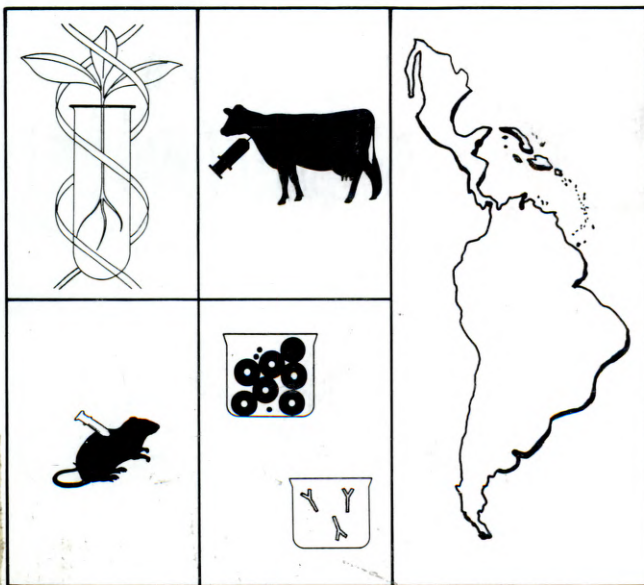


# IICA



## FORMULACION DE POLITICAS PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE



PROGRAMA II  
GENERACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA



Biotec  
# 77

ISSN-0253-4746



FORMULACION DE POLITICAS  
PARA EL DESARROLLO  
DE LA BIOTECNOLOGIA  
EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Walter R. Jaffé  
María E. Zaldívar  
(Editores)

This One



26HD-W03-49TZ

PROGRAMA II  
GENERACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Derechos Reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del IICA.

Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios de los autores y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

El Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola (CIDIA), a través de su Servicio Editorial e Imprenta, es responsable por el montaje, fotomecánica e impresión de esta publicación.

Formulación de políticas para el desarrollo de la biotecnología en América Latina y el Caribe / ed. por Walter R. Jaffé, María E. Zaldívar. — San José, C.R. : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Programa de Generación y Transferencia de Tecnología, 1992.

202 p. ; 28 cm. — (Serie Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos, ISSN 0253-4746 / IICA ; no. A1/SC-92-05)

1. Biotecnología agrícola — América Central. 2. Biotecnología agrícola — Caribe. 3. Política de desarrollo — América Latina. 4. Política de desarrollo — Caribe. 5. Cambio tecnológico — América Latina. 6. Cambio tecnológico — Caribe. I. Jaffé, Walter R. II. Zaldívar, María E. III. IICA. Programa de Generación y Transferencia de Tecnología. IV. Título. V. Serie

AGRIS E14

DEWEY 338.1

SERIE DE PONENCIAS, RESULTADOS Y  
RECOMENDACIONES DE EVENTOS TECNICOS  
ISSN-0253-4746  
A1/SC-92-05

Abril, 1992  
San José, Costa Rica

PROYECTO INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA/  
AGENCIA CANADIENSE DE DESARROLLO INTERNACIONAL

El objetivo general del Proyecto IICA/ACDI es fortalecer el desarrollo conceptual y operativo de los cinco Programas del IICA, en las áreas temáticas más importantes de su Plan de Mediano Plazo y en el contexto del PLANALC. A través de los Programas, el Proyecto IICA/ACDI, con la colaboración de Agriculture Canada, apoya los esfuerzos de los países por modernizar y revitalizar sus sectores agropecuarios, en el marco del fortalecimiento de las relaciones entre Canadá, América Latina y el Caribe.

IICA  
PRET-CR-A7  
SC-005  
7998

## CONTENIDO

Presentación .....	5
1. Conclusiones y Recomendaciones de la Reunión de Expertos realizada en Cuernavaca en 1991.....	9
2. Definición de Políticas para el Desarrollo de las Agrobiotecnologías en los Países de América Latina y el Caribe <i>David Redgrave</i> .....	23
3. Notas para la Definición de una Política de Desarrollo Tecnológico <i>Ignacio Avalos</i> .....	101
4. Políticas de Desarrollo Biotecnológico en América Latina <i>Carlos María Correa</i> .....	123
5. Elementos Metodológicos para la Formulación de Estrategias y Políticas de Desarrollo Tecnológico en Biotecnología <i>Alonso de Gortari Rabiela</i> .....	147
6. Anexo: Listado de Participantes.....	197



## PRESENTACION

La formulación de políticas de desarrollo de nuevas tecnologías es, en el contexto de un país subdesarrollado, un problema especial de la formulación de políticas de desarrollo científico y tecnológico. El explosivo desarrollo de la biotecnología a nivel mundial y su impacto potencial sobre sectores económicos claves de los países de América Latina y el Caribe, particularmente en la agricultura, plantea la necesidad y urgencia de diseñar e implementar este tipo de políticas en la Región.

Existe al respecto, en ALC, poca información y experiencia. Uno de los pocos trabajos de caracterización de este tipo de políticas fue realizado por el INTAL en 1990; su resumen es presentado por Carlos María Correa en el presente volumen. En él se indica que dichas políticas son fundamentalmente de fomento de la investigación y desarrollo de las capacidades científicas.

Con el propósito de ofrecer un marco teórico y metodológico que permita avanzar hacia la formulación de políticas de innovación tecnológica, para el desarrollo de la biotecnología, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) invitó a un grupo calificado de expertos de la Región y de Canadá para que durante dos días y medio analizaran esta problemática, de acuerdo con un formato diseñado para maximizar la discusión y la reflexión conjunta.

Esa reunión se llevó a cabo del 15 al 17 de abril de 1991 en Cuernavaca, México, con el apoyo logístico del Centro de Investigaciones en Biotecnología e Ingeniería Genética de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Sirvieron de marco para la discusión ponencias de Walter Jaffé (Problemática de las biotecnologías y caracterización de las políticas para su desarrollo en América Latina y el Caribe, resumen de un trabajo-diagnóstico del IICA), de David Redgrave, Consultor del IICA, (su presentación se ponencia se presenta aquí traducida al Español), y de Ignacio Avalos (un resumen de la misma se presenta en este volumen).

Las Conclusiones y Recomendaciones de la Reunión, redactadas por Walter Jaffé a partir de la relatoría de María Eugenia Zaldívar fueron distribuidas a cada uno de los participantes para su consideración. Las observaciones y comentarios adicionales fueron incorporados a la versión definitiva que se presenta en este volumen.

**El trabajo de Alonso de Gortari, de México, que completa la presente publicación, fue preparado especialmente a partir de un documento anterior.**

**Estas actividades, tanto la Reunión como la presente publicación, son parte del Proyecto de Planificación Estratégica y Nuevas Tecnologías que el Programa de Generación y Transferencia de Tecnología del IICA realiza a partir de 1988, en el marco del apoyo de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI) al Plan de Mediano Plazo del IICA.**



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REUNION DE EXPERTOS REALIZADA EN CUERNAVACA EN 1991

### 1. LAS POLITICAS Y ESTRATEGIAS EXISTENTES EN LA REGION

- 1.1. La biotecnología de aplicación en el sector agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe se desarrolla, en la actualidad, principalmente en el medio académico y sólo en forma incipiente en el sector productivo. La magnitud del esfuerzo de investigación y desarrollo (IyD) que se realiza en este campo es sólo una pequeña fracción del esfuerzo mundial.
- 1.2. La investigación en biotecnología en la Región se localiza principalmente en universidades y centros de investigación del sector público; se caracteriza por importantes limitaciones en cuanto a la inversión, por su dispersión, por la falta de recursos humanos capacitados, por problemas operativos y por la falta de una dirección estratégica. Esas capacidades científicas no están vinculadas suficientemente con el sector productivo.
- 1.3. Existe una incipiente industria biotecnológica en América Latina, integrada aproximadamente en un 50% por empresas de propagación y genética vegetal. En esta industria sólo se realizan actividades de investigación y desarrollo en forma incipiente.
- 1.4. La industria tradicional no se ha interesado en incorporar la biotecnología en sus operaciones. Existen, en muchos casos, barreras económicas para la entrada de esas empresas en este campo.
- 1.5. Las políticas de ajuste estructural que se aplican en los países de la Región tienen efectos sobre las políticas de ciencia y tecnología y de innovación. El agotamiento de la capacidad de financiamiento del Estado disminuye las inversiones; a su vez, las tendencias de reducción del Estado y de privatización de empresas y servicios públicos afectan los instrumentos que tradicionalmente se han utilizado. Se cuestiona la fijación de prioridades por parte del Estado; se plantea que ellas deben ser determinadas por mecanismos de mercado. Se asigna a la empresa privada el papel protagónico en el desarrollo tecnológico.

- 1.6. No existen estrategias nacionales, ni mucho menos una regional, frente a la biotecnología, como consecuencia de la falta de una clara visión estratégica del papel que deberían cumplir las biotecnologías en la Región. Las políticas existentes son fundamentalmente de fomento de la investigación; el instrumento más utilizado es el financiamiento de proyectos. Algunos países relativamente más avanzados tienen incipientes programas de fomento de la innovación, tales como financiamiento de capital de riesgo e incentivos fiscales, entre otros.
- 1.7. Los mecanismos de financiamiento de desarrollos tecnológicos existentes en la actualidad son excesivamente rígidos, pues no toman en cuenta el riesgo asociado a esos desarrollos y no se adaptan a los cambiantes requerimientos del proceso. La banca comercial no ha puesto la debida atención a este tipo de mecanismos.
- 1.8. El aparato estatal en América Latina está estructurado básicamente en términos de control del desarrollo económico e industrial, y no en términos de promoción y gestión. Las políticas proteccionistas vigentes en América Latina y el Caribe, hasta hace poco, mantuvieron a la Región fuera del mercado global y no contribuyeron a la creación de un mercado regional; en consecuencia, debilitaron su capacidad de negociación en el contexto internacional. La nueva política de apertura comercial que se está aplicando en la Región no ha prestado suficiente atención a los aspectos tecnológicos involucrados y, en particular, al diseño de nuevos y más eficaces instrumentos para el dominio y la innovación tecnológica.

## 2. MARCO CONCEPTUAL PARA EL ANALISIS DE LA BIOTECNOLOGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

### **Aspectos conceptuales**

- 2.1. El término biotecnología se utiliza en el sentido más amplio posible; se refiere a las nuevas tecnologías biológicas, surgidas de los avances de la biología molecular y celular, de aplicación tanto en la producción de insumos y bienes primarios como en la de bienes de consumo finales. Asimismo, el término

agrobiotecnología se emplea para designar las nuevas tecnologías biológicas de uso en los procesos productivos e industrias directa o indirectamente relacionados con el sector agrícola, pecuario, pesquero o de la agroindustria en general.

- 2.2. La importancia de la investigación científica para la biotecnología obliga a enfatizar que se trata de un proceso de innovación tecnológica, es decir, de generación de inventos para su aplicación en la producción y prestación de servicios. El desarrollo de nuevos productos y procesos en este campo, en consecuencia, es un proceso que debe ubicarse esencialmente en el sector productivo. Las estrategias y políticas para el desarrollo de la biotecnología son, por ello, instrumentos de innovación tecnológica.
- 2.3. La tecnología de una empresa puede ser ajena a ella o puede ser generada por ella misma. En ambos casos se requiere el dominio de la tecnología utilizada, es decir, su adaptación, modificación y perfeccionamiento en función de las circunstancias y necesidades de la empresa. La capacidad de dominio de tecnologías de punta, como la biotecnología, requiere sustanciales capacidades científicas propias o posibilidades de acceso a capacidades localizadas en otras organizaciones. Ello también es válido para la selección y adquisición de la tecnología requerida.
- 2.4. La investigación básica desempeña un papel decisivo en una estrategia de dominio tecnológico nacional o regional; forma los recursos humanos requeridos y proporciona la información necesaria para el desarrollo de una visión prospectiva y para la selección, adaptación y mejora de la tecnología.
- 2.5. La viabilidad de un modelo de desarrollo productivo basado en el concepto de dominio tecnológico supone el acceso a la tecnología; esto podría constituir un factor limitante. Si bien el conocimiento tecnológico puede concebirse como un bien sujeto a las leyes de la oferta y la demanda, el mercado de tecnologías no es perfecto y hay limitaciones para la adquisición de tecnologías. La evolución de este mercado pareciera reflejar un incremento en las dificultades de acceso a las tecnologías, sobre todo en el caso de las biotecnologías, protegidas ampliamente

por patentes. Esa evolución se ampara en cambios recientes en las normativas de protección de la propiedad industrial, formulados con la finalidad de permitir el patentamiento de procesos y productos de la biotecnología.

- 2.6. El acceso a las nuevas tecnologías depende de la capacidad de selección, negociación y adaptación tecnológica de las empresas. A su vez, esto último guarda relación con la capacidad técnica, es decir la calidad de los recursos humanos y el acceso a la información y a canales de comercialización y mercados específicos que tengan dichas empresas.

### **Tendencias mundiales**

- 2.7. Hasta el presente, la biotecnología a nivel mundial ha estado determinada en gran medida por desarrollos científicos (*science-push*) más que por las necesidades del mercado (*market-driven*). Su fase actual de desarrollo es todavía, fundamentalmente, de investigación y desarrollo; en consecuencia, la entrada en esta industria requiere altas inversiones en I+D e implica altos riesgos. Los primeros productos destinados al sector agrícola apenas están llegando al mercado en este momento.
- 2.8. La I+D ha estado centrada en el desarrollo de las tecnologías básicas (*core technologies*). Existen limitaciones técnicas importantes en las tecnologías complementarias o periféricas y de manufactura; eso sucede, por ejemplo, en las fases de concentración y purificación de proteínas obtenidas por cultivo de organismos recombinantes o células (*down-stream processing*).
- 2.9. Nuevas empresas fundadas por científicos, con apoyo de capital de riesgo, orientadas hacia la investigación, han desempeñado un papel clave en el desarrollo de la industria biotecnológica en algunos países líderes. Ella ha evolucionado en una dirección en la cual el esquema del empresario emprendedor es sustituido por un modelo basado en empresas transnacionales que adquieren y/o contratan los servicios de esas pequeñas y medianas empresas, que no cuentan con capacidades de manufactura y mercadeo.

- 2.10. Si bien la inversión requerida para desarrollar un producto o proceso biotecnológico es menor que las de otras nuevas tecnologías, es sustancial. Se estima que el desarrollo de un producto farmacéutico en este campo cuesta en el orden de los US\$ 120 millones. La Fundación Rockefeller está invirtiendo US\$ 5 millones para desarrollar procesos biotecnológicos de mejoramiento genético de arroz. El PNUD invertirá US\$ 10 millones para desarrollar dos plantas transgénicas.

### **Consecuencias para la Región**

- 2.11. El contexto mundial de hoy se caracteriza por un proceso de globalización de los mercados y de la dinámica tecnológica. Existe una diversidad de polos económicos y tecnológicos en relaciones de fuerte competencia. La globalización exige economías nacionales capaces de competir con éxito en el mercado internacional. Dado que a nivel internacional existe un rápido proceso de cambio tecnológico, los países de América Latina y el Caribe no tienen otra opción que seguirlo, si quieren mantener su competitividad. La inversión de los países desarrollados en biotecnologías agrícolas, particularmente, obliga a la Región a invertir en este campo para mantener la competitividad de sus exportaciones y de su producción en los mercados internos.
- 2.12. Dada la tendencia reciente hacia la apertura de los mercados nacionales en América Latina y el Caribe, se plantea la necesidad de redefinir las políticas y los instrumentos de desarrollo científico y tecnológico en el nuevo marco de globalización económica. Esas políticas e instrumentos respondían en el pasado a la estrategia de Industrialización por sustitución de importaciones.
- 2.13. La apertura de los mercados nacionales deberá generar respuestas apropiadas por parte de la estructura empresarial y científica de los países de la Región y promover la competitividad de la industria mediante el desarrollo de innovaciones tecnológicas. Para ello se requieren políticas nacionales y regionales.
- 2.14. La biotecnología es cada vez más propiedad de las transnacionales. En tal sentido, en muchos casos el acceso a ella deberá ser negociado con esas compañías. La posición de

negociación de los países y empresas de la Región dependerá de su nivel de información sobre la tecnología y de las tendencias y situaciones mundiales en este campo, tanto como de factores financieros, económicos y legales.

- 2.15. El germoplasma, contenido en los recursos genéticos y la biodiversidad, es la materia prima fundamental para el desarrollo de productos mediante la biotecnología. América Latina y el Caribe poseen una posición privilegiada en ese sentido, al contar con abundantes recursos genéticos, hoy amenazados por la destrucción de los ecosistemas. Su valorización y aprovechamiento pasa por su identificación, conservación y caracterización. Esa tarea sólo puede ser desarrollada, en la forma masiva en que se requiere, con la aplicación de biotecnologías disponibles y por desarrollarse.

### 3. ESTRATEGIA DE LA REGION FRENTE A LA BIOTECNOLOGIA

#### **Características generales de la estrategia**

- 3.1. El desarrollo de la biotecnología en la Región, particularmente de las agrobiotecnologías, se justifica por las siguientes razones: 1) mejorar las capacidades para fabricar productos que satisfagan necesidades existentes; 2) mantener las capacidades competitivas en mercados internacionales; 3) acceder a nuevos mercados; 4) proteger mercados existentes; 5) evitar la excesiva dependencia de insumos importados y sus efectos sobre la balanza de pagos; 6) desarrollar patrones de producción sostenibles; 7) valorizar la biodiversidad, lo que implica su caracterización y conservación; 8) permitir que se defina la propiedad de los recursos genéticos.
- 3.2. América Latina y el Caribe tienen que incorporar las biotecnologías disponibles en sus sectores productivos, sobre todo en el sector agrícola y agroindustrial. Debido a que ellas se encuentran en una fase temprana de su trayectoria tecnológica, no deberá invertirse en tecnologías experimentales, en fase de investigación y desarrollo y, por ende, con altos riesgos técnicos y comerciales; tampoco deberá invertirse en aquellas ya consolidadas y dominadas por algunas compañías y que, por lo tanto, presentarán barreras grandes para la entrada de nuevas

empresas. El principio central de cualquier estrategia de desarrollo en este campo debe ser la búsqueda del dominio sobre la tecnología, es decir, la posibilidad de usarla competitivamente en el mercado internacional.

- 3.3. La estrategia para el desarrollo de la biotecnología debe basarse tanto en la generación local (biotecnologías endógenas) como en la transferencia del exterior. Una estrategia que contemple la transferencia de tecnologías no supone la adopción de una actitud pasiva. Por el contrario, la transferencia tecnológica es un proceso activo, apoyado en la existencia de capacidades científicas y tecnológicas, e implica a su vez la creación de nuevos conocimientos para modificar y adaptar las tecnologías a los requerimientos de las situaciones particulares. Asimismo, la Región debe inducir la creación de conocimiento tecnológico en áreas en que no se halle disponible y en las cuales no existan empresas o instituciones foráneas interesadas en inducir su generación.
- 3.4. La estrategia debe ser altamente selectiva; tienen que tomarse en cuenta los requerimientos de inversión, los desarrollos internacionales y las capacidades nacionales. Dadas las limitaciones de recursos en la Región, en lugar de dispersar la inversión deben concentrarse esfuerzos y desarrollarse áreas identificadas como de valor estratégico, como única forma de lograr las escalas requeridas para la viabilidad económica de los emprendimientos. Ello exige un monitoreo de las tendencias internacionales, lo cual sólo puede ser logrado con la existencia de grupos científicos de alto nivel. Existe la necesidad de mecanismos institucionales que permitan la movilización de tales recursos y capacidades para estos fines.
- 3.5. La Región debe adoptar una estrategia de nichos; se deben identificar y desarrollar las áreas donde existan ventajas económicas competitivas. Por ejemplo, América Latina y el Caribe tienen una ventaja a mediano plazo en el campo de las biotecnologías debido a la abundancia de recursos naturales. Es necesario valorizar los recursos genéticos como forma de aprovechar la ventaja comparativa potencial de la biodiversidad existente en la Región.

- 3.6. Los mercados nacionales y regionales ofrecen importantes oportunidades para los nuevos productos. Las empresas pueden utilizar esa clase de producción como un aprendizaje para la incursión posterior en los mercados internacionales más exigentes.

### **Requerimientos de información**

- 3.7. El análisis de la agrobiotecnología en la Región debe incluir la identificación de las áreas donde existen ventajas comparativas y competitivas en biotecnología. Asimismo, debe evaluarse la adecuación de las tecnologías disponibles y en desarrollo en el mundo, en relación a las necesidades y oportunidades regionales.
- 3.8. El análisis de la agrobiotecnología en América Latina y el Caribe debe incluir una evaluación del impacto que tiene sobre la producción campesina, ya que ésta constituye un sector mayoritario y es el principal actor de la producción agrícola en gran parte de los países de la Región.

### **Políticas de desarrollo tecnológico**

- 3.9. Se plantea la necesidad de construir sobre las experiencias exitosas de la estrategia de desarrollo industrial proteccionista. Como lo demuestra la experiencia de países desarrollados, la creación de capacidades competitivas se apoya fuertemente en la acción estatal, que asume nuevos papeles.
- 3.10. El desarrollo de una capacidad de innovación tecnológica local en biotecnología exige un aumento sustancial en la inversión que se hace en este campo. El sector privado deberá asumir una mayor cuota del mismo, apoyado mediante la creación de mecanismos de financiamiento apropiados. Este objetivo podría lograrse merced a una asociación sector público-sector privado (*joint ventures*). Las formas y mecanismos a crearse deben ser adecuados al proceso de dominio tecnológico de la biotecnología, tomando en cuenta los riesgos y plazos con él asociados.
- 3.11. La banca de desarrollo debe desempeñar un papel más importante en el proceso de apoyo al desarrollo tecnológico. Para ello debe relacionarse de manera más estrecha con la banca de



primer piso, para superar las generalizadas reticencias frente a ella y las limitaciones que presenta.

- 3.12. La transferencia tecnológica desde el exterior requiere cambios en las normativas que definen el desarrollo y utilización de tecnologías en los países. El acceso a tecnologías depende de la existencia de condiciones mínimas de seguridad, basadas en la aceptación de reglas de comportamiento específicas. Hasta el presente, América Latina y el Caribe no han ofrecido esas condiciones. Puede pensarse que la creación de un marco institucional y de comportamiento que garantice cierta seguridad facilitará el acceso a las tecnologías.
- 3.13. Se debe contemplar, en consecuencia, el establecimiento de mecanismos para la regulación de la biotecnología. Se considera importante establecer normas claras en lo referente a bioseguridad, específicamente en lo concerniente a la protección del medio ambiente y la salud humana. La capacidad de evaluación en materia de bioseguridad debe ser enfocada en forma regional. Asimismo, reviste particular importancia la definición de mecanismos de protección de la propiedad intelectual. Los costos asociados con la introducción de esos mecanismos deben ser asumidos principalmente por el Estado.
- 3.14. La aceleración reciente de las iniciativas de integración económica entre países de la Región exige un proceso paralelo de armonización de políticas tecnológicas, con el propósito de garantizar el acceso igualitario de las empresas a las fuentes de competitividad (financiamiento, apoyo tecnológico, asistencia técnica, información, etc.). Ese proceso de armonización es una oportunidad para acelerar la introducción de políticas de innovación tecnológica, dado el estado incipiente de las mismas en la Región.
- 3.15. Una estrategia que permitiría superar limitaciones en la transferencia tecnológica sería la adquisición de conocimientos de ciencia básica y de tecnología precompetitiva (este tipo de conocimientos resulta más accesible que los paquetes tecnológicos ya terminados). Esos conocimientos podrían obtenerse mediante diferentes vías institucionales. Una opción sería el establecimiento de alianzas que contemplen el intercambio

tecnológico con centros de investigación, con pequeñas y medianas empresas o con empresas multinacionales.

- 3.16. Los países de América Latina y el Caribe deben asumir con urgencia la tarea de proteger la biodiversidad e identificar, conservar y caracterizar los recursos genéticos disponibles. Ello es esencial para que, a mediano plazo, se puedan valorizar esos recursos y se aproveche, de ese modo, una potencial ventaja comparativa de la Región en este campo. Para valorizar esos recursos es esencial definir la propiedad del germoplasma e introducir normativas adecuadas en tal sentido.

### **Papel de los actores del proceso**

- 3.17. El Estado mantendrá su importante papel en el proceso de innovación tecnológica, pero debe ampliarse la acción del sector privado. El Estado debe asumir plenamente su papel promotor de investigación básica y de formación de recursos humanos, al tiempo que procura lograr la participación del sector privado. Deben reservarse áreas estratégicas, tales como la regulación de la bioseguridad, la preservación del medio ambiente, la protección del germoplasma y de los recursos genéticos, y la salud pública, entre las más importantes. El Estado deberá modificar ciertos aspectos del papel que ha desempeñado tradicionalmente: de controlador y regulador debe pasar a ser un ente de estímulo, promoción y gestión; asimismo, debe estimular la creación de formas asociativas de desarrollo tecnológico y de introducción de nuevas tecnologías, y debe crear mecanismos de inducción del proceso de innovación por parte del sector privado.
- 3.18. El papel de los institutos nacionales de investigación agrícola u otros organismos públicos de investigación aplicada debe orientarse principalmente hacia la facilitación del proceso de transferencia de tecnologías y su adaptación a las condiciones de los productores campesinos y a otras necesidades (por ejemplo, las relacionadas con el medio ambiente) que no serán asumidas por el sector privado. Su objetivo, en tal sentido, será articular sistemas de innovación tecnológica en áreas en las cuales el sector privado no incursionará por sí solo. De esa forma, se podrá asegurar el acceso de los sectores campesinos a las nuevas tecnologías, así como también el desarrollo e

introducción de tecnologías que exigen mecanismos institucionales para su aplicación, como son, por ejemplo, las técnicas de control integrado de plagas. Generará tecnologías en aquellos casos en los cuales éstas no existan o no estén disponibles; deben preverse desde el comienzo las fases de manufactura y comercialización, en la medida de lo posible en estrecha asociación con el sector productivo.

- 3.19. Las universidades (y otros centros públicos de investigación básica), además de fortalecer su función tradicional de formación de los recursos humanos deben llevar a cabo cambios estructurales que les permitan desempeñar un papel en el proceso de innovación tecnológica y responder a las necesidades del mercado. Deben crearse mecanismos de articulación de las universidades con el sector productivo, que podrían ser empresas de desarrollo tecnológico especializadas en llevar la investigación a su aplicación productiva. Debe promoverse la generación y diseminación de información por medio de las universidades, con la utilización de agentes de difusión de información tecnológica.

#### 4. FORMULACION DE POLITICAS

- 4.1. La viabilidad y éxito de las políticas de desarrollo de la biotecnología, en un contexto internacional signado por profundos cambios tecnológicos, intensa competencia económica y globalización de la economía, exigen que su diseño y aplicación tome en cuenta los siguientes temas centrales:
- a. La necesidad de preparar a los individuos para su adaptación a los rápidos cambios económicos y tecnológicos y su desempeño productivo eficiente.
  - b. El desarrollo de una institucionalidad capaz de desarrollar y movilizar las capacidades económicas, organizacionales y tecnológicas requeridas para competir en el mercado internacional.
  - c. La necesidad del establecimiento de políticas que influyeran en el comportamiento de individuos y organizaciones en función

de los cambios que se producen y de las perspectivas existentes.

- d. La noción de manejo estratégico que opera en las principales economías, que se basa en estrechas relaciones de cooperación y concertación entre la industria y el gobierno.
- e. La necesidad de comprender el papel de nuevos patrones y mecanismos de cooperación para el logro de la competitividad entre empresas, centros de investigación y países.

4.2. La formulación de políticas debe ser concebida como un proceso dinámico que permita evitar las restricciones y riesgos de los esquemas prescriptivos. La construcción de modelos de desarrollo debe plantearse como un proceso socio-político, en el cual los diversos actores tengan una participación activa y que contemple la posibilidad de incorporar otros actores (aun actores imprevistos), a medida que el proceso se construya. El papel del Estado, dentro de este esquema, es crear las condiciones para que los diversos actores concurren e interactúen y proporcionar la orientación estratégica derivada de objetivos sociales, políticos y de desarrollo más amplios.

4.3. Principios para la formulación de políticas:

- a. Debe partirse de la necesidad de demostrar que la biotecnología debe ser un tema prioritario en la formulación de políticas públicas y económicas. Los círculos dirigentes de los países de América Latina y el Caribe, tanto gubernamentales como empresariales, no tienen una visión estratégica adecuada de la importancia de la biotecnología en las posibilidades de desarrollo de la Región. Por ello es necesario mostrar que esa disciplina es capaz de ofrecer soluciones a problemas de importancia estratégica para la Región.
- b. Debe evaluarse la importancia económica y social de las agrobiotecnologías. Es preciso mostrar que el desarrollo de la biotecnología es compatible con los objetivos sociales y económicos de la Región.

- c. Debe mostrarse que las políticas biotecnológicas que se propongan tienen consistencia interna y son compatibles con las políticas formuladas en otras áreas.
- d. Deben desarrollarse acciones coordinadas a nivel nacional e internacional. Esas acciones no deben limitarse al financiamiento de programas de investigación científica y tecnológica, sino que deben incluir también acciones destinadas a promover la comercialización de los resultados de esas investigaciones, la difusión tecnológica, la formación de recursos humanos, la creación de regulaciones de apoyo, el desarrollo de incentivos para el sector privado, la formulación de convenios intergubernamentales que faciliten la difusión de ideas, recursos y capacidades entre los países de la Región.
- e. Dado el alto nivel de riesgo de la investigación y la aplicación comercial de las biotecnologías, la elaboración de políticas en este terreno debe incluir evaluaciones tecnológicas, análisis de impactos económicos y estimaciones del riesgo, que puedan utilizarse en la asignación de recursos y en la definición de prioridades.
- f. Debe evaluarse la capacidad competitiva de la Región en materia de agrobiotecnología. Para ello es necesario monitorear continua y sistemáticamente los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en otros países, el desarrollo de productos por parte de las transnacionales y las estrategias de mercadeo de los principales actores en el mercado internacional.

4.4. La formulación de políticas en América Latina y el Caribe debe hacerse en etapas sucesivas. Se propone la siguiente secuencia:

- a. Identificar las oportunidades y las necesidades específicas de subregiones, subsectores o industrias con respecto al uso de biotecnologías en agricultura.
- b. Establecer políticas y metas estratégicas para subregiones, subsectores o industrias.

- c. Desarrollar prioridades para los instrumentos de política pública requeridos para implementar políticas biotecnológicas.
- d. Establecer y negociar los papeles y responsabilidades de los principales actores, ya sean del sector público, del sector privado o de las agencias internacionales.

## 5. REQUERIMIENTOS PARA LA FORMULACION DE POLITICAS Y ESTRATEGIAS. PAPEL DE LOS ORGANISMOS DE COOPERACION TECNICA

- 5.1. Es necesario enfatizar que, dada la magnitud de las inversiones requeridas para el desarrollo de productos y procesos comerciales, debe hacerse referencia a ejemplos concretos, con la finalidad de garantizar el desarrollo de programas realistas.
- 5.2. Dada la virtual carencia de este tipo de información, es de gran importancia el monitoreo de las tendencias mundiales, tanto científicas como industriales, así como también el diagnóstico permanente de la situación regional. Esa información es básica para el desarrollo de una visión estratégica en este campo y para la definición de estrategias y políticas conducentes a su realización. Las agencias regionales e internacionales tienen claras ventajas comparativas para generar este tipo de información.
- 5.3. Este monitoreo debe incluir estudios detallados de las políticas de fomento de la biotecnología en países desarrollados y en aquellos con grados de desarrollo similares a los de la Región.
- 5.4. La armonización de las políticas tecnológicas requeridas para apoyar los procesos de integración económica iniciados en la Región debe apoyarse en los organismos regionales y en los mecanismos de cooperación tecnológica recíproca existentes.
- 5.5. Los organismos internacionales no deben limitarse a trabajar con el sector público. Debe promoverse la participación de las organizaciones no gubernamentales y de las empresas en los programas.

- 5.6. El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) deben seguir desempeñando su papel catalizador en materia de regulaciones de la biotecnología en la Región, como Instrumentos de integración regional.
- 5.7. Por su parte, la ONUDI está promoviendo la creación de un nuevo programa de biotecnología que contempla las siguientes actividades:
- a. Estudios subsectoriales.
  - b. Desarrollo de sistemas de información para la industria.
  - c. Creación de un centro regional de entrenamiento industrial.
- 5.8. La Cooperación Técnica del Canadá, por medio de la Agencia para el Desarrollo Internacional (ACDI), en lo concerniente a actividades de desarrollo, y del Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID), en lo referente a investigación, está apoyando en forma significativa iniciativas regionales para promover el dialogo y definir la dirección a seguir en este campo.





# DEFINICION DE POLITICAS PARA EL DESARROLLO DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS EN LOS PAISES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE

David Redgrave<sup>1</sup>

## ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL

Este trabajo analiza los principales temas de política agrobiotecnológica según han sido identificados en el Plan de Acción Conjunta para la Reactivación de la Agricultura de América Latina y el Caribe, PLANALC (IICA 1989) y en estudios anteriores del IICA. El propósito es conjugar el enfoque de la política de innovación tecnológica en general, con el de la agricultura en particular. La discusión intenta continuar los análisis anteriores de otros investigadores y extraer de ellos un "marco de temas clave" alrededor de los cuales se puedan definir prioridades de políticas, lineamientos y sugerencias de los pasos a seguir.

Las secciones siguientes también examinan roles específicos, necesidades y oportunidades de la política agrobiotecnológica. El sector público ha desempeñado un papel decisivo para el sector agrícola en el área de la investigación y la diseminación de sus resultados. En un período de revitalización y de transición de los países de ALC, el papel del sector público probablemente se torne más complejo. Se verá presionado a orquestar cambios a nivel macro en el sector, a determinar prioridades, a otorgar financiamiento para la investigación y a realizar una variedad de nuevos roles facilitadores junto con distintos actores.

La evolución de la agrobiotecnología en ALC va a realizarse, por supuesto, en un clima de naturaleza global y altamente competitivo en cuanto a la investigación, el desarrollo y la comercialización de sus productos. La discusión, por lo tanto, incorpora temas tales como el clima empresarial y la comercialización internacional, las estrategias empresariales, y el papel del capital privado, todo lo cual va a impactar en las oportunidades de la Región.

---

<sup>1</sup> David Redgrave and Associates, Inc., Toronto, Canadá

## **Temas de políticas identificados en estudios previos del IICA**

En mayo de 1987 el IICA realizó un seminario de políticas en San José, Costa Rica, el cual trató los Cambios Tecnológicos en la Agricultura Latinoamericana. En ese encuentro se presentó un trabajo titulado *Innovaciones Tecnológicas en la Agricultura de América Latina*, preparado por Alain de Janvry, David Runsten y Elizabeth Sadoulet, del Departamento de Agricultura y Economía de Recursos de la Universidad de California, Berkeley (De Janvry *et al* 1987). Dicho trabajo incluyó una exhaustiva revisión de las interrelaciones entre el cambio tecnológico y los principales temas económicos, sociales y de política agropecuaria. Asimismo, identificaba las principales implicaciones para las políticas y los programas de las nuevas oportunidades y necesidades del cambio tecnológico.

En un análisis de políticas preparado más tarde como documento de trabajo para la Conferencia Interamericana de Ministros de Agricultura, Eduardo Trigo, del IICA, realizó una revisión de los principales temas vinculados a la innovación en la agricultura, en un trabajo titulado: *Hacia una Estrategia Tecnológica para la Reactivación de la Agricultura de América Latina y el Caribe* (Trigo y Runsten 1989). Ese documento se elaboró a partir de las bases proporcionadas por los consultores de la Universidad de California. Se centró en las fuerzas impulsoras, en los temas de política y en los aspectos relacionados con los procesos, instituciones y roles de los principales actores. Detalló 32 temas claves relacionados con la innovación y sintetizó las cuatro áreas principales que requerían decisión y acción específica:

- Recursos humanos y disciplinas básicas.
- Determinación de prioridades.
- Patentes y derechos de propiedad.
- Procesos cooperativos.

Las cuatro áreas para la toma de decisiones presentadas en la síntesis del trabajo citado dan las bases para el establecer lineamientos estratégicos del desarrollo de políticas para la agricultura y para las tecnologías de apoyo, tales como la biotecnología.

Los temas identificados en el trabajo del Departamento de Agricultura de la Universidad de California, reexaminados en el documento de Trigo y Runsten, trataban temas de orden macro y subrayaban también las principales necesidades vinculadas al uso de la biotecnología en la agricultura. El Documento Principal del PLANALC (IICA 1989) contiene una extensa revisión de los desafíos contemporáneos, desde el punto de vista de la política macroeconómica y social, y ofrece una descripción de objetivos y planes de acción. Los tres documentos mencionados sientan, en conjunto, las bases para clasificar los temas estratégicos que deben ser incorporados a los lineamientos de política agrobiotecnológica.

### **Los temas estratégicos de política para los países de ALC**

Las conclusiones de trabajos anteriores del IICA vinculados a los temas de política pueden ser agrupadas en cinco categorías principales. Cada categoría incluye una serie de "temas estratégicos" o "intereses estratégicos" que los países de ALC deben compartir en la revitalización de sus sectores agropecuarios. Las principales áreas son:

1. Fortalecimiento de las condiciones macroeconómicas.
2. La economía del sector agropecuario.
3. El papel del sector público y de las instituciones de investigación.
4. Mejor clima para los derechos de propiedad intelectual.
5. Mantenimiento y fortalecimiento de la cooperación regional.

Estas cinco áreas estratégicas incluyen la mayoría de temas que se estima condicionan el papel de la biotecnología en el sector agropecuario. Al interior de cada una de ellas se han identificado temas más específicos, que pueden resultar útiles para refinar el proceso de desarrollo de lineamientos de política.

También pueden ayudar en el desarrollo de prioridades de política y de criterios de programas. Las notas que siguen sintetizan los hallazgos principales de los estudios del IICA hasta hoy, presentados bajo las cinco áreas principales mencionadas.

### *Temas de política macroeconómica en países de ALC*

La crisis macroeconómica de los países de la Región ha sido identificada como una de las áreas que demanda políticas y programas centrados en los siguientes temas:

1. Mejoramiento de *la balanza de pagos* por medio de mayores exportaciones, con el fin de crear más flexibilidad fiscal, reducir el peso de la deuda y crear puestos de trabajo e ingresos: el sector agropecuario ha sido identificado como un actor clave en la solución de los problemas de balanza de pagos.
2. Una *estructura de precios competitivos* para bienes y servicios producidos localmente es el camino preferido, en lugar de la sustitución de importaciones y reducción de las mismas.
3. El incremento de *los salarios reales y de los ingresos per cápita* mediante incrementos en la producción y mejoramiento de la productividad es esencial para reducir el desempleo y revertir la disminución y el estancamiento de los niveles de vida.
4. Es necesario *reducir los subsidios gubernamentales* para disminuir la presión financiera sobre el gobierno, reducir el nivel impositivo y controlar la inflación.
5. *La localización de mercados más flexibles* es esencial para alcanzar una mejor distribución de recursos y mejorar la productividad.
6. Es necesario *ajustar la industria a los precios de importación reestructurados*, con el propósito de contrarrestar la inflación, mejorar la producción y expandir la exportación.

### *Las necesidades del sector agropecuario*

El sector agropecuario enfrenta un complejo conjunto de desafíos a medida que responde a los problemas económicos y financieros, externos e internos, entre otros los siguientes:

1. Hacer mejor uso de *las ventajas comparativas de los países de ALC* en la producción de bienes agropecuarios y agroindustriales.

2. *La sustitución de insumos caros, tales como tierra, capital y agroquímicos, por insumos y técnicas de producción de bajo costo.*
3. *Métodos de producción que ahorren uso de tierras, de tal manera que se expandan las oportunidades y la productividad del trabajo agropecuario.*
4. *Reducción en la compra y uso de insumos de producción importados. Por ejemplo, herbicidas y pesticidas.*
5. *Redistribución del ingreso a pequeños productores.*
6. *Redistribución de los beneficios de la investigación y de actividades de desarrollo a pequeños productores.*

### *El papel del sector público*

El papel del sector público en las políticas de crecimiento ha sido tradicionalmente grande en los países de ALC. Las restricciones financieras y económicas han llevado a una reevaluación y disminución de ese rol. Los temas más importantes para la planificación de políticas y desarrollo son:

1. *Mejorar la eficiencia y efectividad de los gastos gubernamentales en la agricultura y en la investigación agropecuaria.*
2. *Mayor papel financiero y operativo para el sector privado en investigación, desarrollo de mercados, ajuste industrial y decisiones de inversión.*
3. *Mantenimiento del papel del sector público en la ayuda a los pequeños productores en el área de investigación y desarrollo (IyD).*
4. *El mantenimiento, mejora y coordinación entre agencias nacionales e internacionales de investigación, de tal manera que se generen especialización y economías de escala.*
5. *El suministro de una adecuada oferta equilibrada de recursos humanos capacitados para la investigación, desarrollo y difusión de tecnología.*

### *Derechos de propiedad intelectual*

Este campo ha sido reconocido por el IICA como esencial para mejorar la participación del sector privado en la biotecnología y otras áreas de innovación. Se le percibe también como un medio facilitador para alcanzar mayores niveles de transferencia y difusión de tecnología entre países de ALC. Los temas centrales son:

1. *Mejorar el acceso de los países de ALC a tecnología avanzada y a los beneficios económicos de la producción agropecuaria.*
2. *Promover un mayor flujo de capital de riesgo del sector privado, local y multinacional, hacia la investigación en la Región.*
3. *Acelerar el proceso de innovación en las economías de los países de ALC.*
4. *Armonizar los enfoques regionales respecto a los derechos de propiedad intelectual entre países de ALC.*
5. *Integrar las políticas de derechos de propiedad intelectual con las políticas de comercio exterior y con las negociaciones.*

### *Cooperación regional*

El mantenimiento y mejoramiento de la cooperación internacional dentro de la Región y entre ésta y otros países miembros del IICA es un área de particular prioridad entre los temas clave. Las redes de cooperación y los procesos de consulta proporcionan un mecanismo de importancia para obtener los objetivos comunes y compartir los recursos. Entre otros temas se han identificado los siguientes:

1. *Fortalecimiento del papel de consorcios regionales y grupos de productores en investigación e innovación.*
2. *Redefinición y concentración de los roles de los Centros Internacionales de Investigación Agropecuaria (GCIAs), de tal manera que se utilicen sus ventajas comparativas y se ajusten a los cambios en el papel de los centros nacionales y el sector privado.*

3. *Mejor cooperación horizontal en la transferencia de tecnología, como un método eficiente para la difusión tecnológica.*
4. *La colaboración en las principales áreas de política comercial, económica y reguladora resulta esencial para asegurar el crecimiento ordenado del mercado regional de ALC, su competitividad en el mercado internacional y su atractivo para el sector privado mundial.*

Más adelante se profundiza en estos temas y se los reagrupa, con el fin de proporcionar un marco orientador que permita determinar las prioridades de política y las opciones. Antes de realizar ese examen es útil comprender cabalmente el clima de oportunidades y conocer cuáles son los principales desafíos en agrobiotecnología.

