



LA PROBLEMÁTICA DEL DESARROLLO
DE LAS AGROBIOTECNOLOGÍAS
EN AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE

Walter R. Jaffé



23

Setiembre, 1991

SERIE DOCUMENTOS DE PROGRAMAS

Digitized by Google



¿QUE ES EL IICA?

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) es el organismo especializado en agricultura del Sistema Interamericano. Sus orígenes se remontan al 7 de octubre de 1942 cuando el Consejo Directivo de la Unión Panamericana aprobó la creación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Fundado como una institución de investigación agronómica y de enseñanza de posgrado para los trópicos, el IICA, respondiendo a los cambios y a las nuevas necesidades del hemisferio, se convirtió progresivamente en un organismo de cooperación técnica y fortalecimiento institucional en el campo agropecuario. Estas transformaciones fueron reconocidas formalmente con la ratificación, el 8 de diciembre de 1980, de una nueva convención, la cual estableció como los fines del IICA estimular, promover y apoyar los lazos de cooperación entre sus 32 Estados Miembros para lograr el desarrollo agrícola y el bienestar rural.

Con un mandato amplio y flexible y con una estructura que permite la participación directa de los Estados Miembros en la Junta Interamericana de Agricultura (JIA) y en su Comité Ejecutivo, el IICA cuenta con una amplia presencia geográfica en todos los países miembros para responder a sus necesidades de cooperación técnica.

Los aportes de los Estados Miembros y las relaciones que el IICA mantiene con 13 Países Observadores Permanentes, y con numerosos organismos internacionales, le permiten canalizar recursos humanos y financieros en favor del desarrollo agrícola del hemisferio.

El Plan de Mediano Plazo 1987-1993, documento normativo que señala las prioridades del Instituto, enfatiza acciones dirigidas a la reactivación del sector agropecuario como elemento central del crecimiento económico. En función de esto, el Instituto concede especial importancia al apoyo y promoción de acciones tendientes a la modernización tecnológica del agro y al fortalecimiento de los procesos de integración regional y subregional. Para lograr esos objetivos el IICA concentra sus actividades en cinco Programas que son: Análisis y Planificación de la Política Agraria; Generación y Transferencia de Tecnología; Organización y Administración para el Desarrollo Rural; Comercio y Agroindustria; y Sanidad Agropecuaria.

Los Estados Miembros del IICA son: Antigua y Barbuda, Argentina, Barbados, Bolivia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos de América, Grenada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, St. Kitts y Nevis, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela. Fungen como Países Observadores Permanentes: Austria, Bélgica, España, Francia, Israel, Italia, Japón, Países Bajos, Portugal, República Arabe de Egipto, República de Corea, República Federal de Alemania y Rumania.



LA PROBLEMÁTICA DEL DESARROLLO
DE LAS AGROBIOTECNOLOGÍAS
EN AMÉRICA LATINA
Y EL CARIBE

Walter R. Jaffé

23

Setiembre, 1991
SERIE DOCUMENTOS DE PROGRAMAS

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

Derechos Reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

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 la edición de estilo, levantado de texto, montaje, fotomecánica e impresión de esta publicación.

IICA

SDP-23 Jaffé, Walter R.

La problemática del desarrollo de las agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe / Walter R. Jaffé. — San José, C.R., Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1991.

68 p. ; 25 cm. — (Serie Documentos de Programas / IICA ; no. 23).

1. Biotecnología agrícola — América Latina.
2. Biotecnología agrícola — Caribe. I. IICA. II. Título. III. Serie.

AGRIS
E14

DEWEY
338.16

SERIE DOCUMENTOS DE PROGRAMAS No. 23
ISSN 1011-7741

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
SDP-23
1997

INDICE

PRESENTACION	5
RESUMEN	7
1. INTRODUCCION	9
2. CONTEXTO GENERAL DE LA PROBLEMATICA	10
Tendencias básicas	10
Las agrobiotecnologías a nivel mundial	11
Implicaciones para América Latina y el Caribe	12
3. DIAGNOSTICO DE LA PROBLEMATICA REGIONAL	14
Antecedentes	14
Metodología	14
4. CAPACIDADES NACIONALES	16
Tecnologías sólidamente establecidas	16
Capacidad de identificar, analizar y evaluar nuevos desarrollos	18
Organizaciones que aplican agrobiotecnologías	19
5. OPORTUNIDADES QUE OFRECEN LAS AGROBIOTECNOLOGIAS	23
6. LA PROBLEMATICA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO	27
7. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS	30
8. APLICACION PRODUCTIVA DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS	32
9. POLITICAS GUBERNAMENTALES HACIA LAS BIOTECNOLOGIAS	35
10. HACIA UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS	39

This One



2TWC-HUG-ZX6A

ggle

Las políticas para el desarrollo de capacidades	39
Papel de la investigación y desarrollo	40
Elementos para las estrategias nacionales	42
BIBLIOGRAFIA	47
ANEXO 1. Lista de expertos consultados	49
ANEXO 2. Agrobiotecnologías de punta e intermedias sólidamente establecidas en América Latina y el Caribe (1989)	56
ANEXO 3. Grupos de investigación, instituciones de formación de recursos humanos y empresas de agrobiotecnologías más importantes en América Latina y el Caribe (1989)	58

PRESENTACION

La tecnología ha desempeñado un papel decisivo en la modernización de las agriculturas de América Latina y el Caribe en los últimos treinta años. Apoyada en los avances a nivel mundial en el campo de las ciencias agronómicas y otras, y en el desarrollo de una importante infraestructura de investigación y desarrollo de apoyo al sector, tanto en los países como en algunos centros del ámbito regional e internacional, se ha podido responder de manera bastante efectiva a los retos del aumento de la producción y productividad para satisfacer las necesidades de la creciente población y desarrollar nuevos y más dinámicos sectores de exportación. Con el surgimiento de las nuevas tecnologías, y particularmente de la biotecnología, la Región se enfrenta ahora al reto de mantener y expandir el crecimiento de su agricultura como sector clave para la reactivación económica, a la vez de modificar los patrones de producción para garantizar su sostenibilidad en el marco de una mayor equidad económica y social.

La biotecnología significa profundos cambios en la base científica de los procesos de investigación y desarrollo tecnológico, nuevos procesos y metodologías, nuevas industrias y productos. Su incorporación a la agricultura de la Región exigirá renovadas estrategias y políticas científicas y tecnológicas que tomen en cuenta sus peculiaridades intrínsecas, las tendencias a nivel mundial y la situación regional. Para ello se requiere información prospectiva sobre los posibles impactos de los desarrollos mundiales a nivel de la región y mecanismos de monitoreo de las tendencias económicas e industriales, así como también una adecuada conceptualización y metodologías de análisis.

El Programa de Generación y Transferencia de Tecnología del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, tomando en cuenta esas necesidades y en el marco de su Plan de Mediano Plazo, ha definido una serie de actividades para apoyar ese proceso de rediseño y ajustes en las estrategias y políticas tecnológicas para la agricultura, las cuales se ejecutan en el contexto del proyecto "Planeamiento estratégico y nuevas opciones tecnológicas para el desarrollo agrícola en América Latina y el Caribe", financiado por el gobierno canadiense. Este esfuerzo combina los estudios de carácter más general, como son la prospectiva, el análisis de impactos de las biotecnologías y la aplicación de algunos elementos de la teoría del cambio técnico a las biotecnologías, con el tratamiento de temas de carácter más específicos como son la bioseguridad, la protección legal de las innovaciones y la gestión a nivel de empresas de biotecnología.

El presente documento es parte de ese proyecto. Mediante el uso de una metodología tipo Delphi basada en la opinión de un grupo de expertos, se ha intentado caracterizar

cualitativamente la problemática de las biotecnologías aplicables en la agricultura de la Región, complementando así los diagnósticos de carácter cuantitativo ya disponibles. El cuadro general que surge de este análisis indica que las significativas capacidades científicas y tecnológicas existentes en los países relativamente más avanzados de la Región se ven contrarrestadas por importantes limitaciones que comprometen su eficacia y relevancia. Los elementos más débiles son la articulación de esas capacidades con el sector productivo y la falta de experiencia e infraestructura para abordar las fases de escalamiento industrial. Ello es un reflejo de la concentración de las capacidades existentes en instituciones de carácter académico y la debilidad del sector productivo en este campo.

Los resultados de este estudio son la opinión de 155 personas, líderes y formadoras de opinión en sus respectivos países en el campo de las agrobiotecnologías, tanto del ámbito académico y gubernamental como del productivo. Es una opinión bastante autocrítica, consciente de las limitaciones que tiene la Región en esta área, pero también de la necesidad de una discusión acerca de las estrategias y políticas requeridas para el desarrollo de las biotecnologías, como lo demuestra el reclamo por la falta de prioridades y políticas al respecto. Encarar esta reflexión es una acción prioritaria para el desarrollo de un consenso nacional y regional acerca de las estrategias y políticas requeridas. Esperamos que la presente publicación contribuya a este proceso, con lo cual habrá cumplido con su cometido principal.

El autor agradece los comentarios de Ignacio Avalos y de Enrique Alarcón sobre este trabajo.

Eduardo Trigo
Director del Programa II
Generación y Transferencia
de Tecnología

RESUMEN

Del presente diagnóstico surgen algunas características claves de la problemática de las agrobiotecnologías, sobre las cuales existe un alto nivel de consenso entre los expertos consultados, tanto en los países como en el orden regional. Ellas pueden resumirse de la siguiente forma:

- Existen en la Región, en todos los países, instituciones de investigación que dominan al menos una de las agrobiotecnologías de importancia. El grupo de países relativamente más desarrollado cuenta con capacidades científicas en las biotecnologías de punta más significativas, con algunas excepciones, que se localizan en instituciones de excelencia concentradas por lo general, pero con importantes excepciones, en el sector académico.
- En la mayoría de los países de la Región, los institutos nacionales de investigación agrícola, tradicionales soportes de la producción agrícola, pecuaria, forestal y acuícola, no cuentan con capacidades importantes ni con liderazgo técnico en el campo de las agrobiotecnologías.
- Un grupo de países relativamente menos avanzados presentan apenas capacidades básicas en este campo. Su problemática es definida por la inexistencia de personal capacitado y por las dificultades básicas para realizar investigación, tales como la falta de infraestructura, estructuras y normativas organizativas y servicios básicos.
- La industria agrobiotecnológica en la Región es un grupo relativamente pequeño de empresas, integradas en su mayoría por empresas de propagación y mejoramiento genético vegetal. Fuera de ese grupo no existe una industria significativa en el campo de las agrobiotecnologías, aunque se identifican empresas aisladas en las industrias farmacéutico-veterinaria, de alimentos y química.
- La industria agrobiotecnológica en la Región aplica fundamentalmente agrobiotecnologías de relativamente baja complejidad y no realiza I y D, con algunas pocas y significativas excepciones; se mantienen relaciones, para ello, con instituciones públicas y académicas.
- La limitante más importante del desarrollo de las agrobiotecnologías en la Región es la reducida inversión que se realiza en ellas en todos los países.

-
- Todos los países de la Región, aún los relativamente más avanzados, tienen limitaciones importantes en cuanto a la disponibilidad de personal capacitado. Las instituciones y programas de formación de recursos humanos en agrobiotecnologías existentes en la Región, son pocos y no cuentan con una masa crítica de personal y de recursos económicos adecuada.
 - La mayoría de los proyectos destacados en el campo de las agrobiotecnologías tienen como objetivo la adaptación o aplicación de una biotécnica a un problema local. Sin embargo, un número importante de los proyectos de investigación están dirigidos a la obtención de productos y procesos, sin que existan evidencias de que se disponga de los recursos y capacidades adicionales requeridos para manejar con éxito esos productos y procesos a escala comercial.
 - La I y D en agrobiotecnología se caracteriza por la baja inversión, la inexistencia de prioridades, la dispersión de esfuerzos, las deficiencias de infraestructura y equipos y las trabas de tipo administrativo. El efecto combinado de esos problemas hace que muchos esfuerzos en este campo sean ineficientes e irrelevantes.
 - La I y D y las capacidades técnicas en agrobiotecnología, en todos los países de la Región, están aisladas en un alto grado del sector productivo. Ello se debe a factores propios de las organizaciones de investigación, tales como la falta de difusión y comunicación, y a factores derivados del ambiente económico general y de las políticas económicas e industriales del país, que determinan el interés de las empresas por la incorporación de nuevas tecnologías y la innovación tecnológica en general.
 - Sólo existen políticas gubernamentales para el desarrollo de las biotecnologías en los países relativamente más avanzados de la Región. Se trata, en lo fundamental, de políticas de fomento científico; son consideradas demasiado generales, carentes de objetivos y estrategias precisas y sin la dotación de suficientes recursos financieros como para ser efectivas.

