnologías genéricas. En el caso del cultivo de células y tejidos vegetales, por ejemplo, los esfuerzos se dirigen a automatizar los procesos, elevar las escalas de producción, aumentar la concentración de células manejables y a desarrollar nuevas aplicaciones de la tecnología (como la producción de metabolitos secundarios y semillas artificiales). Estos avances serán cada vez más determinantes para el éxito comercial de un producto, proceso o empresa.

En la actualidad las aplicaciones más importantes de la agrobiotecnología, en la fase de comercialización o cercanas a ella, son la propagación de plantas; el trazo de mapas genéticos; la transformación de plantas (con ingeniería genética); el diag-

2. OCDE, *Biotechnology and Wider Impacts*, París, 1989.

3. *Ibid.*

4. Gabrielle J. Persley, *Beyond Mendel's Garden: Biotechnology in the Service of World Agriculture*, CAB International, Wallingford, Reino Unido, 1990. Otra estimación señala que tan sólo las inversiones de Estados Unidos ascendieron a 410 millones de dólares en 1987; véase al respecto Walter R. Jaffé, "Agricultural Technology Research and Development Investment in Some Latin American Countries", *Science and Public Policy*, vol. 19, núm. 4, pp. 229-240.

5. H. Donna Mitten, Lori Mayj y M. Kramer, "Regulation and Commercialization of the Flavr Savr Tomato", texto presentado en el Taller de Prospectiva de la Biotecnología en México, Centro de la Innovación Tecnológica, UNAM, México, 17 y 18 de septiembre de 1992.

6. Comisión de las Comunidades Europeas, *The Impact of Biotechnology on Agriculture in the European Community to the Year 2005*, Bruselas, 1989.

7. *Ag. Biotech. News and Information*, vol. 3, núm. 1, 1991, p. 13.

8. G. Pisano, "The Governance of Innovation: Vertical Integration and Collaborative Arrangements in the Biotechnology Industry", *Research Policy*, vol. 20, núm. 3, 1991, pp. 237-249.

9. A. Arora y A. Gambardella, "Complementary and External Linkages: The Strategies of Large Firms in Biotechnology", *The Journal of Industrial Economics*, vol. 38, núm. 4, 1990, pp. 361-379.

nóstico de patógenos; la determinación del sexo en animales; el mejoramiento de hormonas animales y productos veterinarios, y la generación de agentes biológicos para el control de plagas. Otras aplicaciones importantes, pero que todavía requieren algún tiempo más de ID, son las relacionadas con la producción de semillas artificiales, metabolitos secundarios por fermentaciones, animales transgénicos y sustancias biológicas en animales, así como con la manipulación de caracteres genéticos.

Entre los objetivos estratégicos de las innovaciones en la agrobiotecnología sobresalen los de elevar la productividad de los factores de la producción; reducir o eliminar el uso de agroquímicos; mejorar la calidad de los productos en materia toxicológica, nutricional, vida en anaquel y otras características; sustituir importaciones, y acelerar el desarrollo de productos.

Se considera fundamental elevar la eficiencia de la ID para reducir los costos y el tiempo necesarios para desarrollar nuevos productos, los cuales se podrían adaptar mejor a situaciones específicas en beneficio de la productividad y la calidad. Por ejemplo, se obtendrían nuevas variedades de cultivos adaptadas a entornos ecológicos concretos o se podrían sustituir con más rapidez los que presentarían rendimientos declinantes.

Por ahora, sin embargo, otra parte significativa de los esfuerzos de ID se encamina a desarrollar productos de alto valor agregado y con mercados amplios en los países de la OCDE. Los sistemas productivos que reciben más recursos para investigación son los de hortalizas, cultivos básicos (como maíz, soya y algodón), frutas, leche y productos veterinarios. En cambio, se presta poca atención a muchos cultivos o productos de interés para los países menos avanzados. Algo semejante ocurre con los "productos huérfanos" del sistema internacional de investigación agropecuaria.

En los países de la OCDE las agrobiotecnologías reducirán a mediano plazo la importancia de los recursos naturales usados como materias primas, al tiempo que aumentarán los controles sobre la producción ya que los riesgos e incertidumbres característicos de la agricultura serán menores. Ambos factores abrirán paso a una mayor competitividad sectorial y al desarrollo de procesos productivos más respetuosos del ambiente; por tanto, el cumplimiento de ciertas normas será una creciente exigencia en el comercio internacional (tipo y niveles de plaguicidas y productos agropecuarios, por ejemplo). Tanto el mejoramiento de la productividad como las nuevas normas de calidad permitirán que muchos países de la OCDE sigan siendo competitivos en el comercio mundial agropecuario, aunque los subsidios para la producción disminuyan en el mediano y largo plazos.

Tareas en puerta para América Latina

Una parte importante de la población de América Latina aún depende directamente de la actividad agropecuaria. Las exportaciones

C U A D R O 1

EMPLEO Y EXPORTACIONES AGRÍCOLAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

	EMPLEO ¹		EXPORTACIONES ²
	1965	1986-1989	1986-1989
<i>Caribe</i>			
Barbados	n.d.	5.7	23.6
República Dominicana	59.0	45.7	43.0
Guyana	n.d.	27.0	45.6
Haití	77.0	50.4	35.0
Jamaica	37.0	25.3	18.3
Surinam	n.d.	20.0	n.d.
Trinidad y Tabago	20.0	11.8	6.4
<i>América Central y México</i>			
Guatemala	64.0	49.8	71.1
Honduras	68.0	60.4	67.1
El Salvador	59.0	8.2	56.6
Nicaragua	57.0	46.5	63.9
Costa Rica	47.0	25.4	59.7
Panamá	46.0	25.4	46.7
México	50.0	22.9	11.0
<i>América del Sur</i>			
Argentina	18.0	13.0	54.3
Bolivia	54.0	46.5	14.6
Brasil	49.0	29.3	27.7
Chile	27.0	18.7	12.5
Colombia	45.0	n.d.	40.6
Ecuador	55.0	38.5	28.8
Paraguay	55.0	48.6	82.6
Perú	50.0	35.1	9.4
Uruguay	20.0	15.3	45.6
Venezuela	30.0	12.5	6.3
Países en desarrollo	72.0	60.9	
África al sur del Sáhara	79.0	64.6	
Países industriales	22.2	11.0	
OCDE	n.d.	5.3	
Mundo	56.5	48.5	

1. Porcentaje del empleo total. 2. Participación de productos agropecuarios y alimentos procesados en el total de exportaciones.