El ambiente comercial para biotecnología presenta varios aspectos comunes con cualquier otro campo emergente en tecnología, tales como las demandas por altos niveles de capital de riesgo, frustraciones iniciales y expectativas no colmadas. Sin embargo, también tiene características únicas que impactan sobre el tipo de oportunidades que probablemente aparecerán en los próximos años. En la próxima sección se pasa revista a algunas de esas características especiales, se presenta el ambiente comercial y operativo para la industria y se identifican algunas de las tendencias internacionales emergentes que darán forma a las opciones de la industria en los países de la Región.

## **POLITICAS Y ESTRATEGIAS DE ALGUNOS PAISES INDUSTRIALIZADOS AVANZADOS**

### **El marco de políticas. Factores industriales y tecnológicos**

En esta sección se discuten algunos de los factores que influyen en el desarrollo de la agrobiotecnología en los países de la OECD, en particular la industria agropecuaria y los mercados a nivel mundial. No se ha realizado un estudio completo sobre los mercados y la industria del sector agropecuario, ni sobre la biotecnología. Más bien se ha concentrado el análisis en aquellos factores relevantes para la definición y ejecución de políticas de revitalización de la agricultura en los países miembros del IICA.

### *Impacto de la biotecnología sobre la agricultura y los sectores agroalimentarios*

Se espera que sean afectados varios sectores industriales en los países de la OECD, incluidos fármacos para diagnósticos y terapéuticos, procesamiento de alimentos, químicos, procesamiento de minerales y manejo de desperdicios.

Estudios realizados en la Comunidad Económica Europea y en Estados Unidos de América indican que la biotecnología forma parte del reducido número de tecnologías que serán decisivas para la agricultura y los sectores agroalimentarios en los próximos diez años (ISTC 1989). Los impactos potenciales sobre la agricultura incluyen:

- Tasas crecientes de desarrollo de nuevas especies animales y vegetales con las características deseadas.
- Sustitutos de agroquímicos (pesticidas, herbicidas y fertilizantes) que son menos costosos y que producen menos efectos negativos en el ambiente.
- Operaciones de procesamiento de alimentos más eficientes.
- Mayor diversidad de productos agropecuarios y alimenticios.

### *Tiempo demandado por la comercialización de la biotecnología*

Aunque el conocimiento científico vinculado a la biotecnología es desarrollado a un ritmo cada vez más rápido (Witt 1985), no se han cumplido las tempranas predicciones en el sentido de que las biotecnologías dominarían el mercado de inmediato. Las ganancias realizadas por las compañías de avanzada en biotecnología han emanado, en lo fundamental, de investigaciones por contrato, pagos de licencias y venta de materiales de investigación, más que de la venta de productos terminados. La mayoría de los productos comercializados pertenecen a los campos farmacéutico y de la salud. Hasta ahora, ha habido relativamente poca comercialización de la biotecnología en otras áreas tales como agricultura, industria forestal y producción química (Esto excluye tecnologías de larga data que son parte de la biotecnología, por ejemplo, producción de alcohol y de quesos).



La situación en materia de agroquímicos ilustra sobre el escaso grado de comercialización de productos basados en la nueva biotecnología. En efecto, las ventas de este tipo de productos obtenidos a partir de la biotecnología al sector agropecuario sumaron aproximadamente US\$ 50 millones en 1989, mientras que el mercado mundial de agroquímicos suma decenas de miles de millones de dólares (Sercovich y Leopold 1991).

Aunque hayan aparecido algunos productos comerciales en áreas tales como procesamiento de alimentos, salud animal y trasplantes de embriones, el impacto de la biotecnología sobre la agricultura en general ha sido, hasta la fecha, muy limitado. Se espera que algunas plantas y microorganismos creados por medio de la ingeniería genética entren al mercado durante la década de los noventa, pero pasarán décadas antes de que desempeñen un papel significativo en el sector (Sercovich y Leopold 1991).

Se han citado varias razones para la lenta tasa de comercialización de la biotecnología agropecuaria:

- En algunas áreas se necesita mucha investigación básica antes de que se puedan realizar avances prácticos (*Technomic Publ. Co. 1988*).
- Llevar los procesos de laboratorio a escala industrial en muchos casos demanda desarrollos técnicos de importancia.
- El sector agroalimentario tiende a responder a avances tecnológicos de importancia, incluida la biotecnología, mas lentamente que otras industrias intensivas en investigación (ISTC 1989).
- La opinión pública y la reacción de los productores también pueden tener efectos significativos sobre la tasa de introducción de biotecnología en la agricultura (por ejemplo, la hormona de crecimiento bovina enfrenta oposición tanto de grupos de consumidores como de productores lecheros) (Sercovich y Leopold 1991).

A pesar de la lenta tasa de comercialización de la biotecnología, existe amplio consenso entre el gobierno y los planificadores de

compañías privadas sobre el hecho de que la biotecnología tendrá un profundo efecto sobre la agricultura en las próximas décadas.

La biotecnología es percibida por las empresas y los gobiernos como un medio de proteger o incrementar la participación en el mercado en un panorama mundial de productos agropecuarios de lento crecimiento.

Aunque la necesidad de un continuo incremento en la capacidad global de producción de alimentos está bien establecida (Shemilt 1982), ello no ha conducido a tasas positivas de crecimiento de los mercados agropecuarios. El comercio internacional de productos agropecuarios se caracteriza por un demanda débil, bajos precios de productos primarios y un creciente uso de subsidios a la exportación.

Durante la década de los ochenta hubo una contracción de los mercados de productos agropecuarios, tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados. La creciente sobrecapacidad en los países industrializados ha motivado precios en declinación y el uso creciente de subsidios y barreras comerciales. También hubo una fuerte competencia entre países industrializados por suplir a los países en desarrollo. La demanda, sin embargo, ha sido débil debido a la falta de divisas (CIDA 1987).

Debido a que la biotecnología cuenta con potencial para incrementar la productividad agropecuaria y, por lo tanto, disminuir los costos de producción, es percibida por los agricultores de los países desarrollados como una oportunidad para incrementar las ventas y las exportaciones. Los planificadores gubernamentales, preocupados por los mercados agropecuarios nacionales están, por lo tanto, interesados en incrementar la productividad a nivel de finca con la finalidad de apoyar a los productores y, al mismo tiempo, incrementar la oferta mundial de alimentos.

La producción de insumos agropecuarios, (por ejemplo, semillas, agroquímicos y productos veterinarios) es una actividad industrial de importancia en los países desarrollados. En la medida en que la manufactura de algunos productos tales como agroquímicos se ha extendido a países en desarrollo, las compañías basadas en los países desarrollados han tenido que enfrentarse a ventas decrecientes.

Compañías tales como Monsanto, Dupont y Chevron se han embarcado en ambiciosos programas de I+D, particularmente en biotecnología, para neutralizar la tendencia decreciente de los mercados en algunos agroquímicos tales como pesticidas. Firms europeas y japonesas también recurren a la biotecnología por las mismas razones (*Technomic Publ. Co. 1988*).

*Variaciones en la estructura del sector, el tamaño del mercado y las tasas de crecimiento en los subsectores agropecuarios afectados por la biotecnología*

Se espera que la biotecnología desempeñe un papel de importancia en la producción de insumos para la agricultura, en las operaciones a nivel de finca y en el procesamiento subsiguiente. A continuación se presentan algunos de los factores técnicos y comerciales claves que pueden influir en la introducción de biotecnología en varias de las principales áreas del sector agropecuario.

Se espera que el sector de *productos de salud animal*, que tiene ventas mundiales anuales del orden de US\$ 10 mil millones, crezca a una tasa anual de 6% durante los próximos años. El mercado mundial está regionalizado debido a barreras para la comercialización global, como por ejemplo el transporte, las regulaciones y los costos de importación.

Los desarrollos tecnológicos que tienen potencial para impactar sobre las porciones de mercado de varios competidores incluyen tecnologías de fermentación y el desarrollo de sistemas de detección de residuos basados en biotecnología (*Technomic Publ. Co. 1988*). EE.UU. tiene una fuerte posición en tecnologías de punta tales como ADN recombinante microbiano, antibióticos monoclonales y tecnologías de cultivos de tejidos animales. Sin embargo, la posición dominante de la industria de EE.UU. puede ser erosionada a medida que nuevos productos sean introducidos por competidores foráneos (*Ibid.*).

La industria de *ingredientes alimenticios animales* tiene ventas anuales de alrededor de US \$30 millones y una tasa de crecimiento anual de 1%. Estados Unidos es el principal productor y consumidor de almentos para animales, con alrededor de un tercio de la producción mundial. La mayor porción del mercado está en manos de unas pocas firms grandes, tales como Ralston-Purina, Farmland Industries, Cargill, Central Soya y Continental Grain.

Otros países con una producción significativa son la Unión Soviética (aproximadamente un sexto de la producción mundial), Canadá y Australia. La práctica de molienda por destino tiende a mantener las importaciones bajas en los países industrializados. La tasa de crecimiento de este mercado, que esta vinculado a las ventas de carnes y aves, va a permanecer baja en el futuro previsible.

*Pesticidas.* Los *pesticidas*, incluidos herbicidas, fungicidas e insecticidas, representan un mercado multimillonario. Hay aproximadamente 400 firmas en el mundo, de las cuales las 22 mayores controlan la mitad del mercado mundial (*Technomic Publ. Co. 1988*). Las ventas anuales de pesticidas a nivel mundial son del orden de los US \$20 mil millones. EE.UU., que es el productor y consumidor más importante, es también el mayor exportador (*ibid.*). Algunas firmas en los países industrializados han perdido segmentos de mercado debido, en parte, al desarrollo de las capacidades productivas de Asia y América Latina. Las compañías agroquímicas en los países de la OECD desarrollan pesticidas basados en microbios genéticamente modificados. El mercado de pesticidas microbianos se estima en US \$2 mil millones para finales del siglo (Sercovich y Leopold 1991).

*Fertilizantes.* La demanda mundial por fertilizantes químicos continuará firme (*Technomic Publ. Co. 1988*). Los fertilizantes proporcionan a las plantas tres nutrientes mayores: nitrógeno, fósforo y potasio. Los mayores exportadores de fertilizantes fosfatados, que son derivados de roca fosfórica, son EE.UU., Marruecos y Jordania. Canadá y la Unión Soviética son los principales suplidores de potasio. Los fertilizantes nitrogenados utilizan amoníaco como fuente principal de nitrógeno, un producto químico cuyo precio se ha incrementado en los últimos años. Hay mucho interés en la fijación biológica de nitrógeno (conversión a una forma utilizable por las plantas) como alternativa a los fertilizantes químicos. Esos productos, que pueden ser bacterias fijadoras o plantas alteradas genéticamente para realizar su propia fijación de nitrógeno, pueden reducir el mercado de los fertilizantes químicos. EE.UU. está particularmente interesado en este aspecto de la biotecnología, ya que es un importador neto de fertilizantes nitrogenados.

*Cría de animales.* Las ventas de carnes se han estancado en los últimos años en los países industrializados. Sin embargo hay algunos segmentos de alto crecimiento, debido a cambios en las demandas de los consumidores, por ejemplo, en el caso de los pollos.

Históricamente la industria no ha sido afectada por la competencia internacional. Sin embargo, los avances tecnológicos que permiten el almacenaje y el transporte de embriones y otros materiales incrementan las ventas anuales de material genético superior. Las ventas anuales de embriones en EE.UU., en la década de los ochenta, se ha estimado en el rango de US \$20 a \$30 millones. Si bien tradicionalmente muchas parcelas pequeñas realizan cría de animales, durante la última década las grandes corporaciones han comenzado a dominar la industria (*Technomic Publ. Co. 1988*). En Canadá, los emprendimientos conjuntos del Gobierno con la industria nacional han establecido mercados tanto internos como de ultramar.

*Cría de plantas.* Las ventas anuales de semillas son del orden de \$30 mil millones, y se espera un crecimiento anual de alrededor de 5%. Esa industria en los países industrializados es madura, dominada por unas pocas grandes compañías, algunas de las cuales han sido compradas por las empresas multinacionales de agroquímicos. Las grandes empresas de semillas son operaciones integradas de investigación para desarrollar nuevas líneas, de acondicionamiento, de producción y de comercialización. El crecimiento se ha incrementado en la última década debido a cambios en las prácticas agrícolas, tales como mayores densidades de siembra. Esto es particularmente cierto para el maíz híbrido, la semilla de mayor volumen de venta (*Technomic Publ. Co. 1988*). Aunque EE.UU. es el exportador dominante, los japoneses y holandeses han entrado al mercado por medio de la adquisición de multinacionales que tienen negocios de semillas.

La selección genética ha incrementado el rendimiento de los cultivos en el mundo en 1% anual, desde 1930 (Witt 1985). La biotecnología, en combinación con las técnicas de cruzamiento genético tradicionales, puede incrementar la tasa a la que se van a desarrollar nuevas variedades.

La *industria alimenticia* se vuelve cada vez más global, con una creciente propiedad corporativa, flujos de comercio y conexiones con socios internacionales. Durante los últimos 10 años se produjo una significativa consolidación y racionalización de las compañías de alimentos y bebidas (ISTC 1989).

El potencial para aplicaciones de biotecnología parece mayor en productos de bajo precio y alto volumen de ventas en mercados grandes

si se pueden llevar a escala industrial los procesos basados en biotecnología a un costo mas bajo que los productos naturales equivalentes (Ibid.).

Los mercados para algunos productos agrícolas crecen relativamente más rápido. Por ejemplo, los cambios en los hábitos de consumo han resultado en mayores mercados para alimentos más sanos, de bajas calorías y para alimentos de más fácil preparación (Ibid.). La creciente preocupación entre los consumidores respecto a pesticidas y aditivos químicos puede crear mercados para aplicaciones biotecnológicas.

*El sector privado en los países de la OECD hace inversiones significativas en biotecnología agropecuaria*

Estados Unidos, Japón, Inglaterra, Suecia, Canadá y Finlandia tienen actividades industriales de importancia en biotecnología. El tamaño de la inversión del sector privado varía de manera significativa entre los países miembros de la OECD. EE.UU. es el país líder en biotecnología industrial, con gastos del sector privado de más de US\$ tres mil millones, monto similar al gastado por el sector público

A mediados de los años ochenta había aproximadamente 350 compañías involucradas en biotecnología en EE.UU., divididas en forma similar entre compañías ya establecidas y nuevas. Aproximadamente un tercio de las compañías en cada grupo se concentraban en agrobiotecnología. Alrededor de 16% de los gastos en IyD del sector privado de EE.UU., o sea US \$ 500 millones anuales, son invertidos en aplicaciones agrícolas (Sercovich y Leopold 1991). En contraste, los gastos del sector privado en agrobiotecnología en Canadá, el socio comercial más importante de EE.UU., es de alrededor de 30 a 40 millones de dólares por año.

Como sucede en otras áreas de biotecnología, EE.UU. y Japón parecen los líderes mundiales. La industria de EE.UU. tiene la ventaja del acceso directo a la investigación básica en universidades y laboratorios gubernamentales. Asimismo, la combinación de firmas agroquímicas multinacionales basadas en EE.UU. y nuevas firmas orientadas a la IyD con conocimientos en agrobiotecnología, proporcionan una considerable oportunidad para acelerar esa actividad. Se espera que la reconocida capacidad del Japón en procesos comerciales de fermentación le den una apreciable ventaja para comercializar biotecnología (ISTC 1989).

Las compañías japonesas han utilizado biotecnología para la producción de alimentos y fármacos desde comienzos del siglo; han utilizado la fisiología microbiana para producir sake (aguardiente de arroz que se usa en Japón [pequeño Larouse Ilustr.] [idem en Dicc. Moderno Inglés-Español de Larouse]), miso (pasta de frijoles) y salsa de soya; y han aplicado genética molecular a la producción industrial de aminoácidos. Compañías como la Tanabe Pharmaceutical desarrollaron procesos de fermentación continua con utilización de microorganismos inmovilizados y enzimas (USDC 1988).

*Las empresas de biotecnología de punta representan la mayor parte de la industria biotecnológica, particularmente en Norteamérica*

Hay un gran número de pequeñas firmas biotecnológicas, intensivas en investigación, en EE.UU. y Canadá. Muchas de esas firmas son el producto de grupos universitarios de IyD y han sido exitosas en atraer financiamiento de capitalistas de riesgo (*venture capitalists*) y de corporaciones multinacionales. Se estima que el financiamiento de capital en EE.UU. y Canadá a mediados de los 80 fue de aproximadamente US \$5.4 mil millones y de US \$378 millones, respectivamente. El financiamiento público y privado ha sido la principal fuente de capital; representa alrededor de 80% en EE.UU. y 65% en Canadá. La investigación por contrato representa 15% en EE.UU. y 25% en Canadá, mientras que las donaciones representan 6% en EE.UU. y 10% en Canadá. La principal fuente de fondos para las nuevas empresas en biotecnología ha sido la investigación por contrato y el financiamiento de capital; el monto proveniente de la venta de productos es escaso.

Gran Bretaña y Suecia son los países europeos que cuentan con un número significativo de nuevas empresas, mientras que los Países Bajos sólo tienen unas pocas (Yuan 1987). En Japón, país en el cual prácticamente toda la iniciativa privada en el campo de la biotecnología se concentra en las grandes corporaciones, prácticamente no existen nuevas empresas.

*Las empresas de capital de riesgo han invertido en empresas de biotecnología de punta, particularmente en Estados Unidos*

Las empresas de capital de riesgo han financiado activamente las nuevas empresas de biotecnología en los últimos años. Estados Unidos es la mayor fuente y mercado para el capital de riesgo. Sin embargo,

países europeos como Gran Bretaña, Países Bajos, Francia y Alemania tienen invertidas cantidades considerables de capital de riesgo.

Sólo la mitad de éste se invierte en pequeñas firmas intensivas en tecnología, recién creadas. Aproximadamente 10% se invierte en firmas extranjeras, localizadas principalmente en Estados Unidos (Yuan 1987).

Los capitalistas de riesgo se han alejado de las inversiones; favorecen iniciativas menos riesgosas, con períodos de recuperación de capital más cortos. El 77% indicó que estaban, por lo menos, moderadamente satisfechos con las inversiones en biotecnología. El 92% de las firmas de capital de riesgo que han invertido previamente en biotecnología indicó que harían lo mismo nuevamente si se presentaba la oportunidad correcta. El 55% indicó que continuarían financiando emprendimientos en etapas tempranas (Coopers y Lybrand 1990).

*Compañías multinacionales de agricultura, agroquímica y procesamiento de alimentos desempeñarán un importante papel como usuarios y oferentes de biotecnología agropecuaria*

Grandes y reconocidas compañías procesadoras de químicos, fármacos y alimentos han invertido en biotecnología. Aproximadamente 30 de las principales corporaciones de EE.UU. tienen programas propios de desarrollo biotecnológico, un tercio de ellos vinculados a la agricultura. Entre ellas se cuentan: Allied Chemical Corp., American Cyanamid, Dow Chemical, Eli Lilly, General Foods, W.R. Grace & Co., Miller Brewing Co. y Monsanto.

Esas multinacionales, así como también reconocidas empresas de tamaño mediano, han invertido en pequeñas compañías de biotecnología de punta y han financiado IyD realizada por ellas y por investigadores de universidades. Se han utilizado arreglos en los que las firmas más grandes financian IyD por parte de empresas menores a cambio de derechos de licenciamiento, como alternativa a inversiones directas; permiten así a las firmas más pequeñas mantener alguna independencia.

Arreglos similares se han hecho con las universidades y, en menor grado, con laboratorios gubernamentales. Esto ha creado considerable controversia entre y dentro de estos laboratorios, debido a la pérdida de independencia percibida en la selección de temas a investigar, y al hecho



de que la privatización de los resultados de la investigación no los hace disponible en forma universal.

Las firmas multinacionales desarrollan o financian la mayor parte de la IyD aplicada que se realiza en los países de la OECD. Más importante aún: sus recursos financieros y su estabilidad las convierten en las que tienen más posibilidades de triunfar en la comercialización de biotecnología agropecuaria; además, tienen la capacidad de comercialización necesaria para obtener retornos adecuados a la inversión. Países tales como Estados Unidos, Gran Bretaña, Suecia, Francia y los Países Bajos tienen una base de multinacionales con intereses importantes en la biotecnología. Naciones industrializadas como Canadá, que no tienen compañías multinacionales y cuya industria biotecnológica se compone de pequeñas compañías orientadas a la IyD, pueden tener serias dificultades para competir en una economía global crecientemente dominada por multinacionales.

Existen considerables variaciones entre los países de la OECD con respecto al número, tamaño y propiedad de las compañías multinacionales establecidas cuyas operaciones son relevantes a la biotecnología. Países tales como EE.UU., Gran Bretaña, Suecia y Suiza cuentan con multinacionales grandes y medianas que están en posición de capitalizar la biotecnología. En Francia, el Gobierno tiene la propiedad mayoritaria en prácticamente todas las compañías farmacéuticas y químicas más poderosas, por ejemplo Sanofi, Rhone-Poulanc, Elf-Aquitaine (Yuan 1987). Las multinacionales alemanas han sido bastante conservadoras con respecto a su entrada al campo de la biotecnología, pero también han comenzado a hacerlo recientemente. Los estrechos vínculos que prevalecen entre las pequeñas compañías de punta en biotecnología y las grandes multinacionales en Estados Unidos no están tan desarrollados en Europa (Yuan 1987).

*Algunas compañías en los países de la OECD han creado alianzas estratégicas, emprendimientos comunes y otros mecanismos para lograr posiciones en la explotación de los desarrollos en biotecnología*

La interacción entre países de la OECD en biotecnología, particularmente entre Japón y EE.UU., se caracteriza tanto por una competencia intensa como por alianzas estratégicas. Las alianzas con empresas de EE.UU. son útiles a las empresas japonesas, ya que les

permiten acceder a los resultados de la IyD y al conocimiento de EE.UU. Las empresas japonesas también buscan pequeñas e innovadoras firmas de tecnología de punta en otros países fuera de EE.UU. Una empresa ha licenciado, con una empresa canadiense, tecnología para productos microbianos utilizados en la manufactura de productos lácteos especiales (ISTC 1989). Empresas europeas también están haciendo alianzas con empresas de EE.UU., aunque eso sucede fundamentalmente en el área de salud humana.

### **Políticas y prioridades relevantes para la agricultura**

Se revisarán aquí someramente las políticas y prioridades prevalecientes de los gobiernos de la OECD, que tienen influencia significativa sobre los programas de biotecnología. Cubren las áreas de agricultura, medio ambiente, descentralización, aspectos fiscales, reconversión industrial y tecnologías estratégicas.

*Las políticas agropecuarias relacionadas con subsidios, precios y comercio pueden tener una gran influencia sobre la aplicación de la biotecnología a la agricultura*

Las naciones industrializadas están preocupadas por mantener la viabilidad de sus sectores agropecuarios. Aunque una pequeña proporción de la población de los países industrializados trabaja en la agricultura primaria, un número mayor de personas trabaja en el procesamiento y distribución de alimentos. La pérdida de la producción agropecuaria nacional necesitaría una reestructuración industrial considerable. Además de las razones económicas, hay razones políticas y filosóficas para mantener la viabilidad de la agricultura interna; no se espera que esas razones cambien en el futuro inmediato.

Los programas de IyD en los países desarrollados se orientan a ayudar a los agricultores a mejorar su productividad. Los objetivos de esos programas son ayudar a los productores a mantenerse en el negocio y, al mismo tiempo, incrementar la oferta mundial de alimentos. Se ha argumentado que, si bien éstos son objetivos encomiables, el uso de cantidades cada vez mayores de fondos en IyD, orientados a maximizar la producción de alimentos en países con altos costos de producción, supone un uso ineficiente de los recursos globales (Gavora y Lister s/f). Los países de la OECD han utilizado los subsidios y el crédito concesionario por medio de agencias gubernamentales para

promover la exportación de bienes agropecuarios (CIDA 1987). Los incentivos dados por los gobiernos de los países industrializados en apoyo de la agricultura interna favorecen la producción de alto costo en los países industrializados más que en los países en vías de desarrollo, con producción de bajo costo (Ibid.). Estas prácticas distorsionan el balance del comercio de bienes y servicios agropecuarios que se normalizaría si estuviera basado exclusivamente en factores económicos.

Las políticas que se vinculan con precios e importaciones de productos agropecuarios tienen implicaciones para la biotecnología. Por ejemplo, los altos precios artificiales del azúcar en EE.UU., diseñados para proteger a los productores internos, llevaron a la producción comercial de fructosa a partir del almidón de maíz (ISTC 1989). Los subsidios agropecuarios también pueden inhibir la innovación mediante la reducción de los retornos a la inversión por debajo de lo que se obtendría si se pudieran obtener los precios reales de mercado.

*El creciente conocimiento científico y la opinión pública han llevado a los gobiernos de los países industrializados a desarrollar iniciativas reguladoras y de apoyo científico e industrial*

Las políticas gubernamentales para el desarrollo sustentable incluyen la agricultura sustentable como componente clave. Los objetivos agropecuarios establecidos en el Plan Verde de Canadá son representativas de los que tienen, en general, los países de la OECD:

- Conservar y mejorar los recursos naturales que utiliza la agricultura, tales como suelos, agua y diversidad genética.
- Compatibilidad de la agricultura con otros recursos naturales, por ejemplo, cómo minimizar la contaminación de los residuos agropecuarios, pesticidas, etc.
- Tomar la iniciativa en la protección del sector agroalimentario de los impactos ambientales causados por otros sectores y factores externos a la agricultura, como la contaminación industrial.

Debido a que los agroquímicos son considerados la causa de muchos impactos negativos, los gobiernos son presionados para restringir su uso. No es sorprendente la cantidad de pruebas demandadas para que un nuevo producto agroquímico obtenga la aprobación para su

distribución. Los costos asociados a ello se han incrementado sustancialmente en los países de la OECD en años recientes.

*Presiones recientes para reducir los gastos del sector público en algunos países de la OECD tienen significativa influencia en los programas de desarrollo industrial y tecnológico*

Además de afectar el nivel general de financiamiento disponible, esas presiones influyen en la manera en que los laboratorios del Gobierno llevan a cabo sus operaciones. En Canadá y Gran Bretaña, se están orientando cada vez más a obtener, por lo menos, una recuperación parcial de costos mediante una variedad de mecanismos para trabajar con la industria. Esas directivas también apuntan a que la I+D de los laboratorios gubernamentales sea más orientada por el mercado. No hay acuerdo entre los grupos involucrados en cuanto a si este énfasis en el mercado será beneficioso. Se hacen esfuerzos, particularmente en Gran Bretaña, para privatizar los institutos de investigación oficiales.

*Los gobiernos de los países de la OECD han emprendido, o están considerando hacerlo, importantes programas para revitalizar la industria por medio del apoyo a tecnologías estratégicas*

Los gobiernos de los países de la OECD han reconocido a la biotecnología como una de las pocas tecnologías de importancia estratégica; incluyen también la microelectrónica, la tecnología de información y los materiales avanzados. Varios países de la OECD han definido estrategias biotecnológicas y programas en biotecnología. Los objetivos de esos programas incluyen: apoyo financiero, promoción de cambios en la estructura del sistema de I+D, y logro de un consenso político en apoyo a la biotecnología (Yuan 1987).

Los programas incluyen generalmente consultas entre gobiernos y grupos del sector privado, con el fin de construir el consenso. Los programas de Francia, Alemania y Canadá incluyen a todas las agencias y departamentos relevantes. Japón y Gran Bretaña cuentan con programas coordinados por ministerios individuales y agencias (Yuan 1987). El papel de esos programas en la I+D, en la transferencia de tecnología y en la comercialización será discutido en los párrafos que siguen.

*En algunos países de la OECD hay considerable presión política para descentralizar programas e instituciones*

Esa tendencia es evidente en algunos países europeos, en particular Bélgica (Yuan 1987). Los programas científicos y tecnológicos en Suiza ya están altamente descentralizados; los gastos del gobierno federal representan solamente un tercio del total. Los actuales acontecimientos constitucionales de Canadá probablemente aceleren la descentralización de los servicios del Gobierno a las provincias, lo que ha avanzado durante muchos años. Las implicaciones de la descentralización para la biotecnología no están claras. Posiblemente limite la efectividad de los programas nacionales en las tecnologías estratégicas, al convertirlos en poco más que un conjunto de programas independientes. Por otro lado, la toma de decisiones y el control descentralizado pueden permitir una colaboración más estrecha entre los esfuerzos públicos y privados.

**Programas de Investigación y Desarrollo**

En los países de la OECD hay varios generadores de conocimiento de importancia, en cuanto al desarrollo y uso de la agrobiotecnología, tales como departamentos agrícolas federales y provinciales, facultades de agronomía, colegios agropecuarios comunales, corporaciones agropecuarias oficiales, juntas de comercialización, cooperativas, organizaciones no gubernamentales (ONG), firmas consultoras y manufactureras (CIDA 1987). En los párrafos que siguen se describen algunos de los aspectos principales del apoyo del sector público a la IyD en agrobiotecnología.

*El papel de los gobiernos en el financiamiento y ejecución de investigación básica y aplicada varía entre países de la OECD*

En todos los países de la OECD, la investigación básica es fundamentalmente responsabilidad del gobierno nacional. Se lleva a cabo principalmente en universidades y, en menor grado, en institutos nacionales de investigación (Yuan 1987). Existen diversos enfoques de financiamiento y ejecución de IyD aplicada en los países de la OECD. En EE.UU., el financiamiento es circunscrito fundamentalmente a la defensa. Japón, una excepción, tiene una larga tradición de intervención estatal en la economía; se definen los objetivos de largo plazo y se manejan programas para alcanzarlos.

En Canadá hay un énfasis creciente en IyD más aplicada, orientada al mercado. Los Laboratorios del Departamento de Agricultura se incorporan a proyectos cooperativos de IyD con grupos académicos o con compañías, las cuales reciben los derechos de uso exclusivo de la tecnología desarrollada.

Por otro lado, el Departamento de Agricultura de EE.UU. se ha orientado a realizar investigación básica; se deja al sector privado la IyD aplicada. Aunque las tendencias en Estados Unidos y Canadá reflejan filosofías diferentes en relación al papel de los laboratorios del sector público, el resultado final es el mismo: disminuye la disponibilidad pública de resultados de la IyD.

*En algunos de los países de la OECD los institutos nacionales de investigación desempeñan un papel importante en la investigación biotecnológica*

Los países que cuentan con Institutos nacionales de investigación son entre otros Canadá, EE.UU., Gran Bretaña, Francia, Suecia, Noruega y España. Suiza, Países Bajos, Dinamarca, Italia y Finlandia no tienen institutos nacionales de investigación que desarrollen biotecnología en forma significativa (Yuan 1987).

En algunos países los institutos nacionales de investigación han sido organizados en redes, como el CNRS en Francia, el MRC en Gran Bretaña y la Sociedad Max Planck en Alemania. En EE.UU., los Institutos Nacionales de Salud (NIH) y ciertos programas biológicos de laboratorios nacionales operan de manera similar (Yuan 1987).

La investigación en los principales laboratorios de los países de la OECD ha evolucionado no como componente de una estrategia nacional de biotecnología, sino por medio de una serie de combinaciones de "ocurrencias": las iniciativas de investigadores individuales, revisiones por parte de pares, y el desarrollo histórico del laboratorio (Yuan 1987).

*Se da mayor énfasis a programas de investigación financiados en forma conjunta por el gobierno y la industria*

Esos programas, que cada vez son más utilizados en Europa, Canadá y Japón, incluyen la participación tanto del gobierno como de laboratorios universitarios. Los programas conjuntos del Departamento

de Agricultura de Canadá han incluido empresas de semillas y agroquímicas, tanto canadienses como multinacionales. El Consejo Nacional de Investigación en Ciencias e Ingeniería (NSERC) ha desarrollado distintos mecanismos de financiamiento de proyectos de investigación, en los cuales una o más compañías aportan una proporción de los costos de programas de IyD en universidades.

Compañías canadienses tales como Semex Canada, Allelix Inc. y Shaver Poultry Breeding Farms han contribuido con sumas que van desde \$ 100 mil hasta \$ 400 mil en acuerdos de financiamiento quinquenales. La contribución del NSERC ha oscilado en sumas equivalentes entre una y cuatro veces al aporte de la industria (*National Biotechnology Advisory Committee 1987-88*).

*El aporte gubernamental a la IyD en biotecnología varía considerablemente entre los países de la OECD*

Como puede comprobarse con los datos presentados en el Cuadro 1, el financiamiento público de la biotecnología en EE.UU., que fue cerca de US \$3 mil millones anuales a finales de los 80, es el más sustancial entre los países de la OECD. Otros miembros, tales como Japón, Francia, Alemania Occidental y el Reino Unido, gastaron varios cientos de millones anuales cada uno de ellos.

*Los gobiernos en los países de la OECD financian investigación en agrobiotecnología*

EE.UU. y Japón son los principales actores en el campo de la agrobiotecnología. EE.UU. tiene el liderazgo en la investigación básica, mientras que la vasta experiencia de Japón en materia de fermentación industrial será una importante ventaja en la fase de comercialización. En Europa los líderes son Gran Bretaña, Dinamarca, Francia y Alemania Occidental (ISTC 1989). En Gran Bretaña, los programas del Gobierno han dado prioridad a la biotecnología, particularmente en nuevas técnicas de cruzamiento de plantas e ingeniería enzimática, con énfasis creciente en investigación de alimentos (ISTC 1989). Los programas nacionales de IyD, alineados con las estrategias tecnológicas nacionales, buscan fortalecer áreas en donde existen deficiencias. Aunque cada país tiene ventajas y deficiencias específicas, se han identificado áreas que demandan fortalecimiento en la mayoría de los países europeos.

---

**CUADRO 1**  
**FINANCIAMIENTO DE LA BIOTECNOLOGIA (1985-1986)**

---

País	(millones US\$)
Estados Unidos	2 835
Japón	412
Francia	335
Alemania Occidental	327
Gran Bretaña	267
Suecia	150
Dinamarca	134
Suiza	120
Canadá	79
Italia	69
Bélgica	49

---

*Varias iniciativas conjuntas son ejecutadas por países europeos*

Se han diseñado programas internacionales, de tal manera que se maximice la efectividad de los recursos de IyD existentes y se acceda a mayores capacidades y a resultados concretos.

El programa Eureka, que involucra la participación conjunta en IyD de las naciones europeas, en tecnologías estratégicas, incluye un componente en biotecnología (*External Affairs and International Trade Canada 1990*). Está constituido básicamente por proyectos de largo plazo y de alto riesgo. La organización de Eureka se basa en coordinadores nacionales en cada uno de los países miembros y en la CEE, y una



secretaría con autoridad central que permite organizar conferencias ministeriales y reuniones de grupos de alto nivel.

La Comisión de la Comunidad Económica Europea ha establecido un programa en biotecnología para promover la IyD en países miembros como parte de una estrategia quinquenal de movilización biotecnológica. El programa enfatiza investigación no competitiva orientada a mejorar la competencia industrial de largo plazo.

La Red de Laboratorios Europeos, que incluye los laboratorios de 21 Estados miembros, procura promover la cooperación entre pequeños grupos europeos de investigación que deseen participar en los programas de la CEE (*External Affairs and International Trade Canada* 1990).

Otros medios efectivos de ampliar el acceso nacional a los resultados de la investigación básica son los intercambios internacionales de personal, las becas de postdoctorado, los intercambios de profesores universitarios y las becas para estudiar en el exterior. Un estudio reciente de intercambio de personal entre países europeos ha indicado que EE.UU. actúa fundamentalmente como país huésped y no envía en general su personal científico al exterior (Yuan 1987). Se han reportado hallazgos similares con respecto a intercambios con personal japonés.

#### *Programas de transferencia de tecnología y comercialización*

La mejora de la tasa de transferencia tecnológica y de la comercialización es una prioridad en los países de la OECD, en los cuales existe la visión generalizada de que las industrias intensivas en IyD y de rápido crecimiento necesitan inversiones gubernamentales para compartir el riesgo de la inversión. La lógica es que parte de los beneficios de la inversión vuelven a la sociedad. El papel del Gobierno en la asistencia a la creación de negocios competitivos a nivel mundial se considera particularmente crítico en países con pocas industrias propias fuertes, como es el caso de Canadá.

Canadá, Japón y prácticamente la mayoría de los países europeos, en especial Gran Bretaña, han recurrido a institutos de transferencia de tecnología operados o financiados por los gobiernos. Sin embargo, Estados Unidos no han recurrido a ellos; algunos países europeos tales como Italia, Noruega, España y Suiza han sido muy lentos en utilizarlos (Yuan 1987).

Los mecanismos utilizados para acelerar la transferencia y comercialización de la tecnología utilizados en países europeos incluyen: institutos de transferencia de tecnología; financiamiento de I+D en universidades, institutos de investigación y el sector privado; exoneraciones de impuestos para I+D industrial e innovación; préstamos y donaciones para nuevos productos y procesos y capital de riesgo para nuevas compañías (Yuan 1987).

Los fondos para compartir riesgos en Suecia, Francia y Japón están basados en préstamos condicionales que son reembolsables sólo si el proyecto tiene éxito. El propósito es llenar la brecha que existe entre el apoyo a la I+D y el financiamiento de capital para productos totalmente comerciales. Normalmente esos fondos cubren 50% del riesgo del nuevo producto; asimismo, se realiza un cuidadoso análisis de los receptores de los mismos.

Algunos países, incluidos Francia, Alemania y Canadá, tienen programas para diseminar información sobre biotecnología (Yuan 1987). También hay programas internacionales. La CEE y la Biblioteca Británica (*British Library*) han establecido el Programa Europeo de Información Biotecnológica (Yuan 1987).

Los países de la OECD utilizan distintos tipos de mecanismos, formales e informales, para transferir tecnología de las universidades a la industria. Muchas universidades tienen oficinas de transferencia tecnológica que pueden recibir financiamiento de programas gubernamentales. En Japón existe tradición de cooperación universidad-industria en biotecnología. Muchos de los principales investigadores industriales en biotecnología son graduados de facultades de agronomía de las universidades de Tokio y de Kyoto. Algunos profesores de esas universidades son miembros de las juntas directivas de compañías industriales; otros son directores de laboratorios industriales (USDC 1988).

EE.UU. dan menor importancia a los institutos de transferencia de tecnología que al financiamiento y a los incentivos. Cerca de la mitad de los gobiernos estatales han apoyado corporaciones de capital de riesgo que dan financiamiento y asesoría gerencial a compañías de tecnologías de punta. Los gobiernos dan el apoyo financiero por medio de diversos mecanismos, incluidos venta de bonos e incentivos fiscales a los inversores; se permite la inversión a los fondos de pensiones.

## **Desarrollo y reestructuración industrial. Programas e incentivos**

Además de los programas de apoyo a la I+D y la comercialización de biotecnología, los programas de apoyo a la creación de nuevas empresas o la expansión de las existentes pueden desempeñar un importante papel en la comercialización de la biotecnología. Esos programas, que han evolucionado a lo largo de muchos años, son críticos para los esfuerzos de reestructurar las economías de los países industrializados. La necesidad de reestructuración ha surgido de la disminución de las ganancias y del empleo en las industrias maduras. Esto ha sido causado por una serie de factores, incluidos cambios tecnológicos, rápida industrialización en países con salarios bajos, facilidad de transferencia tecnológica y cambios en los patrones del comercio global. Los programas de desarrollo industrial también atienden la necesidad de desarrollar las regiones poco industrializadas.

Mientras que los programas de I+D y de comercialización de la tecnología se realizan fundamentalmente a nivel del gobierno nacional en los países de la OECD, el papel relativo de los gobiernos nacionales, regionales y locales en programas de asistencia industrial es algo más variable. EE.UU. sobresale por tener un gobierno federal que no da incentivos significativos en comparación con los niveles de gobierno más locales (*Business International Corporation* 1989).

Los incentivos se orientan a los siguientes tipos de industrias: sectores industriales específicos (incentivos sectoriales), regiones económicamente deprimidas (incentivos regionales) y compañías que contribuyen a la balanza comercial (incentivos de exportación). Las iniciativas sectoriales incluyen las orientadas a las industrias intensivas en I+D, a industrias de alto crecimiento, y a aquellas que agregan valor a los recursos naturales disponibles localmente. Generalmente se favorecen los sectores manufactureros. Los incentivos apoyan a los siguientes tipos de actividades: emplazamiento de nuevas plantas o mejoramiento y modernización de las existentes, con empleo de personal local e incremento de I+D. Los incentivos regionales están dirigidos a regiones que tienen alto desempleo crónico, que han sufrido consecuencias negativas de la reestructuración industrial o son áreas fronterizas.

Los acuerdos internacionales limitan algunos de los incentivos. En la Comunidad Económica Europea, los países miembros están limitados en la aplicación de incentivos regionales. El acuerdo de libre comercio

Canadá-EE.UU. establece algunos límites a ciertos tipos de incentivos industriales que han sido utilizados anteriormente (*Business International Corporation* 1989).