INTRODUCCION

Los espectaculares avances que ha experimentado la biología molecular y celular en los últimos veinte años, sumados a desarrollos en la ingeniería bioquímica, han generado un conjunto de tecnologías, agrupadas bajo el término de biotecnologías, que se convierten con rapidez en la base de muchos procesos e industrias, en particular de la producción agropecuaria, el procesamiento agroindustrial y las industrias farmacéuticas y químicas. Si bien el entusiasmo inicial, que llevó a muchas expectativas demasiado optimistas, ha cedido a una valoración más cautelosa de sus potencialidades, debido en especial a las mayores dificultades que se presentan en el escalamiento industrial y la comercialización y las asociadas con la propiedad industrial, es indudable que se enfrenta un profundo cambio tecnológico, con vastas repercusiones sociales y económicas.

Ese proceso, nacido en los países industrializados, es impulsado por las grandes inversiones que muchos países y empresas realizan en este campo. La paulatina "biotecnologización" de sectores e industrias que tradicionalmente han sido la base de las economías de América Latina y el Caribe representa un reto singular para gobiernos y empresas. El mantenimiento de la competitividad de las economías regionales, tanto en el mercado interno como de exportación, dependerá, a mediano y largo plazo, de la incorporación de esas tecnologías, para responder así a las transformaciones que se están dando en el mundo, pero también para aprovechar las oportunidades que ofrece un cambio tecnológico y productivo tan profundo. Ello exigirá políticas y estrategias nacionales y regionales, públicas y privadas, que cuenten con el suficiente consenso de los actores involucrados para garantizar su viabilidad y éxito.

La formulación de políticas y estrategias para el desarrollo de las capacidades nacionales y regionales en las agrobiotecnologías -es decir, todas aquellas tecnologías aplicables a la investigación y desarrollo y a la producción, en el área agropecuaria, forestal, pesquera y agroindustrial, basadas en la biología celular y molecular modernas- debe partir de una caracterización adecuada de las capacidades disponibles en un momento determinado, de las oportunidades que existen para su desarrollo y de los problemas o limitantes que dicho desarrollo enfrenta en la actualidad.

El presente estudio, realizado en el marco de un proyecto del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura de apoyo a la formulación de políticas y estrategias para el desarrollo de capacidades en biotecnologías agropecuarias, financiado por la Agencia Canadiense de Desarrollo Agrícola (ACDI), se planteó como objetivo primordial caracterizar las oportunidades, problemas y limitaciones del desarrollo de las agrobiotecnologías tal y como lo perciben los actores involucrados de manera directa en este proceso.

2

CONTEXTO GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA

Tendencias básicas

Las biotecnologías -todas aquellas tecnologías basadas en la biología celular y molecular moderna, aplicables a la producción y prestación de servicios- constituyen un nuevo paradigma tecnológico que modifica muchos procesos productivos tradicionales. Por el hecho de estar basadas en una comprensión científica muy precisa de la bioquímica, fisiología y genética de los organismos, permiten la sustitución de enfoques aleatorios y empíricos por otros teóricos y predictivos, es decir, la utilización de modelos teóricos, explicativos de las funciones básicas de la vida, en función de objetivos determinados. Ello hace a ese proceso mucho más eficiente que el logrado con las tecnologías tradicionales; además, amplía notablemente sus posibilidades, pues permite la superación de barreras biológicas básicas como, por ejemplo, el intercambio de información genética entre organismos de diferentes especies. Es, en definitiva, una verdadera ingeniería de los procesos biológicos, con todo el potencial de mecanización y automatización que ello implica.

Las grandes ventajas de estas tecnologías frente a las tradicionales, así como sus posibilidades, impulsan su rápido desarrollo y su incorporación a muchas industrias, tales como la farmacéutica, alimentaria, agrícolas, de energía, química, entre otras. Ellas definen en forma creciente los criterios de diseño de procesos y productos en esas industrias, al sustituir el "sentido común tecnológico" tradicional, es decir las convenciones y normas de diseño y operación generalmente aceptadas por científicos, tecnólogos e ingenieros en una industria determinada.

El proceso que se observa a nivel internacional es entonces el de la paulatina "biotecnologización" de muchas industrias tradicionales (Avalos 1990b). Ello supone una fase mas o menos larga de coexistencia de tecnologías tradicionales y nuevas, lo cual conlleva una serie de problemas organizacionales y operativos específicos. Una consecuencia de ello es la mayor dependencia de estas industrias de la investigación científica, pues su capacidad innovativa dependerá de su información, comprensión y acceso a los continuos avances de la biología molecular y celular, condición básica para el mantenimiento de su competitividad. Se trata de un proceso de reconversión industrial hacia una industria basada en ciencia (*science based industry*), análogo al caso de la industria electrónica, por ejemplo.

La agricultura es una de las industrias tradicionales que serán profundamente modificadas por el surgimiento de las nuevas tecnologías. Las agrobiotecnologías -todas aquellas biotecnologías aplicables en la producción agrícola, animal, acuícola y forestal-, además de las

ventajas y potencialidades ya indicadas, llegan en un punto decisivo de la evolución de las tecnologías agronómicas en general. En primera instancia, debe tenerse en cuenta el agotamiento de estas tecnologías para lograr continuos incrementos en la productividad agrícola, debido a que se está llegando a la explotación del total del potencial productivo de muchas especies, lo cual sólo puede ser superado mediante la manipulación de funciones biológicas básicas. Así, por ejemplo, se estima que no es posible incrementar de manera significativa los rendimientos de los cereales sin la manipulación de funciones tales como la resistencia a *stress*, enfermedades y plagas, fijación de nitrógeno, adsorción de nutrientes, etc., difícilmente logrables mediante la utilización de las técnicas tradicionales de mejoramiento genético. En segundo lugar, el incremento de la productividad mediante las tecnologías tradicionales se ha basado en un mayor uso de insumos energéticos, fertilizantes y químicos en general, que tienen consecuencias ambientales y de consumo de energía indeseables. Las crecientes exigencias de la conservación ambiental y de la reducción del impacto sobre el clima de la producción agrícola requiere nuevas estrategias de producción, que también implican la manipulación de funciones biológicas básicas de muchas especies.

Debe enfatizarse que las biotecnologías de punta no son tecnologías consolidadas, sino que se encuentran en plena fase de desarrollo a nivel mundial. No están, en consecuencia, establecidas las alternativas dominantes para lograr objetivos tales como la transferencia de genes entre organismos, la producción de sustancias biológicas, etc.; ello se refleja también en el bajo grado de automatización y mecanización de estas tecnologías. Ello implica altos costos de I y D, en particular en las fases de escalamiento industrial e ingeniería, y altos riesgos de fracasos por razones tanto técnicas como comerciales. En el caso específico de las agrobiotecnologías de punta, apenas empiezan a comercializarse los primeros productos.

Las agrobiotecnologías a nivel mundial

Esas tendencias se reflejan en la situación de las agrobiotecnologías a nivel mundial, que puede resumirse en los siguientes puntos:

- La inversión que se realiza en los países desarrollados en investigación y desarrollo en agrobiotecnologías es en el orden de US\$ 5000 millones (Kenney 1986).
- Los actores más importantes en este momento en el escenario del desarrollo de las biotecnologías son las grandes corporaciones transnacionales, que mediante la ejecución de su propia I Y D, el financiamiento de investigación en instituciones académicas y las relaciones con compañías de biotecnología de punta independientes, desarrollan sus estrategias productivas y comerciales específicas. Su involucramiento con las biotecnologías las ha llevado a la adquisición de industrias de semillas como posibles canales de comercialización de los resultados de sus investigaciones.
- Existe, en especial en los Estados Unidos de América, un importante sector de pequeñas y medianas empresas cuya fortaleza reside principalmente en sus capacidades científicas. Ellas han sido adquiridas en forma paulatina por compañías transnacionales, pero en la mayoría de los casos mantienen su independencia gerencial y operativa.

- La investigación básica se desarrolla sobre todo en instituciones académicas, con financiamiento estatal pero cada vez más proveniente también de empresas. Presenta un gran dinamismo y fluidez en cuanto a descubrimientos y nuevos desarrollos.
- Las grandes oportunidades comerciales que este campo ofrece y el involucramiento de empresas en él, han impulsado la tendencia hacia la privatización del conocimiento en las ciencias biológicas, mediante el fortalecimiento de los sistemas de patentes y el secreto industrial. Ello ha generado preocupación por el impacto potencial de las restricciones al acceso del conocimiento sobre las instituciones académicas y los países subdesarrollados (Kenney 1986).
- Todos los países desarrollados cuentan con políticas gubernamentales explícitas para fortalecer la posición competitiva de sus industrias involucradas. Los instrumentos más importantes son el financiamiento de la investigación básica, la promoción de la cooperación horizontal entre empresas y el fortalecimiento de la propiedad industrial.
- Los problemas más significativos que enfrenta el desarrollo de las biotecnologías en los países desarrollados son los referidos a la regulación y registro de los productos, para garantizar su seguridad en el campo de la salud humana y el ambiente, y el patentamiento.

Implicaciones para América Latina y el Caribe

El avance de las agrobiotecnologías en el orden mundial ha producido, y sin duda producirá, significativos impactos en los países de América Latina y el Caribe. El primer efecto experimentado ha sido la sustitución de exportaciones tradicionales de la Región por la introducción de nuevas tecnologías. El caso más importante es el del azúcar; las nuevas tecnologías enzimáticas y otras han permitido la sustitución de la sacarosa por otros edulcorantes, con grandes consecuencias sobre el precio internacional del azúcar y los mercados de exportación. Otros posibles impactos pueden ser el incremento de las importaciones de insumos para la agricultura y la creciente presencia de compañías transnacionales, propietarias de las tecnologías en la Región.

El desarrollo y aplicación de las agrobiotecnologías en los países desarrollados incrementará, a mediano plazo, la competitividad de sus agriculturas e agroindustrias frente a las de los países que no las incorporen. Dado el gran peso económico de la agricultura en las economías nacionales de la mayoría de los países de la Región, resulta de importancia estratégica mantener su competitividad internacional, tanto para la generación de ingresos por exportaciones como para satisfacer de manera eficiente las necesidades alimentarias e industriales internas. Ello supone la incorporación de las nuevas tecnologías, para lo cual se requieren capacidades científicas y tecnológicas locales que permitan, en primera instancia, una eficiente transferencia, es decir la identificación, selección, negociación y adaptación de las tecnologías requeridas y, en segundo lugar, el desarrollo local de aquellas tecnologías requeridas aún no disponibles en el orden internacional.

La introducción de biotecnologías en la producción agrícola es parte de una tendencia histórica hacia una mayor tecnificación de este sector productivo, que demanda mayores

exigencias en cuanto a conocimientos, información, habilidades gerenciales y capital en la producción agrícola. En consecuencia, se produce una concentración de la producción, en detrimento de grandes sectores de productores crecientemente marginados. Para evitar que las biotecnologías agudicen esa tendencia, deberán dirigirse los esfuerzos de investigación y desarrollo y de desarrollo rural hacia la creación de tecnologías para los problemas particulares de los sectores afectados, lo cual sólo puede ser asumido por el sector público.

3

DIAGNOSTICO DE LA PROBLEMATICA REGIONAL

Antecedentes

Los pocos diagnósticos sistemáticos realizados sobre las biotecnologías en América Latina y el Caribe, con un enfoque regional, han enfatizado los aspectos cuantitativos sobre los cualitativos. Su objetivo principal ha sido determinar las capacidades disponibles en términos del número de laboratorios, recursos humanos, físicos y financieros dedicados a la investigación en ese campo. El primer estudio de ese tipo fue realizado por Roca y colaboradores en 1986; mediante una encuesta por correo, establecieron una aproximación a esta información únicamente en el área de la biotecnología vegetal (Roca *et al.* 1988). Posteriormente, la Oficina Regional de la FAO extendió y profundizó esa línea con el levantamiento de las capacidades de investigación y desarrollo en biotecnología vegetal realizada mediante una encuesta aplicada en forma directa, que generó un catálogo regional de laboratorios de biotecnología vegetal (FAO 1990). El BID realizó un análisis de tipo más general sobre el potencial de las biotecnologías, que incorpora algunos aspectos diagnósticos de la situación regional (Bifani 1988).