Fuentes: PNUD, *Human Development Report*, Nueva York, 1992, y FAO, *Yearbook Trade 1991*, cuadros 151-167, Roma, 1992.

taciones respectivas son determinantes en el desempeño económico general de muchos países de la región (véase el cuadro 1). Además, la agricultura puede contribuir mucho a que las economías latinoamericanas superen la crisis estructural originada por el agotamiento de las estrategias de industrialización predominantes en los últimos cuarenta años.¹⁰ Sin embargo, el desarrollo de la biotecnología en los países de la OCDE amenaza la

10. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, *Reactivación agropecuaria: una estrategia para el desarrollo*, IX Conferencia Interamericana de Ministros de Agricultura, San José, 1990.

competitividad de la producción y las exportaciones agropecuarias latinoamericanas que pueden verse enfrentadas a la sustitución de productos, nuevas normas de calidad y precios más bajos.

Más allá de las secuelas competitivas, el aumento de la producción agropecuaria es uno de los elementos claves para combatir la acelerada degradación ambiental de los países latinoamericanos, la cual se asocia, en numerosos casos, con la pobreza rural.¹¹ Para asegurar la supervivencia se invaden los frágiles ecosistemas, lo cual termina por destruirlos, perdiéndose para siempre valiosos recursos, entre ellos numerosas especies biológicas.

La oportunidad económica que la biotecnología ofrece a los países de América Latina se ve amenazada por la pérdida de la biodiversidad.¹² Ésta es una fuente de información genética esencial para muchos procesos e industrias y sin duda cobrará aún más importancia en el futuro. La competitividad, la sostenibilidad y la biodiversidad guardan una estrecha vinculación. La biotecnología es una de las determinantes principales de esos nexos; a continuación se explica el papel que cumple al respecto.

La competitividad de la agricultura

Como se apuntó, las agrobiotecnologías permitirán que los países desarrollados conserven su destacada presencia, aun con menos subsidios, en los mercados agropecuarios mundiales. Los productos de importancia para América Latina tendrán precios más bajos y nuevos requisitos de calidad. Ante este panorama, los países de la región están obligados a incorporar nuevas tecnologías productivas para mantener o ampliar su competitividad presente y futura.

Las tendencias en el mercado internacional entrañan oportunidades para las exportaciones agropecuarias en rubros no tradicionales, como flores, frutas, especias y plantas medicinales. En general se trata de productos con alto valor relativo y requisitos especiales de calidad. La biotecnología, en especial las modalidades tradicionales como el cultivo de tejidos, ha hecho ya notorias contribuciones al desarrollo de esos rubros en varios países y será más importante aún para superar limitaciones en la producción y el comercio.

También la competitividad en los mercados internos es crucial para muchos países. La mayor producción alimentaria permite reducir importaciones costosas, brindar oportunidades económicas directas a vastos grupos poblacionales y estimular acti-

vidades económicas vinculadas con la agricultura. Tal incremento requiere tecnologías productivas adecuadas para cultivos, requerimientos y desarrollos locales.

Una tarea primordial es elevar la productividad agropecuaria en tierras flacas y marginales, así como en áreas cultivadas. La adaptación de los cultivos a los estreses bióticos y abióticos (salinidad, humedad, sequía, temperatura, enfermedades, plagas, etc.), al igual que el desarrollo de métodos de fertilización y de técnicas para controlar enfermedades y plagas, son ejemplos de las metas de la producción primaria agropecuaria que se facilitarán con la biotecnología.

Otra tarea en puerta es aumentar el valor de la producción agropecuaria por medio del cambio agroindustrial. Con tal fin se considera integrar más estrechamente la producción primaria con el proceso industrial y la comercialización (por medio de medidas como la adaptación de las materias primas a las necesidades de las diferentes etapas de transformación), y usar con mayor intensidad las tecnologías de fermentación y de enzimas para obtener sustancias más valiosas (por ejemplo, la transformación de aceite de palma en grasas y aceites de mayor calidad).

Para mantener la competitividad en el sector agropecuario, América Latina debe incorporar cuanto antes las nuevas tecnologías en sus procesos productivos. Frente a esta exigencia, surgen dos preguntas básicas relacionadas con la situación de la biotecnología en el campo internacional: ¿cuál estrategia se debe seguir?, y ¿con qué oportunidad?, es decir, ¿cómo y cuándo?

Sostenibilidad

La implantación de procesos productivos agropecuarios sostenibles es una necesidad cada vez más imperiosa para muchos países.¹³ La degradación de los suelos, la contaminación y la salinización del agua son una muestra de los problemas que afectan la producción y los rendimientos en muchas regiones. La baja productividad, sobre todo en las zonas más pobres, alienta la emigración interna y la invasión de ecosistemas y áreas frágiles.¹⁴ Es evidente que la tecnología no es la respuesta mágica a estos problemas, cuyas raíces principales son de índole socioeconómica. Sin embargo, una condición previa para cualquier remedio es que se cuente con técnicas y métodos productivos que mejoren la eficiencia económica sin afectar el ambiente. La biotecnología será un elemento clave para conseguirlo,¹⁵ en especial cuando se logre desarrollar la resistencia a los estreses bióticos y abióticos, la fijación biológica de nitrógeno y la disponibilidad y absorción de otros nutrientes.