*Existen algunas similitudes entre los incentivos en los países en desarrollo y los industrializados*

Los incentivos en ambos tipos de países están dirigidos a sectores económicos similares y dan apoyo a actividades industriales equivalentes. Los tipos de incentivos utilizados en ambos grupos de países incluyen donaciones, préstamos garantizados y/o subsidiados, tasas impositivas menores, depreciación acelerada y otras exoneraciones fiscales, venta de tierras a precios reducidos, servicios de infraestructura (conexiones de ferrocarril, electricidad, parques industriales, etc.), exoneraciones de pago de tasas de importación, reducción o eliminación de impuestos a la venta y al valor agregado, contactos con inversores, abastecedores y otras organizaciones relevantes, y subsidios a la capacitación.

El principio de dar incentivos monetarios bajo la forma de fondos equivalentes (*matching funds*) a los gastos de la industria, es utilizado tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados (*Business International Corporation* 1989). Ambos grupos de países ponen los incentivos a disposición de compañías tanto nacionales como extranjeras, pero tienden a dar preferencia a las primeras. En algunos países, por ejemplo en Francia, los incentivos pueden ser negociados caso por caso, entre las instancias de gobierno participantes y la compañía que los solicita (*Ibid.*).

Tanto los países en desarrollo como los industrializados revisan constantemente sus programas de incentivos. Mucho de los programas son de duración limitada, de tal manera que se realiza una evaluación antes de que se decida continuarlos. Mientras que los niveles de incentivos fluctúan, de acuerdo con las prioridades gubernamentales, no parece existir una tendencia generalizada entre los países de la OECD (*Ibid.*).

### **Regulaciones sobre la propiedad intelectual**

Se ha presentado una extensa discusión sobre regulaciones de la propiedad intelectual (PI) en los países de la OECD referentes a la biotecnología y la agricultura. Aquí se analizarán los temas centrales

referidos a las reglamentaciones de la PI que son relevantes a la agrobiotecnología.

Hay un creciente reconocimiento de la importancia de la PI a medida que países de la OECD se reestructuran hacia industrias basadas en conocimiento y se globalizan la IyD industrial y la producción. Estados Unidos, en particular, ha presionado para reforzar los estándares de PI por medio del GATT, la OMPI y discusiones bilaterales. Otros países de la OECD han apoyado en forma general los esfuerzos liderados por EE.UU.

Existe una sustancial y creciente uniformidad de mecanismos de protección de propiedad intelectual en países de la OECD; incluyen aspectos administrativos, tales como reglamentaciones de aplicación y diseminación, períodos de protección y extensión de la cobertura.

La emergencia de la biotecnología presenta problemas especiales de definición legal y de aplicación de los derechos de propiedad. Los roles de las patentes y los derechos de obtentores de variedades vegetales en la protección de la innovación en biotecnología vegetal han generado alguna controversia. Debe prestarse atención a los métodos convencionales, que continuarán desempeñando un papel significativo y serán realizados por la biotecnología. Al mismo tiempo, tendrán que dar cabida a nuevas áreas de conocimiento. Los gobiernos nacionales y los organismos internacionales trabajan en la armonización de ambos sistemas.

### **Regulaciones biotecnológicas**

Los productos de la biotecnología pueden plantear, en principio, serios peligros tanto al medio ambiente como a la salud humana. Los gobiernos de los países de la OECD han reconocido esto y tratan de desarrollar políticas regulatorias que protejan tanto al público como al medio ambiente, al tiempo que evitan plantear obstáculos innecesarios a la comercialización.

Mientras que las reglamentaciones a la biotecnología son necesarias para salvaguardar el interés público, tienen la característica de impedir el progreso en esa área debido a las siguientes razones: a) incrementan los costos, el tiempo empleado y los riesgos de la comercialización; b) funcionan como barreras no arancelarias innecesarias o injustas.

Dinamarca, en particular, ha establecido regulaciones biotecnológicas extremadamente rígidas y Alemania ha propuesto otras similares. Los críticos argumentan que estas regulaciones son innecesariamente estrictas y van a detener la innovación industrial (Yuan 1987).

A efectos de desarrollar regulaciones que den protección adecuada sin restricciones innecesarias a la investigación y comercialización de la biotecnología, se da considerable énfasis a la necesidad de realizar evaluaciones científicas del riesgo. Los programas de investigación biotecnológica tendrán que proporcionar la base de conocimiento para realizar evaluaciones científicas de riesgo (Yuan 1987).

El nivel de complejidad administrativa es otro factor que se está considerando. En Canadá hay más de 30 leyes manejadas por 11 departamentos gubernamentales que pueden afectar la comercialización de lyD en relación con la biotecnología.

En la mayoría de los países de la OECD se ha establecido una infraestructura de comités para tratar los temas regulatorios y su interacción con otras áreas de política pública relacionadas con la biotecnología (OECD 1988). Los objetivos principales de estos esfuerzos son: a) asegurar que las prioridades de todos los departamentos del gobierno y del sector privado sean tomados en consideración en forma adecuada; b) ajustar los procedimientos, con el fin de conformarlos a las reglamentaciones; c) diseminar la información entre las compañías de biotecnología.

Los países de la OECD trabajan en pos de la armonización internacional de las reglamentaciones vinculadas a la biotecnología (*National Biotechnology Advisory Committee* 1987-88). El Comité de Política Científica y Tecnológica de la OECD solicitó a un grupo de expertos de los países miembros desarrollar una serie de lineamientos para las aplicaciones agrícolas y ambientales de organismos derivados de técnicas de ADN recombinante (OECD 1988). Países con legislación biotecnológica o con lineamientos sobre el tema, han encontrado útiles los lineamientos de la OECD. Países sin esa clase de regulaciones, o con regulaciones genéricas, han cuestionado la necesidad de tener lineamientos específicos, pero han establecido comités para estudiarlos (OECD 1988).

En algunos países miembros se preparan lineamientos para usos en condiciones de contención de gran escala y para liberaciones en el medio ambiente. Los últimos están rezagados respecto de los primeros (OECD 1988). Los nuevos temas que se tratan incluyen la liberación accidental de organismos modificados y la eliminación de desechos.

En Canadá, la Junta Nacional Asesora en Biotecnología ha identificado las siguientes características de una política regulatoria exitosa (*National Biotechnology Advisory Committee* 1987-88):

- Genera confianza en el público.
- Tiene una lógica económica.
- Permite la planificación industrial para la correspondiente comercialización.
- Tiene compatibilidad internacional.
- Es flexible para incluir los nuevos desarrollos.
- Clarifica las responsabilidades jurisdiccionales y evita la duplicación.
- Se basa en principios de evaluación de riesgo.
- Define responsabilidades para el manejo del riesgo.
- Se basa en un asesoramiento científico independiente.

### **Experiencias referidas a la efectividad de los programas**

*La IyD realizada en laboratorios gubernamentales en general no ha sido efectiva en la generación de tecnología comercializable*

Los laboratorios gubernamentales en varios países de la OECD no han sido particularmente efectivos en esta área (Yuan 1987). Empresas multinacionales han indicado que su prioridad es adquirir tecnología de empresas de punta extranjeras y realizar IyD dentro de la compañía. Lo mismo se ha detectado en Canadá. Como resultado de la relativamente poca transferencia de tecnología de los laboratorios

gubernamentales hacia la industria, se ha incrementado la investigación financiada por el gobierno a la industria.

Debe señalarse que el desarrollo de tecnología comercializable y la provisión de apoyo técnico a la industria no constituyen los únicos objetivos de los laboratorios del gobierno. También están involucrados en proporcionar conocimiento científico para definir reglamentaciones y políticas gubernamentales.

*Los gobiernos pueden desempeñar un importante liderazgo como catalizadores y facilitadores*

Las políticas industriales apuntan a mejorar el desempeño de firmas que puedan competir en los mercados globales. También tienen que tomar en cuenta una amplia gama de objetivos económicos y sociales, incluidos la redistribución de la riqueza y el desarrollo regional. Las prioridades para la ciencia y la tecnología deben ser establecidas por medio del consenso del gobierno, la industria, los trabajadores y otros grupos de interés. Países tales como Japón, Alemania Occidental y Suecia cuentan con marcos institucionales muy intrincados para la definición de prioridades; se los utiliza para obtener consenso y para concentrar recursos en áreas estratégicas competitivas.

Los asesores de políticas en la mayoría de los países de la OECD creen que el papel del gobierno es crear la infraestructura científica y tecnológica necesaria para apoyar a la industria, en lugar de crear o administrar las empresas mismas.

*La industria debería desempeñar el importante papel de identificar oportunidades comerciales*

Estudios comparativos recientes de programas gubernamentales en los países industrializados han permitido concluir que los gobiernos deben evitar tratar de identificar las oportunidades de mercado o seleccionar los productos o tipos de productos específicos como "ganadores tecnológicos", salvo en los casos en que sea el comprador natural del producto.

Así, los esfuerzos del Gobierno francés en la industria aeroespacial y de computadoras, áreas en las cuales el Gobierno es el comprador principal, han sido muy exitosos. Exitos similares no han sido



alcanzados en biotecnología, en donde el mercado está compuesto por un gran número de firmas compradoras no gubernamentales. La exitosa experiencia del Japón en programas de ciencia y tecnología se basó en prioridades industriales. Esa es la razón por la cual en Japón las principales facilidades de investigación se localizan cerca de las principales industrias.

*Las políticas deben alentar la participación de las industrias en IyD y en inversión industrial*

Una de las mayores debilidades identificadas en Canadá es el alto porcentaje del gasto en IyD realizado en laboratorios gubernamentales en relación al realizado en el sector privado. En los últimos años, el propósito de la mayor parte de la política gubernamental ha buscado incrementar la cantidad relativa de IyD realizada por la industria. Esta cantidad ha ido aumentando lentamente.

La provisión de incentivos equivalentes a lo aportado por las compañías (*matching funds*) se considera una forma efectiva de incrementar la inversión del sector privado en IyD. Por otro lado, al haber dado apoyo mediante contratos de IyD, ha llevado algunas veces a la creación de firmas cuya única línea de acción es dar servicios de IyD al Gobierno. Eso es adecuado si el propósito de la IyD es ayudar al Gobierno a cumplir con su misión, pero no lo es si el financiamiento de la IyD pretende ayudar a las compañías a desarrollar nuevos productos para otros mercados.

*Las políticas mal focalizadas no han sido exitosas*

Algunas de las razones por las cuales las políticas a veces no están correctamente focalizadas son:

- Falta de distinción entre productos comercializables y no comercializables.
- No centrarse en crear compañías fuertes capaces de competir internacionalmente, en lugar de apoyar industrias protegidas.
- Confundir desarrollo industrial con desarrollo regional y social.

Los siguientes mecanismos tienen un buen historial en los países de la OECD:

- Incentivos fiscales y donaciones equivalentes (*matching funds*) para investigación y desarrollo.
- Fondos de riesgos compartidos en el desarrollo de nuevos productos y para la expansión de mercados.
- Compras de prototipos para productos de alta tecnología.
- Estrategia de compras en lo referente a adquisiciones del Gobierno.
- Consorcios formados por las universidades, la industria y el gobierno para incrementar la investigación aplicada.

*Aunque la investigación universitaria en los países de la OECD ha sido generalmente de alta calidad, se han identificado varios problemas institucionales*

La investigación universitaria en Europa, que se organiza en forma diferente que en EE.UU., ha sido criticada por dar pocas oportunidades para la investigación independiente entre los investigadores jóvenes (Yuan 1987). Los investigadores generalmente no pueden asumir la responsabilidad de administrar su propia investigación hasta que llegan a los 40 años de edad, mientras que en EE.UU. ello sucede a los 30 años (Yuan 1987). También promueve una determinada actitud hacia la I+D industrial.

Las universidades en los países de la OECD tienen dificultades para reorganizar sus programas conducentes a acomodar el rápido crecimiento del conocimiento en las ciencias biológicas. La falta de puestos docentes es una limitante para atraer investigadores de alto calibre hacia nuevos campos, tales como los relacionados con la biotecnología. Debido a que el financiamiento de la infraestructura universitaria está separado del financiamiento de la investigación, ésta ha crecido, mientras que el financiamiento de la infraestructura ha disminuido. Se cree que esto va a limitar la efectividad de presupuestos de I+D incrementados en áreas prioritarias como la biotecnología (Yuan 1987).

En Estados Unidos y Canadá se han identificado serios problemas con respecto a la asignación de financiamiento de la investigación. Muchos grupos de investigación indicaron que sus equipos se estaban volviendo obsoletos y señalaron la necesidad de revitalizar la infraestructura de investigación. Hubo también muchas discusiones sobre si financian muchos grupos de investigación con un nivel de financiamiento promedio muy bajo.

## **OPORTUNIDADES, AMENAZAS Y DESAFIOS POTENCIALES ASOCIADOS CON EL DESARROLLO DE AGROBIOTECNOLOGIAS EN LOS PAISES DE ALC**

Se describen aquí las oportunidades y amenazas potenciales para los países de ALC que pueden surgir de la aplicación de la biotecnología en agricultura, así como también los desafíos que se van a enfrentar en el manejo de la biotecnología agropecuaria. La información se basa en una revisión de varios documentos clave, incluidos informes previos del IICA. El material utilizado en esta sección no pretende tratar de manera exhaustiva los temas presentados sino, más bien, dar un vistazo que pueda servir de base a las discusiones sobre opciones de política contenidas en la sección siguiente.

### **Oportunidades potenciales**

*La biotecnología puede constituir una contribución significativa a la agricultura de los países de ALC*

La biotecnología ofrece numerosas oportunidades para los países de ALC, incluidos los siguientes elementos: a) el mejoramiento de la productividad y la calidad agropecuaria; b) la sustitución de insumos importados, tales como agroquímicos; c) la expansión y diversificación de mercados para alimentos y bebidas (ISTC 1989). Algunas oportunidades representativas en estas áreas, que han sido tratadas en otros trabajos (De Janvry *et al* 1987), se discuten brevemente a continuación.

### *Calidad y productividad agropecuaria*

Como se discutió en la sección anterior, la biotecnología puede permitir a los productores mejorar su productividad mediante el mejoramiento de cultivos, animales de granja, herbicidas, pesticidas y fertilizantes. A continuación se presentan ejemplos de problemas en países de ALC que pueden ser enfrentados con biotecnología (CIDA 1987; Gavora y Lister s/f.):

- Incrementar la productividad de cultivos alimenticios básicos (fundamentalmente cereales), así como también de productos energéticos y de alto contenido proteico a partir de cultivos menores (por ejemplo, tubérculos, legumbres y frijoles) y de ganado.
- Producir mayores rendimientos unitarios de alimentos animales que los actualmente obtenidos, en países con regímenes de lluvias adecuados.
- Mejorar la uniformidad de la calidad en los productos agrícolas.
- Eliminar enfermedades crónicas tales como la fiebre aftosa, y pestes tales como la mosca de las frutas.
- Mejorar la producción potencial genética de animales domésticos.
- Superar los efectos adversos del clima tropical en la productividad y eficiencia reproductiva del ganado y en el valor nutritivo de los forrajes que consumen.

La biotecnología no es la única fuente de soluciones para los problemas que se han discutido en este trabajo. El uso de técnicas convencionales de cruzamientos vegetales y animales ha conducido a incrementos de productividad a lo largo de varias décadas. Sin embargo, la tasa de incremento de la productividad a partir de estos métodos ha declinado en los últimos años; ello indica que las tecnologías existentes estaban alcanzando el nivel de los rendimientos decrecientes (Molnar y Kincunan 1989). La biotecnología ofrece nuevos enfoques para incrementar la productividad, lo cual puede significar mayores retornos a la inversión en IyD.

### *Producción nacional de insumos agropecuarios*

Los países de la Región pueden utilizar biotecnología para producir insumos agropecuarios tales como herbicidas y pesticidas biológicos y fertilizantes, y reducir de ese modo la dependencia de las importaciones. Además de los efectos favorables sobre la balanza comercial, sobre la capacidad nacional en IyD y en la producción, ello puede asegurar la disponibilidad de productos modernos apropiados a las condiciones locales.

### *Expansión y diversificación de mercados*

Puede haber oportunidades para producir alimentos orientados a los mercados de exportación y superar barreras no arancelarias a las exportaciones a países industrializados que se basan en la calidad de los productos. Por ejemplo, eso puede suceder en el problema de la fruta de las moscas en el Caribe y el caso de la fiebre aftosa en Sudamérica. También pueden presentarse oportunidades para la producción y exportación de productos no alimenticios, creados a partir de productos agropecuarios, tales como combustibles, químicos especiales y diversos materiales.

### **Amenazas Potenciales**

*El uso de biotecnología agropecuaria en países de ALC puede generar una mayor influencia de las multinacionales sobre la agricultura*

Si las empresas multinacionales son la principal fuente de insumos agropecuarios mejorados por la biotecnología, pueden cargar precios monopólicos por ellos. Los agricultores estarían limitados a utilizar "paquetes biotecnológicos" patentados. Por ejemplo, semillas más agroquímicas; ello incrementaría su dependencia de las multinacionales. El creciente papel que desempeña el sector privado en la IyD agropecuaria en los países de la OECD, seguramente incrementará el costo de los resultados de la IyD y disminuirá su disponibilidad para los países en desarrollo (Gavora y Lister s/f.). Esto puede significar que los científicos del sector público en los países de ALC no tengan acceso a la ciencia y a la tecnología que apoyan a los productos patentados en uso. Bajo esas circunstancias, tendrían menores posibilidades de dar asistencia útil a los agricultores de la Región (Le Baron 1987). Algunos

insumos no estarían disponibles para los productores de ALC a cualquier precio, ya fuera por razones competitivas o por falta de productos adaptados a las condiciones de los países de la Región.

*El desarrollo y la aplicación de biotecnología agropecuaria en países de la OECD podría hacer peligrar los mercados existentes para los países de ALC*

En años recientes, surgieron varias instancias de traslado de la producción agropecuaria desde los países en desarrollo hacia los países industrializados, como resultado de la innovación tecnológica. La introducción del jarabe de maíz con alto contenido en fructosa en EE.UU., producido mediante enzimas inmovilizadas, ha afectado las exportaciones de azúcar de ALC. El actual desarrollo de edulcorantes de bajas calorías que utilizan biotecnología amenaza aún más las exportaciones de azúcar de ALC (Sercovich y Leopold 1991). La producción de manteca de cacao por medio de técnicas de cultivos de tejidos, o la sustitución de manteca de cacao por aceites de palma o soya modificados, puede constituir un serio problema. Multinacionales tales como Nestlé en EE.UU. y Ajinomoto en Japón trabajan en esta área y cuentan con proyectos cooperativos de investigación con universidades (Sercovich y Leopold 1991).

La cuota de mercado de los productores de ALC puede estar amenazada por la biotecnología. En particular, puede surgir un serio problema debido a la tendencia hacia una creciente uniformidad de los mercados, en los cuales los productos disponibles localmente y las tradiciones de los consumidores están subordinados a los patrones de consumo global (IICA 1989).

## **Desafíos**

En este apartado se discutirán algunos de los desafíos administrativos y gerenciales que encaran los países de ALC en la formulación de políticas agrobiotecnológicas y en el desarrollo y ejecución de programas.

*Desarrollo de mecanismos efectivos para la definición de prioridades y programas*

*Es esencial alcanzar un balance entre la planificación centralizada y las fuerzas de mercado*

Si los gobiernos de ALC no asumen el liderazgo en el desarrollo de la biotecnología agropecuaria, se pueden dar las siguientes situaciones:

- Descoordinación de la IyD en biotecnología en los laboratorios oficiales, lo cual puede motivar la duplicación innecesaria de los proyectos de investigación y de esfuerzos en áreas que no son comercialmente factibles en los países de ALC.
- Pueden no desarrollarse suficientemente los mecanismos para la transferencia de tecnología entre los laboratorios del sector público, la industria y los productores.
- Cuando se adopte biotecnología, los beneficios pueden ser distribuidos en forma desigual; de ese modo los niveles de ingresos de los pequeños productores pueden rezagarse aún más, o hacerse inviables los predios pequeños.
- Si la transferencia de tecnología hacia los países de ALC es determinada por las prioridades de multinacionales extranjeras, los resultados serían positivos para la Región sólo por casualidad.
- El potencial de la biotecnología para contribuir a la articulación entre la agricultura y la industria en los países de ALC puede no hacerse efectivo.

Por otro lado, demasiada planificación centralizada por parte de los gobiernos puede conllevar las siguientes consecuencias negativas:

- El ambiente en que se desarrolle la IyD pública puede no ser conducente a la innovación.
- Las actividades industriales en biotecnología pueden estar más influidas por las prioridades de los burócratas gubernamentales que por la demanda del mercado.
- Pueden concretarse todas las consecuencias negativas potenciales asociadas con la baja planificación gubernamental, debido a que los esfuerzos del sector público no generan suficiente actividad industrial orientada por el mercado.

Para evitar las consecuencias que se acaban de mencionar, los mecanismos de planificación necesitarán involucrar a todas las partes interesadas. Como se señaló en un estudio anterior, existe la necesidad de desarrollar articulaciones sistemáticas e institucionalizadas entre los planificadores económicos, los institutos de investigación y los productores (De Janvry *et al* 1987).

*Se necesitan procedimientos efectivos para diseñar la IyD, la transferencia de tecnología y otros programas de apoyo a la industria para lograr el máximo impacto económico y social*

Esto puede lograrse vinculando los objetivos de los programas con las instituciones y los objetivos generales del Gobierno respecto a la agricultura.

Los objetivos sociales y económicos de la intervención gubernamental en la agricultura fueron debidamente articulados en el Plan de Acción Conjunta para la Reactivación Agropecuaria en América Latina y el Caribe (IICA 1989). En general, están focalizados en sectores que son importantes desde el punto de vista socioeconómico, pero que no pueden beneficiarse con la biotecnología sin la asistencia del sector público. Deberán considerarse, en este contexto, las necesidades económicas y sociales de terratenientes grandes, medianos y pequeños, de trabajadores sin tierra y de las empresas privadas.

Al apoyar a diferentes sectores, se ha reconocido la necesidad de balancear los esfuerzos en apoyo de la producción orientada tanto al consumo local como a la exportación, y asegurar la explotación adecuada de las ventajas comparativas.

Aunque los objetivos de las instituciones oficiales deben ser consistentes con los objetivos generales del Gobierno para el sector agropecuario, el énfasis puede y debe variar entre las instituciones. Por ejemplo, se puede esperar que algunas asuman el liderazgo en apoyo a la competitividad internacional, mientras otras se concentran en las necesidades del pequeño agricultor.

Los planificadores que trabajan en biotecnología agropecuaria deberán vincular los objetivos de los programas con los objetivos institucionales y agropecuarios generales, de acuerdo con lo señalado anteriormente. En ausencia de procedimientos sistemáticos para vincular



los objetivos de los proyectos con los objetivos generales, es probable que se asignen recursos que beneficien a grupos que ya están en una situación económica y política privilegiada (CiDA 1987).

*La obtención de la inversión necesaria. Las necesidades de inversión para aprovechar la biotecnología seguramente van a ser sustanciales*

Aunque se haya señalado que la biotecnología demanda relativamente poca inversión de capital en comparación con las tecnologías convencionales, se debe distinguir entre las demandas de inversión en I+D y las requeridas por la comercialización. Se espera que estas últimas sean lo suficientemente altas en muchos casos como para hacer imposible llevar los productos a nivel de comercialización, con excepción de las compañías más grandes (Sercovich y Leopold 1991).

La inversión total en agricultura en los países miembros del IICA no ha sido demasiado grande en relación con el tamaño de la economía. Menos de 10% de la inversión se dirige a la agricultura, a pesar de su importancia relativa; por ejemplo, la agroindustria representa cerca de un cuarto de la producción industrial. El incremento de la inversión privada en la agricultura ha sido identificada como una prioridad en el PLANALC (IICA 1989).

Mientras que la situación actual de la investigación es problemática para la agrobiotecnología, las soluciones pueden estar fuera del ámbito de las políticas que se refieren estrictamente a la innovación tecnológica en agricultura. Claramente, se demandará que las políticas macroeconómicas desempeñen un papel especial en la estimulación de la inversión en agricultura. El PLANALC ha reconocido que, para alcanzar esto, los planificadores sectoriales demandarán una participación adecuada en la formulación de la política macroeconómica (IICA 1989).

Los roles específicos que los gobiernos de ALC pueden desempeñar en la promoción de la inversión en agrobiotecnología incluyen los siguientes componentes:

- Asegurar un clima adecuado para la inversión por medio de un sistema efectivo de propiedad intelectual, regulaciones de biotecnologías balanceadas e incentivos fiscales.

- Actuar como facilitador entre inversores, empresarios e investigadores.
- Incentivar la inversión privada en áreas específicas mediante el establecimiento de fondos equivalentes (*matching funds*).
- Trabajar con agencias de desarrollo internacional para asegurar fondos que incentiven la inversión privada de los países de la OECD.

*Desarrollo y adquisición de tecnología. Tanto la investigación y el desarrollo de tecnología como su adquisición son necesarias*

Dada la gran cantidad de recursos que se asignan a la I+D en los países de la OECD, muchos de ellos con el objetivo explícito de mejorar la competitividad total, es conveniente considerar cómo la I+D puede ayudar a los países del IICA a competir con éxito con los países de la OECD. La I+D orientada a producir productos más sofisticados o lograrlos un poco antes que los países de la OECD significaría un desperdicio de recursos.

Es muy probable que las oportunidades de corto a mediano plazo para los países de la Región en el área de agrobiotecnología consistan en adoptar la tecnología temprana y efectivamente, más que en desarrollarla a partir de la investigación básica. Por ejemplo, mediante el acceso a nuevos materiales reproductivos, equipos, conocimientos, y el trabajo cooperativo con gobiernos y compañías de países en desarrollo.

Como sucede en Japón con muchas tecnologías manufactureras, podría comenzarse con la instalación de la infraestructura necesaria para utilizar comercialmente la nueva agrobiotecnología e incursionar luego, a partir de ello, con expansiones incrementales, primero en el desarrollo de productos, luego en investigación aplicada y, finalmente, en investigación básica.

Con ese enfoque, el desarrollo de productos se hará a partir de mejoras y adaptaciones menores, con el propósito de desarrollar nuevos productos que tengan ventajas comparativas significativas.

La adquisición de tecnología de fuentes externas y el desarrollo de la tecnología propia (a través de IyD) no son necesariamente incompatibles.

Hay oportunidades limitadas para llevar a cabo IyD aplicada asociada al apoyo de la adopción de tecnología externa, por ejemplo, mediante la ejecución de las siguientes medidas:

- Evaluación de los alcances de las tecnologías existentes.
- Evaluación de tecnologías antes de su comercialización.
- Adaptación de la tecnología a las condiciones y prácticas locales.
- Desarrollo de mejoras incrementales.

*Los países miembros de ALC deberán desarrollar alguna investigación básica en biotecnología para la agricultura*

Los objetivos potenciales de esta investigación son mantener el nivel de conocimiento adecuado para evaluar la investigación básica realizada en los países de la OECD y caracterizar los recursos y problemas agropecuarios de ALC. Mucho del germoplasma mundial no ha sido aún caracterizado genéticamente para facilitar su uso en biotecnología (Witt 1985). Esto puede representar una oportunidad para los investigadores en los países de la Región. El conocimiento generado por este tipo de investigación básica será esencial para la adaptación comercial de biotecnología a las condiciones de los países de América Latina y el Caribe.

*Es necesario reorganizar las instituciones científicas involucradas en la investigación agropecuaria en los países de ALC.*

Esta investigación ha sido muy aplicada y pobremente vinculada a las ciencias básicas; tal situación, como ha sido reportado, existe en alguna medida en países europeos y en menor medida en Canadá, Japón y EE.UU. El desarrollo de personal que cuente con el entrenamiento necesario para trabajar de manera efectiva en investigación agrobiotecnológica constituye una meta importante. Las oportunidades

para la enseñanza avanzada en las nuevas disciplinas científicas que están detrás de la biotecnología son limitadas en los países de ALC (IICA 1989). Este problema podría ser encarado con el fortalecimiento de los vínculos entre las instituciones de investigación y de enseñanza en países de la OECD y de ALC (CIDA 1987). Sin embargo debe considerarse la disminución de recursos disponibles para la capacitación en el exterior, junto con los incrementos en costos.

El PLANALC ha reconocido la necesidad de asignar responsabilidades de IyD entre las instituciones internacionales y nacionales dentro de las subregiones (IICA 1989). Se espera que los centros internacionales de investigación den más énfasis a la IyD genérica en áreas estratégicas, mientras las instituciones nacionales comienzan a asumir responsabilidad por programas orientados a aplicaciones. También hay necesidad de construir sobre la base de las actividades cooperativas existentes entre las instituciones nacionales de ALC. Sin embargo, se debe establecer un limitado número de prioridades, ya que la colaboración en un número demasiado grande de proyectos puede disminuir la efectividad de los programas, al fragmentarlos demasiado (IICA 1989).

Dada la reducción en los presupuestos de IyD experimentada durante los años ochenta, resultará difícil desarrollar las iniciativas de reorganización descritas anteriormente (IICA 1989).

*La mayor parte de la investigación básica en agrobiotecnología que se desarrolla en los países de la OECD para la explotación de oportunidades genéricas, es relevante para los países de ALC*

Gran parte de los productos agropecuarios de los países de ALC también se producen en los países de la OECD (CIDA 1987), incluidos: animales (ganado vacuno, cerdos y aves); cereales básicos (trigo, cebada, maíz); oleaginosas (canola y soya); forrajeras (trébol y alfalfa); granos (frijoles, garbanzos, lentejas), y algunas frutas y vegetales.

Los objetivos potenciales de la agrobiotecnología en los países de la OECD son relevantes para los de ALC. Por ejemplo, cultivos con mayor rendimiento y mayor resistencia a pestes, fertilizantes y pesticidas más efectivos y benignos en relación con el medio ambiente, y productos de salud más efectivos.

Muchos de los resultados de la IyD obtenidos en los países de la OECD son relevantes a los problemas en los países de ALC, entre ellos los siguientes:

- Resultados de la investigación básica sobre plantas y animales, identificación de genes útiles, microbiología, inmunología y otros.
- Técnicas para la modificación y replicación de material genético, y para la producción de nuevas especies vegetales y animales.
- Tecnología de ingeniería de procesos para fermentación y otras operaciones de procesamiento de alimentos.

*El éxito en el uso de agrobiotecnología en los países de ALC demandará adaptar las innovaciones genéricas en biotecnología a la agricultura local*

Gran parte de los resultados de la investigación básica y de las técnicas subyacentes en agrobiotecnología que se desarrollan en países industrializados pueden ser aplicados a los países de ALC. Sin embargo, resultará necesario adaptar la tecnología a las condiciones locales tales como clima, variedades de plantas y de animales, y métodos de cultivo. El gobierno y el sector privado en los países de ALC seguramente querrán tomar la delantera en adaptación de tecnología en casos donde no existan incentivos para que las multinacionales lo hagan. Por ejemplo, las compañías de semillas ajustan sus variedades más rentables a las condiciones ambientales del mundo desarrollado, donde los agricultores pueden pagar semillas caras (Witt 1985).

*El tamaño de las operaciones agropecuarias en los países de ALC pueden constituir una limitación para el desarrollo de la agrobiotecnología*

En un estudio anterior, encomendado por el IICA, se caracterizó "el problema de los países pequeños"; por ejemplo, situaciones en las cuales la producción nacional de un cultivo en particular no justificaría económicamente el costo de apoyar el programa de IyD (De Janvry et al. 1987). De acuerdo con la producción anual de cultivos en los países de ALC, el estudio concluyó que existían muy pocos casos cuyas rentabilidades pudieran aportar el presupuesto necesario para financiar un programa mínimo orientado al mejoramiento del cultivo (el estudio tomó

1% de rentabilidad y un presupuesto mínimo de unos de US\$ 300 000 como parámetros razonables para el cálculo).

Para solucionar ese problema, sería menester ampliar el alcance de los objetivos de la investigación más allá de los límites nacionales. Esto podría alcanzarse por medio de programas regionales entre gobiernos o compañías multinacionales de fuera de la Región. En ambos casos, será necesario definir objetivos conjuntos para la investigación, los roles y los derechos de la propiedad intelectual.

### **Adopción de agrobiotecnología**

La comercialización exitosa, así como también la adopción de agrobiotecnología en los países de ALC, involucrará los siguientes grupos:

- Pequeños, medianos y grandes productores.
- Compañías de insumos agropecuarios, por ejemplo, de fertilizantes, semillas, reproductores y equipos.
- Empresas de comercialización y de distribución de productos agropecuarios.

En cada uno de los grupos se deben considerar los siguientes aspectos: ¿cuáles de sus necesidades pueden ser satisfechas por medio de la agrobiotecnología? ¿qué se requiere para adoptar los resultados de la agrobiotecnología?

Para que los agricultores se beneficien con insumos agropecuarios mejorados, tales como variedades de plantas, ganado, fertilizantes, pesticidas, alimentos animales o productos de salud, se deben dar las siguientes condiciones:

- Tiene que contarse con medios de producción y de distribución adecuados.
- Los insumos deben ser financieramente accesibles.
- Los procedimientos para su uso tienen que ser factibles, promovidos de manera adecuada y bien explicados.

Para beneficiarse con la adopción de la agrobiotecnología, los agricultores necesitarán acceso a los canales de comercialización y de distribución adecuados para vender la producción agropecuaria incremental que surja como consecuencia de la biotecnología. Por ejemplo, facilidades de almacenaje, empaque y transporte.

### **Asegurar la cooperación internacional**

Se han señalado los beneficios de aprovechar tecnología, inversiones y mercados de los países de la OECD. Los países de ALC querrán maximizar la efectividad de sus recursos técnicos, financieros, productivos y naturales mediante arreglos mutuamente beneficiosos con grupos de países de la OECD. Para realizarlo, se necesitarán estrategias de orden macroeconómico, sectorial y de empresa.

*Existen razones económicas para que la biotecnología sea utilizada por los países de ALC y para que los países de la OECD los apoyen*

La mayoría de los alimentos que actualmente se exportan son producidos en países industrializados con altos costos de producción, y consumidos en países en desarrollo con bajos costos de producción (CIDA 1987). Por lo tanto, los países en desarrollo corren el peligro de sufrir un deterioro en su balanza comercial con los países industrializados.

Los gobiernos de los países de la OECD deberían ser alentados a apoyar la transferencia y adaptación de su tecnología a los países de ALC, con el propósito de mejorar los recursos locales en esos países; también a invertir en los mismos. Se debe incentivar la participación de socios del sector privado e instituciones locales (CIDA 1987). El apoyo al mejoramiento de la agricultura en los países de ALC por medio de la biotecnología es consistente con las políticas gubernamentales de los países de la OECD. Ellos están motivados a ayudar a las naciones en desarrollo porque el desarrollo agropecuario puede ser la base para la industrialización; de ello resultará el mejoramiento del empleo agropecuario y el ingreso, lo que puede generar demanda por productos industrializados locales y de los países desarrollados (CIDA 1987).

Existen barreras para la cooperación internacional, tanto en el sector público como privado. Las disputas entre los países en desarrollo y los

industrializados en relación a los derechos de uso de la propiedad intelectual y al acceso al germoplasma pueden tener efectos devastadores para todos. Un enfoque alternativo al uso de barreras al comercio y la protección de la propiedad intelectual como elementos de negociación entre la OECD y los países de ALC podría consistir en estudiarlos caso por caso y no en forma global.

Debería ser posible entrar en acuerdos sobre transferencia de tecnología con compañías de los países de la OECD que fueran beneficiosos para todas las partes. Además de la transferencia de tecnología mediante la inversión directa, las compañías de cualquier tamaño transfieren tecnología por distintas razones: falta de capital, falta de experiencia manufacturera, necesidad de ganar mercados y aversión al riesgo asociado con la manufactura. La participación del sector privado es esencial para el incremento de la cooperación internacional en agricultura, pero los intereses de las empresas privadas pueden hacer esto muy difícil. Las empresas manufactureras en los países industrializados tienen la capacidad de emprender proyectos "llave en mano", aunque no siempre desean hacerlo debido a su percepción del riesgo (CIDA 1987).

Aunque las relaciones entre las empresas agroquímicas multinacionales y los países de ALC no siempre han sido satisfactorias, la emergencia de la biotecnología sin duda incrementará la motivación de ambas partes para trabajar en conjunto. Los países de ALC pueden beneficiarse de la cooperación con las multinacionales al ganar acceso a tecnología y a redes de comercialización. Las multinacionales tienen la capacidad financiera y técnica para aprovechar la diversidad genética mediante la utilización de la biotecnología. El potencial de la biotecnología para aislar, caracterizar y transferir genes de una especie a otra incrementa el valor del germoplasma. Los países de ALC están en buena posición al respecto, pues cubren cuatro de los 12 centros mundiales de diversidad genética mundial (Witt 1985).

La cooperación efectiva entre los países de ALC y de la OECD en el área de la biotecnología requerirá interacción entre diversos países de ambos grupos, de gobiernos, universidades, compañías de biotecnología, multinacionales agroquímicas, compañías de semillas y agricultores. Los gobiernos pueden desempeñar un papel facilitador esencial.



Por ejemplo, pueden apoyar los foros en los cuales las empresas y organizaciones de investigación se encuentren para discutir objetivos técnicos y comerciales de interés común. Ello puede llevar también a la definición de alianzas estratégicas internacionales (ISTC 1989).

### **Asegurar la sostenibilidad de la agricultura**

La agricultura sostenible generalmente se refiere a sistemas que no dañan el ambiente, que no degradan recursos agropecuarios (tierra, agua, diversidad genética) y que son rentables para los productores (Gavora y Lister s/f.). Ya se presentó en este trabajo una revisión de las prioridades de los gobiernos de la OECD con respecto a la agricultura sostenible. La agrobiotecnología puede desempeñar un papel de importancia para lograr esas prioridades. Por ejemplo, la sustitución de herbicidas y pesticidas por controles biológicos puede reducir en forma sustancial los efectos negativos sobre el ambiente y la salud de los trabajadores agropecuarios. Sin embargo, la biotecnología también puede causar efectos ambientales adversos. Por ejemplo:

- La introducción de nuevas tecnologías que intensifican la producción puede tener efectos negativos de largo plazo sobre la tierra, el agua y los ecosistemas (CIDA 1987).
- La reducción de la mortalidad animal debida a mejores vacunas puede contribuir al sobrepastoreo y, eventualmente, reducir la producción agropecuaria (Gavora y Lister s/f.).
- La genética vegetal se utiliza para la producción de cultivos más homogéneos; sin embargo, la menor diversidad genética de los cultivos puede incrementar el riesgo de una gran pérdida debido a enfermedades (Witt 1985).
- La biotecnología puede incrementar la pérdida de germoplasma de importancia genética al incrementar la velocidad de desarrollo y producción de nuevas variedades, que luego son adoptadas por los productores en forma global (Witt 1985).

Los aspectos negativos asociados al uso de químicos agropecuarios, por ejemplo pesticidas, herbicidas y fertilizantes, han sido bien documentados. La biotecnología promete beneficios sin que surjan esos impactos negativos. Sin embargo, nada garantiza esto. Hay impactos

potenciales negativos asociados con la biotecnología que son análogos a los ocasionados por los agroquímicos. Pero si se desarrollan aplicaciones de la biotecnología en el contexto de la finca tomada como un sistema ecológico, los efectos negativos pueden ser evitados.

Los gobiernos de la Región pueden maximizar el potencial de contribución de la biotecnología a la agricultura sostenible y minimizar al mismo tiempo los efectos negativos. En tal sentido, resultan relevantes los siguientes temas de política:

- Regulación de la industria para lograr que la importación y uso de productos sean consistentes con el desarrollo sostenido; por ejemplo, que equilibren adecuadamente los riesgos, costos y beneficios para agricultores, industria y la población en general.
- El efecto de las regulaciones sobre el comercio agropecuario y las oportunidades para la armonización internacional de regulaciones.
- El creación y mantenimiento de un conocimiento científico adecuado para apoyar el desarrollo y ejecución de regulaciones.
- Seguimiento del impacto ambiental y de salud de la agrobiotecnología (tanto positivo como negativo).
- Brindar capacitación y motivación adecuada a los agricultores y trabajadores agropecuarios, con la finalidad de asegurar que los productos y métodos de la agrobiotecnología sean utilizados según la mejor práctica disponible.

#### **LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL DESARROLLO DE OPCIONES DE POLITICAS BIOTECNOLOGICAS EN ALC**

Se sugieren en esta sección formas de vincular las prioridades en biotecnología con otras áreas de política, en particular económica, y se adelantan lineamientos que puedan ser aplicados para el desarrollo de políticas y prioridades en el proceso de planificación.

La experiencia internacional sugiere que existe una serie de métodos que pueden ser utilizados en el proceso de planificación y ejecución de

la política científica y tecnológica. La selección del enfoque depende del entorno cultural y de la estructura institucional disponible para la ejecución de programas.

En el caso de los países de ALC, la biotecnología comienza con el problema fundamental de conquistar una posición como recién llegada dentro de un amplio y competitivo conjunto de políticas públicas en una situación de escasez extrema de recursos. Su posición en las prioridades de inversión del sector privado no es alta y necesita ser fortalecida.

Surgen dos desafíos inmediatos al intentar establecer un enfoque unificado de desarrollo de políticas: el primero referido al papel asignado a la biotecnología en relación con otras políticas públicas; el segundo la posición de que se parte para alcanzar ese papel.

En este trabajo se supone que la intención es ubicar a la biotecnología de tal manera que pueda tener un papel más importante, no sólo en la política científica y tecnológica sino también en la estructura total de planificación de la política gubernamental, donde se determina la asignación de recursos. Otro punto, igualmente relevante, para establecer la posición de la biotecnología es asegurar que sus operaciones influyan sobre las decisiones de inversión del sector público de manera positiva.

De acuerdo con estudios anteriores, parecería que existe un consenso general en el sentido de que la biotecnología no ha sido aún establecida a un nivel de prioridad uniformemente alto y competitivo entre las prioridades de políticas públicas en ALC.

Su posición puede ser caracterizada probablemente como la de un contribuyente menor, aunque potencialmente productivo, a la solución de temas de política económica y agropecuaria. La selección de enfoques de procesos y analíticos tienen que propender, por lo tanto, a mejorar la posición competitiva de la biotecnología, con el fin de atraer recursos tanto del sector público como del privado.

### *Tres desafíos para la política biotecnológica en ALC*

Uno de los factores determinantes en el diseño de un proceso de planificación de políticas es la existencia de desafíos o restricciones

especiales a la introducción y difusión de estas nuevas tecnologías. Ellos resultan de particular importancia al seleccionar los instrumentos analíticos más apropiados para la definición de programas y políticas.