En el orden nacional y subregional se han realizado diagnósticos de tipo cualitativo en México, Brasil, Región Andina y Centroamérica, así como levantamientos de capacidades en los países que participan en el Programa Regional de Biotecnología del PNUD (Arroyo y Waissbluth 1988; Bonacelli *et al.* 1987; Chaverra 1989; Jaffé 1989a; CORFO 1987; Velasco 1988; CONICIT 1989). El Instituto para la Integración de América Latina recopiló los políticas y programas regionales de apoyo a las biotecnologías (BID-INTAL 1990).

Metodología

Para un diagnóstico de este tipo se ofrecen varias alternativas metodológicas, que varían en cuanto a la calidad de la información generada y el costo de generarla. Aquellas que se basan en la opinión de expertos ofrecen ventajas cuando se tiene interés en caracterizar de manera cualitativa una situación determinada, ya que garantiza una mayor calidad y pertinencia de la información. Por ello se seleccionó para el presente estudio un método de tipo Delphi, en el cual se indagó la opinión de un pequeño número de expertos representativos sobre la problemática y la situación de las agrobiotecnologías en cada país. El análisis de esas respuestas se envió nuevamente a los expertos, quienes comentaron y ajustaron sus opiniones a la luz de los resultados, lo cual permitió el desarrollo de un consenso (Efford 1989).

La encuesta fue aplicada en cada país por un Coordinador Nacional, conocedor de la situación de las biotecnologías en ese país, con liderazgo en este campo, quien a su vez seleccionó un pequeño número de personas expertas, representativas de las diferentes áreas y tipos de instituciones involucradas en la investigación y producción en biotecnologías, a quienes envió un cuestionario referido a ese país en particular. La tabulación de este primera vuelta fue devuelta a los encuestados y, con esa segunda opinión de los expertos, el Coordinador Nacional preparó el informe correspondiente a su país. Esos informes nacionales fueron la base de este estudio regional.

La encuesta se estructuró en cuatro secciones. La primera consta de 11 preguntas sobre la situación general de las agrobiotecnologías en el país. Las tres secciones posteriores se refieren a la organización específica en la cual trabaja la persona encuestada, el laboratorio de investigación, la empresa o la institución educativa; cada experto respondió únicamente a aquella sección que correspondía a su situación particular.

El estudio se realizó en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. En Centroamérica (Panamá, El Salvador, Honduras, Guatemala, Costa Rica y Nicaragua) y el Caribe angloparlante (Barbados, Jamaica, Trinidad y Tobago y Guyana) se aplicó la encuesta por medio de un Coordinador Regional para cada grupo de países. En Cuba, República Dominicana y Haití no fue posible, por diversas razones, realizar la encuesta. En el análisis final sólo fueron incluidos los países en los cuales se obtuvieron tres o más respuestas.

Fueron consultados un total de 155 expertos, cuya nómina se presenta en el Anexo 1. El 27.7% de ellos trabaja en instituciones cuya función básica es la investigación y transferencia de tecnología, tales como institutos nacionales de investigación agropecuaria y agroindustrial y centros de investigación internacionales y regionales; 50.3% en instituciones de docencia superior e investigación, es decir universidades y centro de investigación básica, y 21.9% en empresas de producción o en centros de investigación del sector privado. Esa distribución es una primera indicación de los puntos en los cuales se localizan las capacidades más importantes en agrobiotecnologías en la Región, es decir en las universidades y otras instituciones de educación superior y de investigación básica.

4

CAPACIDADES NACIONALES

Por capacidades se entiende en este estudio el dominio que se tenga sobre una tecnología o grupo de ellas, es decir la posibilidad de utilizarlas en los diferentes ámbitos en los cuales tengan aplicación, y de modificarlas, adaptarlas o desarrollarlas según las necesidades. En el orden nacional ello implica que exista una comunidad científica y de ingenieros organizada en empresas productivas, instituciones de investigación y desarrollo, organizaciones de interfase (tales como empresas de ingeniería, consultoría, financiamiento, etc.) y de formación de recursos humanos, capaz de usar o aplicar esas tecnologías. En tal sentido, se pidió a los expertos, en primera instancia, identificar las agrobiotecnologías que consideraran sólidamente establecidas en el país. En segundo lugar, se preguntó la opinión acerca de la capacidad de analizar y evaluar los nuevos desarrollos que se están dando en el mundo en el campo de las biotecnologías y, finalmente, se solicitó identificar las organizaciones de investigación, de formación de recursos humanos y las empresas más importantes, en ese campo, en el país.

Tecnologías sólidamente establecidas

La noción de tecnologías sólidamente establecidas denota que éstas están ampliamente difundidas, es decir, son aplicadas por un número significativo de personas e instituciones, o han estado en funcionamiento en un número determinado de instituciones por un largo tiempo. Es básicamente una combinación de las nociones de difusión (número de organizaciones o de personas que las aplican) y del tiempo durante el cual han sido aplicadas. Mientras sean más las instituciones y mayor el tiempo de aplicación, probablemente será mayor el número de personas que cuenten con la información.

El listado de agrobiotecnologías que se ofreció a los encuestados, según una agrupación de las biotecnologías utilizada por Roca y colaboradores, incluyó tanto tecnologías de punta, de una complejidad relativamente alta, como tecnologías intermedias, más tradicionales y de menor complejidad que las de punta (Roca *et al.* 1988). Las primeras requieren pericia e infraestructura significativamente más costosas y complejas que las segundas. Forman parte de este grupo las tecnologías de ingeniería genética, de obtención de anticuerpos monoclonales y algunas de ingeniería bioquímica, tales como la inmovilización de enzimas y células y el cultivo industrial de células vegetales o animales. En el grupo intermedio se destacan el cultivo de células y tejidos vegetales, el trasplante de embriones, las pruebas inmunológicas más tradicionales (tales como el ELISA), las tecnologías fermentativas, etc.

En el Anexo 2 se presentan las tecnologías de punta e intermedias seleccionadas por 50% o más de los expertos. Resulta evidente que en la Región existen importantes capacidades en las agrobiotecnologías, aún en las más complejas, como las técnicas de ingeniería genética, la producción de anticuerpos monoclonales, las sondas de ácidos nucleicos, etc. En el caso de las tecnologías menos complejas y más tradicionales, particularmente el cultivo de tejidos vegetales y las pruebas inmunológicas, casi todos los países, con muy pocas excepciones, consideran que están sólidamente establecidas.

Esa información permite la diferenciación de los países entre sí en cuanto a su dominio de tecnologías de punta y al número de total tecnologías sólidamente establecidas. Esa agrupación se presenta en el Cuadro 1, en el cual se definen tres grupos de países de acuerdo al número y tipo de biotecnologías sólidamente establecidas.

Cuadro 1. Países de América Latina y el Caribe clasificados según tecnologías solidamente establecidas (1989).

Grupo	Países
Avanzado (tres o más tecnologías de punta y tres o más tecnologías intermedias)	Argentina Brasil Chile Costa Rica México Uruguay Venezuela
Intermedio (menos de tres tecnologías de punta y/o tres o más tecnologías intermedias)	Colombia Perú Trinidad y Tobago
Incipiente (menos de tres tecnologías intermedias)	Bolivia Ecuador Paraguay

El primer grupo incluye a los países relativamente más avanzados en agrobiotecnologías, que presentan tres o más tecnologías de punta y tres o más tecnologías intermedias sólidamente establecidas. El grupo de países intermedios tienen menos de tres tecnologías de punta sólidamente establecidas y/o tres o más tecnologías intermedias. Los países que reportan menos de tres tecnologías intermedias sólidamente establecidas integran el grupo que tiene un dominio incipiente o básico sobre las agrobiotecnologías.

Todos los países relativamente más desarrollados de la Región tienen un grupo significativo de tecnologías avanzadas sólidamente establecidas. La difusión de las tecnologías de punta es relativamente amplia, pues siete del total de 15 países de esta muestra particular reportan dominio sobre un grupo importante de ellas. Por otro lado, debe destacarse el hecho de que algunas de las tecnologías de punta decisivas para el avance de las biotecnologías fueron reportadas sólo por un bajo número de expertos en algunos países, en particular la síntesis de ácidos nucleicos y péptidos, el cultivo y fusión de protoplastos y la inmovilización de células y enzimas. Tecnologías más recientes, tales como la microsecuencia de proteínas, la amplificación génica (*PCR - Polimerase Chain Reaction*) y la mutagénesis *in vitro*, solo fueron mencionadas en el Brasil.

Las tecnologías de punta más difundidas son las del ADN recombinante, los hibridomas, el cariotipo, los análisis de fragmentos de restricción (RLFP) y la hibridación de ácidos nucleicos, que tienen aplicación en la investigación básica en biología molecular, en el mejoramiento genético de microorganismos, animales y plantas y en el diagnóstico de enfermedades. De las tecnologías intermedias, la más difundida es el cultivo de meristemas, de utilidad para la propagación y la limpieza de virus de plantas, que está sólidamente establecida en todos los países, incluida Bolivia, que no la reporta pero en cambio señala dominio en conservación *in vitro* y crioconservación vegetal, la cual supone el cultivo de meristemas o células.

La difusión de tecnologías en el ámbito científico es relativamente rápida en este campo, de acuerdo con los resultados obtenidos. Tecnologías que fueron desarrolladas hace unos 15 años, por ejemplo la ingeniería genética y la obtención de anticuerpos monoclonales, están sólidamente establecidas en todos los países que cuentan con capacidades científicas significativas. Ello sugiere que, al menos en cuanto a las biotecnologías básicas y en el ámbito científico, no ha habido todavía restricciones al acceso de las tecnologías, a pesar de la creciente tendencia a su patentamiento.

Capacidad de identificar, analizar y evaluar nuevos desarrollos

Las biotecnologías, como se enfatiza en la definición utilizada en este estudio, están basadas en los avances modernos de la biología molecular y celular. Estos campos científicos han experimentado un vertiginoso ritmo de innovaciones en las últimas décadas, lo cual ha alimentado el desarrollo de nuevas biotecnologías y el perfeccionamiento de las existentes. Surgen nuevas técnicas en forma permanente, seguidas en el corto plazo por nuevos equipos que las mecanizan y automatizan. Por ello resulta de fundamental importancia para los países de América Latina y el Caribe, los cuales no participan significativamente en estos avances, contar con la capacidad de seguirlos y monitorearlos, para identificar rápidamente las tecnologías más promisorias y evaluar el interés y la factibilidad de su utilización en el contexto regional.

Con tal propósito, se formuló una pregunta a los expertos consultados acerca de la capacidad nacional de analizar y evaluar los nuevos desarrollos en las agrobiotecnologías mundiales. Se trata, en esencia, de contar con la necesaria competencia científica, de acceso a la información actualizada (bibliografía, bancos de datos, asistencia a congresos, visitas e intercambios científicos) y, cuando se contemplan inversiones productivas, con la capacidad de realizar estudios prospectivos y de evaluación económica y de mercado de las tecnologías.

La respuesta a esta pregunta refleja, básicamente, la apreciación global del experto sobre la calidad de la comunidad científica y tecnológica nacional, y de las capacidades gerenciales, en el caso de las empresas. En el Cuadro 2 se presentan las opiniones referentes a esa pregunta.

En cinco países, la mayoría de los encuestados opina que hay capacidad para analizar y evaluar las nuevas tecnologías. Ese grupo corresponde a todos países en los cuales están sólidamente establecidas tecnologías de avanzada. Costa Rica y Uruguay, a pesar de estar también en ese grupo, reportan capacidades parciales, lo cual es consistente con su pequeño tamaño y, en consecuencia, con la disponibilidad limitada de recursos humanos, que no cubren todas las agrobiotecnologías.

Cuadro 2. Capacidad de analizar y evaluar nuevas agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe (1089) (% de opinión mayoritaria).