13. *Ibid.*

14. S. Postel, *op. cit.*, y F.M. Lappé y J. Collins, *World Hunger: 12 Myths*, Eartscan Publications Ltd., Londres, 1986.

15. FAO, *Sustainable Agricultural Production: Implications for International Agricultural Research*, Roma, 1989.

11. S. Postel, "Halting Land Degradation", en L.R. Brown *et. al.*, *State of the World 1989*, W.W. Norton and Co., Nueva York y Londres, 1989.

12. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, *Technology, Trade Policy and the Uruguay Round*, Naciones Unidas, UNCTAD/ITP/23, Nueva York, 1990.

Para cumplir muchas de esas expectativas deberán lograrse importantes progresos científicos. En otros casos se requerirán nuevas tecnologías. En consecuencia, cabe preguntarse si se está invirtiendo lo necesario para acelerar las investigaciones correspondientes. En opinión de algunos especialistas los recursos que se canalizan a las ciencias relacionadas con la biotecnología, en especial con la agrobiotecnología, no son suficientes para garantizar los progresos necesarios.¹⁶ Por otro lado, el hecho de que los países desarrollados se fijen otras prioridades puede significar que los avances no sean de interés para las naciones en desarrollo.

Biodiversidad

La multiplicidad de genes, especies, poblaciones y ecosistemas se considera cada vez más un recurso valioso del cual dependen bienes y servicios esenciales, como lo muestra el gran interés que el tema ha recibido en años recientes.¹⁷ La conservación de la biodiversidad, particularmente en los bosques y otros ecosistemas frágiles, es un requerimiento básico de cualquier estrategia de sustentabilidad.¹⁸

Tal esfuerzo de conservación es el primer paso para valorar la biodiversidad. Luego se debe evaluar y, si se descubre algo de interés, desarrollarla para obtener productos comerciables. Es necesario mejorar las técnicas para recopilar, identificar y examinar el material biológico, pues la cantidad de información que se debe procesar y analizar con exactitud es inmensa. La biotecnología brinda enormes oportunidades para hacerlo.

La biodiversidad más rica del planeta se encuentra en las zonas tropicales, de suerte que varios países en desarrollo la aprecian mucho, dado que es un recurso del cual aún son dueños. No obstante, carecen de los recursos tecnológicos y financieros necesarios para su identificación, cuidado y desarrollo. Los derechos de propiedad, la aplicación de los mismos y las inversiones necesarias para aprovechar la biodiversidad, entre otros temas, se encuentran muy vinculados con el desarrollo de capacidades biotecnológicas adecuadas en esas naciones.

En las recientes negociaciones internacionales se reconoció la importancia estratégica de la biotecnología en el desarrollo

económico y la conservación del ambiente. En la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (la Cumbre de la Tierra) la biotecnología formó parte de la agenda. Sin embargo, los esfuerzos de ID y las tendencias de la producción mundial no reflejan dichas preocupaciones, necesidades y oportunidades. La lógica de desarrollo dominante en la biotecnología, impulsada por una intensa competencia en los mercados, es de tipo comercial e industrial. Lo anterior no significa necesariamente que los países en desarrollo carezcan de avances importantes, si bien a ellos corresponderá, sin duda, la responsabilidad de aprovecharlos y ampliarlos en el futuro.

Capacidad regional de investigación y desarrollo

El advenimiento de la biotecnología ha entrañado un desafío especial para la investigación agropecuaria, sobre todo en los países en vías de crecimiento. Tradicionalmente el desarrollo de la infraestructura para la ID agropecuaria se ha llevado a cabo diferenciando claramente entre la investigación básica y la aplicada/adaptativa, y a partir de que dicha labor se concibe como un "bien público". Como los avances biotecnológicos se pueden aplicar directamente al desarrollo de tecnología, además de que suelen tener una naturaleza apropiada implícita, se presentan situaciones para las cuales no está preparada la mayoría de las instituciones de investigación agropecuaria. Al estar separadas las investigaciones básica y aplicada, por ejemplo, no es posible desarrollar las disciplinas científicas necesarias para aplicar la biotecnología; tampoco resulta sencillo, asimismo, atraer personal capacitado.

La solución de esos problemas requiere importantes innovaciones institucionales, aunque se yerguen como obstáculo las dificultades que padece la mayoría de los países en desarrollo. En América Latina el financiamiento de la investigación agrícola se ha estancado, e incluso reducido en términos relativos, como consecuencia de la crisis económica de los años ochenta.¹⁹ Muchos institutos nacionales de investigación agropecuaria (INIA), universidades y organizaciones científicas se debieron reestructurar a causa de las nuevas realidades financieras y políticas.²⁰ Es necesario superar problemas tradicionales, como el

16. Así opinó, por ejemplo, Jerry Coulter, gerente del consorcio estadounidense Mycogen y presidente de la Asociación de Biotecnología Industrial. Véase la entrevista presentada en G.S. Brurrlil y K.D. Lee, *Biotech 91: A Changing Environment*, Ernest and Young, San Francisco, 1990.

17. Un ejemplo claro es la discusión en torno al Tratado sobre Biodiversidad durante la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992.

18. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente e Instituto de Recursos Mundiales, *Estrategia global para la biodiversidad*, s.l., 1992.

19. Eduardo Trigo, "El financiamiento de la investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe: evolución y modelos alternativos", en CIAT, *Temas prioritarios y mecanismos de cooperación en investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe*, Cali, Colombia, 1986, y *Los sistemas nacionales de investigación y transporte de tecnología agropecuaria en la década de los noventa*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica, 1990.