Los estudios realizados por el IICA hasta la fecha indican que existen tres desafíos básicos para la aceptación y uso de la biotecnología en la Región:

- La limitación impuesta a la disponibilidad de recursos financieros, físicos y humanos por las *condiciones macroeconómicas*.
- El alto nivel requerido de *coordinación de programas y políticas* entre países.
- El potencial de *riesgos e incertidumbres* económicos/ambientales asociados a la biotecnología.

Las notas que siguen brindan más detalles sobre las razones que existen para dar reconocimiento especial a esos tres factores en la formulación de políticas y sobre cómo influyen la selección de un proceso de desarrollo de las mismas.

#### *Vinculación de políticas biotecnológicas con políticas macroeconómicas y otras*

El tipo de proceso de formulación de políticas adoptado para la biotecnología será modelado según la forma en que ésta se ubique en relación a las otras áreas de política de importancia.

Areas tales como la macroeconomía, la agricultura y el comercio son centrales en la política pública; no sólo tienen alta prioridad, sino que también ejercen una fuerte influencia en la asignación de recursos presupuestarios entre programas que compiten por apoyo gubernamental.

Actualmente la posición de la biotecnología en la política de la Región es variable e incierta. Para que consiga recursos efectivamente, es esencial que se perciba la política agrobiotecnológica como un ingrediente activo en las políticas económicas de la Región. Debe aspirar a ganar aceptación como un instrumento legítimo y efectivo para la solución de temas de políticas macroeconómicas, agropecuarias y de comercio, identificadas como de importancia estratégica para la Región.

**Lineamiento 1. El proceso de planificación de la política debe partir del reconocimiento de que es preciso demostrar en forma palmaria las razones por las cuales la biotecnología tiene que ser prioritaria en las políticas públicas.**

*Es importante la consistencia y compatibilidad entre áreas de política*

Esta estrategia de posicionamiento aspiraría a desarrollar un análisis sistemático y unificado de los beneficios económicos y sociales de la biotecnología, así como también definir el papel que puede desempeñar en relación con el bienestar de los países de ALC. Tal posición demanda argumentos cuantificables para asegurar una porción mayor de los recursos del sector público.

También se requiere la definición de prioridades globales para la ejecución de políticas en el orden subregional, que sean consistentes con los intereses estratégicos de los países de ALC y con el amplio espectro de políticas públicas establecidas para lograr el bienestar económico y social.

Debe evaluarse la consistencia interna del actual conjunto de políticas de los países de ALC que influyen a la biotecnología: los objetivos de sustitución de importaciones pueden entrar en conflicto muy fácilmente con los objetivos de mejorar la competitividad internacional; a su vez, los objetivos de fijación de precios a artículos de consumo pueden entrar en conflicto fácilmente con la necesidad de incorporar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

La biotecnología en los países de ALC puede adaptarse al enfoque proteccionista del desarrollo económico o demostrar caminos de políticas alternativas. El desafío es entonces diseñar un proceso de formulación de políticas que pueda tratar simultáneamente aspectos de consistencia y compatibilidad.

**Lineamiento 2. Las políticas para la biotecnología seguramente serán aceptadas en el orden político y técnico si son consistentes entre sí y con otras áreas de política relacionadas. El PLANALC define el marco básico para evaluar la consistencia interna y externa de las políticas biotecnológicas.**

*La alternativa es una posición aislada para las políticas biotecnológicas*

La alternativa extrema, quizás la más característica del sistema actual, es que la biotecnología se ubique a sí misma como un componente efectivo de política científica y tecnológica, con resultados muy focalizados de naturaleza local, sectorial o de proyecto. Esta última posición estratégica significaría un proceso que demanda el desarrollo de un sistema de priorización más limitado y oportunista, que involucre posiblemente criterios programáticos amplios pero basados en evaluaciones de proyectos caso por caso.

No habría referencia particular al impacto sobre los intereses colectivos de la Región, mientras que los argumentos para recursos adicionales se basarían en las tasas de retorno locales. El enfoque de "retorno a la inversión" en biotecnología es esencial para atraer participantes e inversores del sector privado, pero no ofrece por sí mismo un fundamento suficientemente amplio como para estructurar políticas y prioridades de política.

Por ejemplo, la selección de opciones de política para la biotecnología puede basarse de manera exclusiva en la efectividad con que su ejecución puede ayudar a resolver problemas productivos específicos para un cultivo en particular en determinada región del país; éste es un primer paso válido para la asignación de recursos. Sin embargo, el caso general de la biotecnología deber ser diferenciado de los casos particulares. En otras palabras, los proyectos individuales en el contexto de la biotecnología deben ser analizados en un marco unificador general que va a influir sobre la distribución de recursos del sector público en general.

Resulta imperativo que el proceso de formulación de política y de planificación sea capaz de evaluar y comparar el impacto de opciones agregadas de gasto en biotecnología en temas tales como balance de pagos, política fiscal, costos de subsidios a agricultores y clima de inversión.

**Lineamiento 3. Al definir cuáles son las medidas de política que se necesitan para apoyar la biotecnología, resulta útil, si es posible, evaluar los impactos económicos y sociales de significación sobre la agricultura. La elección de política y de prioridades será más defendible si se puede mostrar en forma sistemática la compatibilidad con los objetivos económicos y sociales de largo plazo de la Región.**

*Se debe satisfacer la necesidad de coordinación programática y de políticas entre los países de ALC*

La experiencia de los países más avanzados y de las mayores áreas de comercio internacional sugieren que, para que se desarrolle la agrobiotecnología en la Región, será necesario un amplio rango de acciones nacionales e internacionales coordinadas.

Dada la pequeña escala de producción de muchos sistemas nacionales de producción agropecuaria nacionales y las limitaciones existentes en recursos financieros y humanos, es prioritario para ALC colaborar y compartir recursos.

La experiencia de otros bloques comerciales, tanto maduros como emergentes, en áreas tales como investigación, difusión de tecnología, mejoramiento del ambiente para los negocios y políticas comerciales, indica que puede conducir a altos niveles de beneficios comunes, a un costo relativamente bajo.

La necesidad de enfoques cooperativos tendrá una profunda influencia en los procesos seleccionados para llegar a la definición de

prioridades de políticas, en la esencia de las políticas, y en la optimización de sus programas de ejecución.

**Lineamiento 4. La coordinación y armonización de acciones del gobierno deberá expandirse mas allá de la provisión de financiamiento de investigación y programas. Demandará acuerdos y acciones comunes en áreas tales como la comercialización de la investigación, la difusión de la tecnología, la capacitación de recursos humanos, la provisión de un clima regulatorio de apoyo, el desarrollo de incentivos para el sector privado y acuerdos intergubernamentales que faciliten el movimiento internacional de ideas, recursos y capacidades.**

*El tratamiento del riesgo y la incertidumbre en la planificación de políticas y la ejecución de programas*

La biotecnología presenta un problema común a cualquier área tecnológica nueva. Como disciplina emergente, tiene altos niveles de riesgo e incertidumbre, tanto en la investigación como en la aplicación comercial de los resultados.

Los procesos e instrumentos analíticos que evalúan los riesgos comparativos del éxito o fracaso de tecnologías potenciales son esenciales para la determinación de prioridades. También resulta ventajoso incluir, en el proceso de desarrollo de políticas, sistemas de información que puedan identificar y evaluar el potencial de áreas emergentes en biotecnología.

Una debilidad frecuente de los gastos públicos y del sector privado en ciencia y tecnología en los países avanzados ha sido la falta de una buena evaluación de los impactos económicos y tecnológicos.



**Lineamiento 5. Para reducir los riesgos de bajos retornos económicos, de duplicación de esfuerzos internacionales o de fracaso de las inversiones del sector público, la planificación de políticas para la agrobiotecnología debe incluir el uso de instrumentos analíticos tales como la evaluación de tecnología, el análisis del impacto económico y la determinación del riesgo, con el propósito de decidir sobre las prioridades y la asignación de recursos.**

### *Impacto de la biotecnología sobre la competitividad*

La evaluación de la competitividad, o sea el estudio de las estrategias de los competidores, es un área en expansión de la planificación estratégica del sector público y privado. Utiliza instrumentos analíticos especializados, así como también sistemas de información. Presenta varias dimensiones: estrategias de comercialización de los competidores, estudios de satisfacción de los consumidores, evaluación de las fortalezas y debilidades de los productos y evaluación de las estrategias de I+D y de los programas de los competidores. También puede incluir un análisis de las principales Inversiones del sector público en biotecnología en otros países, así como formas de mejorar el acceso a los resultados de la investigación extranjera y a nuevas tecnología para los países de ALC.

Aun en las naciones avanzadas, el uso de la evaluación de la competitividad por parte de los gobiernos no es uniforme. En Japón y Suecia está altamente desarrollada. En Estados Unidos y Canadá ha sido reservada al sector privado. Como instrumento para la política pública tiene un potencial subutilizado. Para campos específicos de naturaleza técnica, capital-intensivos, donde la participación del sector público es necesaria, constituye una herramienta esencial para el desarrollo de políticas y para el manejo de programas y presupuestos.

Aplicada en la forma debida, puede representar una guía efectiva al desarrollo de una comprensión estratégica, sobre la cual debería ponerse el énfasis de la política agropecuaria e industrial.

Las decisiones en cuanto a concentrarse en investigación básica, en desarrollo o en el licenciamiento de tecnologías disponibles, puede tener un impacto significativo sobre el costo y las probabilidades de éxito de los planes y programas públicos.

**Lineamiento 6. La evaluación sistemática del uso competitivo de la biotecnología en la agricultura de ALC resulta esencial para una efectiva planificación de la política. Las políticas y los programas biotecnológicos requerirán información sobre la evaluación continua y sistemática de las principales especialidades de los institutos de investigación en otros países, el estado de la I+D de productos por parte de las multinacionales, y las estrategias de los principales actores internacionales del sector privado.**

#### PROPUESTA DE UN PROCESO Y LINEAMIENTOS OPERATIVOS PARA UNA POLÍTICA DE DESARROLLO

La Fig. 1 (al final de este Capítulo) presenta el esquema del proceso de planificación y priorización de políticas propuesto. Subraya los pasos, vínculos y productos para que una metodología supere los tres obstáculos que impiden el establecimiento de una planificación de política efectiva para la agrobiotecnología.

El enfoque propuesto utiliza los "temas centrales" en cuanto a la biotecnología que el IICA ha identificado. Sin embargo, se organizan esos temas en cuatro fases secuenciales, de tal manera que es posible diferenciar entre los resultados de la política y los instrumentos de política. La intención es estructurar un marco de tareas que deban ser completadas, de tal manera que se desarrollen opciones amplias de política. El desarrollo de prioridades de políticas consiste en una serie de actividades y tareas interrelacionadas. Las cuatro fases son descritas a continuación:

**Fase I** Establecer las políticas y objetivos estratégicos para las subregiones, a partir de material existente. Los temas centrales para la política macroeconómica y agropecuaria serán los mismos para cada subregión; las diferencias pueden ser importantes cuando se procure llegar a políticas consistentes y compatibles.

**Fase II** Desarrollar un inventario de oportunidades y necesidades específicas para el uso de biotecnologías específicas en la agricultura. Priorizar el inventario por subregión.

**Fase III** Desarrollar prioridades para los instrumentos de política pública conducentes a ejecutar la política biotecnológica.

**Fase IV** Definir y negociar los roles y responsabilidades de los principales interesados en el sector público y privado, y entre agencias internacionales.

A continuación se detallan las tareas involucradas en cada una de las cuatro fases del desarrollo de políticas y se sugieren formas para dar consistencia a la lógica de prioridades.

#### **Fase I. Vincular la biotecnología a las prioridades estratégicas para las subregiones**

La Fig. 1 muestra, como punto de partida, el amplio rango de objetivos e intereses estratégicos existentes en los países de ALC; ellos generan objetivos específicos para la economía y para la agricultura que pueden traducirse en prioridades económicas, sociales y agropecuarias para cada una de las subregiones.

La política para un campo específico como la biotecnología necesita vincularse a un conjunto de políticas de mayor jerarquía, referidas a los objetivos estratégicos de los países involucrados. Esos objetivos globales de la biotecnología se extraerán de los lineamientos estratégicos de la macroeconomía y de la agricultura en particular. Incluirán los temas ya señalados en este informe, particularmente el mejoramiento en la balanza de pagos, la reducción del nivel de subsidios y un mayor protagonismo del sector privado. Esos parámetros definen los intereses de ALC como región y los de cada subregión cuando existan diferencias significativas en el énfasis puesto en cada caso.

Por ejemplo, puede convenirse que una reducción en el costo de los insumos para los agricultores pequeños es importante para todas las subregiones, pero que en algunas subregiones es menos prioritario que en otras.

**Lineamiento 7. La formulación de políticas debe comenzar con los temas económicos y agropecuarios subregionales, con políticas y objetivos, y así trabajar hacia una solución regional de los problemas.**

**Lineamiento 8. La definición de objetivos estratégicos subregionales para la agricultura y la asignación de algún orden de prioridad para ellos, es un aspecto importante para mantener la flexibilidad y la precisión en la planificación de políticas.**

Este proceso de aislar los temas "orientados a resultados" (por ejemplo, la reducción de los costos de fertilizantes o el mejoramiento de rendimiento de maíz) también es uno de los aspectos necesarios para dotar de una lógica a la especialización subregional en materia de biotecnología. El próximo paso en el esquema se centra en el uso de la metodología para medir la factibilidad potencial y el impacto estratégico de la utilización de la biotecnología en la agricultura.

## **Fase II. Determinar oportunidades, necesidades y desafíos para campos específicos de la biotecnología**

La determinación del orden de prioridades para los distintos campos de la biotecnología es el segundo paso en el proceso de planificación de políticas. Hasta cierto punto, los actuales arreglos de cooperación para la I+D en productos agropecuarios se orientan hacia ese desafío. Con el fin de mejorarlos se necesita fortalecer la amplitud en el análisis y evaluación de las oportunidades en biotecnología y su impacto sobre la economía, cumplir con las necesidades institucionales y de recursos para su ejecución y enfrentar los desafíos de política en función de las barreras existentes para el cambio.

Esta etapa permite y requiere un análisis comparativo y una evaluación de las áreas clave de biotecnología que probablemente realizarán una contribución significativa para el logro de los objetivos regionales y subregionales. Comienza el proceso de integrar en forma sistemática la política biotecnológica con los intereses estratégicos de ALC y las políticas que han sido identificadas en la Fase I.

**Lineamiento 9.** El desarrollo de políticas demanda un marco operativo expresado en tareas específicas, recursos, prioridades y tiempo para las biotecnologías seleccionadas en cada subregión.

**Lineamiento 10.** La selección debe basarse en un inventario de oportunidades económicas y agropecuarias específicas para la biotecnología, en una evaluación del costo-efectividad y en el impacto del aprovechamiento de las oportunidades.

**Lineamiento 11.** Para que la biotecnología contribuya de manera efectiva a la solución de temas estratégicos, se necesitará una estimación de las necesidades de recursos y de los cambios de política necesarios para aprovechar las oportunidades económicas.

En la primera vuelta del proceso, esta etapa puede ser mantenida a un nivel muy general de categorización, de tal manera que se mantenga la simplicidad. En "ciclos" subsiguientes del proceso, se pueden introducir más detalles de campos biológicos específicos.

Esas prioridades se derivan de los estudios analíticos que evalúan y analizan las biotecnologías en términos de etapa de desarrollo, confiabilidad, factibilidad, impacto económico, riesgo comercial, condiciones competitivas internacionales e importancia ambiental.

La finalización de este paso producirá:

- Una lista priorizada de biotecnologías que tienen mayor probabilidad de alcanzar resultados económicos y sociales positivos para cada una de las subregiones de ALC (las *oportunidades*).
- Una estimación de los recursos financieros, humanos y físicos necesarios para alcanzar los resultados clave (las *necesidades*).
- Una evaluación de los principales desafíos para el cambio, incluidos cambios estructurales en acuerdos institucionales, incentivos, legislación, regulaciones, mecanismos de colaboración (las *barreras para el cambio* que la políticas deben tener en cuenta).

Para que pueda ser utilizado en opciones de políticas, el inventario de oportunidades, necesidades y desafíos de la biotecnología debe ser categorizado por subregiones. La tercera fase examina esas biotecnologías, priorizadas en términos de los medios necesarios para obtener los mejores resultados en un programa dirigido a la biotecnología.

### **Fase III. Determinar prioridades de planificación de políticas para instrumentos y programas**

Una vez que el análisis y la justificación de prioridades para el desarrollo o uso de distintas biotecnologías haya sido completado, el proceso de planificación considerará los instrumentos que puedan ser utilizados para alcanzar los resultados que se desean. La selección y combinación de los instrumentos requiere una consideración de sus costos comparativos, efectividad, factibilidad y oportunidad. Hasta cierto punto, existirán políticas y estructuras programáticas genéricas para todos los aspectos de la biotecnología.

Sin embargo, es lógico anticipar diferentes necesidades y énfasis en las subregiones. También es prudente esperar que algunos instrumentos de política y programas estén disponibles más fácilmente que otros debido a limitaciones presupuestarias o institucionales.

**Lineamiento 12. El desarrollo de opciones y prioridades de política demandará el análisis en el orden subregional de combinaciones alternativas de instrumentos de política y programas, que incluyen instrumentos tales como legislación y reglamentación, acuerdos de colaboración, presupuestos y programas de investigación, programación de la difusión de tecnología, medidas para mejorar el clima de inversión, la provisión de destrezas básicas y criterios programáticos.**

**Lineamiento 13. Para que sean efectivas, las políticas en agrobiotecnología deben priorizar los cambios necesarios de los instrumentos específicos de política pública en los órdenes subregional y regional.**

Un ejemplo hipotético: luego de determinar las prioridades claves, puede tomarse una decisión, en el sentido de que mejorar el acceso a las tecnologías de fermentación puede ser la mejor manera de satisfacer la necesidad de largo plazo de incrementar la competitividad en precios de la industria alimentaria y del sector exportador de una subregión.

La eliminación de las barreras para acceder a ese campo de la tecnología puede requerir: legislación sobre patentes y regulación ambiental; garantías financieras por parte del Estado; la negociación de acuerdos internacionales especiales, o un ambiente adecuado para los emprendimientos comunes entre universidades, institutos de investigación, gobiernos y el sector privado.

La disponibilidad de esas opciones puede no ser uniforme. Quizás sea necesario evaluarlas en términos de factibilidad de ejecución. De esas evaluaciones se pueden extraer recomendaciones sobre la futura dirección del énfasis.

El último paso en el desarrollo de opciones y en el plan para la política biotecnológica es determinar los roles de los principales actores e interesados en los sistemas de diseminación.

#### **Fase IV. Establecer acuerdos sobre roles y emprendimientos**

Para poder lograr una posición vital para la agrobiotecnología en la política económica de ALC, será necesario realinear, y posiblemente negociar, los roles y responsabilidades de los principales interesados. Estos interesados son gobiernos, agricultores, inversores privados y agencias internacionales.

**Lineamiento 14.** Una vez que se hayan determinado y evaluado las opciones de instrumentos, es preciso definir los roles de los distintos interesados en la ejecución de políticas y programas, así como también su optimización, de manera que se produzca un balance factible de actividades y compromisos.

**Lineamiento 15.** Los incentivos y responsabilidades también deben ser acordados, priorizados e incluidos en el marco de políticas.

**Lineamiento 16.** El desarrollo de acuerdos sobre los roles y responsabilidades va a requerir un consenso que facilite el proceso entre los principales interesados de los sectores público y privado y de las agencias internacionales.

Algunos de los roles de los interesados pueden haberse explicitado durante el proceso de definición de opciones de políticas. Siempre será necesario trabajar hacia un balance de roles; la obtención de resultados de largo plazo se hace explícita bajo la forma de acuerdos y entendimientos. Ir mas allá de la evaluación técnica de roles y responsabilidades también requerirá el desarrollo de un proceso especial de consenso interno sobre los roles y responsabilidades. En parte esto puede ser logrado por medio de procesos institucionales y políticos en los países de ALC. Un componente central será el papel de facilitador del IICA en este proceso de formulación de políticas.



## ALGUNOS INSTRUMENTOS PARA FACILITAR EL PROCESO DE DESARROLLO DE POLITICAS

Las fases II y III del proceso de desarrollo de políticas pueden utilizar matrices simples para contribuir al ordenamiento de las prioridades. Si hubiera necesidad de procedimientos más sofisticados y orientados técnicamente, podría recurrirse a otros sistemas disponibles para la optimización de decisiones, tales como los árboles de decisión.

El enfoque matricial requiere que los planificadores consideren las implicaciones de las acciones que son externas al campo inmediato de la política. En la Fig. 2 se presenta un ejemplo.

La información en las células puede ser cuantitativa o cualitativa, o ambas a la vez. El método de ponderación y agregación de los resultados también puede ser flexible. La amplitud y profundidad del análisis es opcional; dependerá de la relevancia y de la disponibilidad de recursos. El punto esencial es que el análisis debe concentrarse en simplificar las implicaciones básicas. El propósito es ayudar en el proceso de establecer prioridades amplias que puedan llevar a la selección de parámetros de políticas y de programas.

**Lineamiento 17. El método de presentación de la evaluación de prioridades debe ser simple y condensado, de tal manera que permita centrar la discusión y facilitar su comprensión. El análisis y presentación matricial es el método idóneo. Sin embargo, las evaluaciones técnicas que apoyan las conclusiones presentadas pueden ser tan complejas como sea necesario, con el fin de mejorar la confiabilidad de los resultados.**

El enfoque matricial no demanda, en apariencia, una serie formidable de tareas analíticas; sin embargo, el proceso puede ser mejorado mediante recomendaciones de expertos, o por eliminación de células en los casos en que las implicaciones sean triviales, o por medio del uso de la técnica Delphi u otras técnicas intuitivas. Uno de los productos más útiles del análisis matricial es la identificación de células "claves" de

interfase, donde se pueden estimar las probabilidades y opciones para niveles de política más altos.

*Un ejemplo de uso de matrices para priorizar las oportunidades y necesidades para la agrobiotecnología*

Las Fig. 3, 4, y 5 presentan un método simplificado de tres etapas para la estimación del impacto beneficioso potencial de la biotecnología sobre áreas económicas y agropecuarias estratégicas. Los temas económicos estratégicos están vinculados a los objetivos macroeconómicos, extraídos del marco temático ya presentado en este documento. Los temas agropecuarios estratégicos pueden ser modificados para ajustarlos a cada región; estos fueron tomados de estudios previos del IICA. Con el propósito de simplificar, se ha esquematizado la biotecnología en tres ramas mayores, aunque para los efectos de estudios de impacto no se necesita un mayor grado de refinación.

La Fig. 3 explora las implicaciones de la política económica si alcanza ciertos objetivos agropecuarios tales como redistribución del ingreso, sustitución de importaciones, reducciones en costos de factores y ventajas comparativas. Se utilizará análisis de impacto económico y social para determinar las implicaciones y se asignarán amplias prioridades a la obtención de esos objetivos.

La Fig. 4 ilustra una forma de identificar el papel potencial de la tecnología en la búsqueda de estos objetivos. Ello puede incluir el desarrollo de alternativas de utilización de la biotecnología en el mejoramiento del desempeño agropecuario. Para ello podría ser necesario expandir el análisis de la agrobiotecnología, de tal manera que incluyera: evaluación de tecnologías, evaluación de la competitividad, evaluación de riesgo de la IyD, y análisis de impacto ambiental.

La Fig. 5 reúne los resultados del análisis de los principales desafíos, restricciones y necesidades que la política debe enfocar. En cada una de las células pueden identificarse las principales barreras al cambio y pueden ser inventariados los recursos clave necesarios.

Es obvio que el diseño de las matrices puede ser flexible; dependerá de la importancia de los parámetros para la subregión de que se trate.

La evaluación de los beneficios potenciales de la biotecnología utilizará herramientas de análisis económico y social para determinar la importancia relativa de los cambios potenciales en el sector agropecuario sobre los cambios en la economía en general. Esto puede hacerse mediante la medición del espacio razonable existente para el mejoramiento del desempeño de la agricultura y, si eso se logra, del valor más probable de los beneficios de esa mejora sobre el desempeño de la economía.

La ponderación de los resultados deseados es una cuestión que pudo haber sido dada por los objetivos de la política económica. En forma alternativa, puede ser estimada luego de consultar con los oficiales del gobierno y de realizar la evaluación de las necesidades económicas de la subregión.

Este primer paso, o "filtro", establece un sentido de las prioridades entre las mejoras potenciales; por ejemplo, cuáles pueden generar los retornos económicos más atractivos. El paso siguiente utiliza la evaluación de tecnología para determinar cuáles son las áreas de la biotecnología que están mejor dotadas para alcanzar los mejoramientos agropecuarios priorizados.

En forma similar, el proceso de filtrar las áreas prioritarias de política con énfasis en la biotecnología puede ser extendido para incluir otros resultados de política deseados, tales como consideraciones ambientales y la factibilidad comercial.

**Lineamiento 18. Cada subregión debe ser responsable de preparar regularmente actualizaciones del impacto potencial económico, agropecuario y social potencial de las biotecnologías que se consideren claves para sus sectores agropecuarios. También deben realizar evaluaciones de la adaptabilidad y factibilidad comercial de las biotecnologías claves. Estas pueden ser traducidas en propuestas de políticas y objetivos programáticos para la obtención de resultados.**

Bien diseñado, un análisis de este tipo puede ilustrar si una acción en un área de política determinada tendrá máximo impacto en los campos de la biotecnología clasificados como de alta prioridad debido a su importancia para la economía y la agricultura.

*Uso de análisis matricial para los instrumentos de política*

Los instrumentos de política suelen ser complementarios entre sí más que competitivos. El proceso de planificación de política utiliza los resultados de los estudios de impacto para determinar objetivos y proponer vías alternativas de uso de instrumentos disponibles para alcanzarlos. Supongamos, por ejemplo, que se ha determinado que una subregión de ALC obtendrá un alto nivel de beneficios económicos si se otorga alta prioridad a la obtención de líneas de semillas mejoradas. Las opciones de política para ello pueden incluir acciones referidas a casi todos los instrumentos claves:

- Derechos de propiedad intelectual.
- Mecanismos de cooperación.
- Financiamiento de la investigación.
- Difusión de la biotecnología.
- Criterios programáticos.
- Incentivos para la inversión.
- Recursos humanos.

La pregunta central para la planificación de política es: ¿que instrumentos, y aplicados de qué manera, permitirán obtener los resultados deseados? La respuesta, como en la mayoría de los casos, posiblemente involucrará la contribución de varios de los principales instrumentos. El papel de la planificación de la política es, precisamente, determinar la combinación más eficiente y eficaz.

La Fig. 6 muestra cómo pueden ser construidos los elementos de la matriz de opciones de política.

**Lineamiento 19. Las mediciones de la efectividad comparativa de los mecanismos alternativos de distribución deben incluir costos, oportunidad, factibilidad y compatibilidad con otras medidas de políticas.**

**Lineamiento 20. Las mediciones de la efectividad comparativa de nuevas propuestas de política deben incluir una evaluación de su compatibilidad y consistencia con políticas establecidas.**

## CONCLUSIONES

En la Región se han realizado avances en la identificación de las áreas clave de la biotecnología, así como también de los principales aspectos a tener en cuenta para la decisión conjunta. Buena parte del trabajo se ha centrado en la identificación de los temas estratégicos y en el desarrollo de una lógica para un enfoque más orientado hacia el mercado, no sólo para la investigación en biotecnología sino también para su aplicación en la agricultura.

El análisis en este trabajo ha intentado adelantar un paso más esos hallazgos, de tal manera que se desarrolle un marco sistemático para los distintos pasos necesarios para desarrollar las políticas globales destinadas a alcanzar esos objetivos. El informe comienza sintetizando:

- Los temas que deben enfrentar los países de ALC, basándose en estudios previos.
- Las políticas y estrategias de algunos países industrializados.
- Oportunidades, amenazas y desafíos que enfrentan los países de ALC.

A continuación de esos temas, se presentaron 20 lineamientos para la definición de políticas de desarrollo de la agrobiotecnología orientadas

a apoyar el logro de objetivos económicos y sociales estratégicos en ALC.

El proceso de cuatro fases propuesto para la formulación de políticas, si fuera puesto en práctica, requeriría el desarrollo de acuerdos sobre planes de acción y responsabilidades para cada fase. El punto de partida para los planes de trabajo es la identificación de los intereses económicos y agropecuarios estratégicos para cada subregión y su traducción a un marco de necesidades agropecuarias y oportunidades específicas para la biotecnología. Por lo tanto, la asignación temprana de responsabilidades en el orden subregional será el primer paso crítico en la formulación de políticas. Una vez que eso se haya hecho, será necesario identificar áreas específicas de prioridad para la biotecnología en el plano subregional. Con estos bloques subregionales, se puede proceder a la construcción sistemática de una estructura de política regional para América Latina y el Caribe.

El papel del proceso facilitador de consenso en el desarrollo de políticas y su ejecución asumen distintas formas en el campo internacional; sin embargo, constituye la clave del éxito de la política. La selección del estilo o método para la obtención del consenso parece depender de las culturas nacionales y estar entrelazado en la trama de valores y expectativas institucionales sobre los roles y responsabilidades del sector público y privado. Alcanzar este consenso en un ámbito multinacional resulta muy complejo, ya que seguramente no existirá un proceso uniforme ni que sea de fácil estructuración.

Ya anteriormente se ha sugerido que la estructura motivacional de las instituciones y "la manera de hacer las cosas" constituyen una "tecnología blanda" que puede afectar el proceso de desarrollo. Los medios de consenso pueden tener las mismas propiedades y capacidades socioeconómicas y un profundo impacto sobre la calidad y la administración del cambio. Este es un desafío central para el IICA y los países de ALC, a medida que se aproveche y oriente el poder económico potencial de la biotecnología hacia la agricultura y la industria alimentaria de la Región.

## BIBLIOGRAFIA

- BUSINESS INTERNATIONAL CORPORATION.** 1989. Investing, Licensing and Trading Conditions Abroad. New York, N.Y.
- CANADIAN INTERNATIONAL DEVELOPMENT AGENCY (CIDA).** 1987. Agriculture Sector Development Issues. Ottawa, Canadá.
- COOPERS AND LYBRAND.** 1990. What do Venture Capitalists Think About Biotechnology?
- DE JANVRY, A.; RUNSTEN, D.; SADOULET, E.** 1987. Technological Innovations in Latin American Agriculture. Department of Agricultural and Resource Economics. University of California, Berkeley.
- GAVORA, J.S.; LISTER, E.E.** Practical and Ethical Considerations of Agricultural Research Assistance for the Third World. *Journal of Agricultural Ethics*, 2: 307-322.
- IICA.** 1989. Plan of Joint Action for Agricultural Reactivation in Latin America and the Caribbean (PLAN-LAC). Principal Document. San José, Costa Rica.
- ISTC, FOOD PRODUCTS DIRECTORATE.** 1989. Agri-Food Industrial Biotechnology in Canada. New York, N.Y.
- LE BARON, H.M.** 1987. Biotechnology in Agricultural Chemistry. American Chemical Society. Washington, D.C.
- MOLNAR, J.J.; KINCUNAN, H.** 1989. Biotechnology and the New Agricultural Revolution. American Society for the Advancement of Science.
- NATIONAL BIOTECHNOLOGY ADVISORY COMMITTEE.** 1987-1988. Annual Report. Ottawa, Canadá
- OECD.** 1988. International Survey on Biotechnology Use and Regulations. OECD Environment Monographs. N° 39. París, Francia.

- SERCOVICH, F.C.; LEOPOLD, M. 1991. *Developing Countries and the New Biotechnology: Market Entry and Industrial Policy*. International Development Research Centre. Ottawa, Canada.
- SHEMILT, L.W. (Ed). 1982. *Chemistry and World Food Supplies: The New Frontiers*. Chemrawn II, Canada. Pergamon Press.
- EXTERNAL AFFAIRS AND INTERNATIONAL TRADE CANADA. 1990. *Technology Prospecting Abroad: A Guide to Technology Opportunities in Selected Countries*. Ottawa, Canadá.
- TECHNOMIC PUBLISHING COMPANY, INC. 1988. *An Assessment of the Biotechnology Agribusiness Industry*.
- TRIGO, E.; RUNSTEN D. 1989. *Hacia una Estrategia Tecnológica para la Reactivación de la Agricultura de América Latina y el Caribe*.
- U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE (USDC) 1988. *Biotechnology in Japan*. International Trade Administration. Washington, D.C., U.S.A.
- WITT, S.C. 1985. *Biotechnology and Genetic Diversity. California Agricultural Lands Projects*.
- YUAN, R.T. 1987. *Biotechnology in Western Europe*. United States Department of Commerce, International Trade Administration. Washington, D.C., U.S.A.



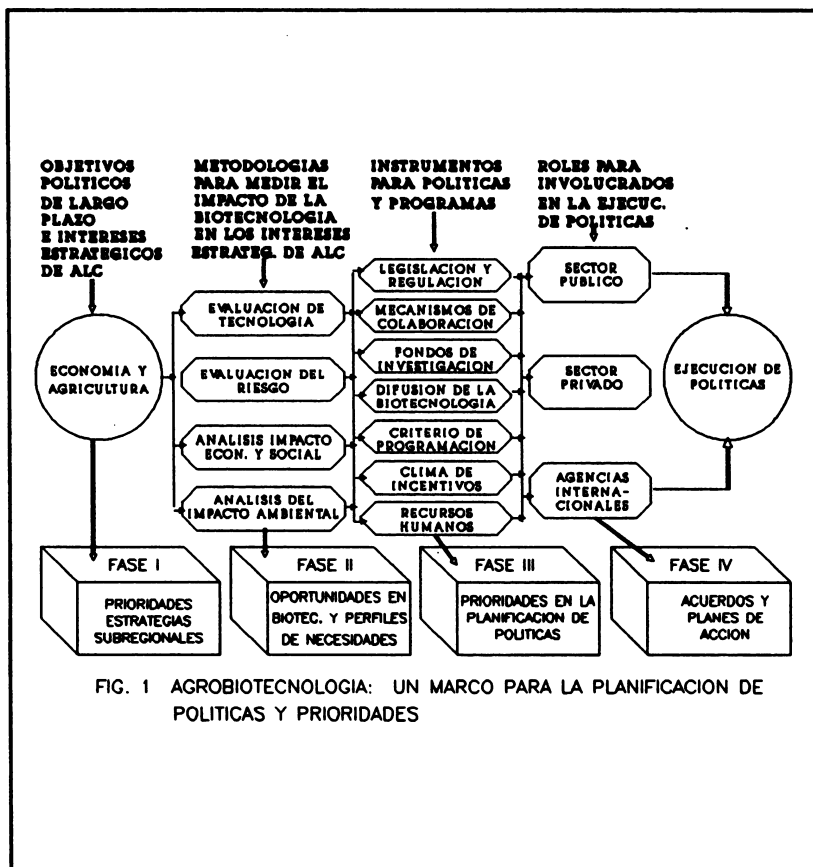


FIG. 1 AGROBIOTECNOLOGIA: UN MARCO PARA LA PLANIFICACION DE POLITICAS Y PRIORIDADES

IMPACTO EN CAMPO DE INVERSION	TRABAJO	INGRESOS	INVERSION	IMPACTO TOTAL
PLANTAS				
ANIMALES				
MICROBIOS				

FIG. 2 ALC SUBREGION A. IMPLICACIONES DE LA INVERSION  
EN CAMPOS SELECCIONADOS DE BIOTECNOLOGIA

ECONOMIA SECTOR AGROPECUARIO	1.1 BALANZA PAGOS	1.2 PRECIO	1.3 SALARIOS REALES	1.4 SUBSIDIOS	1.5 MERCADOS	1.6 INDUSTRIA	IMPACTO TOTAL
2.1 VENTAJAS COMPARATIVAS							
2.2 SUSTITUCION DE COSTOS							
2.3 AHORRO EN TIERRA							
2.4 SUSTITUCION IMPORTACIONES							
2.5 REDISTRIBUCION DE INGRESOS							
2.6 INVESTIGACION							

FIG. 3 IMPACTO POTENCIAL DEL MEJORAMIENTO DEL SECTOR AGRICOLA EN EL COMPORTAMIENTO DE LA ECONOMIA

OBJETIVO AGRICOLA CAMPO BIOTEC- NOLOGICO	VENTAJAS COMPARA- TIVAS	INSUMOS DE BAJO COSTO	AHORRO EN TIERRA	SUBSIDIO A LAS IMPORTAC.	REDISTRIBUCION DE IMPORTAC.	REDISTRIBUCION DE BENEFICIOS	TOTAL
PLANTAS							
MICROBIOS							
ANIMALES							

FIG. 4 IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LA AGRICULTURA

	TECNOLOGIA 1	TECNOLOGIA 2	TECNOLOGIA 3
REGULACIONES LEGALES			
MECANISMOS DE COLABORAC.			
FINANCIAMIENTO DE LA INVESTIGACION			
DIFUSION DE LA BIOTECNOL.			
CRITERIOS PROGRAMATICOS			
INCENTIVOS PARA LA INVERSION			
RECURSOS HUMANOS			

FIG. 5 OBSTACULOS Y BARRERAS AL CAMBIO Y NECESIDADES CRITICAS PARA LA RESOLUCION DE POLITICAS. PRIORIDADES EN BIOTECNOLOGIA

<b>POLITICA</b> <b>OBJETIVO</b>	<b>OPCION 1</b> <b>LICENCIA MAS</b> <b>DEPOSITARIOS</b> <b>NACIONALES</b>	<b>OPCION 2</b> <b>LEGISLACION</b> <b>COMPATIBLE CON</b> <b>GATT. ARMONIZADA</b> <b>EN ALC</b>	<b>OPCION 3</b> <b>SIN ACCION</b>
<b>INVERSION EN</b> <b>EL SECTOR</b> <b>PRIVADO</b>	MEDIA: MAS INVERSION NACIONAL	NIVEL MAS ALTO POSIBILIDAD DE EMPREDIMIENTOS CONJUNTOS EXTRANJEROS/ NACIONALES	NIVEL BAJO EMPREDIMIENTOS
<b>ESPECIA-</b> <b>LIZACION</b>	POTENCIAL MEDIO	MEJOR OPORTUNIDAD	NIVELES MODESTOS
<b>COSTO PARA</b> <b>AGRICULTOR</b>	MEDIO	PRECIOS MAS ALTOS MEJOR CALIDAD DE SEMILLA	BAJO: LA CALIDAD DE SEMILLA NO ES LA MEJOR
<b>ACCESO AL</b> <b>MATERIAL</b> <b>GENETICO</b> <b>INTERNACIONAL</b>	MEJORA PERO NO COMPLETO	MEJOR POTENCIAL NIVEL GATT	POTENCIAL MAS BAJO

FIG. 6 EFECTIVIDAD DE LAS OPCIONES DE POLITICA PARA APOYAR  
LOS DERECHOS DE PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LOS  
OBTENTORES DE PLANTAS

## **NOTAS PARA LA DEFINICION DE UNA POLITICA DE DESARROLLO TECNOLOGICO**

**Ignacio Avalos<sup>1</sup>**

### **LA TECNOLOGIA**

En términos muy generales, la tecnología puede ser entendida como el conjunto de conocimientos organizados que son utilizados en la actividad productiva. Tales conocimientos son de diverso tipo, tienen distinto origen y se aplican en la concepción, operación, perfeccionamiento y expansión de las instalaciones productivas.

Diversos aspectos contribuyen, en cada caso particular, a caracterizar la tecnología. En efecto, ésta puede ser reciente o madura, de producto o de proceso, flexible o no en cuanto a la posibilidad de sustitución factorial o a los requerimientos de escala, susceptible o no de ser sometida a la "ingeniería al revés", sencilla o compleja, "central" con respecto a un determinado sistema productivo o "periférica" al mismo, más o menos apropiable, entre otras opciones.

Asimismo, la tecnología puede estar incorporada en maquinarias y equipos o en los recursos humanos, o puede estar "desincorporada", es decir disponible en algún tipo de información técnica de carácter escrito. La tecnología circula y se transmite por medio de estas vías.

Desde el punto de vista económico, la tecnología se concibe como una mercancía, lo cual significa que tiene un precio, puede ser apropiada de alguna manera y, por tanto, comprada y vendida en un mercado.

### **EL DESARROLLO TECNOLOGICO**

El cambio tecnológico puede entenderse como un proceso general que incluye tres procesos parciales, los cuales suelen interactuar estrechamente entre sí.

---

<sup>1</sup> Director, Centro para el Estudio de Nuevas Tecnologías, Caracas, Venezuela.

El primero es el proceso de invención, el cual se refiere a la generación de ideas para fundamentar nuevas tecnología o para mejorarlas; el segundo es el proceso de innovación, que tiene lugar cuando los inventos modifican la actividad productiva; el tercero es el proceso de difusión, el cual toma cuerpo cuando se generaliza la adopción de las innovaciones y deja sentir sus efectos de transformación, a lo largo de toda la estructura económica, en una determinada rama industrial o, de manera aún más específica, en un segmento reducido de productos.

Usualmente, el desarrollo tecnológico es entendido sólo a partir de los dos primeros procesos, el de invención y el de innovación. Al hacerlo se enfatiza la oferta de nueva tecnología y se supone que el proceso de difusión se da mediante la adopción pasiva de la tecnología por parte de empresas distintas a aquella que la generó. En los países de la Región, la política científica y tecnológica ha estado mucho más dirigida a la invención que a la innovación o la difusión.

A partir de cierto nivel, estos cambios pueden dar paso a nuevos productos o procesos; se trata, en consecuencia, de una innovación. Por eso resulta difícil establecer fronteras claras entre innovación y difusión; tampoco resultan del todo claras, en la práctica, las diferencias entre invento e innovación.

Desde el punto de vista conceptual resulta más exacto entender el desarrollo tecnológico (y el cambio tecnológico, que es su expresión práctica) a partir de la interacción de los tres procesos arriba mencionados. Esa perspectiva de análisis es de suma importancia para la comprensión de la naturaleza del desarrollo tecnológico en las economías subdesarrolladas. El funcionamiento de éstas descansa en buena medida en la difusión internacional de tecnología, a la cual están indisolublemente ligados los procesos de transferencia internacional de tecnología. Este hecho es, sin duda, un dato decisivo para el diseño de políticas y acciones, tanto de carácter público como privado.