Respuesta	Países
Tiene capacidad	Argentina (100) Brasil (72) Chile (62) México (70) Venezuela (58)
Tiene capacidad parcial (en áreas específicas)	Colombia (38) Costa Rica (60) Ecuador (40) Perú (44) Trinidad y Tobago (66) Uruguay (57)
No tiene capacidad	Bolivia (85) Paraguay (75)

La existencia de capacidad de análisis y evaluación se explica por la disponibilidad de investigadores capacitados y bien relacionados en el orden internacional, tal como lo señalaron expertos de Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, México y Venezuela. Asimismo, se señaló la infraestructura y acceso a la información adecuada en Argentina y Chile. México fue el único país donde un número significativo de expertos (aprox. 30%) señaló la existencia de capacidad para realizar estudios prospectivos. En el caso de la inexistencia de capacidad se señaló, en el caso de Bolivia, la falta de investigadores capacitados como la razón más importante.

Organizaciones que aplican agrobiotecnologías

La capacidad de identificar, transferir, adaptar y, en buena medida, también utilizar una determinada tecnología depende de la existencia de grupos de investigación y desarrollo y de instituciones y programas de formación de recursos humanos, al menos en las industrias y

tecnologías fuertemente basadas en la ciencia, como es el caso de las biotecnologías. Por ello se investigó la existencia de grupos o laboratorios de investigación en agrobiotecnologías, de alta calidad y efectividad; se solicitó al experto que listara los más importantes en función de su contribución científica. En una pregunta separada se solicitó listar las instituciones y programas de formación de recursos humanos en biotecnologías en el país.

En el Cuadro 3 se presenta el resultado de la pregunta referida a los grupos de investigación e instituciones educativas más conocidos y prestigiosos en cada país. Se consideró como criterio de selección que al menos dos expertos coincidieran en su opinión al respecto, pues ello refleja un mínimo de prestigio en el orden nacional.

Cuadro 3. Grupos de investigación e instituciones y programas de formación de recursos humanos en agrobiotecnologías más importantes en América Latina y el Caribe 1989. (Señaladas por dos o más expertos).

Grupo/País	Grupos de Investigación			Total	Formación recursos humanos
	Inv. y doc.	Inv. y tranf.	Comercial		
Avanzado					
Argentina	13	5	0	18	9
Brasil	9	7	1	17	8
Chile	8	1	1	10	4
Costa Rica	4	2	0	6	5
México	15	4	0	19	12
Uruguay	5	4	2	11	4
Venezuela	9	3	0	12	7
Intermedio					
Colombia	7	2	4	13	6
Perú	8	6	2	16	9
Trinidad y Tobago	1	4	0	5	3
Incipiente					
Bolivia	1	2	0	3	0
Ecuador	5	1	1	7	1
Paraguay	2	1	1	4	2
	87	42	12	141	70

La categoría Investigación y Docencia incluye grupos de investigación básica.

El 66.8% de esos grupos de investigación están ubicados en el grupo de países avanzados en agrobiotecnologías, 23.4% en los países intermedios y 9.6% en los países con dominio incipiente. Resalta claramente que las capacidades científicas en este campo están ubicadas mayoritariamente en las universidades e institutos de investigación básica, 61% del total de los grupos más prestigiosos. Esa situación es más acentuada en algunos países como Chile, México, Venezuela, Colombia y Ecuador, lo cual indica que en ellos las instituciones de investigación

y transferencia de tecnología que tradicionalmente han manejado la investigación agrícola y pecuaria no han incorporado los avances científicos y tecnológicos representados por las biotecnologías.

Surge, por otro lado, que las empresas no realizan investigación, pues solo 8.2% del total de los grupos seleccionados se ubican en ellas. Un tercio de estos corresponden a Colombia, lo cual refleja la importancia de los centros de investigación de las asociaciones de productores en ese país; el resto corresponde a colaboración con instituciones públicas o académicas. Esa cifra de empresas es menor en la actualidad, pues al menos tres de ellas (en Chile y Brasil) han desaparecido desde que se realizó la encuesta.

Las organizaciones de formación de recursos humanos se concentran aún más que los grupos de investigación en los países de la Región relativamente más avanzados en este campo. Ello refleja que es más fácil desarrollar capacidades de investigación que de formación de recursos humanos, ya que ello exige una mayor masa crítica de personal especializado, que idealmente cuente con experiencia previa de investigación.

En el Cuadro 4 se muestra la información correspondiente a las empresas de agrobiotecnologías, es decir, aquellas que las aplican o utilizan en forma significativa pero que no necesariamente realizan investigación y desarrollo, señaladas por dos o más expertos. Un total de 62 empresas integran ese grupo, 74% de ellas corresponde a los países relativamente más avanzados. El 20% están en los países intermedios y únicamente 5% en los países con un dominio incipiente.

Casi dos tercios del total de las empresas (56%) están en el negocio de la propagación vegetal y/o mejoramiento genético vegetal. Adicionalmente, únicamente las industrias farmacéuticas y de alimentos presentan un número significativo, aunque bajo, de empresas (16% y 11% del total, respectivamente).

La industria que aplica agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe básicamente produce insumos genéticos vegetales (semillas y plantas clonales) para la agricultura, o produce esos insumos internamente en el marco de operaciones agroindustriales integradas. La encuesta no permitió determinar si esas empresas se dedican únicamente a la micropropagación o si integran esas técnicas al mejoramiento genético. Ello sería importante de determinar, pues la micropropagación por sí sola es una actividad que se agota rápidamente si no cuenta con el suministro de variedades mejoradas. El mejoramiento genético, por otro lado, es una actividad de mayor complejidad y requiere más recursos que la micropropagación sola.

Es interesante destacar la casi inexistencia de empresas de reproducción y genética animal en esta muestra, lo cual aparece como contradictorio con la importancia de la industria y de la actividad de producción animal en la Región. Ello se explica en el hecho de que la tecnología de transferencia de embriones, que es la más difundida y accesible de las agrobiotecnologías aplicables al sector animal, es parte de la práctica de la medicina veterinaria, y por tal causa no es identificada como utilizada por empresas con ese propósito específico. Las dos señaladas en la muestra son más bien empresas de genética animal, es decir, que venden animales mejorados. Su bajo número indica también que el mejoramiento genético animal se realiza

Cuadro 4. Empresas de agrobiotecnologías más importantes en América Latina y el Caribe (1989). (Señaladas por dos o más expertos).

Grupo/país	Area de Especialización						Total
	Propag. y genét. vegetal	Reprod. y genét. animal	Aliment.	Farmac.	Produc. Microorg.	Química	
Avanzado							
Argentina	4	0	0	3	0	1	8
Brasil	5	1	0	2	0	0	8
Chile	2	0	0	1	0	0	3
Costa Rica	3	0	0	0	0	0	3
México	6	0	0	0	0	3	11
Uruguay	2	0	2	1	3	0	8
Venezuela	3	0	2	0	0	0	5
Intermedio							
Colombia	6	0	2	1	0	0	9
Perú	1	0	2	0	0	1	4
Trinidad y Tobago	0	0	0	0	0	0	0
Incipiente							
Bolivia	0	0	0	0	0	0	0
Ecuador	1	0	1	0	0	0	2
Paraguay	0	1	0	0	0	0	1
Total	33	2	9	10	3	5	62
%	53	3	14	16	4	8	100

fundamentalmente en instituciones públicas, y es una señal de la debilidad comercial de la Región en este campo.

Otra industria ausente es la de fermentaciones, que se cuenta entre las potencialmente más importantes en la Región. Ello indica el carácter tradicional y poco dinámico del quehacer tecnológico en todos los países, a pesar de las especiales oportunidades que las agrobiotecnologías ofrecen para la mejora de sus productos y procesos.

En el Anexo 3 se ofrece el listado jerarquizado de los grupos de investigación, instituciones de formación de recursos humanos y empresas, en el campo de las agrobiotecnologías, seleccionados como los más importantes por dos o más expertos en cada país.

OPORTUNIDADES QUE OFRECEN LAS AGROBIOTECNOLOGIAS

Es indudable que una revolución tecnológica como la protagonizada por las biotecnologías ofrece inmensas oportunidades económicas y de desarrollo, pues en la consecuente reestructuración de industrias y mercados a nivel global pueden ganarse ventajas y nuevas posiciones. El aprovechamiento de esas oportunidades dependerá, en primera instancia, de la comprensión y visión estratégica que se tenga del desarrollo de la biotecnología como campo científico y productivo, que permita identificar y realizar las inversiones requeridas en el momento adecuado. Ello es especialmente válido en el caso de los países de la Región, pues se dispone de recursos limitados tanto para la investigación como para inversiones productivas, que no permiten mucho margen de error. Será necesario, en consecuencia, contar con una clara política de prioridades que concentre los limitados recursos disponibles en aquellas estrategias y áreas en las cuales existan ventajas comparativas o competitivas, o que requieran acciones defensivas para enfrentar los efectos de tendencias y acciones en otras regiones o países.

Si bien un estudio sistemático de oportunidades está más allá de las intenciones y posibilidades del presente documento, se quiso ensayar una aproximación, razón por la cual se solicitó la opinión de los expertos en cuanto a las agrobiotecnologías disponibles en el mundo que podrían contribuir de manera significativa en sus respectivos países. Esa información puede dar indicaciones significativas acerca de las oportunidades existentes y su percepción por parte de la comunidad agrobiotecnológica.

El campo que más puede beneficiarse con la aplicación de biotecnologías en la Región es el mejoramiento genético y la propagación vegetal, tal como se pone en evidencia en las opiniones de expertos que se presentan en el Cuadro 5.

De la información contenida en el Cuadro 5 surge con claridad una correlación entre las tecnologías sólidamente establecidas y su campo de aplicación. Los países que cuentan con capacidades relativamente avanzadas en técnicas moleculares como el ADN recombinante y técnicas inmunológicas más complejas, como los anticuerpos monoclonales, seleccionaron áreas de aplicación para ellas, tales como el mejoramiento genético vegetal y el diagnóstico tanto veterinario como fitopatológico. Para el grupo intermedio, y más aún para el incipiente, la propagación vegetal es relativamente más importante; se aplica en ella el cultivo de tejidos vegetales, tecnología sólidamente establecida en esos países.

Cuadro 5. Campos en los cuales las agrobiotecnologías ofrecen potencial de contribución en América Latina y el Caribe. (Los tres campos más señalados).

Grupo		
Avanzado	Intermedio	Incipiente
1 Mejoramiento genético vegetal (62%)	1 Mejoramiento genético vegetal (47%)	1 Propagación vegetal (56%)
2 Diagnóstico veterinario (10%)	2 Propagación vegetal (29%)	2 Mejoramiento genético y reproducción animal (37%)
3 Propagación vegetal (19%)	3 Conservación recursos genéticos (20%)	3 Mejoramiento genético vegetal (31%)
Diagnóstico fitopatológico (18%)	Mejoramiento genético y reproducción animal (20%)	

Nuevamente sorprende la relativamente poca importancia asignada a la industria de fermentaciones, la alimentaria y, en general, a la agroindustria.

En América Latina y el Caribe se realiza cierto esfuerzo de investigación y desarrollo en el campo de las agrobiotecnologías. Para conocerlo en una primera aproximación, se pidió en la encuesta señalar cinco proyectos de investigación, en ejecución en el respectivo país, originales y de calidad, que en la opinión del experto constituyan aportes significativos, tanto en el orden científico como por su posible aplicación a la problemática del desarrollo nacional. Un total de 71 proyectos fueron señalados por dos o más expertos como importantes en los países. Esos proyectos fueron agrupados en categorías según sus objetivos, de acuerdo con el análisis de la información contenida en el título, así como con la breve descripción que muchos expertos hicieron de los proyectos señalados. Se establecieron cuatro categorías principales que se presentan y explican a continuación.