20. Enrique Alarcón, "Planificación de la investigación agropecuaria en América Latina: adecuaciones para la década de los noventa", en BID, IICA e ISNAR, *Informe de Planeación del Proyecto Fortalecimiento de la Administración de la Investigación Agropecuaria en América Latina y el Caribe*, Bogotá, 1992.

divorcio entre la investigación, la extensión y la producción, así como los INIA y las universidades.

El impulso de la biotecnología agropecuaria proviene de los avances en el trabajo científico, la investigación agropecuaria aplicada y el desarrollo de la propia industria biotecnológica. Un análisis de la situación en América Latina y el Caribe ofrece datos valiosos para identificar las opciones estratégicas de la región.

Capacidades científicas

Varios indicadores revelan que América Latina cuenta con una amplia capacidad científica en el campo de las biotecnologías agropecuarias. En el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura se han elaborado varios estudios al respecto con base en: *i)* una variación de la metodología Delphi, o sea, en opiniones de peritos;²¹ *ii)* indicadores bibliométricos, es decir, el número de publicaciones regionales sobre ciencias agropecuarias que informan de alguna biotecnología,²² y *iii)* las inversiones en ID agrobiotecnológica.²³

Las capacidades de ID corresponden básicamente a la biotecnología moderna. Según el criterio de expertos, hay 141 grupos o instituciones de investigación agrobiotecnológica en 13 países de América Latina y el Caribe. Un análisis bibliométrico más riguroso de la producción científica en este campo muestra que existen 33 grupos o instituciones con capacidades sólidas en las biotecnologías modernas (como fermentación, cultivo de tejidos y células, e inmunología y técnicas de embriones), pero solamente dos con capacidades importantes en la biotecnología nueva (como la ingeniería genética y los hibridomas). Se pueden identificar otros 25 grupos o instituciones con capacidades más limitadas en la biotecnología nueva, así como 58 grupos o instituciones en iguales circunstancias respecto a las biotecnologías modernas (véase el cuadro 2).

Por la importancia de los esfuerzos nacionales de investigación agrobiotecnológica, en relación con indicadores demográficos y económicos, la vanguardia regional corresponde a Cuba; Brasil, Argentina, Chile y Trinidad y Tabago ocupan juntos el segundo sitio; México, Venezuela, Costa Rica y Uruguay forman en tercer lugar, seguidos por Colombia y Perú.

La mayoría de los grupos o instituciones que realizan ID en agrobiotecnología son universidades no agropecuarias o centros de

21. Walter R. Jaffé, *La problemática del desarrollo de las agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe*, IICA. Serie Documentos de Programas núm. 23, San José, 1991.

22. Walter R. Jaffé y María E. Zaldívar, *Agricultural Biotechnology Research and Development Capabilities in Latin America and the Caribbean: A Bibliometric Analysis*, texto inédito, 1992.

23. Walter R. Jaffé, "Agricultural Biotechnology Research and Development Investment in Some Latin American Countries", *Science and Public Policy*, vol. 19, núm. 4, 1992, pp. 229-240.

C U A D R O 2

ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGROBIOTECNOLÓGICOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 1978-1987¹

	PROMEDIO ANUAL DE PUBLICACIONES					
	Biotécnicas modernas			Biotécnicas nuevas		
	<1	1-3	>3	<1	1-3	>3
Empresa comercial	1	0	0	0	0	0
Investigación agrícola pública	6	2	2	2	0	0
Investigación no agrícola pública	8	2	2	6	0	0
Agrícola privada	0	1	0	1	0	0
No agrícola privada	0	1	0	1	0	0
Universidad agrícola	22	4	1	2	0	0
Universidad no agrícola	19	8	7	12	2	0
Centro internacional agrícola	2	2	0	1	0	0
Centro internacional no agrícola	0	1	0	0	0	0
Total	58	21	12	25	2	0

1. Promedio anual de publicaciones de organizaciones usuarias de biotécnicas. Fuente: Walter R. Jaffé y María E. Zaldívar, *Agricultural Biotechnology R&D Capabilities in Latin America and the Caribbean: A Bibliometric Analysis*, mimeo.

investigación del sector público, seguidos por las universidades agropecuarias y los INIA. Los centros internacionales que operan en la región también tienen una presencia e influencia importantes.

La distribución de capacidades por tipo de organización pone de relieve un problema regional importante en la biotecnología agropecuaria: la falta de integración de la investigación básica con la aplicada. El desarrollo tanto de productos como de procesos comerciales exige la cooperación estrecha entre los dos tipos de investigación, lo cual suele resultar difícil por las nulas o exiguas relaciones entre los diferentes actores.²⁴

Las biotecnologías modernas se utilizan principalmente en la investigación aplicada, mientras que la biotecnología nueva aún es en gran medida una herramienta para la investigación básica. Empero, según los trabajos publicados por las instituciones que realizan ID en biotecnología, se aprecia un paulatino aumento de la importancia de las biotécnicas en la investigación agropecuaria en América Latina y el Caribe. Por productos, los más importantes han sido las frutas, los cultivos industriales, las hortalizas, los cereales y las plantas ornamentales.²⁵

24. R.A. Zilinskas, "Biotechnology and the Third World: The Missing Link between Research and Application", *Genetic Engineering and Biotechnology Monitor*, núm. 24, 1988, pp. 105-113, y Walter R. Jaffé, "Desarrollo de capacidades en biotecnologías en los INIAS: políticas y estrategias", en BID, FAO e IICA, *Memorias del Seminario Retos para la Investigación y la Extensión Agropecuaria en América Latina y el Caribe*, serie de ponencias, resultados y recomendaciones de eventos técnicos, A1/SC-90-03, San José, 1990.