## LA CAPACIDAD TECNOLÓGICA

Una empresa (o, a otro nivel, un país o un sector industrial), tiene capacidad tecnológica cuando puede disponer y hacer uso adecuado de



las tecnologías que requiere para desempeñarse de manera competitiva en el mercado.

En términos amplios, y sobre la base de lo señalado en el apartado anterior, la capacidad tecnológica implica que la empresa está en condiciones de generar (inventar e innovar) y/o adoptar las innovaciones tecnológicas que le permiten realizar cada vez mejor sus actividades de producción. En términos un poco más específicos ello significa, por parte de la empresa, contar con el conocimiento y la infraestructura para:

1. Identificar necesidades y oportunidades tecnológicas.
2. Seleccionar y evaluar las tecnologías que requeridas.
3. Generar tecnologías por cuenta propia.
4. Contratar el desarrollo de las tecnologías que se son necesarias a un tercero (un centro de investigación, una firma de ingeniería).
5. Adquirir tecnologías ya disponibles en el mercado.<sup>2</sup>
6. Asimilar y usar la tecnología.
7. Adaptar y modificar la tecnología utilizada.

## LA CAPACIDAD INNOVATIVA

La capacidad innovativa es la parte medular de la capacidad tecnológica. El desarrollo tecnológico de un país, de una rama industrial o de una empresa, se manifiestan en su capacidad para generar innovaciones (aspectos 3, 5, 6 y 7 del apartado anterior), aunque los otros elementos identificados resultan claves, incluso con relación al mismo proceso innovativo.

---

<sup>2</sup> En realidad, cuando la empresa acude al mercado no encuentra una tecnología diseñada a la medida exacta de sus necesidades. Lo usual es que tenga que ser modificada en algún grado para que coincida con las condiciones en que se la va a emplear. Esto supone, tanto de parte de la propia empresa como de su proveedor, la capacidad para definir los cambios requeridos y llevarlos a cabo. En esa perspectiva, se diluye un tanto la distinción entre este punto y el anterior.

Así, una tecnología mal adquirida, es decir evaluada y negociada de forma inadecuada, difícilmente puede ser asimilada a plenitud por la empresa y, por tanto, es poco probable que pueda ser rediseñada o mejorada por ésta a partir de la introducción de cambios incrementales. Toda empresa debe tener capacidad para generar innovaciones tecnológicas. Naturalmente, esa capacidad varía en función de diversos factores, tales como el tamaño de la propia empresa, el sector industrial en el cual se mueve, el sistema tecnológico que utiliza y la naturaleza del mercado que actúa. Factores como los mencionados no sólo sirven para calibrar la posibilidad de innovar de la empresa, sino también la importancia que reviste que lo haga en términos de su desempeño estratégico. Desde esa perspectiva, es fácil advertir que la estrategia tecnológica (en lo que respecta a su importancia, a sus condiciones de viabilidad y a sus objetivos), varía de acuerdo con las características de la empresa y del sector en que ésta se desempeñe.

La capacidad de innovación se manifiesta en la generación de cambios tecnológicos de diversa importancia y de distinto grado de complejidad. Algunos, como se ha señalado, están asociados a un proceso de invención/innovación que culmina con la creación de productos o procesos nuevos; otros, en cambio, están vinculados al proceso de difusión/adopción de tecnologías generadas por otras empresas y terminan con la mejora de tales productos o procesos. En otras palabras, aquellos constituyen avances importantes en el desarrollo tecnológico, rupturas más o menos radicales en relación con los conocimientos y las tecnologías ya existentes (ejemplos, el automóvil a principios de siglo, la computadora hoy), mientras que los segundos ponen en evidencia cambios constantes dentro de un mismo "sendero tecnológico", que se manifiestan en el perfeccionamiento del diseño de un equipo, en el aumento del rendimiento de una máquina, en el reemplazo de una materia prima; en fin, en variantes más o menos apreciables de un desarrollo tecnológico previo.

## EL PROCESO DE INNOVACION TECNOLOGICA

La innovación tecnológica se define como el uso industrial y económicamente beneficioso de productos o procesos nuevos o mejorados. En el proceso innovativo participan diversos actores (laboratorios, firmas de ingeniería, clientes, empresas de bienes de

capital, empresas consultoras, entidades financieras, sistemas de información, etc.), cada uno de los cuales aporta capacidades e informaciones que se combinan de diversa manera y en distintas dosis para hacer posible la innovación.

Sin embargo, el agente fundamental de dicho proceso es la empresa. Esta es la que hace posible la conjugación de posibilidades técnicas con oportunidades económicas. La importancia y las posibilidades de desarrollar una capacidad endógena de innovación varían, como ya se dijo, de empresa a empresa en función de diversos factores.

## LA INNOVACION COMO PROCESO ECONOMICO

Para que tenga lugar una innovación tecnológica no basta con que exista la capacidad técnica de crear algún bien nuevo o una manera nueva de hacerlo. Es preciso también que exista un mercado, esto es que exista la posibilidad económica de que los nuevos conocimientos puedan ser empleados. Si bien es cierto, entonces, que el proceso de innovación puede ser puesto en marcha, bien por la oferta, bien por la demanda, es indispensable que se dé el encuentro de una y otra. No se puede enfocar el proceso innovativo sólo desde el punto de vista técnico. La historia del desarrollo tecnológico es rica en ejemplos de productos exitosos desde la perspectiva técnica y de ingeniería que condujeron a grandes fracasos comerciales.

## LA INNOVACION COMO INTEGRACION DE DIVERSOS CONOCIMIENTOS

El proceso innovativo se da a partir de distintos tipos de actividad, los cuales dan lugar a distintos flujos de información que, a su vez, se conjugan de diferente manera para lograr a un nuevo producto o proceso o su modificación. La innovación tecnológica es posible a partir de la organización de un conjunto diverso de conocimientos (científicos, técnicos, empíricos), los cuales provienen de diferentes fuentes (descubrimientos científicos, libros, manuales de producción, patentes, equipos) y se logran por diversas vías (investigación, desarrollo, adaptación, copia, asistencia técnica).

De acuerdo con la clase de innovación, el peso relativo de cada uno de los conocimientos que la nutren varía, así como su origen y la manera de obtenerlo. Sin embargo, siempre hay que visualizar el proceso innovativo como una búsqueda de la conjunción de múltiples informaciones, capacidades y destrezas. Es una condición indispensable para que el mismo pueda tener lugar y, desde luego, para que las políticas y los esquemas institucionales se formulen de manera adecuada.

Dentro del proceso de innovación tecnológica, la información proveniente de las actividades de investigación no siempre está presente de la misma manera y con el mismo grado de importancia, y no siempre representa su punto de partida. De allí, las insuficiencias del aludido modelo lineal de innovación para la definición de estrategias y de políticas.

Una parte importante de la actividad innovativa se da a partir del conocimiento disponible para cualquier persona competente en su campo, sin que se requieran conocimientos nuevos generados a partir de la investigación científica.

Por otro lado, los resultados de la investigación, en el caso en que se hagan presentes, constituyen sólo uno de los insumos requeridos, cuya importancia varía según los casos. Esto se observa, de manera indirecta, por medio de los costos asociados al proceso de innovación. En efecto, se ha estimado que dentro del costo promedio, los recursos destinados a la investigación científica representan sólo alrededor de 10% del total. Obviamente ese porcentaje varía por tipo de industria: en las industrias de alta tecnología (biotecnología, microelectrónica, nuevos materiales) seguramente es más alto que en las tradicionales (calzado).

Las actividades que se realizan en un laboratorio usualmente dan lugar a inventos, no a innovaciones. Para que éstas se produzcan es imprescindible que se lleven a cabo otras actividades: desarrollo, ingeniería, fabricación de equipos y maquinaria, producción y comercialización, las cuales representan aproximadamente 90% de los costos totales asociados al proceso innovativo. Sólo si las mismas se llevan a cabo es posible convertir los inventos en innovaciones susceptibles de ser utilizadas económicamente. Y esto último ocurre cuando está involucrada la empresa.

## LA INNOVACION IMPLICA UN PROCESO DE ACUMULACION

Se ha establecido, en líneas generales, que desde la primera concepción del invento hasta su uso comercial como innovación, pueden transcurrir varios años. Si bien es cierto que hoy los lapsos se han acortado de manera notable, el tiempo sigue siendo una variable decisiva a la hora de asignar recursos para el desarrollo de una innovación. El tiempo que consume el proceso innovativo está en función de aspectos de carácter técnico y de carácter comercial. En otras palabras, el proceso lleva tiempo en la medida en que el innovador tarda en generar, desde la base de los conocimientos disponibles, los conocimientos nuevos que requiere para desarrollar o modificar productos o procesos; lleva tiempo, asimismo, en la medida en que el invento tarda en convertirse en innovación.

La duración del proceso innovativo está asociada a diversos factores. No es difícil imaginar que el proceso es más corto para una innovación incremental que para una radical, para el proceso que lleva a cabo una empresa grande en comparación con el que realiza una pequeña, etc.

## LOS RIESGOS EN EL PROCESO DE INNOVACION

Cuando se inicia el proceso de innovación no se sabe si se logrará el producto o proceso que se busca, ni si una vez logrado podrá ser explotado industrialmente de manera exitosa. Algunas estadísticas de los países industrializados indican que sólo uno de cada diez proyectos de investigación llega a ser un éxito comercial y que la mitad de los recursos financieros asignados a actividades innovativas por parte de las empresas no terminan en resultados aplicables desde el punto de vista industrial. En otras palabras, en general existe un riesgo en la inversión destinada a la actividad innovativa, el cual suele ser mayor que en otras actividades económicas.

Se pueden distinguir cinco tipos de riesgo:

1. *El riesgo técnico, asociado al proceso mismo de generación del invento. Siempre existirá la duda acerca de si se podrá disponer del cúmulo de conocimientos y de capacidades requerido para desarrollar o modificar un producto o un proceso, y si se lo podrá hacer dentro del tiempo inicialmente estipulado.*

2. *El riesgo asociado al proceso de manufactura del invento.* No basta con que se logre el resultado buscado, sino que hace falta llevar a cabo la ingeniería requerida para producir o implementar el invento a escala comercial. Es necesario precisar el riesgo que comporta la realización de tales actividades, cuyo fracaso absoluto (o aún la demora en generar resultados) puede hacer que el invento no pase a ser innovación.
3. *El riesgo comercial asociado a la introducción comercial del invento.* El buen desempeño industrial del invento no garantiza su conversión en innovación. Hace falta que pueda ser llevado al mercado y tenga éxito en él. La historia del desarrollo tecnológico muestra infinidad de casos de pérdida de inversiones no por razones técnicas, sino económicas.
4. *El riesgo asociado a la difusión prematura de la innovación,* la cual acarrea la pérdida del control sobre la misma y, por ende, de su explotación en condiciones de exclusividad; ello, a su vez, implica pérdidas económicas, bien porque no se llega a recuperar la inversión hecha en la innovación, bien porque disminuyen las ganancias esperadas.
5. Finalmente, *el riesgo asociado a la obsolescencia tecnológica,* el cual puede afectar al innovador en sentido parecido al riesgo asociado a la difusión prematura de la innovación. En efecto, el lanzamiento al mercado, por parte de firmas competidoras, de un producto o proceso nuevo que reemplace rápidamente al generado por la empresa, puede hacer que ésta pierda total o parcialmente la inversión realizada en su propia innovación.

Por supuesto, el riesgo no es siempre el mismo para todas las innovaciones, ni en lo que concierne a su grado ni en lo que atañe a su tipo. En ambos sentidos varía de acuerdo con muchos factores, entre los cuales es menester mencionar principalmente tres:

1. *Las características del innovador.* Como cabe suponer fácilmente, ni la magnitud ni el tipo de riesgo son los mismos para un invento individual, para una pequeña empresa o para una gran empresa; no son iguales para una empresa que se desempeñe dentro de un mercado competitivo que para la que se mueve en un entorno oligopólico.

Los riesgos para la que produce con destino al mercado interno no son similares para la que lo hace para el mercado internacional. En cada caso varía la capacidad de disponer de la inversión necesaria para emprender el desarrollo de la innovación, la infraestructura tecnológica para llevarla a cabo, la capacidad para introducirla en el mercado y la posibilidad de mantener la exclusividad de la explotación. Como regla de carácter general, y atendiendo sólo a este factor, podría señalarse que la empresa grande se encuentra en mejores condiciones para llevar adelante el proceso de innovación y representa para ello, por lo tanto, un grado menor de riesgo.

2. *El tipo de innovación.* No se cuenta con muchas pautas para encasillar estrictamente la relación entre el tipo de innovación y el riesgo. Sin embargo, en líneas generales se ha logrado establecer que la llamada innovación "mayor" (más asociada a la investigación, actividad incierta por definición), comporta niveles de riesgo más elevados (en los distintos tipos indicados arriba) que la innovación "menor" (Incluso aunque existan pequeñas innovaciones exentas de todo riesgo) e, igualmente, se asume que en la innovación de proceso el riesgo comercial y el de la difusión prematura son menores que en la de producto.
3. *Las características del entorno general.* Ni la magnitud ni el tipo de riesgo son iguales para una empresa de un país subdesarrollado que para la de un país industrializado, porque sus sistemas de innovación (en cuanto a recursos y organización) son diferentes.

#### UNA DIGRESION: LA NECESIDAD DE LA INTERVENCION DEL ESTADO

En estos tiempos no está de más hacer un pequeño recordatorio sobre este tema. Diversos estudios han argumentado que las fuerzas del mercado no conducen a una óptima asignación de los recursos que se precisan para el desarrollo de innovaciones.

Las fallas del mercado y las discrepancias, al menos parciales, entre el interés público y el interés privado, fundamentan la necesidad de la intervención del Estado en el estímulo y orientación del proceso innovativo. En efecto:

1. Como ya se señaló, la actividad innovativa es incierta y, por tanto, siempre comporta algún nivel de riesgo, el cual puede llevar a situaciones más o menos graves de subinversión en algunos casos si la decisión de asignar recursos se deja enteramente al arbitrio de las fuerzas del mercado.
2. Los resultados generados por la actividad innovativa son variables, de acuerdo con diversos factores difíciles de prever con exactitud. En términos económicos, representan externalidades sobre las cuales la empresa sólo llega a tener un control relativo. En ese sentido, la tecnología se comporta como un "bien público" y genera beneficios que no son capturados con exclusividad por quien la desarrolló.

Por esa razón, en las inversiones en actividades innovativas la tasa social de retorno usualmente es mayor que la tasa privada: más allá de los beneficios que le genera a la empresa, la actividad de innovación deja un saldo de beneficios colectivos que son de suma importancia desde el punto de vista del desarrollo económico de un país: difusión del conocimiento, elevación del nivel de capacidad de los recursos humanos y, en definitiva, fortalecimiento de un sistema de innovación que hace que la industria sea más competitiva.

3. El proceso innovativo implica inversiones que hasta cierto punto están caracterizadas por ser "indivisibles", en el sentido económico del término. Hay umbrales mínimos en lo que se refiere a inversiones en personal, en equipos y, en general, en todo tipo de recursos, lo cual se traduce en economías de escala (variables según los casos) y, desde luego, barreras a la entrada que hacen difícil la realización de actividades innovadoras, sobre todo las orientadas hacia cambios técnicos de cierta importancia, a un gran número de empresas.
4. El proceso de innovación tecnológica suele requerir lapsos prolongados antes de llegar al resultado económico, y el mercado no siempre envía señales claras para orientar las inversiones a largo plazo.
5. Finalmente, en el caso de los países subdesarrollados, con una "cultura tecnológica" precaria y sistemas de innovación débiles, el papel gubernamental se hace aún más imprescindible.



Es importante señalar que el hecho de que el mercado presente fallas como las mencionadas no debe llevar a la conclusión de que las mismas sólo (o principalmente) se subsanan mediante la inversión pública. En otras palabras, el papel del Estado con relación al proceso de innovación tecnológica no debe asimilarse de manera exclusiva al rol de inversionista. El Estado, aparte de su misión en la creación de infraestructura (centros de investigación, sistemas de información, formación de recursos humanos), desempeña un papel de promoción de primer orden, el cual puede llevar a cabo por medio del diseño de políticas y la creación de mecanismos institucionales de diversa índole, dirigidos a complementar de manera efectiva el funcionamiento del mercado sin que, en todos los casos, ello deba implicar la asignación de recursos financieros por parte del sector gubernamental.

## LA NUEVA POLITICA

Los aspectos teóricos que se han considerado en este trabajo permiten establecer de manera general algunos de los rasgos que deberían caracterizar a la nueva política.

1. *Las políticas deben ser de innovación tecnológica, no de "ciencia y tecnología".* Su propósito no debe ser sólo el de fomentar la capacidad de generar nuevos conocimientos, sino también el de asimilar, adaptar, mejorar, difundir y utilizar los conocimientos en los procesos de producción de bienes y servicios. Deben ser elaboradas, en consecuencia, desde una perspectiva primordialmente económica, no académica.

La construcción de una capacidad tecnológica y, dentro de ella, una capacidad de innovación que se relaciona esencialmente con el medio productivo y debe ser llevada a cabo por las empresas y teniendo en cuenta el punto de vista del Estado, debe ser responsabilidad de los entes encargados del desarrollo económico.

Es, al fin de cuentas, un tema de la política sectorial que no puede ser entendido y manejado desde el medio académico y visto desde el prisma de las organizaciones científicas o de las estructuras tecnoburocráticas ligadas a ellas. La visión tradicional de la "política científica y tecnológica" y de los "planes de ciencia y tecnología" es conceptualmente limitante, como lo es también la organización institucional que los sustenta, cuyo eje son los CONCYT (Consejos

Nacionales de Ciencia y Tecnología) que, con ligeras variantes, existen en toda la Región.

En síntesis, en tanto que el proceso de innovación tecnológica es de naturaleza económica, el centro de gravedad de las políticas es la empresa (no el laboratorio). Es la empresa la que puede articular los diversos insumos que concurren para hacer posible la innovación y su uso.

2. *Las políticas no pueden ser "ofertistas" en el sentido ya comentado.* La distinción oferta–demanda es inexacta y, además, desorientadora. El solo estímulo a la oferta científica no basta. Las capacidades requeridas para la innovación son ubicuas y están tanto del lado de las instituciones que tradicionalmente se localizan en la "oferta" (centros de Investigación), como las que son percibidas dentro de la "demanda" (las empresas). Las políticas deben apuntar al establecimiento de esquemas institucionales variados que permitan y estimulen el flujo y la integración de las informaciones y capacidades requeridas para que tenga lugar el desarrollo y uso de innovaciones.
3. *Las políticas deben dejar de ser "estatistas", según la acepción ya señalada.* El sector privado, por medio de sus diferentes actores, debe aumentar su participación. Caben a este respecto varios comentarios:
  - a) Sin ser el único indicador a los efectos de reflejar tal participación, la inversión en las actividades de investigación y desarrollo (I y D) deben aumentar ostensiblemente, hasta situarse en niveles parecidos a los que exhiben los países de mejor desempeño tecnológico.
  - b) El esquema clásico, empleado casi con exclusividad por parte del sector público para financiar el desarrollo científico y tecnológico, debe ser utilizado de forma más selectiva y, al mismo tiempo, abrir paso a esquemas más representativos de la economía de mercado. En otras palabras, el apoyo financiero del Estado debe concentrarse más en las primeras fases del proceso innovativo, aprovechando los esquemas de financiamiento privilegiado (subsidios, créditos blandos) y dejar que el mercado actúe por medio de sus mecanismos

en la medida en que el proceso se aproxima a la fase comercial (ver Fig. 5 al final de este Capítulo).

- c) De manera similar a lo señalado en el punto anterior, los centros de investigación, sobre todo los de carácter industrial o tecnológico, deben reforzar aún más las acciones que se han tomado en años recientes, con el fin de vincularse de una manera más adecuada con el mercado. Orientación al cliente, rentabilidad (o evitar al menos la decapitalización), aumento de los márgenes de autofinanciamiento, son expresiones que empiezan a circular en la discusión sobre los centros de investigación. La nueva agenda de la política de innovación tecnológica debe incluir con la mayor claridad posible algunos criterios al respecto. ¿Hasta qué punto los centros pueden depender de su desempeño en términos de las exigencias del mercado? ¿Cuáles son las ventajas y peligros de que se administren de acuerdo, principalmente, con estas últimas? No cabe aquí una respuesta concreta, pero sí un señalamiento de carácter general: debe haber una mejor y mayor aproximación al mercado, pero sin que la misma pervierta la misión de los centros (convertir a éstos en consultoras es un riesgo siempre presente).
- d) El Estado debe replantear su misión y sus esquemas de intervención en el campo de la innovación tecnológica. El diseño de políticas basadas en la consulta, en la integración de intereses y en la búsqueda de objetivos comunes parece ser el desiderátum. Debe evitarse el logro de acuerdos institucionales y la definición de metas colectivas que no se logran, ni por la vía del mercado ni por el expediente de la decisión burocrática. Consorcios, esquemas cooperativos para el desarrollo y uso de innovaciones, institucionalmente hablando: por allí pasan hoy los esfuerzos organizativos.
4. *Debe haber un cambio en los criterios de priorización.* En vez del "área de especialidad" (criterio eminentemente científico), del criterio de sector industrial (que lleva a compartimentos estancos) o del criterio del producto, la política de innovación tecnológica debe articularse en torno a la idea de la cadena productiva.

5. *La política no debe ser "endógena".* Es necesaria la revisión del concepto de "tecnología local" y del concepto de "proteccionismo tecnológico" en términos de superación de la dicotomía tecnológica nacional/tecnología extranjera. El desiderátum no es la "tecnología propia", sino la integración propia, vale decir, la conjunción de capacidades e informaciones provenientes del exterior con las internas. Absorción, aprendizaje, difusión, colaboración, uso, constituyen el conjunto de conceptos clave, más aún en tiempos de apertura económica y de globalización de la actividad productiva. Vale la pena una explicación un poco más larga sobre esto último, puesto que a la postre tiene que ver con un aspecto medular dentro del tema del presente ensayo: el de la integración regional.

El proceso de globalización de la economía envuelve, desde luego, las actividades de innovación tecnológica. Se pone de manifiesto por medio de un variado conjunto de acuerdos Institucionales realizados en el orden mundial, que envuelven a empresas grandes, medianas y pequeñas, así como también a laboratorios de distinto tipo y se concretan mediante mecanismos de toda índole (licencias, inversiones directas, creación de empresas mixtas, contratos de financiamiento de investigación, acuerdos para la explotación de mercados, etc.).

El fenómeno no es nuevo, pero ha cobrado gran fuerza en los últimos años. En el desarrollo de las tecnologías de punta es particularmente importante. Algunos datos relacionados con la biotecnología son muy ilustrativos. Novo Industri, una compañía danesa productora de insulina, obtuvo en el mercado británico más de cien millones de dólares para desarrollar un programa de investigación. Monsanto tiene acciones en varias empresas de biotecnología fuera de Estados Unidos y, además, ha suministrado capitales de riesgo a empresas extranjeras.

El gobierno belga financió a la empresa americana Nybritech, con el propósito de llevar a cabo investigaciones conjuntas en la Universidad de Lieja y ha constituido una empresa mixta con la firma Choron, también estadounidense, para desarrollar vacunas. Noechst, la transnacional alemana, contrató a la Universidad de Harvard para llevar adelante un proyecto en el área de biología molecular. El Instituto Tecnológico de Massachussets suscribió un convenio con la firma japonesa Ajimoto para trabajar en el campo de la biología celular. Bayer firmó otro con la Universidad de Ginebra para el desarrollo de procesos microbiológicos

en la purificación del agua. Genetech y Cetus, ambas norteamericanas, convinieron con una empresa estatal holandesa en crear una subsidiaria en Holanda, destinada principalmente al desarrollo de nuevos productos y procesos farmacéuticos.

Pero si hubiese que tomar un sólo ejemplo del proceso de internacionalización del desarrollo científico y tecnológico, éste podría ser el de Biogen, empresa de mediano tamaño, radicada en Suiza, financiada por capitales de riesgo aportados por INCO, una compañía minera canadiense, Sherong-Plough, firma farmacéutica norteamericana, la citada Monsanto y Gran Metropolitan, un grupo británico que abarca actividades hoteleras, agrícolas y ganaderas. Biogen tiene también laboratorios en Boston y una subsidiaria en Holanda para actividades de licenciamiento y mercadeo. Adicionalmente ha firmado acuerdos de diverso tipo con empresas japonesas y alemanas, así como también con centros de investigación ubicados tanto en Europa como en Estados Unidos. La estrategia de Biogen es acceder al conocimiento disponible en otras empresas y centros de investigación ubicados en distintos países, como un mecanismo de su propio proceso de acumulación de capacidades científicas y tecnológicas. Es una manera muy actual de responder a las exigencias de la competitividad que derivan de la economía global.

El fenómeno que se acaba de describir es uno de los rasgos que mejor representan la globalización de la economía y, por supuesto, no sólo tiene implicaciones en la política de las empresas y de las instituciones académicas, sino también en la estrategia de desarrollo científico y tecnológico de los países.

La internacionalización del desarrollo científico y tecnológico es impulsada principalmente, aunque no de manera exclusiva, por las empresas más grandes, que marcan el ritmo y orientación de las innovaciones; ellas no cuentan sólo con el potencial que les da la inversión realizada en sus propios laboratorios, o el que disponen en los países en donde están localizadas. Numerosos ejemplos muestran que hoy muchas de ellas han adoptado diversos dispositivos para lograr los conocimientos que precisan para generar innovaciones en donde quiera que ello resulte posible y favorable. De esa manera, crean laboratorios en otros países, contratan con laboratorios extranjeros, desarrollan programas de investigación junto con otras empresas, intercambian información o personal, entre otras medidas.

Las empresas han desarrollado "antenas" para seguir la evolución del mercado del conocimiento y obtener señales que les permitan invertir en donde les resulte más conveniente, a fin de consolidar y mejorar sus posibilidades de competir por medio del fortalecimiento de su capacidad innovativa. Por esa vía acceden a las capacidades existentes en naciones distintas a aquellas que les sirven de base.

Se ha creado, así, una densa red de nexos a escala global que envuelven con muchísima frecuencia a firmas rivales. Los ejemplos abundan, sobre todo en el campo de las tecnologías de punta (electrónica, biotecnología), pero no sólo allí. De ese modo las empresas logran encarar, de manera conjunta, los enormes costos asociados a los programas de investigación en esta área.

Pero no sólo las empresas grandes, sino también las de menor tamaño actúan de esa manera. Por otro lado, también las instituciones académicas desempeñan un papel importante en la conformación de ese proceso. También en este caso hay que decir que, si bien se trata de una práctica que siempre se dio, lo importante es la intensidad con que se tiene lugar hoy y las nuevas modalidades que ha asumido. Más allá de la enorme cantidad de estudiantes e investigadores que se encuentran en universidades y laboratorios extranjeros (en ambos aspectos se destacan los asiáticos, en particular los japoneses y los coreanos), cabe mencionar dos hechos.

Por una parte, cada vez son más numerosas las instituciones académicas que suscriben convenios con firmas extranjeras para la realización de trabajos de investigación; por otra, las instituciones académicas tienden cada vez más a suscribir convenios entre ellas mismas, sin la presencia de empresas y, la mayoría de las veces, al margen de los acuerdos intergubernamentales de cooperación. También en este caso los ejemplos son muchos, pero quizás el dato que muestra esa realidad de manera más elocuente sea el crecimiento del número de publicaciones científicas firmadas por investigadores de centros de investigación de distintos países.

Este tipo de autoría se ha duplicado en los últimos diez años; en ciertos países (Italia, Suecia, Francia, Alemania y Canadá) -de acuerdo con datos de la OECD- llega a representar alrededor de 20% del total de publicaciones.

Parece necesario, en consecuencia, revisar la agenda de las políticas nacionales, y con particular urgencia las de los países subdesarrollados. Estos se mantienen casi al margen del proceso aquí descrito, que contiene un menú de vías e instrumentos por medio de los cuales tiene lugar hoy buena parte del progreso científico y tecnológico. Quizás algunas políticas nacionales con vocación global podrían ser el mecanismo para que esos países se actualizaran. En ese marco, las políticas latinoamericanas de integración cobran aún mayor relieve.

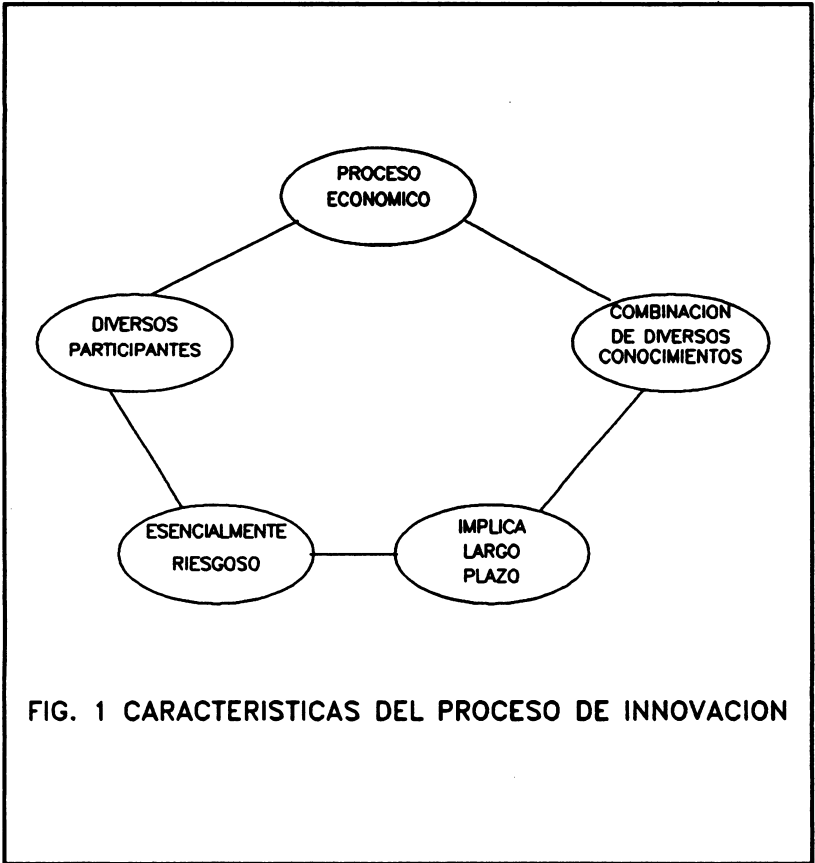


FIG. 1 CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE INNOVACION



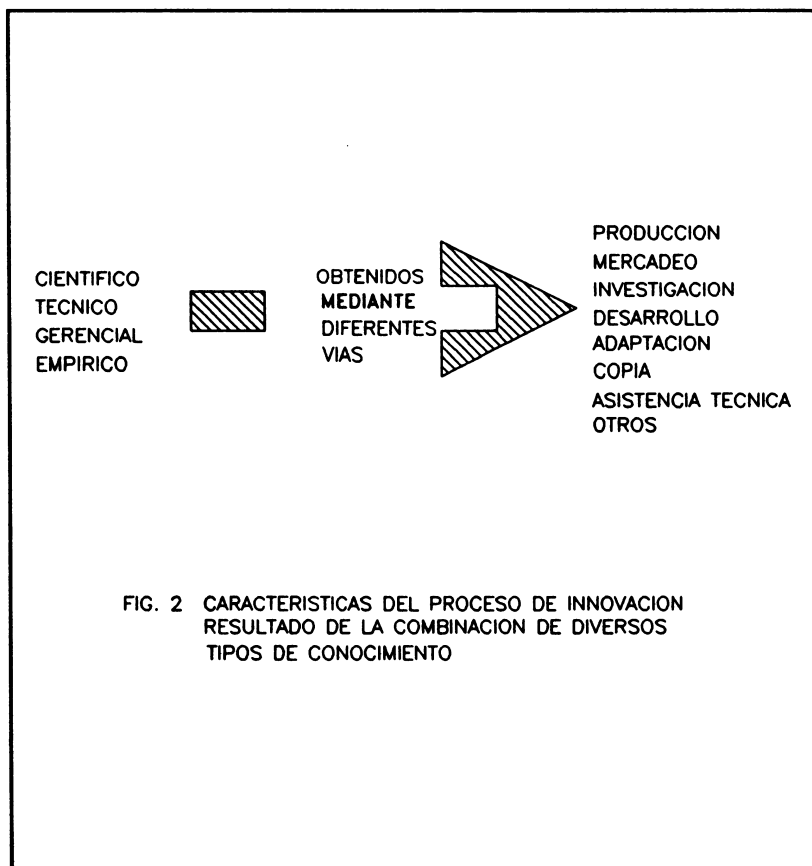


FIG. 2 CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE INNOVACION  
RESULTADO DE LA COMBINACION DE DIVERSOS  
TIPOS DE CONOCIMIENTO

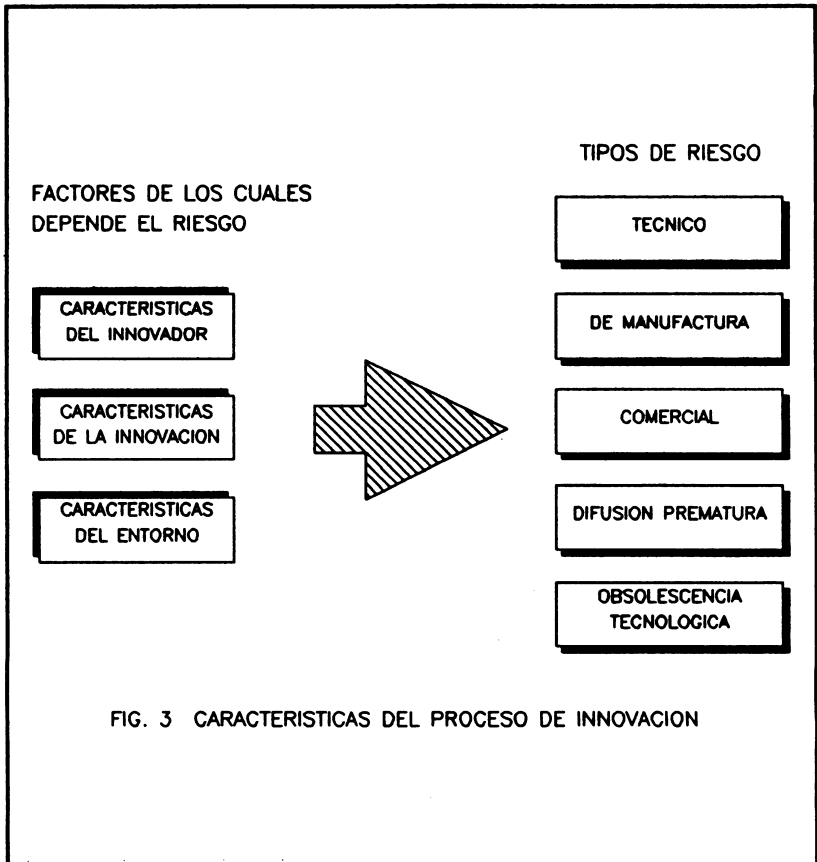


FIG. 3 CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE INNOVACION

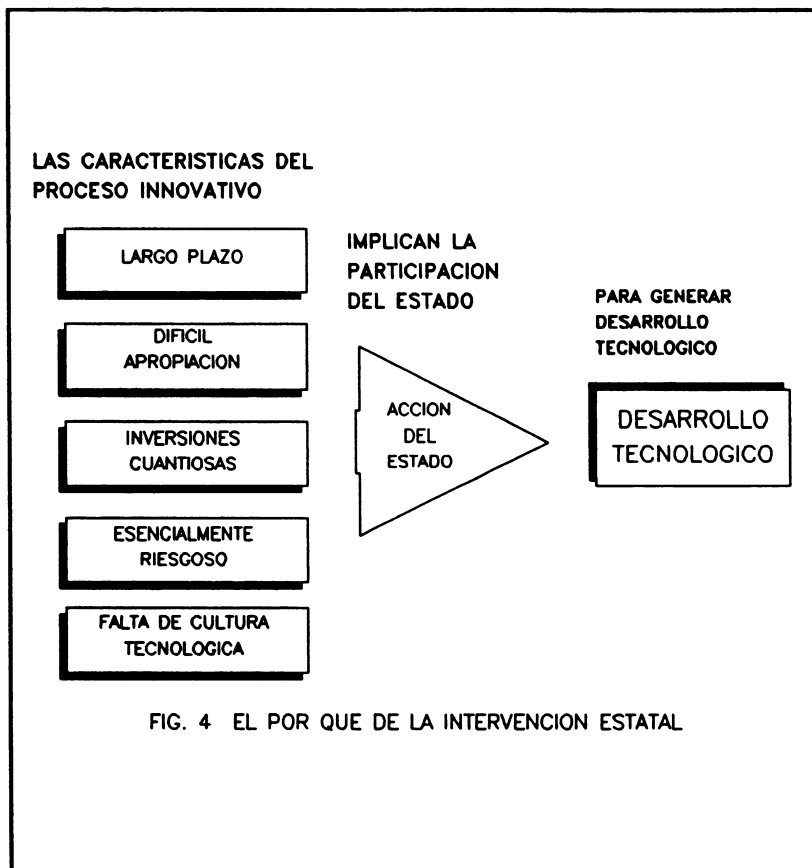


FIG. 4 EL POR QUE DE LA INTERVENCION ESTATAL

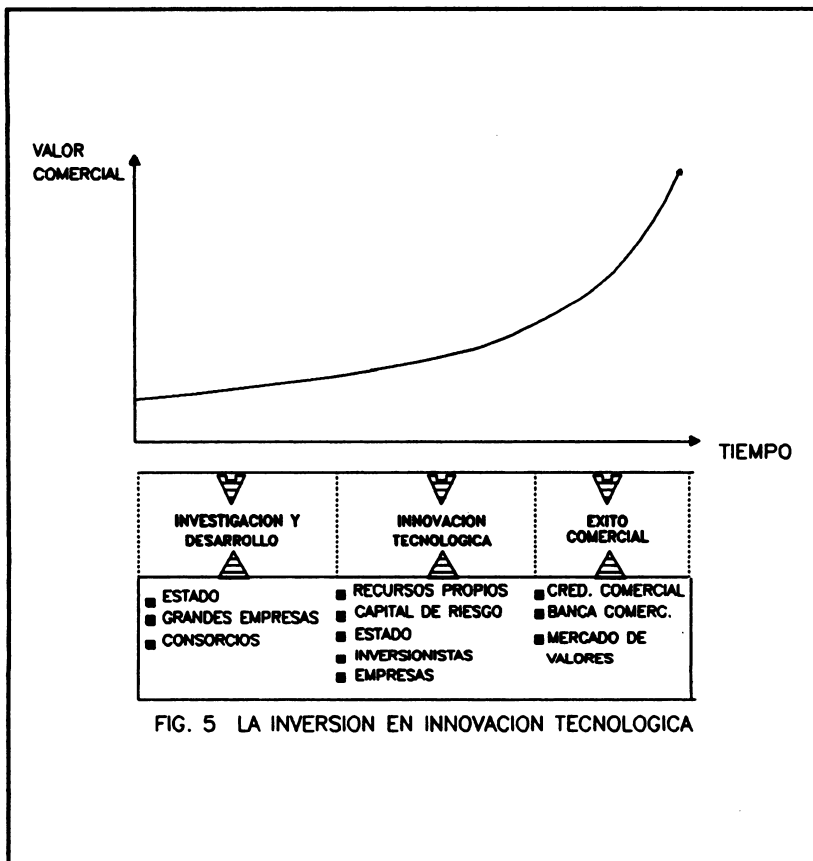


FIG. 5 LA INVERSION EN INNOVACION TECNOLOGICA

# **POLITICAS SOBRE DESARROLLO BIOTECNOLOGICO EN AMERICA LATINA**

**Carlos M. Correa<sup>1</sup>**

## **INTRODUCCION**

La biotecnología ha emergido en los últimos 15 años como una promesa de nuevas soluciones y oportunidades económicas. Empresas, laboratorios de investigación y gobiernos de los países industrializados han multiplicado las inversiones en investigación biotecnológica en los más diversos campos, incluidos la industria farmacéutica, la agroalimentaria, la química, el sector energético, etc.

Esa disciplina también representa una promesa para muchos países en desarrollo, en particular para aquellos que cuentan con una buena base científica que podría permitirles una entrada temprana al nuevo mercado de productos biotecnológicos.

América Latina no escapa al entusiasmo creado por las nuevas perspectivas. Políticos, académicos y empresarios han expresado, de muy diversas formas, la conveniencia de no quedar atrás en este nuevo y prometedor campo de actividades.

¿Qué se ha hecho en la Región para hacer realidad esas expectativas? ¿En qué medida gobiernos, empresas y centros de investigación preparan las bases de un desarrollo biotecnológico con proyecciones en el terreno científico-técnico y productivo?

El presente trabajo muestra un panorama de las capacidades científico-tecnológicas y del marco de políticas aplicables al campo biotecnológico en un amplio grupo de países latinoamericanos.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Director, Postgrado en Política Científica y Tecnológica, Universidad de Buenos Aires. Director, Revista de Derecho Industrial, Argentina

<sup>2</sup> Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Perú, Uruguay y Venezuela.

En la primera sección se presentan datos referidos a la disponibilidad de recursos humanos, las actividades de investigación y desarrollo (IyD) y a la producción. La segunda sección analiza algunos programas y políticas públicas dirigidos al sector o que inciden sobre él (en particular, mecanismos de promoción de la IyD y protección de la propiedad intelectual). La tercera sección enfoca los programas de cooperación regional establecidos sobre la materia. La cuarta sección incluye algunas consideraciones finales.

Este documento se basa, principalmente, en una investigación interdisciplinaria realizada para el Instituto para la Integración de América Latina (Correa *et al.* 1990), dirigida sobre todo al campo de la biotecnología "moderna", esto es, la fundamentada en el uso de técnicas de ingeniería genética y sus aplicaciones industriales y en usos nuevos, no fisiológicos, de células y tejidos o parte de éstos (Páes de Carvalho 1989).