La categoría de proyectos de investigación básica se explica por sí sola. Le siguen los proyectos dirigidos al desarrollo de algún producto claramente definido (plantas transgénicas, manipuladas por ingeniería genética; biopesticidas, etc.) y los que tienen como objeto el desarrollo de nuevos procesos en el campo de las biotecnologías como, por ejemplo, procesos de fermentación novedosos. Finalmente, está la categoría de los proyectos que, más que investigación original, tienen como fin la aplicación o adaptación de un proceso o tecnología a un problema y situación particular. Estos últimos pueden ser proyectos de alta complejidad; tal es el caso de la aplicación de tecnologías de punta, como el análisis de fragmentos de restricción o la variación somaclonal al mejoramiento genético vegetal, por ejemplo. Esa información se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Clasificación de los proyectos más importantes según su objetivo. (Proyectos señalados por dos o más expertos).

Objetivo	Grupo de países			Total	%
	Avanzado	Intermedio	Incipiente		
Investigación básica	7	3	0	10	14
Desarrollo de productos	13	5	0	18	25
Diagnóstico vegetal	2	1	0	3	
Bioinsecticidas	2	0	0	2	
Vacunas veterinarias	3	1	0	4	
Plantas transgénicas	5	2	0	7	
Microorg. transgénicos	0	1	0	1	
Productos químicos	1	0	0	1	
Desarrollo de procesos	9	2	0	11	15
Uso residuos	3	1	0	4	
Fermentaciones	3	1	0	4	
Obtenc. prod. quím.	2	0	0	2	
Control biológico	1	0	0	1	
Aplicación/Adaptación	14	14	4	32	45
Reproducción animal	1	0	1	2	
Producción vegetal	6	8	2	16	
Mejoramiento genét. veg.	6	5	1	12	
Mejoramiento microorgánico	1	0	0	1	
Uso desechos	0	1	0	1	
Uso inoculantes	0	0	1	1	
Total	43	24	4	71	
%	60	33	6	100	

Casi la mitad de esos proyectos (45%) tienen como objetivo la aplicación o adaptación de alguna agrobiotecnología a un problema particular. Ello indica que los países de la Región fundamentalmente adquieren tecnología, no la generan localmente. El 25 y 15%, respectivamente, buscan el desarrollo de un producto o un proceso, y el 14% restante corresponde a proyectos de investigación básica.

Los datos con que se cuenta permiten apreciar que el esfuerzo de I y D está concentrado más que todo en la aplicación o adaptación de técnicas de micropropagación vegetal (22 % del total de proyectos) y de técnicas de mejoramiento genético vegetal (17 %). Le sigue en importancia la producción de plantas transgénicas, con 9.8% del total de los proyectos. Por otro lado, se destaca el bajo número de proyectos en el subsector animal (< 10%) y de aquellos dirigidos a la industria química y agroindustrial.

Dada la importancia del número de proyectos dirigidos a la obtención de un producto o proceso específico, que constituyen el 40% del total de proyectos de esta muestra, surge la

preocupación acerca de la existencia de estrategias, capacidades y recursos adecuados para llevar los eventuales resultados a su fase comercial. Es bien sabido que las fases de escalamiento industrial y de ingeniería son las más costosas y riesgosas en el proceso de desarrollo de productos y procesos; por ello son asumidas en general por las empresas interesadas en su explotación comercial. En el caso de estos proyectos, se trata en su gran mayoría de iniciativas de centros de investigación, no de empresas, razón por la cual existe un gran riesgo de que ellas no lleguen a la fase comercial. Los proyectos de obtención de plantas transgénicas son realizados en su mayoría por institutos académicos, que no cuentan con campos experimentales ni con la competencia agronómica requerida para la obtención de un cultivar viable en términos agronómicos y comerciales, lo cual exigirá su asociación con alguna organización que cuente con dichas capacidades y recursos para llevar a feliz término esos proyectos.

La agrupación de los proyectos más importantes según organización responsable confirma de nuevo la concentración de las capacidades en agrobiotecnologías en las instituciones de investigación y docencia, en las cuales se desarrollan en 49.3% de los proyectos señalados (Cuadro 7). Es interesante destacar el número relativamente alto de proyectos colaborativos entre dos o más organizaciones, que representan el 17% del total.

Cuadro 7. Proyectos más importantes clasificados según institución ejecutante. (Proyectos señalados por dos o más expertos).

Tipo de institución	Cantidad	%
Investigación y transferencia	11	15
Investigación y docencia	35	49
Empresa	5	7
Centros internacionales y regionales	8	11
Colaborativos	12	17
Total	71	99

Investigación y documentación incluye institutos de investigación básica investigación y transferencia excluye centros internacionales y regionales.

Algunos centros internacionales y regionales tienen un claro liderazgo en el campo de las agrobiotecnologías en la Región, como lo demuestra su participación proporcionalmente mayor en el número de proyectos importantes. Cuatro de ellos, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, con sede en Colombia), el Centro Internacional de la Papa (CIP, en Perú), el Centro Agronómico Tropical de Investigación e Enseñanza (CATIE, en Costa Rica) y el Caribbean Industrial Research Institute (CARIRI, en Trinidad y Tobago), que representan 2.7% de la muestra total de grupos de investigación más importantes de la Región, cuentan con 11% de los proyectos más importantes y participan además en tres proyectos colaborativos, para un total de 15% de esta muestra de proyectos.

LA PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

La investigación y desarrollo en el campo de las agrobiotecnologías (tanto la que investiga o desarrolla en sí esas tecnologías como la que las aplica para otros fines científicos y tecnológicos) indudablemente es parte de la problemática más general de la investigación científica y el desarrollo de tecnologías en un país o grupo de países determinado.

Sin embargo, pueden existir factores o características especiales típicas de la I y D en este campo, derivados de sus características científicas propias o de su situación histórica o económica particular.

En el presente estudio se solicitó a los expertos consultados identificar los problemas más importantes que confronta la I y D en agrobiotecnologías en su país. También se preguntó acerca de los factores que limitan su esfuerzo personal de I y D en agrobiotecnologías, lo cual permite caracterizar la problemática específica a nivel de laboratorio. Las tres repuestas más frecuentes por grupo de países se presentan en el Cuadro 8.

El problema más señalado por los expertos es el que surge del insuficiente presupuesto para investigación y desarrollo, que está en primer lugar en el grupo de países avanzados e intermedios, tanto como problema general a nivel de país como a nivel de laboratorio. Este problema de carácter económico es, en última instancia, consecuencia de una valorización y priorización insuficiente de las biotecnologías en particular y, probablemente, de la ciencia y tecnología en general, situación característica de los países de la Región. En el grupo de países avanzados ese problema ocupa el primer lugar en Argentina, Brasil, México y Chile; en el intermedio Colombia, Perú y Trinidad, y en el incipiente Bolivia y Paraguay. Este alto nivel de consenso en la muestra total se repite en los problemas adicionales más importantes, aunque varían en el orden de importancia en los tres grupos de países.

Las limitaciones presupuestarias tienen una consecuencia muy negativa, como se señaló para el caso de México. Los mejores grupos de investigación empiezan a obtener financiamiento de fuentes del exterior; ello afecta la orientación de la investigación, que puede perder relevancia para la problemática nacional.

La falta de prioridades en la investigación y desarrollo en agrobiotecnologías constituye un problema importante en el grupo de países relativamente más avanzados y en el intermedio. Existe necesidad de identificar qué hacer en biotecnología, lo cual sólo puede determinarse con seriedad mediante estudios prospectivos, de análisis de impactos económicos, de identificación de oportunidades y de metodologías de selección de prioridades, prácticamente inexistentes en la actualidad. En el caso de México se expresó de manera explícita esa necesidad.

La preocupación con respecto a las prioridades refleja también dudas y conflictos acerca de la orientación de la investigación y de su papel en el desarrollo productivo. La discusión más importante en torno a este punto gira sobre el tipo de investigación, básica o aplicada, requerida. En los casos de México y Brasil, varios expertos criticaron la política de asignación de recursos en biotecnologías, ya fuera porque privilegiaba la investigación básica, ya porque no se la apoya suficientemente.

Cuadro 8. Problemática de investigación y desarrollo en agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe (1989). (Tres opiniones mayoritarias).

Avanzado	Grupo de países Intermedio	Incipiente
A nivel nacional		
Insuficientes fondos para I y D (40%)	Insuficientes fondos para I y D (76%)	Falta de recursos humanos calificados (50%)
Falta de prioridades (28%)	Falta de recursos humanos calificados (50%)	Falta de políticas de apoyo a I y D (37%)
Falta de recursos humanos calificados (23%)	Falta de prioridades (20%)	Insuficientes fondos para I y D (25%)
91	Total opiniones 34	16
A nivel de laboratorio		
Insuficiente presupuesto de I y D (49%)	Insuficiente presupuesto de I y D (56%)	Deficiente infraestructura y equipos (57%)
Deficiente infraestructura y equipos (28%)	Dificultad para importar (40%)	Falta de capacitación (42%)
Dificultad para importar (20%)	Deficiente infraestructura y equipos (26%)	Insuficiente presupuesto de I y D (35%)
	Falta de investigadores (26%)	
81	Total opiniones 30	14

Si hay importantes limitaciones de recursos y si no existen prioridades, hay dispersión de esfuerzos e irrelevancia de la I y D para los problemas productivos o sociales. Es decir, los limitados esfuerzos que se realizan, en opinión de un importante número de expertos, son ineficientes e irrelevantes debido a los insuficientes recursos económicos destinados a la I y D en este campo y a la falta de una dirección estratégica.

La falta de recursos humanos calificados es otro de los problemas más importantes de la I y D en agrobiotecnologías en la Región. Este es un problema de insuficientes capacidades científicas y tecnológicas y es, obviamente, más importante en los países con capacidades incipientes. Sin embargo, se destaca que es considerado un problema aún en el grupo de países relativamente más avanzados, lo cual refleja la debilidad de la Región en relación a los países industrializados en este campo.

Los problemas más importantes a nivel de laboratorio están más relacionados con las capacidades requeridas y con trabas operativas. Las deficiencias de infraestructura y equipos disponibles, que ocupa el primer lugar en el grupo incipiente, el segundo lugar en el avanzado y el tercer lugar en el grupo intermedio, es una consecuencia del insuficiente presupuesto asignado a esas actividades. La falta de recursos humanos calificados es señalada como importante tanto en el grupo intermedio como en el incipiente. Las dificultades para la importación de materiales y reactivos es un problema operativo tanto en el grupo avanzado como en el intermedio. Este problema se torna crítico cuando existen proyectos de investigación que aplican biotecnologías de punta, que requieren materiales y reactivos sofisticados, tales como enzimas de restricción, medios de cultivos, factores de crecimiento, radioisótopos, anticuerpos monoclonales, etc., y repuestos para equipos sofisticados.

Con base en esa caracterización, y tomando en cuenta el alto nivel de consenso en la mayoría de los problemas señalados, puede concluirse que, en términos generales, no existe una masa crítica suficiente para la participación de la Región en el desarrollo científico y tecnológico mundial de las biotecnologías. La I y D que se realiza enfrenta problemas de dirección y objetivos y de tipo operativo, que comprometen seriamente su relevancia y eficiencia. El dominio que se tiene en ciertas áreas y biotécnicas, apoyado en tecnologías sólidamente establecidas, grupos de investigación, de formación de recursos humanos y de empresas existentes, representa más bien un potencial científico y tecnológico que, para su realización, exigirá la superación de las limitantes señaladas.

7

FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

En el presente estudio se definió como instituciones de formación de recursos humanos en agrobiotecnologías a cualesquiera de ellos que formara recursos humanos, a nivel de licenciatura, maestría, doctorado o PhD, en áreas o disciplinas que tengan un alto énfasis en el uso de biotecnologías y especialmente agrobiotecnologías, tales como biología molecular y celular de plantas, animales o microorganismos (genética, bioquímica, fisiología), microbiología industrial o agrícola e ingeniería bioquímica. Sólo contadas instituciones tienen cursos específicamente diseñados para formación en biotecnologías, lo cual tiene sentido, por otro lado, únicamente a nivel de especialización de postgrado.

Dos o más expertos señalaron un total de 70 instituciones y programas que forman recursos humanos en agrobiotecnologías (Cuadro 3). Esa cifra se reduce a 22 si se toma en cuenta únicamente a las instituciones seleccionadas por la mitad o más de los expertos, que representa 31.4% del total de instituciones del primer listado. Se constata un bajo nivel de consenso acerca de la existencia de las instituciones que forman recursos humanos en este campo, particularmente en Argentina, Brasil, Chile, México, Uruguay, Venezuela, Colombia y Perú, que presentan porcentajes menores de 25%. Ello se debe, probablemente, al limitado conocimiento que los profesionales tienen de los programas de facultades distintas a la suya.