25. FAO, *Current Status and Future Prospects of Modern Biotechnology in Latin American America and the Caribbean, Twenty-*

Entre las biotécnicas de uso más frecuente, sólo 28.5% corresponde a la ingeniería bioquímica, es decir, al grupo de técnicas de mayor relación directa con la manufactura de productos. Ello muestra la débil orientación práctica de la investigación regional en biotecnología agrícola, así como el escaso interés del sector productivo.

Los indicadores bibliométricos y los de inversión en ID coinciden con quienes encuentran problemas de eficiencia en los actuales esfuerzos de investigación agrobiotecnológica. En opinión de los expertos consultados, los débiles vínculos con la industria y la falta de prioridades de desarrollo son dos graves problemas que afectan el uso productivo de esas nuevas tecnologías. Con frecuencia la ID resulta muy limitada y dispersa para permitir progresos científicos relevantes y, menos aún, para desarrollar productos y procesos comerciales. Por otra parte, los esfuerzos científicos y las capacidades de América Latina y el Caribe representan una pequeña parte de la actividad mundial en la biotecnología. Las inversiones de tres países de la región, por ejemplo, apenas equivalen de 2 a 12 por ciento de la suma relativa equivalente que invierte Estados Unidos, ajustada en términos de tamaño demográfico y económico.²⁶

Capacidades productivas

Aun cuando se carece de información completa sobre la industria biotecnológica en América Latina y el Caribe, la disponible da cuenta de un uso incipiente de la biotecnología agropecuaria en la industria. Los expertos identificaron 62 compañías agrobiotecnológicas importantes en 11 países; 53% de ellas son empresas de propagación y mejoramiento de plantas, 16% farmacéuticas y 14% alimentarias (véase el cuadro 3).

Según estudios de caso que realizó el IICA en ocho países, en general se pueden distinguir dos tipos de empresas en la industria biotecnológica.²⁷ Uno corresponde a las fundadas después de 1980 para explotar una tecnología genérica específica. Es el caso de las empresas de propagación de plantas que explotan las tecnologías de cultivo de tejidos, así como el de las compañías farmacéuticas que elaboran vacunas y diagnósticos de uso veterinario, con base en técnicas inmunológicas. Se trata de organizaciones pequeñas y flexibles que, ante la escasez de capital de riesgo en la región, deben desarrollar un producto con rapidez para fabricarlo y comercializarlo; en ellas la ID ocupa un lugar secundario frente a la necesidad de generar lo antes posible flujos de efectivo por la venta de productos o la prestación de servicios.

Second Regional Conference for Latin America and the Caribbean, Montevideo, agosto de 1992.

26. Walter R. Jaffé, "Agricultural Biotechnology Research...", *op. cit.*

27. Walter R. Jaffé, *Estrategias de la agrobiotecnología comercial en América Latina: el nacimiento de una industria*, IICA, San José (en prensa).

Al otro grupo pertenecen las compañías grandes o pequeñas que decidieron incorporar la biotecnología como parte de sus estrategias defensivas e imitativas para mantener la competitividad en los mercados de exportación o frente a los consorcios transnacionales que operan en la región. Las más interesadas en introducir la biotecnología son las empresas que producen insumos agrícolas o agroindustriales, semillas, vacunas, levaduras y otras materias primas. Las unidades agroindustriales incorporan la biotecnología en sus operaciones con más lentitud. Las empresas azucareras tienen interés en desarrollar variedades de caña de azúcar transgénicas, mientras que los productores de aceite de palma buscan desarrollar árboles clonales mejorados. Las estrategias de la industria de insumos se encaminan a convertirla, en menor o mayor grado, en una actividad basada en la biotecnología.

El apoyo del sector público ha sido fundamental. La mayoría de las empresas referidas finca su estrategia en el uso de las capacidades científicas existentes; es decir, se apoyan en instituciones públicas de ID y no pocas veces aprovechan el respaldo financiero gubernamental para establecer nuevas compañías o emprender actividades de ID. Este hecho sugiere que una política gubernamental específica puede ser un elemento crucial para el futuro desarrollo de la industria agrobiotecnológica.

Políticas de apoyo

Varios países de América Latina y el Caribe cuentan con políticas de desarrollo de capacidades biotecnológicas.²⁸ En algunos casos se instrumentan mediante programas nacionales de biotecnología que apoyan las actividades de ID con financiamiento de proyectos, capacitación de investigadores y establecimiento de centros de investigación. A menudo, sin embargo, los programas carecen de orientación precisa y financiamiento adecuado. Son más bien resultado del interés e influencia de la comunidad científica, primera en reconocer la importancia de este nuevo campo. Salvo en Cuba y Brasil, en la región no existen políticas públicas encaminadas a explotar industrialmente las biotecnologías.

Las políticas en vigor corresponden a la primera fase del desarrollo biotecnológico, es decir, al establecimiento de capacidades científicas básicas. Es indispensable contar con grupos activos de ID en las áreas más importantes de la biotecnología agropecuaria para comprender las ciencias básicas involucra-

28. Carlos María Correa, "Políticas de desarrollo biotecnológico en América Latina", en Walter R. Jaffé y María E. Zaldívar (eds.), *Formulación de políticas para el desarrollo de la biotecnología en América Latina y el Caribe*, Serie de ponencias, resultados y recomendaciones de eventos técnicos AI/SC-92-05, IICA, San José, 1992, y Eduardo White, "Políticas e instrumentos para el desarrollo de las nuevas tecnologías en América Latina", *Comercio Exterior*, vol. 39, núm. 11, México, noviembre de 1989, pp. 966-977.