Sin embargo, la información disponible no ha permitido trazar claramente una distinción entre la biotecnología "tradicional" y la "moderna". Por tal razón, ha sido inevitable que el análisis se realizara sobre datos agregados y comprensivos de ambas áreas.

## CAPACIDADES CIENTIFICO-TECNOLOGICAS Y PRODUCTIVAS

### Disponibilidad de recursos humanos

El análisis de una región tan vasta como la latinoamericana pone en evidencia fuertes contrastes y una gran heterogeneidad. Cualquier generalización resulta riesgosa, pues las diferencias existentes entre los países son numerosas y, en algunos casos, profundas. Esa comprobación es válida, por cierto, tanto en relación con la disponibilidad de recursos humanos calificados en el área biotecnológica como respecto de los demás temas abordados en este trabajo.

En la mayor parte de los países examinados se cuenta con un número considerable de científicos e investigadores de buen nivel en el área biológica.

En Argentina, alrededor de 700 investigadores y cerca de 600 becarios del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) están dedicados a las ciencias biológicas. Estas tuvieron un sólido desarrollo en ese país a partir de los grupos pioneros de Houssay y Leloir (ambos receptores del premio Nóbel), pero sólo en la última década se dio un avance significativo en biología molecular e ingeniería genética.

En Brasil, además de los estudios de grado en ciencias relacionadas con la biotecnología, desde 1985 se dictan 88 cursos de posgrado, 50 de ellos a nivel de maestría y doctorado.<sup>3</sup>

En Chile también existen carreras de maestría y programas de doctorado (de los que egresaron 72 graduados entre 1985 y 1987); se han constituido grupos científicos de alto nivel en áreas de avanzada en biología.

En Uruguay se cuenta con alrededor de 80 investigadores en ciencias biológicas y con cerca de 140 estudiantes de maestría y doctorado.

Las informaciones de Colombia, Perú y Venezuela permiten señalar la disponibilidad de investigadores, algunos de ellos altamente calificados y capaces de manejar técnicas sofisticadas; en Bolivia y Ecuador la situación es de mayor carencia.

Una primera característica general aplicable, en mayor o menor medida, a todos los países considerados es que los profesionales disponibles se orientan a tareas de laboratorio, antes que a las tecnológicas y productivas.

En la práctica, la mayor parte de los trabajos realizados en el área no logran trascender del ámbito científico, ya sea por falta de demanda del sector empresario o bien de capacidades y recursos para escalar (*scale-up*) los conocimientos a nivel de planta productiva.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> En dicho año cerca de 2300 habían obtenido la maestría y 1100 el doctorado, o aspiraban a ellos.

<sup>4</sup> El escalamiento (*scaling-up*) es uno de los problemas más críticos en el desarrollo de la biotecnología, tanto desde el punto de vista técnico como de las inversiones requeridas.

Por otra parte, la biotecnología moderna no constituye una disciplina unitaria. Ella es, en realidad, producto de un esfuerzo multidisciplinario en el que intervienen la biología molecular, la inmunología, la embriología, la bioquímica, la genética molecular, la ingeniería bioquímica y otras disciplinas.

Una segunda característica que se observa en los países considerados es la carencia de profesionales calificados para efectuar un experimento de laboratorio a escala industrial, mediante las técnicas de la microbiología industrial o de la ingeniería bioquímica. Este es, por cierto, uno de los déficits mayores en el área biotecnológica en los países en desarrollo en general (Correa 1990a).

Con frecuencia las políticas científicas y tecnológicas instrumentadas en América Latina han dado por sentada la capacidad del sistema educativo para generar los recursos humanos requeridos por esas actividades. Sin embargo, en muchos países se ha ensanchado cada vez más la brecha entre los profesionales formados y las exigencias científico-técnicas, sobre todo en el campo de las ingenierías.

Si bien la situación es relativamente alentadora en cuanto a la disponibilidad de especialistas en biología, parece claro que se requiere promover una diversificación y fortalecimiento en el área de las técnicas bioindustriales, si se aspira a que la biotecnología permita nuevas oportunidades económicas y no se convierta sólo en un objeto de interés científico.

### **Investigación y desarrollo**

Es posible identificar un amplio número de proyectos de I+D en el campo biotecnológico en los países considerados. El esfuerzo realizado en esa materia debe ser, empero, analizado desde diversos puntos de vista.

En primer lugar, la mayor parte de esos proyectos se refieren a biotecnología "tradicional" y no a la "moderna" (según el concepto ya indicado); se llevan a cabo en centros e institutos públicos o que cuentan con financiamiento estatal. La actividad privada en I+D es incipiente,



reflejo de la aún limitada actividad productiva que existe en la moderna biotecnología.<sup>5</sup>

En segundo lugar, el financiamiento global de proyectos de IyD en el área es modesto. En el caso de Argentina, por ejemplo, no obstante el impulso que dio al tema el Programa Nacional de Biotecnología de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación desde 1984, los recursos que se le asignaron alcanzaron a algo menos de un millón de dólares anuales entre 1985 y 1988, a lo que corresponde sumar una cifra algo mayor aportada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Es difícil cuantificar lo que destina Brasil -el país que más invierte globalmente en IyD en América Latina-<sup>6</sup> a proyectos de IyD biotecnológicos. Según una estimación, entre 1984 y 1989 la suma de fondos invertidos en ese país en biotecnología habría alcanzado a 55 millones de dólares, es decir, algo más de diez millones de dólares anuales.<sup>7</sup>

En Chile, el financiamiento de diversas instituciones para 42 proyectos habría representado en 1988-89 US\$ 2.8 millones.

Si bien la información disponible es incompleta, puede afirmarse que el esfuerzo efectuado en IyD en los países estudiados en el tema es de muy reducida dimensión, en comparación con el de los países industrializados.

En tercer lugar, más allá del volumen de los recursos asignados, un problema especialmente serio es su fragmentación en una multiplicidad de instituciones y proyectos que están subfinanciados o bien son de pequeña importancia.

---

<sup>5</sup> En algunos países la biotecnología aplicada a nivel industrial es totalmente del tipo tradicional y se concentra en la industria de alimentos y bebidas. Para el caso de Venezuela, ver Jaffé 1987.

<sup>6</sup> Los gastos en I y D de Brasil alcanzaron los US \$ 3160 millones en 1987, equivalentes a 0.9% del Producto Interno Bruto (OEA 1988).

<sup>7</sup> La suma real podría ser, sin embargo, inferior a la señalada. Ver Correa *et al.* 1990).

Ilustra esa situación el caso de Argentina, donde una encuesta determinó –en 1984– la existencia de un centenar de laboratorios de IyD vinculados a la biotecnología. También debe considerarse en tal sentido el caso de Uruguay, donde el número de unidades activas identificadas en ese tema llegó a 60.

En cuarto lugar, debe tenerse en cuenta que, no obstante los esfuerzos realizados en varios países para vincular más estrechamente la actividad científica de los laboratorios públicos con la producción, los resultados son por ahora limitados.

En la mayor parte de los casos, los objetivos y contenidos de los proyectos de IyD son definidos por los propios investigadores sin una vinculación real con las demandas productivas (hasta ahora poco numerosas).

Esa situación, sin embargo, varía tanto por países como por instituciones. Así, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, ejecuta más de 30 proyectos de corte biotecnológico orientados hacia la producción agropecuaria. Una buena parte de los acuerdos de vinculación con empresas suscriptos por institutos del CONICET (de ese país) con empresas corresponden a la rama biológica.

En Chile, una alta proporción de los US \$ 5 millones canalizados por la industria hacia la investigación universitaria (bajo el régimen vigente de desgravación fiscal) ha correspondido a proyectos en biotecnología.

En síntesis, una generalización excesiva sobre este tema sería inapropiada, pero queda aún mucho camino por delante para lograr una efectiva y amplia interacción universidad-empresa en proyectos biotecnológicos. A la luz de lo expuesto, no sorprende que sólo unos pocos proyectos de IyD realizados en los países examinados se hayan traducido en productos o procesos comercializables.

Hay, por cierto, excepciones (por ejemplo, la vacuna contra retrovirus bovino del Centro de Virología Animal de Argentina, el desarrollo de piretrina en Ecuador, procesos de lixiviación bacteriana de minerales de cobre en Chile, sondas biológicas de EMBRAPA en Brasil, etc.). Asimismo, la lista de proyectos que pueden ser llevados a escala productiva en plazos más o menos breves no es despreciable (por

ejemplo, aplicación de microorganismos a la recuperación de petróleo en Venezuela, estuches para diagnóstico de enfermedades infecciosas y tropicales en Colombia y Perú, micropropagación *in vitro* para la obtención de especies libres de patógenos en varios países, etc.).

### Producción biotecnológica

No existe un censo comprensivo de las empresas que trabajan en el área biotecnológica en América Latina. La creación de asociaciones empresarias nacionales (como el Foro Argentino de Biotecnología, la Asociación Brasileña de Biotecnología-AUDEBIO y, más recientemente, la Federación Latinoamericana de Empresas de Biotecnología-FELAEB) son indicadores, sin embargo, de que la actividad en el sector empresarial se incrementa de manera considerable.

Una dificultad para el análisis de la participación empresarial en la materia es el carácter trans-sectorial de la biotecnología; ésta no da lugar a un sector diferente (como la electrónica o la metalmecánica), sino que es susceptible de aportar procesos o productos (nuevos o modificados) a firmas que se desempeñan en el sector primario, así como también en numerosas ramas manufactureras.

Una encuesta realizada en 1986 en Argentina reveló la existencia de cerca de 60 empresas con actividades en biotecnología. En la enorme mayoría de los casos su campo de acción es la biotecnología "tradicional", aunque un pequeño grupo encara actividades de biotecnología "moderna".<sup>8</sup>

En Chile, varias empresas han ingresado en el campo de la biotecnología "moderna" –en algunos casos por medio de acuerdos con firmas especializadas del exterior–; en los países del Grupo Andino aún no existen actividades de ese tipo, con excepción de las que ocasionalmente realizan subsidiarias de empresas multinacionales.

---

<sup>8</sup> Ese grupo incluye una empresa del ramo farmacéutico y unas pocas que fabrican productos para diagnóstico y desarrollan actividades en micropropagación vegetal. Una empresa de origen químico ha logrado establecer un acuerdo tecnológico con una firma europea de primer nivel, financiado en el marco del Programa Eureka. Este es, probablemente, el único caso en que una firma latinoamericana participa en un proyecto de dicho Programa.

Entre los países considerados en este estudio, sólo en Brasil parece haberse efectuado una estimación del valor del mercado nacional atribuible al área de la biotecnología "moderna". En ese país, la micropropagación de plantas, la manipulación asociada de células y la producción de *kits* de diagnóstico, entre las principales actividades, apuntarían a un mercado global del orden de los US \$ 600 millones para 1989.

Esa cifra contrasta con los 20 000 millones de dólares estimados por la misma fuente para el mercado de la biotecnología "tradicional" (Paes de Carvalho 1989).

## POLITICAS PUBLICAS

### Programas nacionales de IyD

Para extraer el potencial que ofrece la biotecnología se requiere un significativo esfuerzo de investigación,<sup>9</sup> que los gobiernos de los países industrializados apoyan en diverso grado y con distintos medios, tanto en el terreno científico (subsidios a universidades y otros centros de investigación) como, incluso, en etapas ulteriores de desarrollo y escalamiento a nivel de planta.

El Gobierno de Bélgica ha propuesto un régimen de subsidios para IyD comercial de productos recombinantes; el Gobierno de Japón ha propiciado varios proyectos con las industrias desde 1981; en el ámbito de la cooperación científico-tecnológica de las Comunidades Económicas Europeas, así como también en el marco del Programa *Eureka* se financian proyectos biotecnológicos; en Estados Unidos se prevén incentivos fiscales para la innovación (*R&D Limited Partnerships*), además de la acción de la *National Science Foundation* y del papel que desempeñan los contratos del Gobierno Federal, en particular de los institutos nacionales de salud (Correa 1989).

En varios de los países latinoamericanos aquí considerados, los gobiernos han iniciado acciones conducentes a estimular y apoyar, de manera específica, las actividades de IyD biotecnológica, si bien en una

---

<sup>9</sup> Se estima que solamente en Estados Unidos, se invirtieron seis mil millones de dólares en IyD en biotecnología, en 1989.

escala mucho menor que en los países industrializados y con énfasis principal en la investigación de laboratorio antes que en el desarrollo de procesos o productos comercializables.

En Argentina la Secretaría de Ciencia y Técnica puso en marcha en la década pasada el ya mencionado Programa Nacional de Biotecnología, que ha funcionado como mecanismo de promoción y de financiamiento de proyectos de IyD.

Las prioridades de investigación en ese país, tal como se definieron en 1986, incluyeron: a) desarrollo de procesos productivos biotecnológicos, con especial atención a aquellos que signifiquen aplicación de ingeniería bioquímica de avanzada; b) fijación biológica de nitrógeno; c) biotecnología vegetal, con especial énfasis en biología molecular de plantas y tejidos vegetales; d) producción de vacunas y biofármacos; e) reactivos de diagnóstico.

El Programa referido procuró vincular centros de investigación con empresas productivas, canalizó cooperación internacional de diversas fuentes y, entre otras acciones, diseñó y organizó un Instituto Tecnológico (en la localidad de Chascomús, provincia de Buenos Aires) especializado en biotecnología vegetal y animal y en ecología regional.

Los fondos asignados por el Programa crecieron con fuerza a partir de 1985; alcanzaron a US \$ 3.8 millones entre ese año y 1988.

En el caso de Brasil el despliegue institucional ha sido mayor. Las primeras directrices gubernamentales en el campo de la biotecnología se materializaron en el Programa Integrado de Genética del *Conselho Nacional de Pesquisas* (CNPq) y en el Programa Integrado de Ingeniería Genética de dicho Consejo y de la FINEP.

El primer programa multisectorial y de carácter nacional fue establecido en 1981 por las dos entidades antes citadas, como Programa Nacional de Biotecnología (PRONAB).

El PRONAB procuró coordinar las tareas y la asignación de fondos para investigación de diversas instituciones, especialmente en las áreas de energía, sector agropecuario y salud, para fomentar la capacitación nacional en ingeniería genética, identificada como estratégica en función de su enorme potencial.

En el bienio 1982-1983 el PRONAB asignó de 2.8 a 3.3 millones de dólares al área de la biotecnología (en sentido amplio). Si bien el Programa habría representado un saldo cualitativo en relación con acciones anteriores, dio escaso énfasis a la absorción industrial de los resultados de la investigación y no modificó la tradicional dispersión en el uso de los recursos (Ariciaes y Cassiolato 1985).

En 1984 se dio otro paso significativo mediante la obtención de fondos adicionales del Banco Mundial, que fueron encauzados por medio del *Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico-PADCT/Biotecnología*. Los recursos totales acordados ascendieron a 92.3 millones de dólares para cinco años.

Con la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, la Secretaría Ejecutiva del PADCT/Subprograma Biotecnología fue asumida por la Secretaría de Biotecnología dependiente de dicho Ministerio; ella formuló un Plan de Metas de Biotecnología para el trienio 1987-1989 que previó, entre otros aspectos, la formación de centros integrados de biotecnología.

El mencionado plan propuso invertir 39% de los recursos en desarrollo experimental, 23% en desarrollo científico, 23% en formación de recursos humanos y el resto en infraestructura (11%) y producción (3%).<sup>10</sup>

En Brasil otras instituciones han participado en el financiamiento de proyectos de biotecnología: el *Conselho Nacional de Pesquisas*, en relación con proyectos académicos ejecutados por investigadores individuales; la *Financiadora de Estudos e Projetos* (FINEP), en el marco de su programa de apoyo al desarrollo tecnológico de la empresa nacional.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Los recursos comprometidos en el marco del PADCT para biotecnología en el período 1984-1989 alcanzaron 42.6 millones de dólares (Osório de Almeida 1989). Empero, en el período 1984-1988 se habrían distribuido, según la misma fuente, sólo 12.9 millones de Dólares bajo el citado PADCT.

<sup>11</sup> El apoyo brindado por la FINEP desde 1984 habría alcanzado los 6 millones de dólares para biotecnología en el sector agropecuario. Entre los 54 proyectos financiados se destacan 15 de fijación biológica de nitrógeno, 13 de mejoramiento de semillas, 10 de control de plagas y enfermedades y 10 de perfeccionamiento de

También intervinieron algunas instituciones bancarias, como el *Banco Nacional de Desenvolvimento Económico y Social*, que financió por lo menos a cuatro empresas con actividades en biotecnología por un monto total de 25 millones de dólares.<sup>12</sup>

Por último -y sin bien lo expuesto no agota la lista de instituciones financiadoras y ejecutoras de I+D biotecnológica en Brasil-, cabe señalar que, sobre todo a partir de 1985, diversos estados de la Federación se han vuelto activos en la política científico-tecnológica.

En el campo de la biotecnología, en particular, los estados de Minas Gerais, San Pablo, Río de Janeiro, Río Grande do Sul y Paraná, entre otros, han establecido o apoyado programas específicos, tales como el de Biominas en Minas Gerais y el de BIORIO en Río de Janeiro.

Un ejemplo ilustrativo es, en particular, el del Departamento de Ciencia y Tecnología de San Pablo (DECET), que habría volcado cerca de 6 millones de dólares al área de la biotecnología de 1984 a 1988.

Entre las iniciativas recientes para promover el desarrollo biotecnológico en el ámbito empresarial<sup>13</sup> y vincularlo con el científico-técnico, se destaca la constitución de "polos" en los que se articula fuertemente la Investigación con la producción.

La Secretaría de Biotecnología del Ministerio de Ciencia y Tecnología promovió el establecimiento de cuatro polos en Río de Janeiro, San Pablo, Paraná y Río Grande do Sul, siguiendo en parte el modelo del

---

vacunas. En el sector de salud, y en este caso desde 1979, el apoyo de la FINEP habría representado una inversión de 13.3 millones de dólares en torno a 57 proyectos. La Central de Medicamentos ha apoyado también proyectos específicos en el campo de la producción de fármacos (alrededor de 0.7 millones de dólares entre 1986 y 1988).

<sup>12</sup> En el caso de BIOBRAS la financiación se concretó en una participación accionaria del Banco en la empresa (Osório de Almeida 1989).

<sup>13</sup> La nueva política industrial de 1988 contempló un conjunto de incentivos para el desarrollo tecnológico industrial. Sin embargo, hasta el momento sólo se formuló un Programa de Desarrollo Sectorial Integrado, que incluye tales incentivos para el sector químico.

de Janeiro, creado en el campus de la Universidad Federal de esa ciudad, es un ejemplo ilustrativo.

Ese Polo ha exigido hasta el momento una inversión del orden de los cinco millones de dólares. Se trata de un complejo físico-organizacional que congrega entidades autónomas con el objetivo de compartir una infraestructura común para ampliar la capacidad de generar y absorber nuevas tecnologías en el ramo, perfeccionar las estructuras de producción y comercialización, y disseminar los más recientes avances en el tema.

En una primera fase, se espera acoger un total de 71 empresas, con una inversión del orden de los cien millones de dólares. El Polo proyecta contar con una "incubadora" para algo más de 20 pequeñas empresas biotecnológicas.<sup>14</sup>

La gerencia del Polo está a cargo de la Fundación BIORIO, integrada, desde la perspectiva científica, por la Universidad Federal de Río de Janeiro y la FIOCRUZ, y por tres tipos de empresas: nacionales, privadas o públicas, localizadas en el propio Polo; empresas privadas o públicas que se asocian al Polo, pero no se instalan en su área, y los sectores productivos de FIOCRUZ (Biomanguinhos y Farmanguinhos). Participan en la Fundación, asimismo, el Gobierno del estado y de la ciudad de Río de Janeiro, la FINEP, el CNPq y el BNDES.

De acuerdo con lo proyectado, el Polo BIORIO debería alcanzar en el año 2000 una facturación bruta anual superior a 200 millones de dólares, brindar 5000 empleos e invertir 35 millones de dólares por año en investigación propia y contratada.

El área biotecnológica también despertó el interés oficial en Chile, país en el cual ya en 1983 la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) constituyó un Comité Nacional de Biotecnología que se ocupó del estudio y preparación de actividades científicas y de capacitación en esa área.

---

<sup>14</sup> La "incubadora" ofrece a cada emprendimiento un módulo básico de 50 metros cuadrados, acceso a biblioteca y sistema de informaciones, a servicios de computación y a cursos de entrenamiento, a investigaciones y a la Unidad de Servicios Especializados del Polo.



En agosto de 1987 se constituyó formalmente el Comité Nacional de Biotecnología, con los siguientes objetivos: coordinar los diferentes laboratorios e institutos existentes en Chile en una red nacional para mejorar esfuerzos compartidos y concentrar recursos; promover la elaboración de proyectos interinstitucionales e interdisciplinarios en áreas prioritarias, y estimular la capacitación de científicos en áreas de especial relevancia para la biotecnología, entre otros.

El Comité aludido ha sido útil en la generación y aplicación de una ley de promoción a la investigación, que permite a la industria desgravar hasta 50% de las inversiones en investigación y desarrollo que sean realizadas en colaboración con la universidad.

De manera similar, en Colombia funciona desde 1984 en el ámbito de COLCIENCIAS un Programa Nacional de Biotecnología, dirigido a fomentar la vinculación universidad-industria, la creación de empresas biotecnológicas, la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico en el área.

En Uruguay opera desde 1987 un Comité Nacional de Biotecnología con funciones de coordinación interinstitucional y de canalización de la cooperación técnica externa. Ese mismo año, el Gobierno aprobó un régimen de desgravación fiscal especialmente aplicable a la biotecnología.<sup>15</sup>

Por último, en el caso de Venezuela, y en forma similar a otras de las experiencias nacionales referidas, se estableció en 1986 un Programa Nacional de Ingeniería Genética y Biotecnología que apunta a coordinar las acciones de diversos institutos y las de éstos con las industrias, así como también a financiar proyectos de I+D.

---

<sup>15</sup> Establece el artículo 444 de la Ley 15093, promulgada el 18 de noviembre de 1987: "Los gastos en que se incurra para financiar proyectos de investigación y desarrollo científico y tecnológico, en particular en biotecnología, podrán computarse por una vez y media su monto real a los efectos del impuesto a las rentas de la industria y comercio y del impuesto de las rentas agropecuarias, siempre que dichos proyectos sean aprobados por la Unidad Asesora de Promoción Industrial del Ministerio de Industria y Energía, o por la Dirección Nacional de Ciencias y Tecnología, dentro de las áreas declaradas prioritarias por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto".

En resumen, en la última década (especialmente en los últimos cinco años), se extendió en los países estudiados la práctica de establecer "programas" o "comités" nacionales de biotecnología.

Han sido asignadas a dichos programas y comités cuatro funciones principales: la coordinación de los proyectos e instituciones de IyD; el fortalecimiento de la vinculación con la industria; la canalización de cooperación internacional y, en algunos casos, el financiamiento de proyectos.

A pesar de la búsqueda de una estrecha vinculación con el área productiva, es claro, sin embargo, el sesgo científico de los instrumentos creados, los que se volcaron principalmente a actuar sobre proyectos de laboratorios de IyD públicos.

En el caso de Brasil, y en menor medida de Chile y Uruguay, se advierte la existencia de otros mecanismos destinados a apoyar las actividades biotecnológicas productivas. En el primer país citado, esos mecanismos son de naturaleza diversificada, incluidos los de índole financiera; en los otros dos son de carácter fiscal. Se carece aún, empero, de una evaluación de sus resultados y, en particular, de la medida en que han sido efectivamente utilizados por el sector empresario interesado en el tema.

### **Patentamiento y otras formas de protección legal**

Actualmente tiene lugar un intenso debate internacional en relación con la protección, mediante la propiedad intelectual, de las invenciones biotecnológicas. Si bien la apropiación, mediante patentes de procesos microbiológicos, es generalmente aceptada, aún existe un margen considerable de incertidumbre –en especial en los países en desarrollo– respecto de la posibilidad de patentar microorganismos *per se* y razas animales, y respecto de las formas de protección de las variedades vegetales.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> La mayoría de los países industrializados y algunos en desarrollo otorgan un título *sui generis* de protección a las variedades vegetales que, en el plano internacional, ha sido consagrado por la Convención que crea la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). En Estados Unidos se afianza, sin embargo, la tendencia a otorgar también patentes de invención sobre vegetales.

En América Latina el tema de la protección de los organismos vivos había recibido hasta ahora un tratamiento limitado, más bien orientado a establecer los campos de exclusión de la patentabilidad (en particular, de variedades vegetales y animales) más que a determinar los ámbitos y condiciones de aquella.<sup>17</sup>

La legislación argentina de 1964 no podía, ciertamente, prever el desarrollo que algún día tendría la tecnología de lo viviente. La falta de una norma excluyente expresa, y la admisión del patentamiento de "descubrimientos" favorecen la hipótesis del patentamiento de microorganismos.<sup>18</sup>

Ya en 1974 la Dirección Nacional de Propiedad Industrial dispuso que, en el supuesto de las solicitudes de patentes que involucren la producción de especies químicas por fermentación y biosíntesis cuya novedad radique en el "microorganismo" o "cepa empleada", debía identificarse la colección de cultivos donde uno u otro han sido depositados (Art. 30, Disposición N° 27 de 1974).

Una solución similar adoptó la más reciente Disposición N°42/88, que precisa, asimismo, que "no se aceptan procedimientos biológicos que necesiten una cepa que no esté a disposición del público" (Art. 10-4).<sup>19</sup>

En Brasil se considera que las sustancias naturales y los usos y aplicaciones de descubrimientos que impliquen variedades de microorganismos para propósitos específicos, no son patentables. La prohibición expresa sólo alcanza al patentamiento de microorganismos encontrados en la naturaleza, pero no necesariamente a los resultantes de manipulaciones genéticas.

---

<sup>17</sup> Para un panorama general de América Latina en el tema, ver Correa 1990b, y otros trabajos del número especial Biotecnología y Patentes de la Revista del Derecho Industrial, N°35, Buenos Aires, 1990.

<sup>18</sup> Además, se entiende que aplicación "industrial" comprende a la agricultura, ganadería, pesca e industria forestal, si se realizan a nivel profesional.

<sup>19</sup> Ver el texto de la disposición citada en Revista del Derecho Industrial, 1988, p. 641.

A pesar de que el número de solicitudes es creciente,<sup>20</sup> no parece haber aún una clara línea del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (encargado de la concesión de patentes) respecto del patentamiento de microorganismos (Cavalcanti 1989).

En el caso de Chile, la legislación no trata específicamente el problema, pero excluye de la protección al simple uso o aprovechamiento de sustancias naturales, aunque sean recién descubiertas.<sup>21</sup>

En Uruguay, ante el silencio de la ley se interpreta que la mayor parte de los procedimientos y productos biotecnológicos serían patentables en el país (Cikato 1989), en la medida en que no caigan en prohibiciones derivadas de la función del producto.<sup>22</sup>

De acuerdo con la legislación vigente en Colombia, Ecuador y Perú, no es patentable el simple descubrimiento de sustancias existentes en la naturaleza.

En Bolivia y Venezuela no hay normas específicas, lo que permitiría también suponer la posibilidad de patentar microorganismos, a menos que se encuadren dentro de las materias no patentables por otros motivos (productos farmacéuticos o alimentos).

En su mayoría, las leyes de patentes en vigor en América Latina no contienen normas expresas sobre las variedades vegetales. Sin embargo, éstas están excluidas, sin embargo, de la protección en Colombia, Ecuador y Perú; los países citados prohíben también el patentamiento de procedimientos esencialmente biológicos para obtener vegetales o animales.

---

<sup>20</sup> Al mes de mayo de 1987 se habían solicitado 301 patentes en biotecnología, 91% de las cuales correspondía a solicitantes del exterior.

<sup>21</sup> La situación legal en Chile está en plena transición. A principios de 1990 el gobierno *de facto* saliente dictó una ley que excluía el patentamiento de variedades vegetales y razas animales, pero que no entró en vigor debido a la falta de reglamentación. El Gobierno constitucional sometió al Parlamento una nueva iniciativa, cuyo trámite de aprobación todavía está pendiente.

<sup>22</sup> Como en la mayoría de los países latinoamericanos, los productos farmacéuticos no son patentables en Uruguay.

En Brasil, si bien no existe disposición expresa, la autoridad administrativa ha interpretado hasta ahora que la ley excluye la patentabilidad de variedades vegetales.

Cuatro países latinoamericanos -Argentina, Chile, Perú y Venezuela- han establecido regímenes de protección de obtenciones o variedades vegetales del tipo regulado por la UPOV.

Las leyes de Argentina y Perú señalan como objeto de protección las creaciones fitogenéticas o cultivares, mientras que la ley de Chile se refiere a variedades de plantas o cultivares.<sup>23</sup>

Uno de los temas de mayor debate es actualmente la relación de las ventajas y desventajas relativas del sistema de patentes *vis-à-vis* el régimen de obtenciones, identificables en cuanto a los posibles efectos que se derivarían para la creación y explotación de procesos y productos vegetales, de la aplicación del régimen de patentes o del de las obtenciones vegetales.

Las principales diferencias se refieren a los requisitos de protección y al alcance de los derechos otorgados (Correa 1990b); sin embargo, ellas podrían reducirse, al menos en el plano internacional, en el caso de prosperar la revisión del Convenio de la UPOV actualmente en curso.

En cuanto a la protección vía patentes de invenciones relacionadas con animales -el tema que más controversias suscita- en la mayor parte de los países latinoamericanos no se cuenta con previsiones expresas.

La protección por patentes de las razas animales está excluida en Colombia, Ecuador y Perú. En los mismos países no son patentables los procedimientos esencialmente biológicos para obtener animales; se dejan a salvo los procedimientos microbiológicos y los productos obtenidos por ellos en Colombia.

En definitiva, como se desprende de la situación descrita, el cuadro legislativo es todavía muy incompleto. Una serie de factores, en particular las negociaciones sobre propiedad intelectual en curso en el

---

<sup>23</sup> En el caso de Venezuela, la protección de cultivares resulta de una resolución del Ministerio de Agricultura y Cría, de abril de 1986 (Astudillo Gómez 1990).

ámbito del GATT, obligan a los países de la Región a considerar el tema de las invenciones biotecnológicas.

También contribuye a ello la emergencia de empresas con intereses en biotecnología, que necesitan un marco jurídico claro para encarar inversiones en IyD y para formalizar acuerdos de transferencia de tecnología.

Así, la Asociación Brasileña de Biotecnología (ABRABI) favorece la concesión de patentes en el campo biotecnológico, siempre que sea con las características tradicionales de esos títulos, particularmente en cuanto a una revelación adecuada y al acceso de licencias obligatorias (Páes de Carvalho 1989).<sup>24</sup>

Las opiniones empresarias y de los círculos científicos en otros países aquí considerados aún no parecen demasiado elaboradas. Sin embargo, será necesario legislar en breve término sobre la materia, pues, en caso contrario, ciertas decisiones que interesan al desarrollo en el largo plazo de la actividad biotecnológica y, en particular, a los patrones de difusión tecnológica en el sector agropecuario e Industrial, serán adoptadas en casos individuales por los jueces; de ese modo, serían ellos quienes terminarían definiendo una política que, por su trascendencia, corresponde a los poderes ejecutivos y a los parlamentos nacionales.

## COOPERACION CIENTIFICO-TECNOLOGICA

El análisis efectuado hasta aquí muestra, por un lado, la existencia de ciertas, aunque insuficientes, capacidades en biotecnología en los países examinados y, por el otro, una considerable fragmentación de un esfuerzo científico-tecnológico que, en términos globales, es todavía modesto. En tales condiciones, la cooperación regional parece estar llamada a desempeñar un papel importante.

---

<sup>24</sup> Para una propuesta de protección combinada vía patentes y títulos tipo UPOV en el campo vegetal, ver Barreto 1990.

De hecho, existen varios proyectos de cooperación en el área latinoamericana que expresan el interés y las posibilidades existentes, tanto en el plano bilateral como multilateral.

En primer lugar, cabe citar la cooperación argentino-brasileña, por medio de la creación del Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología (CABBIO), en el marco de los Protocolos de Integración suscritos entre ambos países en 1986.

El Centro no constituye en realidad una nueva entidad, sino que se integra con los núcleos de investigación y desarrollo existentes en los sistemas nacionales de las dos naciones, articulados con el objeto de ejecutar proyectos conjuntos de investigación y desarrollo científico-tecnológico y actividades conexas de interés común, mediante la utilización plena de la infraestructura de instalaciones físicas ya existentes.

Los fondos destinados al CABBIO para los primeros cinco años de funcionamiento ascienden a 20 millones de dólares; corresponde a cada uno de los países firmantes hacer efectiva la mitad de esa suma. Durante la primera convocatoria fueron aprobados ocho proyectos por un monto algo mayor de dos millones de dólares; cubrían principalmente áreas de salud y agrícolas.

En la segunda convocatoria fueron apoyados nuevos proyectos por un valor superior a los siete millones de dólares. Ocho de ellos correspondían al campo agropecuario, dos al área de salud humana y uno a minería.

El financiamiento canalizado por medio del CABBIO debe tener en cuenta, entre otros criterios, el "interés comercial" del proyecto, su "importancia estratégica y la perspectiva de resultado en plazos relativamente cortos".

Un objetivo central ha sido permitir la "inserción de los proyectos del Centro en el sistema productivo", con especial atención a "los procesos de aumento de escala (*scaling-up*) e ingeniería bioquímica" y al "desarrollo y producción de insumos, equipamiento y servicios de apoyo para laboratorios e industrias" (Anexo I del Protocolo N° 9, del 10 de diciembre de 1986).

Esos criterios y objetivos señalan una clara opción en favor de proyectos de desarrollo tecnológico, así como también la posibilidad abierta para las empresas de participar en ellos. De hecho, al menos dos empresas brasileñas y dos argentinas intervinieron en proyectos del CABBIO.<sup>25</sup>

En segundo lugar, en el plano subregional el Programa Minero Metalúrgico Andino –del cual participan todos los países miembros de Acuerdo de Cartagena– ha promovido el desarrollo de biotecnología para mejorar la extracción de metales (a menor costo y evitando la contaminación ambiental), mediante el empleo de la lixiviación bacteriana de minerales sulfurados.

En el Programa interactúan centros de investigación de la subregión (no se ha detectado la existencia de acuerdos inter-empresarios), con un componente de transferencia de tecnología desde Bolivia y Perú a los demás países del Grupo. Por otra parte, la Corporación Andina de Fomento ha establecido un programa en el campo de la biotecnología, con el propósito de contribuir al fomento de la biotecnología relacionada con el sector agropecuario y la acuicultura.

Por último, en un plano regional multi-nacional, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo (ONUDI) y UNESCO, han establecido un programa –del orden de los cinco millones de dólares– del cual participan una docena de países de la Región, para el período 1987-1991.

El Programa Regional de Biotecnología ha sido dividido en dos grandes subprogramas, ejecutados por agencias especializadas del Sistema de las Naciones Unidas según los temas a desarrollar.

Las actividades, que incluyen la investigación y desarrollo hasta nivel de laboratorio y formación de recursos humanos en ciencias básicas para el apoyo al desarrollo científico-tecnológico, se realizan bajo la responsabilidad de la UNESCO dentro del subprograma denominado Desarrollo Básico de Biotecnologías y Productos.

---

<sup>25</sup> Los fondos otorgados por el CABBIO constituyeron el primer mecanismo disponible en ambos países, en cuanto se refiere a las empresas, para acceder directamente a subsidios de I y D en biotecnología.



Las tareas, que comprenden la detección, evaluación de tecnologías y su desarrollo en plantas piloto para su posterior aplicación industrial y la capacitación de recursos humanos en aspectos específicos de aplicación industrial de biotecnologías, son llevadas a cabo bajo la responsabilidad de la ONUDI en el subprograma "Desarrollo Tecnológico y Aplicaciones Industriales de Biotecnología".

En cada país participante existen instancias científico-técnicas gubernamentales, denominadas Comités Nacionales de Biotecnología, que coordinan las actividades del Programa en el país y proponen acciones sustantivas regionales y de cooperación técnica entre países. Están constituidos por relevantes técnicos e investigadores y representantes del Gobierno y del sector productivo. El Programa PNUD/ONUDI/UNESCO ha ejecutado, con la intervención de centros de IyD de los países participantes, nueve proyectos específicos.

Como puede verse, son varias las iniciativas de cooperación en biotecnología en el ámbito binacional, subregional y regional. Es probable que ellas hayan servido más, por ahora, para movilizar y potenciar las capacidades de laboratorios de IyD que para ampliar y fortalecer una integración vía desarrollo tecnológico y producción.

Sin embargo, constituyen puntos de partida importantes para nuevos pasos en esa dirección o para otras iniciativas innovadoras, como la que recientemente fue anunciada por el Presidente de Venezuela.<sup>26</sup>

## CONSIDERACIONES FINALES

El diagnóstico presentado a comienzos de este trabajo deberá, por cierto, ser complementado por estudios más precisos y comprensivos. Si la caracterización allí esbozada es correcta, obtendremos la conclusión

---

<sup>26</sup> A mediados de 1990 se difundió el lanzamiento del Plan Bolívar, una especie de "Eureka latinoamericana", que contará probablemente con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo.

de que en los países considerados,<sup>27</sup> la biotecnología presenta un desarrollo incipiente en su vertiente "moderna" y, particularmente, en lo que se refiere a las técnicas industriales asociadas a aquella.

No debería caerse, sin embargo, en una contraposición simplificada entre biotecnología "tradicional" y "moderna". Hay campos, como los de la energía y la alimentación, en los cuales la biotecnología "tradicional" puede hacer aún aportes económicos sustanciales.

Una de las cuestiones que el análisis precedente deja abiertas, es la envergadura real y las perspectivas del desarrollo empresarial en biotecnología en el futuro cercano.

Con excepción de las industrias que emplean las técnicas más tradicionales, son más bien aislados los casos de las empresas involucradas en el desarrollo o empleo de alta tecnología.

La biotecnología, en una perspectiva teórica que ha alcanzado considerable difusión, da origen a un "nuevo" paradigma tecnológico que abre oportunidades, en sus etapas formativas tempranas, a nuevos competidores, incluso de países en desarrollo con buena dotación científica.<sup>28</sup>

Los países latinoamericanos pueden aprovechar esas oportunidades, pero eso dependerá, probablemente, de cambios en el contexto macroeconómico, así como también de los avances específicos que puedan darse en la vinculación ciencia-producción, la capacitación en técnicas de *scaling-up* y el desarrollo de capacidades empresariales. Sería un error considerar que las barreras al ingreso en la producción y el comercio biotecnológico sean fácilmente superables.

Los altos costos de IyD, la incertidumbre técnica y comercial, la privatización creciente del conocimiento científico, los requerimientos de calidad, distribución y mercadeo, entre otros factores, constituyen obstáculos de importancia que comprometen la factibilidad económica de numerosos proyectos.

---

<sup>27</sup> Esta conclusión es extensible al conjunto de los países latinoamericanos, cuya situación no difiere básicamente de la aquí descrita.

<sup>28</sup> Para una discusión del tema, ver Sant'Ana 1990.

Como sostiene un autor, "salvo unas pocas excepciones, como la de los kits de diagnóstico *in vitro*, la acostumbrada referencia en la literatura a bajas barreras de ingreso en biotecnología debe ser tomada con un grano de sal, pues se aplica sólo a una entrada pre-competitiva. El pasaje del laboratorio a la arena industrial es menos trivial de lo que muchos entusiastas admiten" (Sercovich 1990).

En suma, los países aquí considerados –y los latinoamericanos en general– tienen ante sí una indudable oportunidad para aprovechar el potencial transformador de la biotecnología. Sin embargo, ello no se logrará sin un esfuerzo sistemático y de largo aliento, en el cual el desarrollo científico-tecnológico vaya de la mano con el fortalecimiento de las capacidades empresariales indispensable para valorizar y traducir aquel potencial.

## BIBLIOGRAFIA

- ANCIAES, E.; CASSIOLATO, J.E. 1985. Biotecnología. Seus Impactos no Setor Industrial. CNPq. Brasília, Brasil.
- ASTUDILLO GOMEZ, F. 1990. Protección de resultados de la biotecnología en Venezuela (mimeo). Caracas, Venezuela.
- BARRETO, L.A. 1990. Propiedade Intelectual e Patentes Industriais. Implicaões para a Agropecuaria Brasileira. Ponencia presentada en el Seminario Políticas de Propiedad Industrial de Inventos Biotecnológicos y Uso de Germoplasma en América Latina y el Caribe. IICA, 26-28 de noviembre de 1990. Caracas, Venezuela.
- CAVALCANTI, A.R. 1989. Biotecnología y patentes. Revista del Derecho Industrial, N°33. Buenos Aires, Argentina.
- CIKATO, M. 1989. Biotecnología y propiedad intelectual. Foro Regional sobre el Impacto de las Nuevas Tecnologías en el Desarrollo de la Propiedad Intelectual para los Países de América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. 13-15 de diciembre.

- CORREA, C.M. 1989. Biotecnología: surgimiento de la Industria y control de la Innovación. Comercio Exterior 39 (11). México.
- \_\_\_\_\_. 1990a. Biotechnology and the Pharmaceutical Industry: Opportunities for Developing Countries (Mimeo). Ginebra, Suiza.
- \_\_\_\_\_. 1990b. Patentes y biotecnología. Opciones para América Latina. Revista del Derecho Industrial, N° 35. Buenos Aires, Argentina.
- \_\_\_\_\_; GRAU, O.; BAUVER, L. 1990. Biotecnología: políticas y proyectos nacionales en países latinoamericanos seleccionados. INTAL. Buenos Aires, Argentina.
- JAFFE, W. 1987. Condicionantes económicos del desarrollo industrial de la biotecnología en Venezuela. Espacios 8 (1-2). Caracas, Venezuela.
- OEA. 1988. Datos estadísticos de ciencia y Tecnología en América Latina (actualizados hasta 1987). Washington, D.C., Estados Unidos de América.
- OSORIO DE ALMEIDA, A.L. et al. 1989. Biotecnología: Situação actual e Perspectivas-Resultados Preliminares. FEA/UFRJ.
- PAES DE CARVALHO, A. 1989. Brazil: Experiments on Industrialization of Modern Biotechnology.
- SANT'ANA, A. 1990. Biotechnologies: Un Nouvel Objet Economique. Quaderni, N° 11. París, Francia.
- SERCOVICH, F. 1990. Industrial Biotechnology Policy: Guidelines for Developing Countries. UNIDO, PPD/IPP/REG. Viena, Austria.