Cuadro 9. Problemática de la formación de Recursos Humanos en agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe. (1989). (Tres opiniones mayoritarias).

Avanzado	Grupo de países Intermedio	Incipiente
Limitación de recursos presupuesto (46%)	Déficit de personal calificado (46%)	Poco interés en investigación (50%)
Déficit de personal calificado (26%)	Inexistencia de programas en biotecnologías (46%)	
Carencia de becas (20%)	Limitación de recursos presupuestarios (33%)	
30	Total opiniones 15	4

La problemática de la formación de recursos humanos en agrobiotecnologías es la que presentan las universidades de la Región en general, como se constata en el Cuadro 9. La limitación de recursos y el déficit de personal calificado son los problemas más destacados, a los cuales se añade, en el caso del grupo de países intermedios, la inexistencia de programas en biotecnologías.

Esta problemática justifica, igual que en el caso de la investigación y desarrollo de tecnologías, una estrategia de cooperación entre las pocas universidades prestigiosas en este campo alrededor de programas interinstitucionales específicos que puedan superar las limitaciones existentes, tal como se propuso en el informe nacional del Brasil.

8

APLICACION PRODUCTIVA DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS

La aplicación productiva de las agrobiotecnologías se da tanto en el caso de las empresas como en el de los productores individuales, sobre todo en la producción agropecuaria. La tecnología que se aplica productivamente puede estar incorporada a algún equipo o producto y se expresa en procedimientos y procesos de producción o prácticas agronómicas. Su origen está, en última instancia, en actividades de investigación y desarrollo, tanto locales como de otros países. Las agrobiotecnologías llegarán al agricultor fundamentalmente por medio de insumos y servicios especializados, tales como semillas, productos veterinarios y agroquímicos, inoculantes, embriones, hormonas, etc. Esos insumos son obtenidos o fabricados por empresas con base en tecnologías propias o adquiridas. De ahí que la primera prioridad en cuanto al desarrollo de capacidades productivas en este campo sea la facilitación de la difusión y adopción por parte del productor agropecuario, seguido por el desarrollo de una industria biotecnológica local que produzca esos insumos para los procesos productivos primarios, debidamente adaptados a las circunstancias geográficas y de mercado de cada país.

La aplicación productiva de las agrobiotecnologías en los países de América Latina y el Caribe puede presentar, en consecuencia, dos tipos de problemas. Por un lado, se trata de la adopción y aplicación de un grupo de tecnologías novedosas y con cierto grado de complejidad por parte de empresas productivas del país, lo cual es en esencia una problemática de la política económica general y de las políticas agrícolas e industriales a nivel sectorial. De particular interés para la agricultura será la estrategia e infraestructura de transferencia de tecnología al productor agrícola. El segundo aspecto es el de la transferencia de los resultados de las actividades de investigación y desarrollo locales a la producción, lo cual es un problema de las organizaciones de I y D, de sus relaciones con las empresas o la producción en general y del interés o incentivos de las empresas de acceder a las capacidades tecnológicas locales. En el presente estudio, dado su enfoque en la actividad de generación y transferencia de tecnología, se obtuvo información para un análisis en el segundo plano mencionado. Para ello, se solicitó la opinión de los expertos acerca de los factores que limitan el aprovechamiento productivo de los resultados de investigación y de las capacidades técnicas en agrobiotecnologías en sus países, tanto a nivel general como a nivel del laboratorio del experto. Esos resultados, es decir los tres factores más frecuentemente señalados, se presentan en el Cuadro 10.

Existe una diferencia importante en este tema entre la situación de los países de los grupos avanzados e intermedios frente a la de los países del grupo incipiente. Los sistemas de ciencia y tecnología, en este último grupo, no presentan un grado de avance suficiente para presentar resultados de interés productivo. En los restantes dos grupos, en cambio, se destaca como factor importante la falta de interacción entre las instituciones de investigación y el sector productivo, que es el factor de mayor importancia que limita el uso productivo de las capacidades en

agrobiotecnologías en el grupo avanzado. Ese resultado ratifica la conclusión de muchos diagnósticos para la Región, que señalan que la característica fundamental de sus sistemas de ciencia y tecnología es su marginamiento de las actividades productivas. De hecho, se ha sugerido que esa característica constituye uno de los elementos definitorios de la condición de país subdesarrollado.

En el grupo intermedio se señalan como factores más importantes la falta de difusión y comunicación de los resultados y capacidades de I y D y la dispersión de esfuerzos de investigación. En cambio, en el grupo avanzado, luego de la falta de interacción de la investigación con el sistema productivo, se señalan como factores adicionales importantes la falta de incentivos para la inversión en proyectos de riesgo para las empresas y el financiamiento inadecuado para la introducción de tecnologías.

Los factores señalados por los grupos avanzados e intermedios revelan una significativa diferencia de percepción sobre el papel de la ciencia y la tecnología en los procesos productivos entre ambos grupos de países. En el grupo intermedio se señalan factores referidos a características internas de los sistemas de ciencia y tecnología nacionales, tales como la falta de difusión y comunicación de capacidades y resultados y la dispersión de esfuerzos de investigación. En cambio, en el grupo avanzado son más importantes aquellos que corresponden al ámbito productivo, como la inexistencia de un ambiente adecuado para la actividad innovadora en las empresas. Esa diferencia refleja los diferentes grados de madurez de los sistemas científicos y tecnológicos y de la experiencia acumulada en cuanto a políticas y planificación de ciencia y tecnología entre los países de ambos grupos.

A nivel de laboratorio, el factor aislamiento del sector productivo es igualmente el más importante que limita la aplicación productiva de las capacidades en el grupo avanzado. Ese factor es señalado en segundo lugar de importancia en el grupo intermedio. En el avanzado, además, se señalan factores organizacionales como la falta de mecanismos de transferencia de tecnología, y factores de política y propios del comportamiento de las empresas, como son la falta de interés en proyectos conjuntos y la falta de una política de promoción industrial de las biotecnologías. En el grupo intermedio, se señala como importante, asimismo, la falta de infraestructura para desarrollos a escala comercial.

Uno de los factores que se ha señalado como significativo para el desarrollo de las biotecnologías (la existencia de políticas de protección industrial de las innovaciones en este campo) no es considerado como tal por el grupo de expertos consultados. Únicamente en México y Brasil hubo mención de ese problema por parte de un total de tres expertos. Ello indica, prácticamente, la inexistencia de productos o procesos biotecnológicos novedosos, desarrollados localmente y con posibilidades de ser patentados.

En resumen, puede concluirse que las capacidades científicas y tecnológicas en agrobiotecnologías están, por lo general, desvinculadas de los sectores productivos, tanto por razones propias de las mismas organizaciones y sistemas de ciencia y tecnología, como por la dinámica económica predominante a nivel nacional. Esta conclusión es congruente con la localización mayoritaria de esas capacidades en universidades e institutos de investigación básica que, por razones históricas, han tenido tradicionalmente una débil relación con el sector productivo.

Cuadro 10. Limitaciones en la aplicación productiva de las capacidades nacionales en agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe. (1989). (Tres opiniones mayoritarias).

Avanzado	Grupo de países Intermedio	Incipiente
A nivel nacional		
Falta de vinculación entre investigación y producción (47%)	Falta de difusión de capacidades y resultados (50%)	Sistema científico limitado (31%)
Falta de incentivos para industria (22%)	Dispersión de esfuerzos de I y D (44%)	
Financiamiento inadecuado para aplicación productiva (14%)	Financiamiento inadecuado para aplicación productiva (29%)	
91	Total opiniones 34	16
A nivel de laboratorio		
Falta de vinculación investigación-producción (16%)	Falta de presupuesto de investigación (16%)	No hay resultados de interés productivo (35%)
Falta de mecanismos de transferencia de tecnología (13%)	Falta de vinculación investigación-producción (13%)	Falta de divulgación (14%)
Falta interés industrial en proyectos conjuntos (10%)	Falta de infraestructura a escala comercial (10%)	
Falta de política promoción industrial de biotecnología (10%)	Falta de divulgación (10%)	
81	Total opiniones 30	14

Este estudio no permite identificar tendencias en cuanto a los problemas señalados, pues caracteriza la situación de un período determinado. Sin embargo, puede preverse que las políticas de privatización, los problemas presupuestarios del sector público y los mayores incentivos macroeconómicos para la competencia comercial y la innovación tecnológica, introducidos en los últimos años en los países de la Región, tengan como uno de sus efectos una mayor vinculación entre las capacidades científicas y tecnológicas nacionales y las empresas.

POLITICAS GUBERNAMENTALES HACIA LAS BIOTECNOLOGIAS

El desarrollo de las agrobiotecnologías, es decir de las capacidades científicas y productivas requeridas para incorporar esas tecnologías en la economía nacional, no puede lograrse sin una acción gubernamental específica. Todos los países de la OCDE cuentan con políticas de este tipo; son, fundamentalmente, políticas de desarrollo económico, como corresponde al desarrollo de un nuevo sector productivo, pero también de ciencia y tecnología, dado el gran peso que la investigación científica y el desarrollo tecnológico tienen en el caso de un sistema tecnológico y productivo nuevo y aún no consolidado.

Esas políticas tendrán como objetivo crear un ambiente adecuado al desarrollo de empresas competitivas, con incentivo del desarrollo y la introducción de nuevas tecnologías e innovación tecnológica. Sus instrumentos pueden ser del tipo macroeconómico como, por ejemplo, aquellos que determinen el costo de los factores de producción, la inversión extranjera, la existencia de monopolios, el comercio internacional, etc. Asimismo puede haber políticas de desarrollo agrícola, industrial o tecnológico más específicas que favorezcan ciertas actividades o industrias mediante la inversión directa, el crédito preferencial, las garantías de mercado, la asistencia técnica, el apoyo científico y tecnológico, etc.

Por otro lado, están las políticas referidas al ámbito de la ciencia y la tecnología, que tienen como objetivo fundamental la promoción y fortalecimiento de la investigación y el desarrollo, con una larga tradición en muchos países de América Latina y el Caribe. Su expresión institucional típica es el consejo nacional de ciencia y tecnología, que ofrece un canal de participación política a las comunidades científicas nacionales en la Región.

La opinión de los expertos acerca de las políticas de fomento de las biotecnologías en América Latina y el Caribe en general se presenta en el Cuadro 11. Consideran que sólo políticas de este tipo cinco países (Argentina, Brasil, México, Chile y Costa Rica), todos integrantes del grupo de países con tecnologías de avanzada sólidamente establecidas. Hay un alto nivel de consenso entre los expertos en cuanto a esta pregunta en todos estos países, con excepción de México, donde la opinión mayoritaria no alcanza a 50% del total de las opiniones.

Es interesante destacar que, en los casos de Colombia, Perú, Uruguay y Venezuela, la mayoría de los expertos consideró que no existe una política gubernamental en biotecnologías, a pesar de la existencia en esos países de estructuras de coordinación y promoción en este campo, como las comisiones nacionales de biotecnología y los programas nacionales de biotecnología. Esta discrepancia puede tener su explicación en la falta de información acerca de esas estructuras y programas, o en el hecho que se consideren inefectivas, o que su acción se concentre en otros sectores y problemas distintos a las agrobiotecnologías, razón por la cual se

considera que no existe una política específica hacia ellas o que esas comisiones no hayan producido ninguna política.

Cuadro 11. Políticas gubernamentales para el desarrollo de capacidades en agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe (1989). (% de opiniones en cada país).

Avanzado	Grupo de países Intermedio	Incipiente
Tienen políticas		
Argentina (85%)		
Brasil (94%)		
México (45%)		
Chile (87%)		
Costa Rica (100%)		
No tienen políticas		
Uruguay (78%)	Colombia (46%)	Bolivia (100%)
Venezuela (58%)	Perú (77%)	Ecuador (100%)
	Trinidad y Tob. (100%)	Paraguay (100%)

El juicio sobre las políticas existentes es bastante desfavorable. Todas las opiniones en ese sentido son negativas; se las califica como demasiado generales y carentes de objetivos y prioridades claras por parte de un grupo significativo de expertos de Argentina, Brasil, México y Chile, y con recursos económicos limitados en Argentina, Brasil y Chile (Cuadro 12). Esas caracterizaciones implican, de hecho, la opinión de que las políticas existentes son inefectivas.