C U A D R O 3

COMPAÑÍAS AGROBIOTECNOLÓGICAS MÁS IMPORTANTES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 1989¹

	TIPO DE EMPRESA						Total
	Propagación vegetal y mejoramiento	Genética animal y reproducción	Alimentos	Farmacéutica	Producción de microorganismos	Química fina	
<i>Capacidades avanzadas</i>							
Argentina	4	—	—	3	—	1	8
Brasil	5	1	—	2	—	—	8
Chile	2	—	—	1	—	—	3
Costa Rica	3	—	—	—	—	—	3
México	6	—	—	2	—	3	11
Uruguay	2	—	2	1	3	—	8
Venezuela	3	—	2	—	—	—	5
<i>Capacidades intermedias</i>							
Colombia	6	—	2	1	—	—	9
Perú	1	—	2	—	—	1	4
Trinidad y Tabago	—	—	—	—	—	—	—
<i>Capacidades incipientes</i>							
Bolivia	—	—	—	—	—	—	—
Ecuador	1	—	1	—	—	—	2
Paraguay	—	1	—	—	—	—	1
<i>Total</i>	<i>33</i>	<i>2</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>62</i>
<i>Porcentaje</i>	<i>53</i>	<i>3</i>	<i>14</i>	<i>16</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>100</i>

1. Identificadas por dos o más expertos consultados.

Fuente: Walter R. Jaffé, *La problemática del desarrollo de las agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe*. Serie documentos de programas, núm. 23. IICA, San José, 1991.

das, seguir los avances científicos internacionales y capacitar al personal. El objetivo principal de esas actividades de ID debe ser dominar las biotecnologías genéricas más importantes, tales como las técnicas de cultivo de tejidos, la ingeniería genética, los hibridomas y las técnicas inmunoquímicas.

En una segunda fase es necesario que las capacidades desarrolladas en los centros de investigación se extiendan al sector productivo, lo cual requiere mecanismos de intermediación eficaces para entrelazar los conocimientos generados y los problemas productivos reales. Uno de esos mecanismos son las empresas biotecnológicas, en particular las de nuevo tipo, fundadas a menudo por investigadores. Se trata de compañías que se crearon para explotar tecnologías específicas, o bien en transición hacia el uso de la biotecnología. Su competitividad depende mucho de su capacidad de innovación, lo cual les exige una base tecnológica sólida.

En contraste con la experiencia de los países de la OCDE, es difícil que en América Latina la investigación básica genere directamente nuevas e importantes oportunidades comerciales. La magnitud de los esfuerzos de ID necesarios no permite com-

petir con los países líderes en el desarrollo de tecnologías derivadas de los avances científicos. Sin embargo, la investigación básica sigue siendo el elemento fundamental para el uso comercial de la biotecnología.

La industria agrobiotecnológica de la región se enfrenta a muchos obstáculos, pero el mayor de ellos es la insuficiencia de recursos financieros para apoyar la ID de largo plazo o crear nuevas empresas. Hay otros escollos importantes: las limitaciones de varios elementos necesarios para el desarrollo de las tecnologías genéricas, como la investigación "precompetitiva" y los apoyos en materia de normalización, metrología e ingeniería básica;²⁹ el desfavorable clima de inversión, por la falta de una protección adecuada de la propiedad intelectual y de normas sobre la bioseguridad,³⁰ y la falta de capacidades gerenciales en el sector productivo para la gestión tecnológica y la innovación.

29. G. Tasse, "The Functions of Technology Infrastructure in a Competitive Economy", *Research Policy*, vol. 20, 1991, pp. 345-361.

30. Walter R. Jaffé y Eduardo Trigo, "Biosafety Regulations in Developing Countries with Special Emphasis on Agriculture", *Inter-ciencia*, vol. 16, núm. 1, 1991, pp. 27-31.



La experiencia enseña que la cooperación regional e internacional tiene un papel fundamental en el logro de capacidades científicas y tecnológicas y en la solución de problemas específicos. En muchos países en desarrollo la difusión de biotecnologías genéricas básicas ha sido fruto de programas cooperativos de investigación. Es necesario ampliar esa colaboración para que incluya no sólo a los centros científicos, sino también a los proyectos conjuntos en que participen empresas de diferentes países

La experiencia latinoamericana en materia de desarrollo de la biotecnología ofrece lecciones útiles para formular políticas. Quizás la más importante es que éstas deben ser específicas para impulsar la actividad, como el apoyo para la operación de nuevas empresas y el aliento de los vínculos de las organizaciones científicas con las empresas. El objetivo primario, en el marea de la estrategia industrial, debe ser el desarrollo de una industria biotecnológica. La instrumentación de tales políticas depende mucho de que las partes interesadas, industriales, productores agropecuarios y científicos, movilicen el apoyo político necesario. Un paso importante es crear asociaciones de empresas biotecnológicas.

El futuro: opciones estratégicas

Cualquier estrategia para el desarrollo de la biotecnología debe tener en cuenta los señalamientos anteriores. La industria se consolida con rapidez en el campo internacional, con el predominio de las grandes corporaciones transnacionales. Los esfuerzos de investigación científica y desarrollo tecnológico no consideran las necesidades y capacidades de los países en desarrollo. El acceso a las tecnologías se basa cada vez más en los mecanismos comerciales y contractuales. No obstante, las oportunidades de adquirirlas se han acrecentado por la intensa competencia interempresarial y la proliferación de empresas biotecnológicas pequeñas.

Al no contar con la ID, la infraestructura y los recursos humanos suficientes para ser actores prominentes en el campo interna-

cional de la biotecnología, los países en desarrollo dependerán principalmente de la transferencia de tecnología y de la inversión externa para explotarla.