# **ELEMENTOS METODOLOGICOS PARA LA FORMULACION DE ESTRATEGIAS Y POLITICAS DE DESARROLLO TECNOLOGICO EN BIOTECNOLOGIA**

**Alonso de Gortari Rabeila<sup>1</sup>**

## **INTRODUCCION**

La metodología reseñada en este trabajo se concentra en los aspectos constitutivos, tanto de la estrategia como de la política de desarrollo tecnológico, desde el punto de vista de su formulación. No hay ninguna direccionalidad preconcebida ni tampoco ninguna orientación específica. No contiene ni tampoco pretende definir una estrategia y/o una política determinada.

Más que diseñarlas, se despliegan los componentes de cada una de ellas de la manera más exhaustiva posible, para que sean aplicables en cualquier contexto nacional y/o regional, con las adaptaciones necesarias en cada caso.

En rigor, el campo de aplicación de los elementos metodológicos aquí presentados es prácticamente universal; no son específicos de ningún sector en particular y pueden ser utilizados en cualquier rubro de actividad. En tal sentido, la metodología es válida no sólo para la agricultura o la industria en general, sino también para segmentos específicos de ambos sectores tomados separadamente.

Aunque nuestro deseo inicial era ilustrar la formulación de estrategias y políticas a partir del eje constituido por la agricultura, y su integración tanto con la industria proveedora de insumos como con la agroindustria, esto se hace de manera parcial, pues no hubo disponibilidad de tiempo para realizar la aplicación metodológica de manera completa.

Sin embargo, se intenta ejemplificar su formulación a partir del sector agroindustrial de México y su encadenamiento con los sectores proveedores, tanto de insumos no primarios como de maquinaria y

---

<sup>1</sup> Ministro Consejero, Embajada de México, Seúl, Corea del Sur

equipo, en virtud de que ya existía un trabajo previo que permitió su incorporación para tal fin.<sup>2</sup>

A pesar de ello, se hace mención explícita del sector primario en varios casos. Como el fin del presente documento es justificar la metodología y contribuir con nuevos elementos para la elaboración de estrategias y políticas, el caso utilizado con fines de aplicación no es tan importante como parece a primera vista, sobre todo si se tiene en cuenta que no es ni completo ni válido en otros contextos; el propósito final es que los elementos metodológicos aquí desarrollados sean utilizados en otras experiencias.

En cuanto a la estructura de la metodología, se desarrolla en tres partes: en la primera se presenta un marco de referencia previo a la definición de estrategias y políticas; en la segunda se encuentra todo lo concerniente a la estrategia, y en la tercera lo referido a las políticas. Se eligió ese camino porque, desde el punto de vista de la formulación, la estrategia tiene y debe anteceder a las políticas. No obstante, ni la estrategia ni las políticas son independientes; son interdependientes y, además, deben ser consistentes entre sí.

## MARCO DE REFERENCIA PARA LA DEFINICION DE ESTRATEGIAS Y POLITICAS

### Unidad de análisis

La metodología para la formulación de estrategias y políticas tiene como unidad básica de análisis diversos frentes de conocimientos científicos y tecnológicos.

Para llegar a la definición de esos frentes, el punto de partida es el conjunto de sectores productivos o económicos relacionados con el área

---

<sup>2</sup> No sólo se retoman aquí algunos de los resultados obtenidos en relación con la agroindustria mexicana, sino que también se utilizan herramientas y conceptos metodológicos ya desarrollados en otros trabajos, cuyas referencias bibliográficas aparecen al final de este capítulo. La diferencia fundamental entre esta línea de análisis y la desarrollada previamente reside en el hecho de que el objetivo fundamental ya no es la determinación de prioridades; ahora la parte central está constituida por los criterios conducentes a la formulación de estrategias y de las políticas para llevarlas a cabo.

objeto de análisis: agrícola, agroalimentaria, industrial, desarrollo de bienes de capital, sectores productores de bienes comercializables o, como en el caso que será utilizado con fines ilustrativos, los sectores propiamente agroindustriales, así como también aquellos que son proveedores importantes de maquinaria, equipo y otros insumos para la agroindustria.

Una vez seleccionados, deben ser analizados en función de los procesos técnicos que involucran; se deben reagrupar de acuerdo con la naturaleza común de los procesos identificados, con independencia de las características del producto o servicio final.

A manera de ilustración se presentan 13 sectores agroindustriales y seis de apoyo que fueron definidos para el caso mexicano, sin incluir explícitamente al sector primario. Desde el punto de vista de la clasificación económica, la industrialización del trigo, maíz y café es considerada de manera separada, porque se producen bienes claramente diferenciables entre sí. Sin embargo, como desde el punto de vista tecnológico los procesos requeridos para su procesamiento son bastante similares, se pueden agrupar de manera conjunta en una sola unidad.

### **Sectores agroindustriales**

1. **Industrialización de frutas y legumbres.** Frutas y legumbres deshidratadas. Preparación de frutas y legumbres envasadas. Atoles, jaleas y dulces regionales. Salsas y sopas enlatadas.
2. **Industrialización de cereales, café y otros granos.** Harina de trigo, harina de maíz, molienda de nixtamal, beneficio de arroz, beneficio de café, tostado y molienda de café, café soluble y envasado de té, beneficio de otros productos de molino, cocoa y chocolate de mesa, dulces, bombones y confituras, chicles, tratamiento y envase de miel, concentrados y jarabes, fabricación de malta, pan y pasteles, galletas y pastas alimenticias, aceites y grasas vegetales comestibles,

- almidones, féculas y levaduras, fabricación de tortillas, otros productos alimenticios.
3. *Industrialización de azúcar.* Azúcar y productos residuales, piloncillo o panela.
  4. *Industrialización de ganado.* Matanza de ganado, preparación y empacado de carne.
  5. *Industrialización de lácteos y derivados.* Pasteurización y embotellado de leche, crema, mantequilla y queso, leche condensada y deshidratada, flanes y gelatinas, cajetas y otros productos lácteos, helados y paletas.
  6. *Alimentos balanceados.* Alimentos para animales.
  7. *Elaboración de bebidas.* Aguardientes a base de agaves, excepto pulque, ron y otros aguardientes de caña, vinos y aguardientes de uva, otras bebidas alcohólicas no fermentadas, pulque, sidra y otras bebidas fermentadas, cerveza, refrescos y aguas gaseosas, vinagre y otros condimentos, alcohol etílico.
  8. *Industrialización de tabaco.* Beneficio de tabaco, cigarros, puros.
  9. *Textiles.* Despepite y empaque de algodón, preparación de fibras blandas para hilado, hilos para coser, estambres, casimires, paños y similares, hilados y tejidos de algodón, mezcla de fibras blandas, encajes, cintas y tejidos angostos, blanqueo, teñido y acabado de telas, hilado de fibras duras, telas impermeabilizantes e impregnadas, alfombras, tapetes y similares, fieltros y entretelas, suéteres, ropa exterior, confección de camisas, uniformes, ropa interior, algodón absorbente, vendas y similares, cubreasientos y tapizados, otros artículos confeccionados con textiles.
  10. *Industrialización de cuero y pieles.* Curtido y acabado de cuero de piel. Productos de cuero, piel y sucedáneos excepto calzado y prendas de vestir, calzado excepto de hule y plástico, guaraches, sandalias y alpargatas, calzado de tela con suela de hule o plástico, productos de cuero.



11. **Industrialización de la madera.** Aserraderos, triplay, tableros, aglutinados y fibracel, muebles que preferentemente contienen madera, puertas, ventanas, closets y similares, mamparas y persianas, envases de madera, artículos de palma, mimbré, carrizo, etc., ataúdes, productos de corcho, otros productos de madera.
12. **Papel.** Pastas de celulosa y papel, cartón, cartoncillo y cartón impregnado, envases de papel, envases de cartón, otros productos de celulosa.
13. **Industria química.** Fabricación de hielo, jabones, detergentes y similares, aceites esenciales, grasas y aceites animales no comestibles.

### **Sectores de apoyo**

1. **Industria química de apoyo.** Colorantes y pigmentos, gases industriales
2. **Industria de plásticos y similares.** Laminados, perfiles, tubos y similares de plástico, envases, envolturas y películas de plástico.
3. **Industria de minerales no metálicos.** Envases y ampollas de vidrio, fibras de vidrio y similares, otros artículos de vidrio y cristal, ladrillos, tabiques y otros artículos refractarios, productos de asbesto, abrasivos.
4. **Industrias metálicas básicas.** Laminación secundaria de hierro y acero, tubos y postes de hierro y acero, metalurgia del cobre y sus aleaciones, metalurgia de aluminio y soldaduras, soldaduras y plomo, estaño y zinc, metalurgia de plomo, estaño y zinc.
5. **Industria de construcciones metálicas.** Estructuras para la construcción y tanques metálicos, tornillos, tuercas y similares, clavos, tachuelas y similares, galvanizado, cromado, niquelado, etc., fundición y modelo de piezas metálicas, envases y productos de hojalata, corcholatas y otros artículos esmaltados y troquelados, alambre y artículos de alambre, otros productos metálicos excepto maquinaria y equipo, calderas, quemadores y calentadores.

6. **Maquinaria, equipo e instrumentos.** Maquinaria para madera y metales, maquinaria y equipo para alimentos y bebidas, remolques, grúas y similares, bombas, rociadoras y extinguidores, válvulas, maquinaria y equipo, filtros o depuradores de líquidos y gases, motores eléctricos, generadores y similares, maquinaria y equipo industrial eléctrico, materiales y accesorios eléctricos, básculas y otros instrumentos de medida y control.

De manera paralela, es necesario identificar el tipo de conocimientos tanto básicos como aplicados que se requieren para llevar a cabo la producción de bienes y servicios de la actividad objeto de estudio; con ese propósito, es preciso agrupar las diferentes áreas del conocimiento y determinar los criterios para su clasificación.

Las diversas áreas del conocimiento, tanto científico como estrictamente tecnológico, surgen de la naturaleza propia de los procesos técnicos identificados en todos y cada uno de los sectores. El criterio central que debe seguirse para agruparlos es que el tipo de conocimientos involucrados tengan el mayor grado posible de coherencia interna. A los grupos así definidos se les denominará *frentes de conocimientos científicos y tecnológicos*.

Los frentes abarcan todas las capacidades técnicas asociadas al proceso de innovación: generación, adaptación, absorción y difusión de tecnología (paquete tecnológico). En otros términos, agrupan a los recursos humanos calificados para la organización de paquetes en todos y cada uno de los frentes.

#### *Frentes tecnológicos*

1. **Ciencia de alimentos.** Nutrición, toxicología, química, bioquímica y microbiología de alimentos, propiedades organolépticas y nutritivas, fisiología postcosecha de vegetales y fisiología post mortem de animales, propiedades físicas y químicas de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas.
2. **Química orgánica.** Propiedades físicas y químicas, química analítica, cinética y físico-química de sustancias tales como azúcares, almidones, celulosa, grasas, ácidos orgánicos, colorantes.

Para la agroindustria se definieron 15 frentes de conocimientos; se procuró que cumplieran las condiciones de coherencia interna y homogeneidad. Asimismo, debe señalarse que en este grupo de frentes se incluyeron también áreas de conocimiento que no inciden de manera directa en la agroindustria, pero sí de forma indirecta, por medio de actividades complementarias de apoyo a la misma. Por ejemplo, la tecnología de materiales metálicos o la instrumentación y control no son áreas clave en el sector de maquinaria, equipo e instrumentos. En el caso de que la agricultura hubiera sido incluida, se habrían seleccionado frentes de conocimientos adicionales, tales como la química agrícola, ingeniería agrícola, agronomía, zootecnia, silvicultura, horticultura, fitopatología, ciencias veterinarias, etc.

3. *Proceso mecánico de productos.* Tecnología de diseño de equipo, proceso y operación para trozado, pelado, molienda, separación de sólidos, pulpado, limpieza mecánica, descascarado, corte, desfibrado, envasado y embajale.
4. *Ingeniería de procesos.* Balance de materia y energía, tecnología de proceso y operación para calentamiento, enfriamiento, cambios de fase, reacciones químicas, transferencia de fluido, bases para selección y diseño de equipo, síntesis de procesos, simulación y optimización.
5. *Biotecnología.* Fermentaciones en fase líquida, sólida y semisólida, reactores enzimáticos, bases para selección y diseño de equipos, síntesis de procesos, simulación y optimización, microbiología y genética en transformaciones fermentativas.
6. *Ingeniería textil.* Tecnología de equipo, proceso, producto y operación para la producción de hilos, telas y prendas.
7. *Diseño industrial.* Técnicas para asegurar la funcionalidad, presentación, versatilidad, costo y posibilidad de reparación de productos industriales y sus envases.

8. **Tecnología de materiales metálicos.** Propiedades físicas y fisico-químicas de metales y aleaciones. Operaciones de soldadura, corte y deformación. Diseño y construcción de estructuras, tanques, recipientes y piezas metálicas.
9. **Tecnología de polímeros.** Propiedades físicas, químicas y superficiales de resinas y polímeros, diseño de procesos de transformación química y mecánica de productos poliméricos.
10. **Tecnología de materiales no metálicos.** Propiedades físicas, químicas y superficiales y diseño de procesos de transformación química y mecánica de cerámicas, refractarios, módulos y prefabricados.
11. **Ingeniería industrial.** Estudios de preinversión: ingeniería de detalles, control de calidad, productividad, gestión tecnológica, mantenimiento, planeación de producción, manejo de tiempos y movimientos, procedimientos de automatización, optimización.
12. **Instrumentación y control.** Diseño y operación de medidores, sistemas de control, servomecanismos, centrales y tableros de mando, diseño y manufactura asistida por computadora y robots.
13. **Ingeniería ambiental.** Detección física, química y biológica de contaminantes, diseño de sistemas de anticontaminantes, tratamiento de aguas, efluentes, basuras, contaminantes atmosféricos y del suelo, estudios de impacto ecológico.
14. **Ingeniería electromecánica.** Diseño, instalación, mantenimiento, seguridad y protección de instalaciones electromecánicas industriales y maquinaria eléctrica, ciencia de materiales, cinemática y dinámica de mecanismos y elementos propulsores.
15. **Administración y sistemas.** Administración de recursos humanos, materiales y financieros, estructura organizacional, mercadotecnia, extensionismo agropecuario.

## Restricciones internas

Un elemento común a la estrategia y a las políticas de desarrollo tecnológico es el hecho de que están "restringidas" por elementos tanto internos como externos que condicionan su formulación; es necesario identificarlos plenamente. Los primeros –los internos– hacen referencia, en el caso que nos ocupa, a las características particulares del propio desarrollo sectorial en su vertiente tecnológica. En tal sentido se pueden acotar aquí, de manera general, cinco grandes tendencias que guían simultáneamente su desempeño:

Integración  
Industrialización  
Diversificación

Capitalización  
Internacionalización

La *integración* se refiere al fenómeno de eslabonamiento tecnológico de las actividades agropecuarias con la manufactura industrial, la industria productora de insumos y equipo agroindustrial y, finalmente, la distribución y comercialización.

La *industrialización* implica la utilización creciente de tecnologías –de equipo, proceso, producto y operación– que permiten la producción mecanizada y automatizada en gran escala más allá del ámbito estricto de la industria, para insertarse en el seno mismo de la agricultura, la distribución y la comercialización.

La *diversificación* supone la creciente variedad de nuevos y mejores productos y procesos agroindustriales, resultado de la incorporación de tecnologías más avanzadas y más eficientes.

La *capitalización* entraña la tendencia hacia formas de organización y producción que subordinan el proceso de innovación tecnológica a la obtención de un nivel adecuado de rentabilidad y/o de una tasa de retorno sobre el capital invertido.

La *internacionalización* refleja la creciente utilización de tecnologías generadas por empresas transnacionales y su impacto en las cadenas agroindustriales nacionales.

## Restricciones externas

Las restricciones o condicionantes externas son todos aquellos elementos pertenecientes al contexto macroeconómico general que afectan en forma directa o indirecta el desarrollo de cualquier sector. En ese sentido, pueden mencionarse cuatro tendencias que se refuerzan en la actualidad en un gran número de países y que afectan por igual a todas las ramas de la actividad económica:

Estabilidad  
Desregulación

Privatización  
Liberalización

La *estabilidad* se refiere fundamentalmente a la utilización de los principales instrumentos de política económica –tipo de cambio, tasas de interés, oferta monetaria, entre otros–, con el fin de asegurar un marco macroeconómico en el cual la evolución general de la actividad económica esté en consonancia con el contexto internacional, sin cambios abruptos y presiones inflacionarias incontrolables.

La *desregulación* se refleja tanto en la supresión de controles, leyes y reglamentos que afectan las actividades económicas con el fin de propiciar una mayor afluencia de competidores, como en el otorgamiento de más y mejores facilidades a la inversión extranjera directa, sin restricciones en cuanto a su destino sectorial.

La *privatización* es el proceso de desincorporación o venta de empresas y organismos de propiedad estatal hacia los particulares, con el objeto de sanear las finanzas públicas y propiciar una mayor eficiencia en su manejo por medio de mercados más competitivos.

La *liberalización* ha adoptado básicamente la forma de suprimir los controles a la importación y su sustitución por aranceles, al tiempo que su nivel se ha reducido sensiblemente, con el propósito de inducir una mayor competitividad de las economías nacionales al derrumbarse las barreras impuestas por el proteccionismo imperante hace algunos años.

## Consistencia metodológica

Además de las condicionantes internas y externas, desde el punto de vista estrictamente metodológico existen otras. Una vez que se han

planteado los objetivos y metas generales concernientes al desarrollo sectorial, éstos se convierten también en una restricción, en el sentido de que las estrategias y políticas tecnológicas tienen que estar articuladas orgánicamente con ellos y no pueden ser definidas de manera arbitraria ni mucho menos ser incompatibles.

Por ejemplo, si el objetivo central del desarrollo agroindustrial es lograr una mayor participación en los mercados internacionales, con determinación de ciertas metas de exportación para un grupo de productos, la estrategia a seguir tiene que ser coherente con ese propósito. Asimismo, la determinación de las políticas tendrá que obedecer a los mismos requerimientos.

No obstante, dentro de los aspectos estratégicos hay siempre un amplio margen de acción, lo cual favorece la situación, pues necesariamente hay que tomar decisiones en esa materia. De ahí la necesidad de contar con los elementos metodológicos adecuados que coadyuven a su mejor definición.

## DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

La estrategia define la manera de cumplir de manera adecuada los objetivos planteados previamente. En tal sentido, el campo de acción de la estrategia determina la trayectoria a seguir por parte de todos y cada uno de los elementos que participan directa o indirectamente en el desarrollo tecnológico.

Para la definición de una estrategia tecnológica es menester considerar cinco dimensiones:

Económica  
Política  
Técnica

Operacional  
Social

La importancia de la estrategia tecnológica reside en el hecho de que define, en primer lugar, el sentido u orientación del proceso de innovación tecnológica. En otras palabras, explica hacia dónde dirigir dicho proceso.

En segundo lugar, posibilita identificar los agentes responsables del cambio tecnológico, al tiempo que da cuenta del grado de participación del Estado en ese proceso y la intensidad con que lo hace. Además, permite seleccionar de manera clara los elementos que hay que priorizar en el desarrollo tecnológico; en este caso, la jerarquización de los frentes de conocimientos científicos y tecnológicos, de acuerdo con su peso específico. Asimismo, delimita la importancia relativa que tiene cada una de las etapas del proceso de innovación tecnológica en el sector objeto de análisis.

Finalmente, la formulación de lineamientos estratégicos permite considerar también el posible impacto social y el efecto potencial en el uso de los recursos. En la medida en que el desarrollo tecnológico constituye un proceso multidimensional, para inducirlo la estrategia necesariamente tiene que reflejar esa perspectiva, de tal manera que permita su manejo integral.

### **Dimensión económica**

Uno de los primeros aspectos a considerar al interior de la estrategia tecnológica es el referido a su direccionalidad; por ésta se entiende la orientación específica que se desea inducir en el proceso de innovación tecnológica. En la medida en que siempre se incurre en un costo económico, con independencia de la orientación seleccionada, se denomina a esta dimensión con ese calificativo. El problema central de cualquier estrategia tecnológica referida a la direccionalidad apunta a la decisión de cómo combinar los elementos internos existentes con los del exterior. En otros términos, ¿cuál es la dosis óptima entre la oferta tecnológica nacional y la proveniente del exterior?

Entre las posibles respuestas se encuentran, en primer lugar, dos escenarios extremos: autosuficiencia tecnológica relativa *versus* ventajas comparativas tecnológicas.



### *Autosuficiencia tecnológica relativa*

El primer escenario implica que el país debe ser autosuficiente tecnológicamente en términos de las capacidades asociadas al proceso de innovación, desde la generación hasta la difusión de tecnología. Esto supone que el país o región disponga de manera autónoma e independiente de los recursos humanos necesarios para el desarrollo de los diversos frentes tecnológicos que posibilitan el desarrollo sectorial. En términos prácticos, supone que a largo plazo las compras de tecnología en el exterior no serán muy significativas y que, en cambio, se estimulará la oferta nacional vinculada orgánicamente con las necesidades del aparato productivo.

La autosuficiencia tecnológica relativa motiva no sólo que se eliminen las importaciones directas o explícitas de paquetes tecnológicos, con la consiguiente disminución de pagos (*royalties*) al exterior, sino también que haya un descenso gradual y constante de las importaciones indirectas o implícitas de tecnología, es decir, de bienes de capital y servicios.

Una estrategia que apunte hacia la autosuficiencia tecnológica tiene que considerar, como ya se mencionó, la consistencia con los objetivos planteados para el desarrollo sectorial. De esa manera, según el objetivo fijado variará el grado de autosuficiencia tecnológica requerida. Si el objetivo principal es el abastecimiento del mercado interno, y si éste se encuentra razonablemente protegido, el nivel de complejidad tecnológica que deberá alcanzar un país es muy diferente de aquel que sería imprescindible si el propósito general fuera incursionar exitosamente en los mercados externos con un flujo importante de exportaciones o competir en una economía con altos grados de apertura.

En este último caso, resulta difícil esperar que un país pueda ser autosuficiente de manera completa. La experiencia demuestra que en la mayoría de los casos se logra la autosuficiencia tecnológica sólo en algunas líneas de producción; de ahí, precisamente, el calificativo de autosuficiencia relativa. Aunque parezca paradójico, el grado de autosuficiencia tecnológica es muy diferente en uno y otro caso. Todo dependerá del objetivo general planteado para el sector objeto de análisis en su conjunto y de la estrategia general de desarrollo.

### *Ventajas comparativas tecnológicas*

Se considera que un país o región posee ventajas comparativas no por el hecho de que sea capaz de generar y transferir un paquete tecnológico de manera completa merced a sus propios recursos humanos, sino porque bajo ese esquema un paquete tecnológico es más adecuado que otro en términos de su costo de adquisición y utilización, así como también de su eficiencia técnica.

La situación que se analiza en el texto puede ser ilustrada por medio de la agroindustria no alimentaria, como es el caso de la fabricación de materiales textiles no sintéticos. Un país o región puede ser autosuficiente tecnológicamente para responder a las necesidades de esa industria cuando el mercado nacional es su principal objetivo. Sin embargo, esa misma industria puede carecer por completo de paquetes tecnológicos adecuados cuando el propósito principal es la incursión en los mercados internacionales. La carencia de recursos humanos especializados en el diseño del producto, la escasa capacidad de ingeniería de producción de gran escala, la ausencia o insuficiencia de cualquier otro componente, exigirían la compra de tecnología externa más adecuada para poder competir exitosamente frente a otros países o regiones con niveles más avanzados en cuanto a ingeniería textil se refiere.

Si el país o región dispone de una oferta acorde a esas condiciones, el componente doméstico será favorecido. De lo contrario, la adquisición de tecnología extranjera constituirá la mejor alternativa y será la opción favorecida, en tanto que posee una ventaja relativa sobre la tecnología generada internamente. Así, el elemento definitorio no es sólo la disponibilidad tecnológica, sino también el costo de su acceso y la potencialidad inmediata en su rendimiento y explotación. Una estrategia de ese tipo se basa esencialmente en impulsar el desarrollo tecnológico en función de las tecnologías que ofrezcan las mejores potencialidades, sin importar que el origen sea nacional o extranjero.

Esta última opción bien puede ser seleccionada cuando el objetivo del desarrollo sectorial sea el de una mayor vinculación con los mercados internacionales, con el argumento de que posibilita tener acceso a las últimas innovaciones en la materia y permite, por tanto, mantener un nivel de competitividad adecuado.

Las ventajas comparativas, sobre todo en el terreno tecnológico, están lejos de ser estáticas. Precisamente una de sus características es que a largo plazo se modifica el esquema prevaleciente en un momento dado; de tal manera, lo que un país o región había ganado en términos de liderazgo tecnológico puede perderlo.

A pesar de la franca dicotomía entre autosuficiencia –capacidad propia de crear paquetes tecnológicos– y ventajas comparativas tecnológicas –utilización de paquetes tecnológicos en función de su costo relativo a nivel internacional–, ambas comparten la característica de que incurren en costos tanto de corto como de largo plazo.

Una estrategia de autosuficiencia incurre en gastos de corto plazo muy altos –formación de recursos humanos, gastos de investigación y desarrollo (I+D) por parte de empresas, financiamiento de capital de riesgo, creación de infraestructura técnica, entre otros–, pero rinde frutos en el largo plazo al posibilitar a una región o país que construya por sí mismo su propia capacidad tecnológica y, más aún, que disponga de ella de acuerdo con sus objetivos de desarrollo.

En el esquema de las ventajas comparativas tecnológicas, lo que sucede es exactamente lo opuesto. A corto plazo, únicamente se requiere el pago de *royalties*, pero a largo plazo se pierde la oportunidad de desarrollarse a partir de recursos propios –sobre todo porque la tasa de retorno de la innovación tecnológica es de muy largo plazo y con alto riesgo– y se corre el peligro de quedar a merced de los proveedores externos de tecnología, quienes a su vez compiten con el propio país o región.

Además, si se añade el costo proveniente de la importación de tecnología implícita (bienes de capital y servicios), el análisis costo/beneficio puede arrojar un balance negativo. De ahí la necesidad de considerar cuidadosamente esos elementos para seleccionar una determinada orientación de la estrategia de desarrollo tecnológico sectorial.

### *Autodeterminación tecnológica*

Además de las dos alternativas señaladas en cuanto a la dirección de la estrategia, hay una tercera vía que combina elementos de los dos escenarios extremos: la autodeterminación tecnológica. En ella se seleccionan las diferentes dosis del contenido nacional e importado que se desea para la cadena tecnológica. En el fondo, lo que se decide es cómo obtener una combinación óptima que permita a un país, de acuerdo con sus objetivos, moldear el proceso de innovación tecnológica y lograr que éste no le sea impuesto por circunstancias aleatorias u otro tipo de factores.

La estrategia de autodeterminación tecnológica combina ingredientes de las dos posiciones extremas en la medida en que orienta el proceso de innovación hacia una situación en la cual la balanza tecnológica tiende hacia el equilibrio o hacia una posición superavitaria, es decir, que el saldo entre importaciones y exportaciones de tecnología se compensa, o incluso es mayor el flujo de salida de tecnología que el de entrada. Esto es posible mediante la decisión del país o región de desarrollar y crear paquetes tecnológicos en algunas áreas y de exportarlos, incluso, al mismo tiempo que importa el *know-how* necesario en otros rubros en los cuales no hay ni capacidad ni interés por alcanzar niveles de competitividad satisfactorios.

La decisión estratégica de impulsar ciertas áreas tecnológicas que inciden de manera directa o indirecta en el desarrollo sectorial supone, implícitamente, inscribirse en el camino de la creación de ventajas comparativas, pues de ese modo es posible alcanzar niveles de eficiencia, no sólo adecuados de acuerdo con el contexto nacional, sino incluso en relación con los prevalecientes en el orden internacional.

En síntesis, la estrategia de autodeterminación reconoce la necesidad de poseer cierta dosis de capacidad autónoma en la creación tecnológica y, al mismo tiempo, rescata el criterio de las ventajas comparativas.

Para decidir, a nivel de cada frente tecnológico o a nivel global, cuáles son las áreas en dónde se puede recurrir a la oferta nacional, en cuáles es necesaria la disponibilidad externa o establecer una combinación de ambas, es preciso evaluar la situación tecnológica por medio de los niveles de competitividad que se han alcanzado.

La clave para cualquier estrategia tecnológica depende, en primera instancia, de conocer el grado de desarrollo relativo que se tiene en todos y cada uno de los frentes de conocimientos científicos y tecnológicos. En otros términos, es un requisito indispensable evaluar su situación presente y, desde allí, optar por una u otra alternativa.

Una forma sencilla y rápida de hacerlo es la comparación de los niveles de desarrollo nacionales con los que existen en el orden internacional. Para la realización del proceso descrito se debe consultar con un grupo de expertos previamente seleccionado y técnicamente calificado en las diversas materias, a quien se le suministra la información relevante que permite establecer los grados de desarrollo relativo a nivel comparativo por cada frente.

La utilización de la técnica Delphi es muy recomendable; ha sido diseñada especialmente para situaciones en las cuales los juicios de valor desempeñan un papel relevante, es decir, procesos en los que son necesarias decisiones de tipo cualitativo y cuantitativo para identificar oportunidades, realizar pronósticos y, en general, para la planeación.

Esa técnica consiste en reunir un panel selecto de expertos para que califiquen, de manera individual y en función de parámetros definidos, una o más variables en una primera vuelta. Posteriormente se discuten los casos en los que se manifiesta un mayor grado de desacuerdo y se procede a otra calificación individual. Generalmente con dos rondas se alcanza un grado de consenso aceptable.

Con el método anterior, y con la ayuda de una escala de comparación ideada especialmente para poder calificar el grado de desarrollo tecnológico – como la que se verá a continuación –, se puede conocer el nivel de desempeño tecnológico de un país o región.

Como se puede apreciar, se definieron cinco niveles en un rango que va de 1 a 25; se utiliza una escala cuadrática para reflejar el hecho de que el paso de un nivel a otro implica un esfuerzo relativo mucho mayor.

## NIVELES DE COMPETITIVIDAD

1. *Rezago internacional*. Ejemplos: Haití o Ghana, en producción de equipo electrónico; Chile en energía nuclear. Importación casi total de bienes, servicios y tecnología para ese frente, producción nula de bienes de capital para ese frente, gastos en IyD entre 0 y 0.1% de las ventas del sector.
4. *Subdesarrollo*. Ejemplos: Colombia en extracción de recursos minerales, Perú en producción de textiles o Egipto en equipo electrónico. Hay producción, pero básicamente orientada al consumo interno en el frente. Control tecnológico y administrativo de empresas trasnacionales. Coeficiente de exportación/importación de bienes de capital para ese frente entre 0 y 0.2%. Gastos en IyD entre 0.05 y 0.4% de las ventas del sector. Muy escasa investigación en el sector productivo.
9. *Competencia intermedia*. Ejemplos: Argentina en agroindustria ligera, Brasil en equipo electrónico, Corea del Sur en productos metálicos. Balanza comercial del sector cercana al equilibrio. Explotación de algunos servicios tecnológicos. Coeficiente de exportación/importación de bienes de capital para ese frente entre 0.2 y 0.6%. Gastos en IyD entre 0.3 y 0.9% de las ventas del sector. Incipiente participación del sector productivo en labores de investigación y desarrollo.
16. *Competencia internacional*. Ejemplos: Gran Bretaña en máquinas-herramientas, Bulgaria en maquinaria agroindustrial, Corea del Sur en equipo electrónico. Fuerte actividad exportadora de productos y tecnología. Coeficiente de exportación/importación de bienes de capital para el sector entre 0.6 y 1.5%. Gastos en IyD entre 0.7 y 4% de las ventas del sector. Importante participación del sector productivo en labores de investigación y desarrollo.
25. *Liderazgo internacional*. Ejemplos: Gran Bretaña en servicios de salud, Corea del Sur en confecciones textiles, Suecia en siderurgia, Japón en componentes electrónicos. Exportación/importación de bienes de capital entre 1.5 y 3%. Gastos en IyD entre 3 y 10% de las ventas del sector, realizados fundamentalmente al interior del

sector productivo. Rápida incorporación de avances de la ciencia básica a la producción.

De esa forma, no es lo mismo alcanzar un grado de subdesarrollo a partir del nivel de rezago internacional que acceder al estadio de competitividad internacional desde una posición competitiva intermedia; la magnitud de recursos involucrados en uno y otro caso es muy diferente. Para evaluar la competitividad internacional de un frente con respecto a un determinado grupo de países, un ejercicio útil consiste en comparar cuál es la capacidad técnica disponible en el país, en ese momento, para competir en una licitación internacional por la provisión de un paquete tecnológico a un tercer país comprador de tecnología o de servicios de consultoría en esa materia.

En el caso del desarrollo tecnológico de la agroindustria en México se determinó -de acuerdo con la opiniones de expertos reunidos en una panel tipo Delphi- que tiene un nivel de competitividad intermedia (8.3), lo que significa que en términos generales se exportan algunos servicios tecnológicos, que el coeficiente de exportación/importación de bienes de capital oscila entre 0.2 y 0.6% (es decir, que por cada unidad de equipo exportada se importan entre 1.2 a 1.6 unidades) y que la actividad preponderante se relaciona con la adaptación tecnológica y la sustitución de materiales. A nivel individual, el frente de conocimientos de mayor desarrollo relativo fue el de tecnología de materiales metálicos (10.4) y el menor grado de competitividad fue la ingeniería ambiental (5.9). De acuerdo con los resultados, en ninguna área de conocimientos existe subdesarrollo, sino que se está por encima de él.

Desde el punto de vista de la estrategia de autosuficiencia, la conservación de un nivel de competitividad intermedia puede ser perfectamente coherente en una economía relativamente cerrada. Sin embargo, desde la perspectiva de afianzar un sector altamente exportador, dicho nivel puede ser claramente insuficiente.

### Niveles de Competitividad de los Frentes Tecnológicos

1.	Ciencia de alimentos	8.8
2.	Química orgánica	10.1
3.	Proceso mecánico de productos	8.6
4.	Ingeniería de procesos	9.5
5.	Biotecnología	6.8
6.	Ingeniería textil	5.4
7.	Diseño industrial	7.5
8.	Tecnología de materiales metálicos	9.8
9.	Tecnología de polímeros	9.5
10.	Tecnología de materiales no metálicos	10.4
11.	Ingeniería industrial	9.4
12.	Instrumentación y control	6.9
13.	Ingeniería ambiental	5.9
14.	Ingeniería electromecánica	8.5
15.	Administración y sistemas	7.9
<b>COMPETITIVIDAD PROMEDIO</b>		<b>8.3</b>

### Dimensión política

La fijación de la dirección u orientación de la estrategia es una condición necesaria pero no suficiente para garantizar las modalidades del desarrollo tecnológico sectorial. Sin la participación de los agentes responsables de su ejecución, la estrategia puede quedar totalmente trunca, como ha sido la experiencia especialmente en el campo de la ciencia y la tecnología.

En muchos países se realizaron importantes esfuerzos de planeación tecnológica que involucraron el diseño de estrategias y políticas pero fueron poco exitosos, entre otras causas por la falta de concertación de compromisos reales con los agentes involucrados en el proceso de innovación tecnológica.



En primera instancia hay que determinar cuál es la responsabilidad del Estado –por medio no sólo de su sector administrativo central, sino de sus agencias de promoción, así como también de las empresas propiedad del mismo– y fijar su cuota de participación. Esto último adquiere especial relevancia frente a la tendencia actual de reducción del protagonismo estatal y su sustitución por mecanismos de participación más descentralizados.

En otras palabras, la estrategia tecnológica, en lo que concierne a la responsabilidad estatal, se enfrenta ahora a una situación en la que la intervención ha sido reemplazada por la inducción: de Estado interventor a Estado inductor.

Bajo este componente estratégico se incluye no sólo al Estado, sino también todo lo relativo tanto a la identificación de otros agentes como a las formas de participación de ellos al seno de la estrategia.

En pocas palabras, se trata de saber quiénes son los agentes innovadores responsables del cambio tecnológico y cuál es su papel dentro de la estrategia. Esta dimensión tiene una relación directa con las interrogantes: ¿con quién desarrollar tecnológicamente al sector? y ¿cómo impulsar su participación al seno de la estrategia?

La identificación de los agentes del cambio tecnológico debe incluir de manera más o menos precisa y detallada al sector público –gobierno central, agencias relacionadas con el desarrollo tecnológico del sector, universidades y centros de investigación y desarrollo, empresas propiedad del Estado, etc.–, al sector privado –empresas tanto de producción de bienes como de servicios de ingeniería, centros de investigación y desarrollo, organizaciones no gubernamentales en general, etc., especificando su origen nacional o extranjero– y el sector social –cooperativas, sociedades de interés colectivo, etc.–.

Al mismo tiempo, cuando ello se requiera, se deberán precisar también aquellas agencias internacionales que directa o indirectamente estén involucradas en el desarrollo sectorial y tengan incidencia e influencia en el país.

El criterio central para la selección de los agentes va a estar dado en función del objetivo general asignado al desarrollo del sector, en primera instancia. Asimismo, la dirección de la propia estrategia

tecnológica determinará el tipo de agentes que es necesario considerar. Así, por ejemplo, si se persigue competir en los mercados internacionales bajo un esquema de ventajas comparativas, en el proceso de identificación de agentes y roles necesariamente habrá que prestar particular atención a las empresas extranjeras, dado su papel de innovadoras tecnológicas.

No obstante, en otro tipo de estrategia, como lo es la de autosuficiencia tecnológica, el papel central corresponderá a las empresas e instituciones nacionales responsables directa e indirectamente del desarrollo sectorial. Sin embargo, aún en ese tipo de contexto, se debe tener presente de cualquier manera la influencia significativa de las empresas transnacionales las que, independientemente de las estrategias nacionales, impactan y definen a varias cadenas productivas en términos de su liderazgo tecnológico.

Finalmente, en lo que toca a esta dimensión política, es menester también considerar las formas de participación entre los agentes inductores del cambio tecnológico en su desempeño funcional por medio de procesos coparticipativos, indicativos, mediante la concertación o simplemente obligatorios.

A pesar de que el Estado se ha convertido básicamente en un agente inductor y promotor –más que generador– del cambio tecnológico, ello no reduce su papel preponderante en la estrategia.

Así, el poder de convocatoria que posee –y en una sociedad descentralizada es todavía más acentuado este carácter– y que ningún otro agente iguala por sí solo, debe ser utilizado para concertar, acordar y pactar los compromisos requeridos para impulsar el desarrollo sectorial en su vertiente tecnológica. Las modalidades particulares pueden ser desde convenios o pactos subsectoriales hasta compromisos de coinversión conjunta.

Sirva a manera de ejemplo la biotecnología. El Estado como tal puede fijar un plan general para su desarrollo en el que las universidades y centros de investigación desempeñen un papel fundamental pero que, al mismo tiempo, se contemplan aquellas líneas de investigación en las que varias empresas nacionales estén interesadas, como pueden ser algunas áreas de la ingeniería enzimática, para que las industrias aporten

desde recursos financieros directos hasta instalaciones para las pruebas piloto.

Asimismo, hay que tener perfectamente claro el hecho de que, como en todo proceso de inducción, existen jerarquías entre los diferentes elementos participantes, por lo que se debe procurar que ellas obedezcan al esquema planteado y no que sean impuestas por la inercia del sistema; de ocurrir esto último, los objetivos fijados para el desarrollo sectorial podrían no ser cumplidos tal y como estaba fijado.

### **Dimensión técnica**

Esta área alude directamente al problema de cuáles son los frentes tecnológicos que deberán ser priorizados en las estrategias. Para ello es necesario conocer las interacciones de los diferentes frentes de conocimientos entre sí y con los propios subsectores productivos.

#### *Interacción de los frentes tecnológicos*

Los frentes tecnológicos, en tanto conjuntos de conocimientos necesarios para crear paquetes tecnológicos, no son ni autocontenidos ni independientes de manera absoluta. De hecho, unos y otros se impactan directa e indirectamente y dependen también en forma relativa de su desarrollo paralelo y simultáneo.

Para conocer la magnitud de estos impactos, y sobre todo para identificar los frentes que tienen el mayor espectro o área de influencia, se debe construir una matriz similar como la que aparece en el Cuadro 1 (final de este Capítulo) utilizada en el caso de la agroindustria mexicana.

Para evaluar el impacto cruzado que existe, es decir, el grado de influencia o determinación que ejerce un frente sobre otro, se debe recurrir al auxilio de expertos en la materia y, de manera similar a la descrita anteriormente, llevar a cabo un panel tipo Delphi. En este caso en particular se calificará el impacto que tienen todos y cada uno de ellos en una escala de 1 a 5, para reflejar los diferentes grados de intensidad que existen. La interacción de un frente consigo mismo puede considerarse muy alta, es decir, asignársele un valor de 5.

De acuerdo con la experiencia obtenida en el caso de la agroindustria mexicana, se destaca el hecho de que el impacto promedio global fue de 2.5 y que solamente un frente –instrumentación y control– tuvo un impacto alto. Los frentes de Ingeniería de procesos, Ingeniería Industrial, Ingeniería electromecánica e Ingeniería ambiental, tuvieron un impacto regular, mientras que tecnología de materiales metálicos y administración y sistemas fueron entre regulares y bajos. El valor mínimo correspondió tanto a ciencia de alimentos como a ingeniería textil; con ello se ratificó que son áreas del conocimiento altamente especializadas.

Además de los impactos, resulta interesante analizar la dependencia de unos frentes con respecto a otros, es decir, en qué medida contribuyen otras áreas del conocimiento para el desarrollo de un frente en particular. Como la matriz se construye en función de los impactos, simultáneamente se obtiene la dependencia relativa de unas áreas con respecto a otras.

El rango de dependencia osciló entre 3.4 y 1.2, lo que indica que, en términos generales, la mayoría de los frentes son relativamente independientes o autocontenidos, al no requerir de manera significativa el concurso de otro tipo de conocimientos para su propia trayectoria.