Cuadro 12. Caracterización de las políticas de fomento de las agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe (1989). (% de opiniones).

Demasiado generales, sin objetivos ni prioridades (19%)
Con recursos económicos limitados (18%)
Total de opiniones: 91

El impacto de las políticas gubernamentales en general, es decir no necesariamente de las específicas relacionadas con ciencia y tecnología, sobre el trabajo en el laboratorio, se presenta en el Cuadro 13. Algunas fueron consideradas favorables, otras negativas. La política favorable más importante es la existencia de programas de financiamiento de proyectos, señalada por expertos de Brasil, México y Chile. Otras mencionadas, pero en una proporción mucho menor, son la existencia de un programa nacional de biotecnología (Costa Rica y Argentina), la facilitación de la cooperación internacional en I y D (Uruguay) y la existencia de programas de

señaló políticas que dificultan y limitan la I y D. Entre ellas se destacan la asignación limitada de recursos económicos por parte del Estado, la falta de continuidad de políticas (Argentina, Brasil y México), las restricciones a la importación de insumos y reactivos (Brasil y Costa Rica) y las bajas remuneraciones para investigadores (México).

Cuadro 13. Políticas específicas que favorecen o dificultan la I y D en agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe (1989).

Políticas que favorecen
Existencia de financiamiento estatal (16%)
Existencia de Programa Nacional de Biotecnología (4%)
Facilidades para la cooperación internacional (3%)
Existencia de programa de remuneración extra para investigadores (3%)

Políticas que limitan
Baja asignación de recursos presupuestarios (18%)
Falta de continuidad de las políticas (9%)
Restricciones a la importación (7%)
Bajos salarios para los investigadores (7%)

Total de opiniones: 75

Las políticas gubernamentales que favorecen o dificultan el desarrollo tecnológico de las empresas en el área de las agrobiotecnologías se presentan en el Cuadro 14. Las más

Cuadro 14. Políticas que afectan el desarrollo tecnológico de las empresas de agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe (1989). (% de opiniones).

Negativamente
Falta de una política de promoción industrial de las biotecnologías (24%)
Políticas macroeconómicas (16%)
Falta de esquema de financiamiento para empresas de biotecnología (16%)
Restricciones de las importaciones (12%)

Total de opiniones: 25

importantes señaladas fueron todas negativas para las empresas; se destaca la falta de programas de desarrollo de las biotecnologías como la más significativa, que fue indicada por expertos de Brasil, Uruguay, Venezuela y Bolivia. La política macroeconómica nacional (política monetaria y cambiaria) tiene un efecto desfavorable en el caso de Brasil y Bolivia; lo mismo sucede con la falta de esquemas de financiamiento preferencial para empresas de biotecnología en México y Colombia, y con las restricciones a las importaciones en Brasil y Colombia. Con una sola excepción, correspondiente a Brasil, no se mencionó la falta de políticas de patentamiento en biotecnologías como una dificultad para el desarrollo tecnológico de las empresas.

A pesar de que en la encuesta no se indagó acerca del tipo de políticas para el fomento de las biotecnologías existentes en la Región, de las opiniones expresadas por los expertos se puede deducir que se trata fundamentalmente de políticas de fomento de ciencia y tecnología, es decir dirigidas a la promoción y dirección de actividades de investigación y desarrollo, más que de desarrollo tecnológico como tal, que pertenecen al ámbito de las políticas de desarrollo productivo e industrial y, a nivel más macro, de las políticas económicas. La opinión de los expertos vinculados a empresas, presentada en el Cuadro 14, corrobora esto al señalarse la falta de programas de desarrollo industrial de las biotecnologías como una de las limitantes más importantes.

HACIA UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS

Las políticas para el desarrollo de capacidades

El desarrollo de las agrobiotecnologías es tanto un problema científico y tecnológico como económico y productivo. Es un problema de desarrollo económico e industrial porque se da dentro de las empresas industriales o agropecuarias que las incorporan y desarrollan en función de estrategias productivas y competitivas propias. Sin embargo, debido a que este grupo de tecnología surge en forma directa de los avances recientes de la ciencia, y más precisamente de la biología molecular y celular, se trata también de un problema de desarrollo científico y tecnológico.

Esa dicotomía se refleja en el tipo de políticas que se pueden aplicar con el objetivo del desarrollo de capacidades en este campo. Ese objetivo, en última instancia, es económico, pero su logro dependerá en buena medida de la disponibilidad de capacidades científicas y tecnológicas que trascienden el ámbito estrictamente económico y productivo. Así, existen políticas para el desarrollo de la ciencia y la tecnología dirigidas a la promoción y dirección de las actividades de investigación y, por otro lado, políticas de desarrollo tecnológico y productivo, dirigidas a influir en el comportamiento tecnológico de las empresas y sectores productivos. En los países desarrollados ambas se integran para fortalecer sistemas nacionales de innovación en los cuales las capacidades científicas y tecnológicas se articulan de múltiples y complejas formas con las capacidades productivas, en función de objetivos competitivos de empresas, industrias o países.

Los diversos factores subyacentes en la problemática de las agrobiotecnologías que se ha resumido en este trabajo corresponden entonces a esos dos ámbitos, al de la política de ciencia y tecnología y al de la política económica; a pesar de estar ambas íntimamente relacionados, por lo general no son enfocados en forma conjunta ni integrada en los países de la Región.

La ineficiencia e irrelevancia de los esfuerzos de investigación, el desarrollo de las capacidades básicas requeridas en algunos países, la dispersión de esfuerzos y, en cierta medida, el aislamiento del sector productivo, son susceptibles de superación mediante políticas y estrategias susceptibles de ser desarrolladas, de algún modo, por las mismas organizaciones de I y D o las instituciones de planificación y coordinación de ciencia y tecnologías existentes prácticamente en todos los países de la Región. Esos esfuerzos pueden, en el mejor de los casos, llevar a la formación de un determinado número de grupos de investigación que desarrollen programas de investigación de alta calidad y dinamismo. Sin embargo, para lograr el desarrollo de las agrobiotecnologías, que es un objetivo esencialmente económico y productivo, deben

integrarse esas medidas en políticas más amplias de carácter económico y de desarrollo productivo, tanto a nivel macroeconómico como sectorial.

Las políticas gubernamentales de apoyo a las agrobiotecnologías existentes en la Región son, esencialmente, de fomento de la ciencia y la tecnología. Ellas han evolucionado del fomento de la investigación hacia el desarrollo tecnológico. Los países más desarrollados, como Brasil, México y Argentina, disponen de cierta experiencia en ese sentido. Pero en ningún caso se articulan de manera adecuada las políticas de tipo económico y sectorial con las más específicas de desarrollo científico y tecnológico. Las excepciones se dan en programas o industrias específicas, como por ejemplo la industria petrolera venezolana, la industria aeronáutica y de producción de alcohol brasileña, etc.

La inexistencia de políticas gubernamentales de desarrollo de las biotecnologías es consecuencia de la falta de una estrategia nacional de desarrollo productivo de las industrias que las utilizan y de una bioindustria propiamente dicha, como sí existen en la mayoría de los países desarrollados, en particular en Europa y Asia.

Del presente estudio surge con claridad la necesidad de que exista una dirección estratégica de los esfuerzos que, en el campo de las biotecnologías, se realizan en la Región. La necesidad de políticas y de prioridades fue señalada en forma prioritaria por la mayoría de los expertos. No está claro qué debe y puede hacerse, y ello es consecuencia, en parte, de la falta de información prospectiva, de sus impactos económicos y sociales y de las oportunidades que este nuevo campo ofrece.

Papel de la investigación y desarrollo

La preocupación e interés por las posibilidades que ofrecen las biotecnologías nació en la Región en el seno dentro de las comunidades científicas, que tienen acceso a la información y capacidad de entender las implicaciones científicas y productivas que las nuevas técnicas encierran. De ahí que la discusión sobre la necesidad de desarrollar este campo está fuertemente influida por la perspectiva del laboratorio. Ello obliga a analizar con más profundidad el papel de la I y D en la evolución de estas tecnologías.

El desarrollo de las biotecnologías en el contexto nacional o de una empresa significa, obviamente, su uso y aplicación en función de objetivos productivos o sociales determinados. Es decir, no es suficiente contar con capacidades de investigación y desarrollo que, si no están dirigidas a y articuladas con capacidades productivas, no trascienden el ámbito estrictamente científico. La existencia de capacidades de I y D es un requisito importante, debido a la complejidad de las biotecnologías y a la necesidad de adaptación local. Pero no es indispensable desarrollarlas localmente, debido a que tarde o temprano se podrá acceder a dichas tecnologías, creadas en otras partes, por medio de la compra o licenciamiento, a un costo determinado.

Esa alternativa puede ser la más viable y atractiva para los sectores productivos y empresas de América Latina y el Caribe, por ser más barata y menos riesgosa que el desarrollo propio de las tecnologías. Ello es particularmente válido en el caso de las biotecnologías de punta por su carácter no consolidado, que determina que no se hayan definido todavía senderos y estrategias

tecnológicas para el logro de los procesos básicos. Por ejemplo, no está claro todavía cuál es la mejor forma de transferir genes en plantas, y esto no se definirá a corto plazo, debido al dinamismo de la investigación y la consecuente fluidez de las concepciones y modelos teóricos y prácticos en los cuales se basan esos procesos.

Por otro lado, debe considerarse la debilidad del esfuerzo de I y D en biotecnologías de punta en la Región frente al que realizan los países desarrollados. Si bien se trata de un grupo de tecnologías en pleno proceso de desarrollo y consolidación, en muchos casos en los países desarrollados se ha avanzado hasta la fase comercial, y se cuenta con procesos y productos que ya están en el mercado. En cambio, en América Latina y el Caribe se aplican fundamentalmente las biotecnologías más tradicionales, tales como el cultivo de tejidos vegetal, por ejemplo; los proyectos en las tecnologías de punta claves, que tendrán un impacto grande a mediano plazo, están en fases de investigación, sobre todo en instituciones académicas. Ello obliga a las empresas y sectores productivos a acceder a la tecnología ya disponible comercialmente, en todos los casos en los cuales el mantenimiento de su competitividad resulte importante.

Las capacidades de I y D de la Región, como claramente surge de este estudio, se ven constreñidas por limitantes económicos y operativos importantes, que en muchos casos las hacen ineficientes e irrelevantes. Ningún país de la Región tiene una política de desarrollo de las biotecnologías efectiva, como consecuencia de la falta de apoyo político que este sector tiene en la actualidad. Está claro, por otro lado, que aún en la hipótesis de un gran apoyo político las posibilidades de inversión son restringidas en las condiciones de crisis económica y social que viven todos los países de la Región, frente a las necesidades y costos derivados de su carácter todavía poco consolidado en términos productivos.

Ese escenario define un papel muy preciso para las capacidades científicas locales en este campo: básicamente, el desarrollo de una adecuada pericia e información científica, que permita el acceso eficiente a las tecnologías requeridas por parte de empresas y organizaciones nacionales y, luego, para su adaptación y eventual desarrollo. La experiencia de muchos años y en muchas industrias indica que se requiere una capacidad científica y de ingeniería mínima para seleccionar, negociar y adaptar de manera adecuada la tecnología requerida a las circunstancias específicas de las empresas, su medio ambiente y sus mercados. Este requerimiento debe ser el punto de partida de cualquier estrategia de desarrollo de capacidades de las biotecnologías en los países de América Latina y el Caribe.

La estrategia que se deriva de este requerimiento estará dirigida al dominio de los procesos básicos de este grupo heterogéneo de tecnologías, con el propósito de identificar las oportunidades que ofrecen y utilizar ese conocimiento para la adecuada selección, negociación y adaptación de las tecnologías de producción específicas requeridas por las empresas y procesos productivos. La investigación básica desempeñará un papel importante, sobre todo en la formación del personal requerido, pero el énfasis estará en la investigación adaptativa, que tenga como objetivo la superación de los problemas y limitantes de la aplicación y uso de las tecnologías que surjan de las condiciones nacionales o regionales.