Una condición previa para aplicar tal estrategia es que se cuente con capacidades científicas básicas en las tecnologías genéricas que conforman la biotecnología, lo cual permitirá identificar, seleccionar, transferir y asimilar la tecnología necesaria. Un instrumento primordial en este proceso son los grupos de investigación activos, con vasta experiencia y dominio de las tecnologías genéricas o básicas.

El uso de tecnología importada para acelerar la industrialización parece una tarea fácil, pero en realidad es difícil y complejo incorporarla plenamente. En el caso de la biotecnología, la disponibilidad de capacidades científicas sólidas en la biología celular y molecular es una condición indispensable para el feliz traspaso de tecnología.

De esta transferencia se encargarán en gran medida las empresas intermediarias de base tecnológica, las cuales pueden ser nacionales o filiales de corporaciones transnacionales. Una estrategia prometedora es la creación de empresas conjuntas con socios del país y extranjeros. En América Latina existen varios ejemplos de ese tipo de empresas que explotan tecnologías avanzadas de enzimas e inmunológicas.³¹

31. N. Bercovich y J. Katz, "Enzimas: adaptación local y aprendizaje de tecnología", *Argentina Tecnológica*, vol. 2, núm. 7, Buenos Aires, 1987, pp. 14-26, y Walter R. Jaffé, *Estrategias de la agro-biotecnología...*, *op. cit.*

La biotecnología busca el uso productivo de organismos vivos y sus productos, aunque la mayoría de ellos demandan condiciones de producción muy especiales. Es necesario contar con capacidades de innovación propias para realizar las adaptaciones tecnológicas pertinentes, tanto por razones biológicas cuanto para aprovechar las ventajas comparativas que se posean (costos menores de la mano de obra y de las materias primas, por ejemplo).

Más que en las tecnologías modulares, las estrategias empresariales se deben enfocar al desarrollo de las periféricas, es decir, las de producción, manufactura y distribución. En estas áreas se definirá cada vez más la competitividad de las empresas en la fase actual, correspondiente a la primera generación de tecnologías básicas. La única posibilidad de competir con las empresas transnacionales que dominan las tecnologías básicas es desarrollando ventajas de costo, calidad y oportunidad en los mercados nacionales y algunos foráneos bien seleccionados.

Entre las tecnologías periféricas destacan los bioprocesos (tecnologías enzimáticas y de fermentación, diagnóstico e inmunización, entre otras), las tecnologías "ecológicas" (fijación biológica de nitrógeno y control biológico de plagas), y las relacionadas con la nueva fase de industrialización de la agricultura (tecnologías de propagación de plantas, las de reproducción animal, la acuicultura y otras).

Aplicar las tecnologías básicas disponibles para satisfacer necesidades y aprovechar oportunidades propias es otra opción estratégica que se debe considerar en los esfuerzos locales de ID. De especial importancia es la incorporación de tecnologías de punta en agroindustrias tradicionales, para defender su competitividad frente a sustitutos potenciales.

En suma, la industria biotecnológica nacional debe contar con sólidas capacidades de innovación para ser competitiva en un escenario cambiante. El apoyo gubernamental y la cooperación interempresarial son factores claves para lograrlo, en razón del carácter sistémico de la competitividad que depende de un conjunto de capacidades y recursos que no pueden reunir ni las empresas más grandes. A continuación se describen otros elementos fundamentales para una estrategia de desarrollo de la biotecnología agropecuaria.

Concentración y excelencia científica

Frente a las limitaciones existentes, es necesario que las capacidades científicas se concentren en unas cuantas prioridades bien definidas. Ello permitiría desarrollar ciertas tecnologías genéricas para aplicarlas en áreas de especial interés; tal sería el caso de la ingeniería bioquímica y la biotecnología animal y de recursos genéticos.

Cada área de aplicación debe contar con centros de excelencia selectos en la región, cuyo principal objetivo estratégico es brindar apoyo a la transferencia de tecnologías hacia América

Latina y consolidar, con investigaciones de calidad internacional y capacitación, una industria biotecnológica. La Unidad Irapuato del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional de México, especializada en biotecnología vegetal, es un ejemplo sobresaliente de una institución de ese tipo.

Cooperación regional e internacional

La experiencia enseña que la cooperación regional e internacional tiene un papel fundamental en el logro de capacidades científicas y tecnológicas y en la solución de problemas específicos.³² En muchos países en desarrollo la difusión de biotecnologías genéricas básicas ha sido fruto de programas cooperativos de investigación. Es necesario ampliar esa colaboración para que incluya no sólo a los centros científicos, sino también a los proyectos conjuntos en que participen empresas de diferentes países.

Los centros internacionales de investigación agropecuaria (CIIA), pertenecientes al sistema del Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola,³³ han contribuido mucho a difundir ciertas tecnologías en los países en desarrollo. Un caso ilustrativo es la extensión de las técnicas de cultivo de tejidos en esas naciones. Es importante que continúe el apoyo de los CIIA a la difusión de tecnologías y el fortalecimiento de capacidades nacionales en las principales biotecnologías genéricas.

Otra contribución valiosa de los CIIA puede ser el desarrollo de las bases científicas y tecnológicas de la agricultura sostenible en áreas tropicales y subtropicales. Así se cubriría, por lo menos en parte, el vacío mundial que existe en la investigación básica en ese campo. Ésta incluye algunas áreas cruciales de la biología molecular, como la fijación de nitrógeno y la resistencia a los estreses abióticos y bióticos; también el desarrollo de modelos tecnológicos básicos de agricultura sostenible en los ecosistemas más importantes, estrategia en que la biotecnología representa un elemento clave.