### *Interacción de los frentes tecnológicos y los sectores*

Así como es posible y necesario cuantificar las interacciones registradas entre diferentes áreas del conocimiento, también es deseable e importante conocer el grado de interacción existente entre los diversos frentes tecnológicos y las actividades propiamente productivas.

En tal sentido, es necesario construir y llenar una matriz similar a la anterior para tener mayores elementos de evaluación en el proceso de asignación de prioridades (ver Cuadro 2).

Para la agroindustria mexicana, los frentes de Ingeniería industrial, administración y sistemas, proceso mecánico de productos e Ingeniería de procesos constituyeron las áreas del conocimiento que, según se consideró, tienen el mayor impacto sobre la cadena agroindustrial. Dado que el universo de evaluación cubre también sectores no agroindustriales pero que suministran equipo e insumos, algunos frentes eminentemente agroindustriales como la ciencia de alimentos no tuvieron un impacto cuantitativo mayor.

A partir de la información anterior, se puede realizar un análisis estratégico en el que se consideren las fuerzas, debilidades, amenazas y oportunidades para impulsar el desarrollo tecnológico y seleccionar de manera definitiva cuáles son las principales áreas que se puede y debe impulsar.

En México las tres áreas principales fueron Ingeniería industrial, administración y sistemas, y la Ingeniería de procesos, aunque debe aclararse que el método de selección fue mucho más complejo que el descrito aquí.

### **Dimensión operacional**

Así como es importante establecer la direccionalidad de la estrategia y la identificación de agentes y sus respectivos roles de participación, así también es fundamental definir las etapas del proceso de innovación tecnológica que tendrán mayor peso específico al interior de la estrategia diseñada.

El proceso de innovación comprende las fases de generación y transferencia y, dentro de esta última, la selección y adquisición, la adaptación, absorción y difusión tecnológica.

La *generación tecnológica* engloba la utilización de conocimientos, tanto científicos como de carácter empírico, para el diseño y manufactura de productos y procesos, incluida la ingeniería básica y de detalle.

La *selección tecnológica* implica la utilización de normas y estándares técnicos establecidos para la compra de tecnología.

La *adaptación de los paquetes tecnológicos* entraña las modificaciones en el equipo, operación o proceso de producción de un bien, de acuerdo con las necesidades del desarrollo sectorial.

La *absorción de una tecnología* significa la posibilidad de reproducirla fuera de su fuente de origen, es decir, poseer los recursos humanos lo suficientemente capacitados como para, después de un determinado período de aprendizaje, copiarla y reproducirla de manera similar a un paquete.

La *difusión*, por su parte, se refiere al proceso de propagación y diseminación generalizada en el uso de cierto tipo de tecnologías.

La importancia de la división anterior, es decir, entre la generación y las diferentes facetas de la transferencia tecnológica, es que permite enfatizar, en cualquier sector, determinados aspectos del proceso de innovación tecnológica. Una vez más se recomienda el uso de matrices para ser aplicado al análisis de esta dimensión. En la matriz que sigue se muestra, a manera de ejemplo, cómo la biotecnología enfrenta básicamente un problema de generación, mientras que en la ciencia de alimentos la dificultad principal reside en la adaptación.

Al mismo tiempo, esa dimensión permite diferenciar, en una primera instancia, entre oferta –la forma que adopta la generación de tecnología– y demanda –los requerimientos reales y potenciales de los usuarios finales de la tecnología–, así como también identificar los problemas de articulación entre una y otra.

Precisamente, una de las grandes dificultades que se enfrentan en el proceso de innovación tecnológica es la falta de vinculación entre las

necesidades del aparato productivo (demanda potencial) y aquello que los sistemas nacionales de investigación y desarrollo han sido capaces de brindar (oferta).

Asimismo, esta dimensión actúa con carácter preventivo frente a la tendencia, imperante en el pasado, de calificar el problema tecnológico de cualquier sector como perteneciente básicamente a la insuficiente generación de tecnología (oferta); en realidad, el obstáculo principal está localizado en la ausencia de vinculación entre generación y transferencia, es decir, entre una oferta suficiente y una demanda creciente insatisfecha. Asimismo, previene el actual reduccionismo de la problemática tecnológica a un mero problema de transferencia.

### **Dimensión social**

La dimensión social hace referencia al impacto directo e indirecto que tiene el proceso de innovación tecnológica desde el punto de vista del uso de los factores productivos: trabajo, capital y recursos naturales. En tal sentido, la promoción del empleo, por ejemplo, es un elemento que la estrategia tecnológica puede tener la posibilidad de privilegiar por encima de cualquier otra consideración. Sin embargo, todo dependerá del nivel tecnológico requerido para sustentar el desarrollo sectorial.

**INTERACCION ENTRE DIMENSION OPERACIONAL  
Y DIVERSOS FRENTES**

Dimensión operacional	Ciencia aliment.	Biotec- nología	Ing. textil	Admin.y sistemas
Generación	1.0	5.0	4.0	3.5
Selección	1.5	3.5	2.8	2.4
Adquisición	5.0	3.8	2.3	2.5
Adaptación	3.5	3.8	2.3	2.5
Absorción	2.2	3.2	0.2	2.1
Difusión	2.0	2.2	5.0	1.7

**Escala de impacto:**

1 = muy bajo  
2 = bajo  
3 = regular

4 = alto  
5 = muy alto

La experiencia demuestra que, a medida que se asciende en la escala tecnológica, los paquetes tecnológicos se vuelven más intensivos en capital. En otros casos, el grado de intensidad se refleja en personal cada vez más especializado y/o más capacitado. No obstante, existe cierto margen de acción en lo referente a incentivar el uso de ciertos recursos naturales no tradicionales y beneficiar con ello a sus productores.

En otra perspectiva, existe también la posibilidad de que las consideraciones de tipo ambiental tengan un grado de influencia importante para la estrategia a seguir. El margen de influencia que puede otorgarse a la dimensión social está dado, en última instancia, por el tipo de organización económico-social en la que el sector objeto de análisis esté inserto.



Las consideraciones de tipo ambiental pueden entrar en el diseño de un paquete tecnológico en la medida en que la sociedad esté dispuesta a pagar por ello un sobreprecio. Prescindir, por ejemplo, de ciertos componentes químicos altamente contaminantes en la industria textil y sustituirlos por elementos naturales o por lo menos con menor grado de toxicidad, produce un impacto en el precio final.

La utilización de cierto tipo de materias primas con el fin de contribuir al desarrollo regional puede ser perfectamente justificable desde el punto de vista social, pero puede ser también imposible de costear en el largo plazo. El caso del henequén en México y la sustitución creciente del azúcar por aspartamo plantean problemas sociales que van más allá de la esfera tecnológica, y son muy reveladores de las limitaciones existentes al considerar la dimensión social.

Finalmente, en lo que se refiere a esta dimensión se puede agregar que es de suma importancia considerar también las formas de organización para el aprendizaje y capacitación tecnológica al interior de las unidades productivas, que son los recipientes finales de los paquetes, y contribuir de esa manera al fortalecimiento del desarrollo sectorial en su aspecto micro.

### **Vinculación**

Las cinco dimensiones aquí reseñadas sirven única y exclusivamente para el diseño de una estrategia de desarrollo tecnológico. El peso relativo que debe tener cada una de ellas no puede ser asignado de antemano; tampoco puede decirse que la importancia relativa tenga que ser exactamente igual. La proporción de las estrategias debe, eso sí, adaptarse al contexto en el que serán aplicadas y, en esa medida, el peso relativo para cada dimensión será una resultante más que una condición previa.

Por otra parte, es necesario reiterar que el establecimiento de una estrategia tecnológica no basta para inducir un desarrollo sectorial. Es indispensable también la formulación de una política *ad hoc* para el cumplimiento exitoso del objetivo general fijado. En tal sentido, puede decirse que la estrategia es una condición necesaria pero insuficiente si no es complementada con la política tecnológica.

## DISEÑO DE UNA POLITICA TECNOLOGICA

La política tecnológica es una función básica, dirigida hacia la creación de un marco en el cual puedan ser tomadas y llevadas a cabo las decisiones concernientes al proceso de innovación tecnológica. En un sentido más amplio, las políticas constituyen la operacionalización de la estrategia tecnológica. Desde la perspectiva de la congruencia metodológica entre objetivos, metas, estrategias y políticas, estas últimas constituyen uno de los eslabones finales –preceden a los proyectos– que permiten precisamente inducir el cumplimiento de los objetivos fijados con base en ciertas metas y en el marco definido por los lineamientos estratégicos. Como sucede en el caso de las estrategias, la determinación de políticas lleva implícito un margen de decisión que es necesario considerar cautelosamente.

A pesar de que los instrumentos de política son neutros si se consideran en forma individual, es decir que afectan única y exclusivamente el campo específico de su aplicación, adquieren como parte de una estrategia para impulsar el desarrollo tecnológico una orientación determinada y cubren un campo de acción que rebasa su ámbito individual cuando son aplicados singularmente, debido a los efectos complementarios que tienen unos y otros.

Para la definición de una política tecnológica es necesario considerar ocho aspectos:

Especificidad	Alcance
Instrumentación	Temporalidad
Evaluación	Carácter
Impacto	Participación

A manera de ejemplo, considérese el caso de un desarrollo agroindustrial volcado hacia el mercado foráneo bajo un esquema de ventajas comparativas tecnológicas. En ese contexto, ciertas restricciones a la inversión extranjera –por medio de regulaciones específicas, controles de divisas rigurosos o la franca prohibición de participar en ciertos sectores agroindustriales– puede alterar los resultados previstos en la estrategia diseñada e impedir alcanzar las metas fijadas.

La situación opuesta, es decir, una agroindustria regida principalmente por las necesidades del mercado interno con un esquema de autosuficiencia tecnológica relativa, no puede ser congruente con una apertura comercial total e indiscriminada hacia el resto de países y regiones.

La determinación de la política tecnológica requiere, en primera instancia, la definición de su ámbito o campo de aplicación, y conocer la magnitud o extensión de la cadena productiva que abarca. Para la definición de políticas es necesario también determinar cuáles son los instrumentos disponibles para el objetivo fijado a nivel general y su expresión en la estrategia tecnológica.

En la medida en que el diseño de la política tecnológica es un proceso en el cual se recogen instrumentos de acción previamente existentes, creados bajo otra estrategia, surge la necesidad de evaluar su desempeño antes de utilizarlos plenamente en un nuevo esquema.

Al mismo tiempo, además de que cada uno de los instrumentos de política posee su propia importancia relativa, afecta e influencia el comportamiento de los demás, razón por la cual es necesario tomar en consideración los efectos indirectos de cada uno de ellos al interior de la política tecnológica. Asimismo, es menester evaluar de igual manera el grado de profundidad que poseen las diversas políticas sobre el proceso de innovación tecnológica.

No menos importante es la oportunidad con la que se utilicen los diversos instrumentos de política, así como también la pertinencia de suspender su utilización cuando se ha conseguido consolidar el efecto deseado.

Por otra parte, la ejecución y manejo de los instrumentos de política supone, de manera explícita, un mayor o menor grado de intervención al interior de las economías de mercado. En forma paralela, la aplicación de las políticas siempre requiere cierta dosis de participación de los agentes involucrados; ésta puede ser desde voluntaria hasta restrictiva, por lo que se requiere determinar explícitamente este aspecto.

### **Especificidad**

Para el establecimiento de una política sectorial, uno de los primeros aspectos a considerar es el campo específico de acción sobre el cual van a ejercer su impacto en una etapa posterior los diversos instrumentos seleccionados. Desde esa perspectiva, no es suficiente delimitar la política tecnológica sin conocer de manera detallada qué parte de la cadena productiva será el objeto de su acción. Los posibles campos específicos surgen de los criterios adoptados; éstos pueden variar en función de los objetivos fijados para el desarrollo sectorial en su conjunto.

### **Definición de instrumentos**

Para la definición de políticas es necesario, una vez establecido el campo particular de acción, determinar los instrumentos disponibles que son idóneos para llevarlas a cabo; en otras palabras, debe decidirse cómo instrumentar las políticas.

El punto de partida para este propósito es el conjunto de instrumentos, tanto directos (explícitos) como indirectos (implícitos), que inciden en el desarrollo tecnológico sectorial. El carácter directo varía en función de su ámbito de acción: si afectan y son diseñados específicamente para incidir en el proceso de innovación adquieren ese carácter; de lo contrario son indirectos. Al mismo tiempo, los instrumentos de política incluyen en emboscada uno de ellos. Es importante señalar que fueron divididos de acuerdo con su carácter *regulatorio* o de *fomento y estímulo*. Se destaca el hecho de que, de un total de 21 instrumentos, sólo cuatro sean de tipo regulatorio.

La especificidad de la política tecnológica puede estar dada, por ejemplo, en función de la agroindustria alimentaria. Otro criterio podría ser incluir solamente la agroindustria de exportación. Otro es considerar la agroindustria integrada con pequeños productores. Asimismo, se pueden fijar políticas exclusivamente para los sectores agroindustriales de primera transformación. En el caso de la agroindustria mexicana, el criterio que sirvió para fijar el ámbito específico de acción fue incluir no sólo a los sectores transformadores de materias primas de origen animal y vegetal, sino a los que suministraban insumos no agropecuarios, así como también la maquinaria y equipo necesario; voluntariamente no se consideró el sector primario.

Como sucede en el caso de los frentes tecnológicos, para la determinación de los instrumentos es necesario conservar los criterios de homogeneidad y uniformidad. Según el nivel de agregación que se utilice, habrá un número mayor o menor de instrumentos de política. Un primer criterio de agregación está dado por el carácter regulatorio o de estímulo y fomento; en tal sentido, no sería válido comparar un grupo con otro sin mayor desagregación, pues como se puede apreciar en los siguientes recuadros la importancia relativa del segundo grupo es mucho mayor que la del primero. Sin embargo, considerados de manera más desagregada poseen la misma importancia relativa.

## Instrumentos de Política Regulación

---

1. *Regulación de la transferencia de tecnología.* Imposición de restricciones de diversos tipos a la transferencia de tecnología foránea (topes de pagos, impuestos, obligación de asimilar la tecnología comprada, desagregación de paquetes, entre otros), con el propósito de fomentar la proveeduría nacional de tecnología.
  
  2. *Propiedad industrial.* Establecimiento de un sistema expedito de registro y protección a los acontecimientos generados en el país, con el objeto de estimular la actividad inventiva nacional.
  
  3. *Normalización.* Establecimiento de un sistema expedito de normas industriales y comerciales que facilite la utilización de intercambio de productos derivados de una tecnología.
  
  4. *Regulación de la inversión extranjera.* Establecimiento de restricciones a la inversión extranjera en una determinada área, con el objeto de incrementar la participación en ella de empresas de capital nacional.
-

## Fomento y estímulo

---

1. ***Incentivos fiscales para investigación y desarrollo.*** Otorgamiento de deducciones tributarias de diversa índole (entrega de certificados de devolución de impuestos o permisos para deducir más de una vez los gastos de inversión o de operación en investigación) para las actividades de investigación que realicen las empresas.
2. ***Incentivos fiscales para capacitación.*** Equivalente al anterior, para las actividades de capacitación tecnológica que realicen las empresas.
3. ***Financiamiento bajo crédito de riesgo.*** Financiamientos blandos, como créditos a largo plazo, baja tasa de interés y/o riesgo compartido, que se otorguen a empresas por su actividad de investigación.
4. ***Aportación de capital de alto riesgo.*** Aporte gubernamental de capital a empresas con un alto contenido de innovación tecnológica.
5. ***Financiamiento de fondo perdido a investigación.*** Financiamiento directo a proyectos de investigación que se realicen en universidades e instituciones gubernamentales de investigación.
6. ***Financiamiento de fondo perdido a infraestructura.*** Financiamiento directo a proyecto de creación o fortalecimiento de laboratorios y otras infraestructuras de investigación en universidades e institutos.
7. ***Becas de posgrado.*** Otorgamiento de becas para capacitación, especialización y tesis de licenciatura.
8. ***Becas de pregrado.*** Otorgamiento de becas para capacitación, especialización y tesis de licenciatura.
9. ***Protección comercial.*** Establecimiento de barreras temporales a la importación de productos derivados de una tecnología y de compromisos para los proveedores nacionales con el objeto de estimularlos.

(cont.)

10. *Poder adquisitivo del sector público.* Otorgamiento de facilidades preferenciales a proveedores nacionales (pronto pago, condicionamiento de calidad, aseguramiento de pedidos por plazos largos).
  11. *Estímulos a la exportación.* Otorgamiento de créditos preferenciales y estímulos a la exportación de productos y servicios derivados de una tecnología nacional.
  12. *Apoyo a firmas de ingeniería y consultoría.* Financiamientos preferenciales, capital de riesgo y estímulos fiscales para firmas de ingeniería y consultoría y centros de servicios tecnológicos.
  13. *Inversión pública.* Diseño de los proyectos de inversión del sector público con vistas a favorecer a los proveedores nacionales de productos y de tecnología.
  14. *Promoción y concertación de compromisos a los receptores de inversión y de tecnología extranjera.* Asignación de compromisos de asimilación de tecnología, desarrollo de proveedores e investigación propia a las empresas receptoras de inversión y tecnología extranjera.
  15. *Estímulos técnicos y económicos para capacitación.* Otorgamiento de subsidios a fondo perdido para la capacitación de personal de las empresas y/o becarios que se incorporen con posterioridad a las mismas.
  16. *Apertura comercial.* Eliminación de barreras arancelarias para estimular la competencia externa.
  17. *Centros de gestión tecnológica.* Creación de unidades intersectoriales –sector investigador, empresarial, financiero, entre otros– para la gestión del proceso de innovación tecnológica en sus componentes de oferta y demanda.
-



## Evaluación de desempeño

La operacionalización de la estrategia tecnológica, por medio de la utilización de diversos instrumentos, requiere no sólo su definición, sino también su evaluación. Como es de esperar, muchos de los instrumentos ya mencionados han existido y han sido ya utilizados bajo diversas modalidades en diferentes países y regiones, de tal manera que la instrumentalización de una estrategia tecnológica determinada debe conocer su desempeño anterior.

En términos prácticos, lo que se propone llevar a cabo en esta fase es el análisis de los instrumentos desde el punto de vista de su desempeño tanto a nivel potencial como a nivel de la región o del país de que se trate. Para ello se sugiere usar el mismo método utilizado en el caso de los niveles de competitividad tecnológica.

Con base en una escala de 1 a 5, pero también de -1 a -5, los expertos –en este caso con un amplio bagaje en la instrumentación de políticas– deberán calificar el desempeño real en el uso de los instrumentos por parte de los países o regiones. Esto es muy importante, puesto que la utilización inadecuada de un instrumento de política puede incluso revertir negativamente e inducir un efecto opuesto al deseado; de ahí la importancia de utilizar un rango de valores con signo negativo.

Por ejemplo, si la regulación de la inversión extranjera ha sido ya reglamentada y la experiencia ha sido muy exitosa, el nivel potencial de este instrumento es sumamente alto. En cambio, si los antecedentes existentes han ido exactamente en la dirección opuesta, se revierte su nivel potencial y se obtiene un valor negativo, cuyo rango dependerá del grado de manejo inadecuado del instrumento.

El aporte de capital de riesgo, por mencionar otro caso, si no es manejado adecuadamente en tiempo, volumen de recursos y eficiencia en general, puede conducir a que su utilización futura sea totalmente inocua, de ahí la necesidad de evaluar su desempeño presente y saber a ciencia cierta si los instrumentos conservan integralmente su aplicación y su efecto potencial.

En el caso de aquellos instrumentos que no tengan presencia nacional –es decir, que no han sido utilizados en esa región o país–, la

evaluación debe centrarse en su nivel potencial, tomando en consideración otras experiencias existentes a nivel internacional.

La idea que subyace en el ejercicio anterior es que los instrumentos de política presentan diferentes niveles de inducción, regulación y/o estímulo, y que, además, adquieren o pierden capacidades de acuerdo con el contexto nacional y/o regional.

### **Impacto diferencial de los instrumentos de política**

El impacto diferencial de los instrumentos debe ser un elemento que cualquier política de desarrollo tecnológico debe reconocer, pues no es posible suponer que el efecto de los instrumentos sea homogéneo. Una alternativa que permite una aproximación cuantitativa de ese fenómeno es la que ofrece la elaboración de una matriz en la cual se evalúe el impacto existente entre los instrumentos de política y los diversos frentes de conocimientos científicos y tecnológicos, con el fin de diseñar la batería de instrumentos más adecuada para los fines perseguidos.

En la matriz que se insertará más adelante se encuentra una evaluación de este tipo de impacto, que puede ser utilizada como guía para otros casos. La escala utilizada es similar a la de las otras matrices y el método de análisis también. La única diferencia significativa es el hecho de que los integrantes de un panel para evaluar este tipo de impactos deben combinar experiencia técnica con manejo de políticas.

Para evaluar el impacto diferencial se utilizó una escala del 1 al 5, de tal manera que el mayor nivel de impacto supone el valor más alto hasta descender a 1, o incluso a 0, en el caso de que éste sea nulo.

Además del ejercicio cuantitativo anterior, también es preciso conocer el impacto cruzado que poseen los diferentes instrumentos entre sí. En otros términos, se alude a las complementariedades pero también a las exclusiones que pueden existir entre ellos.

Por ejemplo: los otorgamientos de becas de pregrado y de posgrado son altamente complementarios, mientras que la regulación de la inversión extranjera y la regulación de la transferencia de tecnología también lo son, aunque con menos intensidad.

Por otra parte, la apertura comercial y la protección, además de no ser complementarias tampoco pueden ser totalmente excluyentes entre sí cuando no se llevan a cabo de manera selectiva, es decir, cuando se aplica un esquema general en el cual se pretende que ambas líneas de política tengan validez para las mismas áreas.

El efecto que puede tener cualquier instrumento sobre un determinado frente tecnológico es desigual, según sea el caso. Por ejemplo, de acuerdo con las calificaciones vertidas en el cuadro correspondiente, las becas de posgrado son vitales para el desarrollo de la biotecnología, mientras que para el área de procesamiento mecánico de productos no lo son con la misma intensidad. Asimismo, los estímulos técnicos y económicos para capacitación no son tan importantes para la ciencia de alimentos como para el procesamiento mecánico de productos.

En los Cuadros 3 y 4 se muestra una matriz de interacción entre instrumentos, en la cual la mecánica de evaluación es la misma que en casos anteriores. Sin embargo, para dar cabida a las potenciales exclusiones se utilizó adicionalmente una escala en la cual aparecen también valores negativos.

Los incentivos fiscales tanto para IyD como para capacitación son bastante complementarios, de ahí el valor de 4 asignado. La promoción y concertación de compromisos a los receptores de inversión y de tecnología extranjera fue considerada excluyente con la regulación extranjera, por lo que se calificó con -3.

Si se lleva a cabo un ejercicio como el propuesto, se cumple con uno de los requisitos necesarios para garantizar el éxito de un paquete de políticas dirigidas hacia la promoción del desarrollo tecnológico, que

es precisamente la coherencia y consistencia interna, al mismo tiempo que se asegura la complementariedad entre ellos.

### **Alcance**

La selección de instrumentos y la evaluación de sus interacciones no garantizan por sí solas el cumplimiento exitoso de la ejecución de la política tecnológica. Es necesario, además, determinar el contenido específico de cada instrumento y de ese modo conocer su alcance.

El contenido de los instrumentos de política debe ser diseñado con cuidado, respetando siempre su correspondencia con la estrategia definida previamente, así como también la coherencia con el objetivo fijado para el sector considerado de manera global.

El alcance instrumental de las políticas estará dado por su carácter estructural o coyuntural, es decir, dependerá en forma directa del grado de transformación que se logre inducir con su aplicación.

El término estructural hace alusión directa a las transformaciones que, por su contenido, impactan de tal manera la estructura tecnológica sectorial que la modifican irremisiblemente. Por el contrario, el carácter coyuntural se reserva para aquellos casos en los cuales no ocurre ningún cambio radical en el desarrollo tecnológico.

Un mismo instrumento de política puede ser calificado como coyuntural, pero también como estructural en relación a su alcance en otra situación, según el contenido asignado al mismo. Por otra parte, puede haber cierto tipo de instrumentos que, por sus propias características, únicamente poseen una de las dos propiedades mencionadas, con independencia del contenido diseñado y de la situación en la cual es aplicado.

En el caso del régimen de propiedad industrial, la definición de su contenido pasa por interrogantes tales como: ¿se permitirá patentar organismos animales y vegetales con alguna modificación genética? ¿cuál será el límite del período garantizado por una patente?

En cuanto a la regulación de la transferencia de tecnología: ¿cuál será el límite fijado al pago de regalías al exterior? ¿se permitirá la importación de tecnología en cualquier área?

En lo referente a incentivos fiscales: ¿cuál será el monto máximo autorizado sujeto a deducción fiscal y en qué proporción? ¿cualquier empresa, inclusive las extranjeras, tendrá derecho a esquemas tributarios con esas características?

En relación con el carácter coyuntural o estructural de las políticas, la eliminación total de barreras arancelarias de manera indiscriminada puede conducir a una situación de virtual extinción de ciertas líneas de producción en el país o en la región de que se trate y, de ese modo, inducir un efecto estructural. Por otra parte, el apoyo a la consolidación de la vinculación entre la oferta y la demanda tecnológica por medio de centros de gestión tecnológica puede inducir un cambio de tal magnitud que en el largo plazo se consolide una base tecnológica propia y se pase, de esa manera, de una situación de dependencia tecnológica a una situación de autosuficiencia relativa; se inducirá entonces un cambio estructural.

### **Temporalidad**

En términos globales, para cada instrumento habrá que determinar no sólo su contenido sino que, al mismo tiempo, se deberá fijar también su temporalidad. Esta debe enfocarse desde dos puntos de vista: *oportunidad* y *permanencia*.

La *oportunidad* en el uso de los instrumentos de política consiste en aplicarlos justo en el momento en que se requieren; de no hacerlo así, la efectividad de los mismos podrá verse menguada de manera significativa. Cabe señalar que el planteamiento anterior se refiere no a un instrumento en particular, sino al conjunto de ellos, pues se parte de la concepción de que el efecto que se desea inducir puede lograrse con la acción simultánea de todos y no de manera aislada, por medio del uso de un sólo instrumento.

La experiencia ha demostrado que muchas veces no se cumple con ese requisito; lo que acontece es que se aplican de manera desfasada, y se pierde así parte de su efectividad.

Otra situación conexa a la *oportunidad* es aquella en la cual el diseño de la batería de instrumentos es concebida de manera gradual, es decir, se parte de un esquema de aplicación no simultánea, a partir de la introducción singular de cada uno de ellos; ello no invalida de

ninguna manera la necesidad de hacerlo dentro del horizonte temporal planeado.

La *permanencia* de los instrumentos es otro aspecto muy relacionado con la temporalidad; ésta, en efecto, con frecuencia se asume implícitamente como permanente. En tal sentido, vale la pena señalar aquí que el horizonte de aplicación de las políticas es y debe ser, por naturaleza, provisional y no permanente. Se utilizan hasta el momento en que la situación para la cual fueron ideadas se ha establecido de manera definitiva. Si se continúan aplicando, se puede incurrir en una situación no deseada.

La mejor ilustración de lo que se acaba de decir está dada por las políticas proteccionistas que se han aplicado de manera casi permanente por un período que fue más allá de lo recomendable. Como resultado, las industrias nacionales no sólo se volvieron menos competitivas, sino que se tornaron más ineficientes.

Un caso opuesto es la imposición de barreras temporales a la importación de productos con el compromiso de que, al término de plazo fijado, las empresas nacionales estarán en posibilidad de competir en calidad y precio en los mercados nacional e internacional.

### **Carácter**

En rigor, la fijación y determinación de instrumentos es una facultad que corresponde al Estado; en tal concepto, su participación en el proceso de innovación tecnológica es ineludible. De ahí que no pueda haber ninguna posibilidad de éxito sin su participación. No obstante, el grado de intervención en la economía, por medio de diversos mecanismos, varía en forma significativa.

Algún tiempo atrás se consideraba que la intervención del Estado era, de hecho, una condición para acceder a niveles de desarrollo más avanzados, sobre todo en los países semi-industrializados. El Estado se encargaba de llenar los vacíos que la iniciativa empresarial no podría cubrir –por diversas razones–, al tiempo que se hacía responsable del bienestar general de la sociedad.

Actualmente se plantea que, en general, la intervención estatal generó ineficiencias, con el consiguiente costo para toda la sociedad y se piensa

que, por consiguiente, el mejor mecanismo de asignación de recursos es el que proporcionan los mercados de libre competencia.

Ambas situaciones –intervención estatal dominante *versus* intervención complementaria– suponen el uso de instrumentos de política. En un caso la responsabilidad es casi exclusiva de los diferentes órganos estatales, mientras que en el otro hay todo un proceso de descentralización en la ejecución de las políticas. Sea cual fuere el esquema de participación estatal, es menester detallar, de la manera más precisa posible, el carácter público, privado o combinado de los instrumentos, con el propósito de lograr plena efectividad en su aplicación.

Existen instrumentos de política que por sus propias características competen única y exclusivamente al aparato estatal, pero hay otros que por su naturaleza son –y así deben ser– fundamentalmente de carácter privado. Claro está que deben participar en la concepción y diseño de todos los sectores involucrados, lo que asegura una mayor cuota de responsabilidad para los agentes relacionados con el proceso de innovación tecnológica.

Prácticamente todos los instrumentos de regulación son de competencia de los Estados nacionales. Sin embargo, en los de fomento y estímulo hay muchos que pueden y deben ser manejados de manera descentralizada: financiamiento, aporte de capital de riesgo, otorgamiento de becas, apoyo a firmas de ingeniería y consultoría, establecimiento de centros de gestión tecnológica.

## **Participación**

Para el éxito de la política tecnológica es menester acordar las acciones con las empresas, centros de investigación y desarrollo, agentes financieros, entre otros y, sobre todo, concertar compromisos que garanticen la trayectoria y sobre todo los resultados esperados; este último aspecto está muy relacionado con el anterior, pero dada su importancia es imprescindible considerarlo de manera separada.

De acuerdo con la naturaleza de los agentes participantes en el proceso de innovación tecnológica, se puede conocer de antemano su grado de involucramiento; no obstante ello, el carácter de un agente no

debe significar que se dedique única y exclusivamente a esa función, sin poder cumplir otras tareas.

En este proceso, el poder de convocatoria y de consenso que exista en un país o región será el ingrediente fundamental para garantizar un mayor grado de participación.

En el caso del otorgamiento de becas, la participación de agencias gubernamentales, universidades y empresas es ineludible; se pueden pactar compromisos referidos a ello.

La creación de centros de gestión tecnológica puede inducir la participación de agencias financieras públicas y privadas, universidades, agencias gubernamentales y empresas nacionales y extranjeras.

El financiamiento y sus esquemas de otorgamiento, aunque es fundamentalmente una función que compete a los agentes del mismo tipo, puede incluir la participación de universidades y otros centros de investigación y desarrollo como evaluadores técnicos de las propuestas presentadas. Las empresas pueden fungir como receptáculos de pruebas piloto.



CUADRO 1

MATRIZ DE INTERACCION DE FRENTE TECNOLOGICOS  
UTILIZADA EN LA AGROINDUSTRIA MEXICANA

FRENTE TECNOLOGICOS	PMP	IP	IT	IMPACTO PROMEDIO
Ciencia de alimentos	3.1	3.0	0.7	1.7
Química orgánica	1.5	3.5	2.8	2.4
Proceso mecánico de prod.	5.0	3.8	2.3	2.5
Ingeniería de procesos	3.5	5.0	3.9	3.3
Biología	2.2	3.2	0.2	2.1
Ingeniería textil	2.0	2.2	5.0	1.7
Diseño industrial	3.3	2.0	3.2	2.2
Tecnología de materiales metálicos	5.0	2.9	3.3	2.5
Tecnología de polímeros	2.8	2.5	4.6	2.4
Tecnología de materiales no metálicos	2.8	2.1	1.0	1.8
Ingeniería industrial	4.0	4.1	4.2	3.3
Instrumentación y control	4.5	4.8	4.5	3.8
Ingeniería ambiental	2.8	4.3	1.8	2.7
Ingeniería electromecánica	4.8	3.5	4.0	3.3
Administración y sistemas	3.5	2.0	3.8	2.5
<b>Dependencia promedio</b>	<b>3.4</b>	<b>3.2</b>	<b>3.0</b>	<b>2.5</b>

## Símbolos:

PMP = Proceso mecánico de productos  
 IP = Ing. de procesos  
 IT = Ing. textil

## Impacto promedio:

1 = muy bajo  
 2 = bajo  
 3 = regular  
 4 = alto  
 5 = muy alto

## CUADRO 2

MATRIZ DE INTERACCION DE FRENTERES TECNOLOGICOS  
Y SECTORES AGROINDUSTRIALES

FRENTERES TECNOLOGICOS	SECTORES AGROINDUSTRIALES			IMPACTO PROMEDIO
	FL	CM	MEI	
Ciencia de alimentos	5.0	0.4	1.4	2.1
Química orgánica	3.9	0.8	1.2	3.2
Proceso mecánico de productos	5.0	3.2	4.2	3.8
Ingeniería de procesos	4.1	2.1	2.3	3.8
Biotecnología	3.6	0.0	1.8	1.9
Ingeniería textil	0.0	0.0	3.1	1.1
Diseño Industrial	3.0	3.9	4.8	3.1
Tecnología de materiales metálicos	2.3	5.0	4.8	3.0
Tecnología de polímeros	1.3	1.0	3.0	2.2
Tecnología de materiales no metálicos	1.8	1.8	2.1	1.4
Ingeniería industrial	4.8	4.8	4.8	4.4
Instrumentación y control	2.3	3.0	4.2	3.4
Ingeniería ambiental	2.3	2.8	2.3	3.4
Ingeniería electromecánica	3.2	4.0	4.8	3.6
Administración y sistemas	4.0	4.6	4.6	4.1

## Símbolos:

FL = Frutas y legumbres  
 CM = Construcciones metálicas  
 MEI = Maquinaria Equipo e Instalaciones

## Impacto promedio:

1 = muy bajo  
 2 = bajo  
 3 = regular  
 4 = alto  
 5 = muy alto

## CUADRO 3

MATRIZ DE INTERACCION ENTRE INSTRUMENTOS DE POLITICA  
Y FRENTE TECNOLOGICOS

INSTRUMENTOS DE POLITICA	PMP	II	AS
Regulación y transferencia de tecnología	2.7	2.8	2.3
Propiedad Industrial	4.2	3.1	2.4
Normalización	4.3	3.2	2.8
Regulación inversión extranjera	2.8	2.6	2.3
Incentivos fiscales para IyD	4.2	3.5	3.3
Incentivos fiscales para capacitación	3.6	3.8	4.2
Financiamiento bajo créditos de riesgo	4.1	3.7	3.0
Aporte capital alto riesgo	3.9	3.1	2.9
Financiamiento a investigación	3.0	2.7	2.4
Financiamiento infraestructura	3.0	2.5	2.6
Becas de posgrado	4.2	4.2	4.0
Becas de pregrado	3.3	2.8	3.3
Protección comercial	2.9	2.3	2.2
Poder adquisitivo del sector	3.7	3.4	3.3
Estímulos a la exportación	4.3	3.5	3.2
Apoyo a firmas de ingeniería/consultoría	3.9	4.3	3.5
Inversión pública	3.6	3.4	2.7
Promoción inversión/tecnología extranjera	3.8	3.9	3.3
Estímulos para capacitación	3.9	3.6	3.6
Apertura comercial	3.3	3.2	3.1
Centros de gestión tecnológica	4.4	4.8	3.0

## Símbolos:

PMP	=	Proceso mecánico de productos
II	=	Ingeniería industrial
AS	=	Administración y sistemas

## Escala de impacto:

1	=	muy bajo
2	=	bajo
3	=	regular
4	=	alto
5	=	muy alto.

## CUADRO 4

## MATRIZ DE INTERACCION ENTRE INSTRUMENTOS DE POLITICA

INSTRUMENTOS DE POLITICA	RTT	BP	AC
Regulación y transferencia de tecnología	5.0	2.0	-3.0
Propiedad industrial	4.3	2.0	-1.0
Normalización	4.0	1.0	1.0
Regulación inversión extranjera	5.0	2.0	-1.0
Incentivos fiscales para I+D	3.9	2.0	2.0
Incentivos fiscales para capacitación	3.0	5.0	0.0
Financiamiento bajo créditos de riesgo	3.2	2.0	1.0
Aporte capital alto riesgo	3.8	1.0	4.0
Financiamiento a investigación	4.0	4.0	3.0
Financiamiento infraestructura	2.9	1.0	4.0
Becas de posgrado	2.5	5.0	1.0
Becas de pregrado	2.2	5.0	1.0
Protección comercial	4.6	0.0	-4.0
Poder adquisitivo del sector público	3.0	1.0	1.0
Estímulos a la exportación	2.0	0.0	5.0
Apoyo a firmas de ingeniería/consultoría	3.5	3.0	4.6
Inversión pública	3.8	1.0	2.0
Promoción inversión/tecnología extranjera	1.0	2.0	4.0
Estímulos para capacitación	2.0	4.5	2.0
Apertura comercial	-1.0	0.0	5.0
Centros de gestión tecnológica			

**Símbolos:****Escala de complementariedad****Escala de exclusión**

RTT = regulación y  
transferencia y  
tecnología  
BP = becas de  
posgrado  
AC = apertura  
comercial

1 = muy baja  
2 = baja  
3 = regular  
4 = alta  
5 = muy alta

1 = muy baja  
2 = baja  
3 = regular  
4 = alta  
5 = muy alta

## BIBLIOGRAFIA

- DE GORTARI, A; WAISSBLUTH, M. 1988. Prioridades científicas y tecnológicas para la agroindustria en México. UNAM/SARH/FAO. México.
- INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTRE (IDRC). 1980. Science and Technology for Development. Science and Technology Policy Instruments (STPI), Modules 5-9. Ottawa, Ontario, Canadá.
- MATUS, C. 1981. Estrategia y plan. Siglo XXI Editores, México.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). 1990. A Strategy for the Technological Transformation of Developing Countries. Nueva York, EE.UU.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (ONUDI). 1979. The Technological Self-Reliance of Developing Countries. Towards Operational Strategies. Nueva York, EE.UU.
- STEWART, F. 1979. International Technology Transfer. Issues and Policy Options. World Bank Staff Working Papers, N° 34.
- WAISSBLUTH, M.; DE GORTARI, A. 1990. A Methodology for Science and Technology Planning Based upon Economic Scenarios and Delphi Techniques. The Case of Mexican Agroindustry. Technological Forecasting and Social Change 37 (4). Elsevier Science Publishing. Nueva York, EE.UU.



## LISTA DE PARTICIPANTES

Cuernavaca, Morelos, abril 15-17 de 1991

Arroyo, Gonzalo  
Economista, Director Proyecto Biotecnología  
en Chile y Coordinador del Area "Tecnología, Sociedad  
y Desarrollo"  
Centro de Estudios Sociales y Educación  
Sur Profesionales  
José Manuel Infante 85  
Casilla 323-V Correo 21  
Santiago, Chile  
Teléfono : 46-06-58, 49-79-08  
Fax : (562) 274-05-14

Avalos Gutiérrez, Ignacio  
Consultor  
CETEC/Grupo Universitas  
Centro Empresarial Don Bosco, PH  
Avenida Francisco de Miranda  
Los Ruices, Caracas  
Venezuela  
Teléfonos : 239-9855 - Oficina  
77-4221 - Habitación

Avila, Gerardo  
Universidad Autónoma del Estado  
de Morelos  
Avenida Universidad 1001  
Cuernavaca, Morelos  
México  
Teléfono : (73) 13-26-44  
Fax : (73) 17-24-90

De Gortari Rabiela, Alonso  
Especialista en Generación y  
Transferencia de Tecnología  
Oficina del IICA en México  
Avenida Insurgentes Sur 933,  
4<sup>to</sup> Piso  
México, D.F.,  
México  
Teléfono : 523-88-17 ó 543-15-42  
Fax : 536-1000

Edwardson, William  
International Development  
Research Centre  
(Centro Internacional de Investigaciones  
para el Desarrollo)  
250 Albert St.  
Ottawa, Ontario K2E 7J8  
Canada  
Teléfono : (613) 236-6163  
Fax : (613) 236-7230

González Aguirre, Rosa Luz  
Gerente General  
GENIN, S.A. de C.V.  
Primero de Mayo 249  
Colonia San Pedro de los Pinos  
México, D.F.,  
México  
Teléfonos : 598-61-21 ó 598-57-49 (oficina)  
(73) 11-04-65 (habitación en Cuernavaca)



**Jaffé, Walter**  
Especialista en Generación y  
Transferencia de Tecnología  
Instituto Interamericano de Cooperación  
para la Agricultura (IICA)  
Apartado 55 - 2200, Coronado  
Costa Rica  
Teléfono : (506) 29-0222  
Fax : (506) 29-4741  
Cable : IICASANJOSE  
Telex : 2144 IICA  
Correo Electrónico EIES: 1332, IICA SC

**Pellegrini Filho, Alberto**  
Coordinador  
Programa de Promoción e Investigación  
y Desarrollo Tecnológico  
Organización Panamericana de la Salud  
525, 23<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, D.C., 20037  
U. S. A.  
Teléfono (202) 861-4305

**Quintero Ramírez, Rodolfo**  
Director General del  
Programa Regional de Biotecnología  
para América Latina y el Caribe  
(RLA/83/003)  
Naciones Unidas  
Presidente Masaryk 29, 7° Piso  
Colonia Chapultepec Morales  
México, D.F., 11570  
México  
Teléfono : 250-71-77 ó 250-15-55, ext. 152 y 186  
Fax : 255-00-95 ó 254-72-35  
Telex : 1771055 ECLA ME





IICA  
PRET-CR-A1  
SC-005

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA  
Sede Central Apdo. 55-2200 Coronado, Costa Rica / Tel.: 29-02-22/  
Cable: IICASANJOSE/Télex: 2144 IICA CR / FAX (506) 29-47-41, 29-26-59 IICA COSTA RICA