En los países más avanzados, la innovación biotecnológica se concentra fundamentalmente en el sector industrial. La eficacia de las contribuciones futuras de los CIIA a la producción agropecuaria, así, dependerá en mayor grado de sus relaciones directas con empresas de países desarrollados (por ejemplo, como proveedores de tecnologías claves o de información), pero tam-

32. El Programa Regional de Biotecnología del trinomio PNUD-ONUDI-UNESCO, así como los programas cooperativos de investigación biotecnológica que reciben apoyo de la Oficina Panamericana de Salud y el gobierno de España (Programa CYTED-D), son buenos ejemplos en América Latina y el Caribe.

33. Las actividades del Centro Internacional de la Papa (CIP) y del Centro Internacional de Agricultura Tropical, por ejemplo, han sido de gran importancia en América Latina y el Caribe.

bién con las de naciones en desarrollo (como canales para la adaptación, difusión y adopción de tecnología).

Un clima favorable para las inversiones

Para desarrollar una industria biotecnológica se necesitan reglas claras que brinden seguridad a los planes y objetivos de largo plazo. Así, los países latinoamericanos no suelen contar con reglamentos de bioseguridad,³⁴ mientras que la protección para las biotecnologías es débil.³⁵ Varias naciones de la región se esfuerzan ya por establecer mecanismos de supervisión de la bioseguridad y fortalecer la legislación en materia de propiedad intelectual, en lo cual no son ajenas las presiones provenientes del exterior.

Chile y México han revisado sus leyes para incluir aspectos referentes a la biotecnología, en tanto que los países del Pacto Andino fijaron un marco común para una revisión similar.³⁶ En esas naciones ya es posible patentar productos farmacéuticos y alimentos, así como microbios y procesos microbiológicos; en México, además, las variedades de plantas.

El desafío es promulgar nuevas leyes de protección de la propiedad intelectual y normas generales de bioseguridad que consideren las tendencias mundiales más importantes, al tiempo que sirvan como instrumentos de política tecnológica e industrial.

Programas de transferencia de tecnología

Cualquier estrategia para el desarrollo de la biotecnología en América Latina debe incluir programas y mecanismos innovadores que impulsen la transferencia de tecnología que, por su naturaleza cada vez más apropiable, representa una situación nueva en muchos campos de la producción basada en material biológico. El éxito de la transferencia de tecnología requiere, entre otras condiciones, capacidades tecnológicas y gerencia-

34. Walter R. Jaffé, "Biotecnología y bioseguridad en el contexto del mundo en desarrollo: una perspectiva caribeña y latinoamericana", en Walter R. Jaffé y María E. Zaldívar (eds.), *La regulación de la biotecnología, con énfasis en la liberación al medio ambiente de organismos modificados genéticamente*, Serie de ponencias, resultados y recomendaciones de eventos técnicos, A1/SC-92-04, IICA, San José, 1992.

35. John H. Barton, *Regulatory Arrangements for Developing Nations of Transgenic Organisms*, Encuentro del Instituto Ambiental de Estocolmo sobre Servicios de Asesoría Biotecnológica, Estocolmo, diciembre de 1990, y Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, *Disposiciones legales sobre protección de las invenciones o innovaciones biotecnológicas en los países de América Latina*, WO/INF/30-I, Ginebra, 1989.

36. Carlos M. Correa, *Tendencias legislativas sobre patentabilidad* (mimeo), 1992.


les en el país beneficiario. También se necesita información sobre oportunidades internacionales y asistencia técnica para negociar contratos específicos.

De acuerdo con el Servicio Internacional para la Adquisición de Agrobiotecnologías,³⁷ el primer paso para facilitar la transferencia tecnológica consiste en alentar el desarrollo de capacidades básicas en las tecnologías genéricas; ello no es difícil porque generalmente la institución beneficiaria pertenece al sector público. Otro paso importantes es promover proyectos conjuntos sobre tecnologías e innovación entre empresas del Norte y del Sur, como se propone en algunas iniciativas recientes de España y la Unión Europea para América Latina.³⁸

Oportunidades innovadoras para la inversión

La escasez de capital para la investigación competitiva y el desarrollo de tecnología, entre otros requerimientos básicos para forjar las capacidades regionales en el campo de la biotecnología, exige crear mecanismos innovadores para obtener recursos financieros. Un ejemplo interesante es el acuerdo reciente entre Merck, empresa internacional, y el Instituto de Biodiversidad de Costa Rica para la prospección de sustancias farmacológicamente activas de organismos vivos y el reparto, en su caso, de los beneficios comerciales respectivos. Los fondos provenientes de ese contrato se destinan al resguardo y la identificación de la biodiversidad en el país centroamericano.³⁹

Conclusiones

Las estrategias políticas de desarrollo de la biotecnología en América Latina y el Caribe se han centrado en el mejoramiento de las capacidades científicas. En una nueva etapa, más que una política de ciencia, se requiere una política industrial congruente con las necesidades de una actividad de base netamente tecnológica. Sólo así se puede aprovechar el vasto potencial de la biotecnología. Las políticas públicas deben asegurar un entorno apropiado para forjar una industria competitiva, en especial mediante el desarrollo de la infraestructura necesaria que incluya tanto las capacidades científicas básicas cuanto las tecnológicas e industriales. 

37. Este servicio se instituyó en 1991 para actuar como intermediario en la transferencia de agrobiotecnología entre compañías del Norte y organizaciones de países en desarrollo.

38. En el marco del Programa CYTED-D del gobierno español se constituyó Iberoeka para facilitar la cooperación general entre empresas de alta tecnología. La Unión Europea financia un proyecto en el SELA, para promover acuerdos de colaboración entre compañías europeas y latinoamericanas.

39. C. Holder, "The Hunt for Drugs from Nature", *Science*, vol. 254, 4 de octubre de 1991, p. 28, y L. Roberts, "Chemical Prospecting: Hope for Vanishing Ecosystems?", *Science*, vol. 256, 22 de mayo de 1992, pp. 1143-1145.