Elementos para las estrategias nacionales

Las consideraciones anteriores permiten una discusión un poco más detallada sobre los elementos que caracterizarán a las estrategias nacionales para el desarrollo de las capacidades en agrobiotecnologías. A continuación se presentan los más importantes:

El carácter diferenciado de las estrategias

La situación de las agrobiotecnologías en la Región, si bien presenta una serie de características comunes, es específica respecto a los países e inclusive a las organizaciones. Ello debe ser el punto de partida del diseño de las estrategias nacionales y organizacionales; debe evitarse la tentación, siempre presente, de aplicar modelos e ideas generales sin una evaluación de la viabilidad y utilidad en un contexto específico. En este estudio los países fueron agrupados en tres grupos que representan distintos grados de desarrollo y maduración de los sistemas científicos y tecnológicos. Las estrategias nacionales variarán para cada grupo y posiblemente para cada país, no sólo en las acciones específicas sino también en sus objetivos.

El incremento de la inversión

A pesar de que no se dispone de cifras que permitan cuantificar la inversión que se realiza en el desarrollo de capacidades locales en agrobiotecnologías, está claro que ella es mucho menor que la que realizan los países desarrollados; la limitación más importante percibida por las personas involucradas en este campo en la Región es la falta de financiamiento. Las biotecnologías son capital intensivas, aunque no alcancen los requerimientos de otras industrias de tecnología de punta, razón por la cual no puede pensarse en el desarrollo de una industria local significativa sin un financiamiento mucho mayor del disponible en la actualidad. La importancia y magnitud de la agricultura y agroindustria en la Región hace pensar que este incremento de la inversión es posible si se entienden correctamente las implicaciones estratégicas de un atraso tecnológico en este campo.

El aumento de esas inversiones a niveles que permitan que se empiece a sentir un impacto significativo en la economía exigirá un aumento del financiamiento del sector público y una racionalización del gasto para incrementar su eficiencia, pero fundamentalmente un involucramiento mucho mayor del sector productivo. El desarrollo y fortalecimiento de mecanismos e instituciones que permitan coordinar y canalizar los fondos de empresas y productores nacionales hacia las instituciones con capacidades técnicas es decisivo en este contexto. También se deberá prever la activa participación de capital internacional, la cual deberá ser negociada de manera adecuada para garantizar el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades científicas y productivas requeridas en el orden nacional.

La superación del aislamiento de la I y D

La falta de interacción entre la I y D y el sector productivo surgió en este estudio como uno de los problemas centrales para la aplicación productiva de las capacidades en agrobiotecnologías en la Región. Se combinan la falta de mecanismos y estructuras a nivel de las organizaciones que permiten la vinculación entre empresas, centros de investigación, empresas de ingeniería y consultoras, entre otras, con el desinterés del sector productivo de

acceder a nuevas tecnologías o a las capacidades técnicas existentes, a causa del ambiente macroeconómico imperante. No hay estímulos e incentivos para que el sector productivo innove y acceda a las nuevas tecnologías.

Ese es un elemento que cualquier estrategia de desarrollo de este campo debe superar en forma prioritaria, y que en el plano de las organizaciones de I y D es susceptible de ser atacado mediante una serie de medidas prácticas y relativamente fáciles de ejecutar a nivel de las organizaciones de I y D. Algunas de éstas, ensayadas con éxito en varios países de la Región, son la creación de fundaciones y unidades de vinculación y comercialización tecnológica en el plano de las universidades y organismos públicos; la introducción de incentivos para el personal, tales como la flexibilización de las normas de personal para permitir la asesoría individual de investigadores y docentes a empresas, y los emprendimientos conjuntos entre institutos de investigación y empresas. Esas medidas, por otro lado, son atractivas como una forma de paliar las restricciones presupuestarias que han experimentado todas las organizaciones dependientes de los presupuestos públicos en la Región en los últimos años.

Es importante señalar que esos problemas de vinculación tienen su origen, en última instancia, en la diferencia de enfoques entre el científico y el empresario. Para la investigación, los horizontes normales son el mediano y largo plazo; en cambio, el interés del usuario en las típicas economías protegidas de América Latina y el Caribe es el resultado garantizado, a corto plazo. Esto tiene mucho que ver mucho con el ambiente macroeconómico en el que se desempeñan esas empresas, con la cultura empresarial existente y con la idea de que las partes involucradas tengan sobre el papel de la I y D en el desarrollo de las biotecnologías.

La articulación de las políticas

Una estrategia exitosa de desarrollo integral de las agrobiotecnologías requerirá un nivel de articulación mucho más grande que el existente actualmente en la mayoría de los países de la Región, entre las políticas y estrategias para el desarrollo del sector ciencia y tecnología, por una parte, y las políticas y estrategias de desarrollo tecnológico y productivo. Asimismo, ambas deben ser congruentes con las políticas macroeconómicas. Se trata de crear y fortalecer sistemas nacionales de innovación que permitan el desarrollo de empresas y sectores productivos competitivos en el orden internacional (Avalos 1990a). Puede existir una aproximación a ese desiderátum teórico, que difícilmente se logra aún en los países más desarrollados, en el marco de programas de desarrollo dirigidos a sectores, industrias o problemas más concretos, como se ha propuesto en el informe nacional del presente estudio correspondiente a México.

Esa necesaria articulación se ve teóricamente favorecida por los cambios radicales de las políticas macroeconómicas que, impulsadas por la crisis de la deuda, se han aplicado en los últimos años en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe. Los programas de ajuste estructural buscan economías más abiertas al mercado internacional, en las cuales la exportación desempeña un papel preponderante. Ello exige empresas más competitivas, tanto en el mercado interno como en el de la exportación; esa competitividad debe estar basada, en última instancia, en un mayor dominio tecnológico sobre los procesos productivos que permita alcanzar normas internacionales de calidad y costos. Ese entorno macroeconómico incentivaría la incorporación de nuevas tecnologías y la innovación tecnológica, lo cual crearía una demanda local por servicios de I y D, asistencia técnica y asesoría.

No se conoce todavía el impacto de los programas de ajuste estructural sobre la incipiente industria biotecnológica en la Región. De los resultados de este estudio se puede concluir, en forma preliminar, que las agudas crisis que algunos países viven tienen un impacto a corto plazo muy negativo sobre esas industrias, ya que ellas, debido a su carácter incipiente, se ven afectadas fuertemente por las condiciones recesivas inducidas por los programas de *shock* económico aplicados en países como Argentina y Brasil.

Construcción del apoyo político requerido

El desarrollo de capacidades en biotecnologías en la Región, suficientes para lograr un impacto significativo en las economías nacionales, requerirá un nivel de inversión mucho mayor del que actualmente se realiza. Esto sólo se logrará si se cuenta con un apoyo político mucho más amplio que en la actualidad para el logro de ese objetivo. Ese apoyo debe basarse en una alianza estratégica de los grupos y organizaciones de investigación y los sectores productivos y empresas involucrados en este campo, para lo cual deben superarse muchos de los resquemores y desconfianzas que todavía caracterizan las relaciones entre esos dos grupos. La construcción de esta alianza, que supone un proceso lento y difícil, se facilita con la existencia de las asociaciones de empresas de biotecnologías creadas en los últimos años en algunos países de la Región, pero también por la existencia de activas sociedades científicas y profesionales que agrupen y relacionen a los investigadores, tecnólogos e ingenieros activos en este campo, a nivel personal y profesional.

El problema de la información

Un resultado sorprendente en muchos países, en especial México y Brasil, es el bajo nivel de información entre los expertos nacionales sobre las capacidades y actividades existentes en biotecnologías a nivel nacional; ello se refleja en el bajo nivel de consenso en dichos países sobre las instituciones y empresas involucradas en este campo, a pesar de la realización reciente de varios diagnósticos en muchos de estos países, lo cual significa que los resultados de los mismos no circulan o no tienen credibilidad.

Esa falta de información también existe en la industria, como se señaló en varios de los informes nacionales, y se combina con el desconocimiento de las características y potencialidades de las biotecnologías en general.

La superación de ese problema es un elemento decisivo para la generación del apoyo político nacional requerido; exige programas y estrategias específicos para ese fin.

Búsqueda de la eficiencia

La fuerte preocupación con el problema de la eficiencia de los esfuerzos de I y D que pone en evidencia el presente estudio (problema de prioridades, de dispersión de esfuerzos, de falta de difusión de resultados, de vinculación con el sector productivo) es congruente con las fuertes restricciones económicas que las organizaciones enfrentan en la actualidad prácticamente en todos los países de la Región; es preciso superar esa situación para mantener la credibilidad y el apoyo político. Las estrategias correspondientes deben estar basadas en la concentración de esfuerzos en algunas pocas áreas, en las cuales existan ventajas comparativas para alcanzar altos

niveles de calidad científica en los proyectos de investigación básica, o que sean relevantes para la problemática productiva o social en los proyectos de I y D más aplicados. Ello implica la realización de estudios prospectivos y de análisis de impactos de las biotecnologías que permitan realizar la selección de las áreas, temas o problemas, como primer paso en la definición de una estrategia de desarrollo de las agrobiotecnologías.

Por otro lado, se impone la rápida incorporación de las biotecnologías disponibles, entre ellas las técnicas de cultivo de tejido *in vitro* y las inmunológicas, en la investigación tradicional que realizan organizaciones de investigación aplicada, tales como los Institutos Nacionales de Investigación Agrícola, para aprovechar las ventajas que ellas ofrecen en cuanto a eficiencia y productividad (Jaffé 1990).

La cooperación recíproca en la Región

La escala relativamente pequeña de los esfuerzos a nivel nacional exigirá una coordinación y cooperación regional o internacional, para lo cual se requieren estructuras organizativas y de políticas adecuadas (Chaverra 1989). Es ilustrativo constatar que este imperativo de la cooperación bilateral o multinacional es igualmente válido para países mucho más fuertes que los de la Región, como lo ponen en evidencia los numerosos programas de este tipo en Europa e inclusive entre las compañías transnacionales. La investigación básica, por ejemplo, debe concentrarse en algunos pocos centros regionales de excelencia, que permitan alcanzar la masa crítica requerida para avances significativos que puedan tener interés productivo a mediano o largo plazo. Estos estarían relacionados estrechamente con los programas nacionales de carácter más adaptativo, modelo que ha demostrado su eficacia en el caso de los centros internacionales de investigación agrícola. Estos últimos, en cierta medida, ya desempeñan ese papel en la Región, ya que lideran de alguna manera la I y D regional en biotecnologías vegetales (Winkelmann 1990). Un punto de partida interesante es reforzar esa tendencia en los centros situados en América Latina.

El patentamiento y la bioseguridad

A diferencia de los países de la OCDE, ni el patentamiento ni la regulación de las biotecnologías para prevenir riesgos a la salud pública y al medio ambiente constituyen temas de importancia política en América Latina y el Caribe. El nivel de desarrollo incipiente de la industria biotecnológica es la razón más importante de ello. El desconocimiento de las biotecnologías por parte de la opinión pública y el concepto y valoración distinta del riesgo que predomina en la Región son otros factores que explican este hecho (Trigo y Jaffé 1991).

Esto no significa, de ninguna manera, que no haya necesidad de actuar en esos campos. La existencia de políticas y normativas claras en ellos es un requisito importante para el acceso a tecnologías y mercados, por parte de los países y empresas, y constituye un elemento esencial para una mayor cooperación e integración regional en el desarrollo tecnológico y productivo de las biotecnologías, como se señaló en los informes nacionales de Brasil y México correspondientes a este estudio. La armonización de las políticas existentes y por establecerse entre los países de la Región va a ser un factor importante para el desarrollo de las biotecnologías. Esa tarea adquiere carácter de urgente con la aceleración de las iniciativas de libre comercio entre países de la Región.

BIBLIOGRAFIA

- ARROYO, G.; WAISSBLUTH, M. 1988. Desarrollo Biotecnológico en la Producción Agroalimentaria de México: Orientaciones de Política, Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.77.
- AVALOS, I. 1990a. El Sistema Nacional de Innovación: La Tarea Institucional de los Años Noventa
- _____. 1990b. Biotecnología e Industria, Un Ensayo de Interpretación Teórica. Serie Documentos de Programas, IICA. San José, Costa Rica.
- BIFANI, P. 1988. Biotechnology: Overview and Developments in Latin América. In Economic and Social Progress in Latin America, 1988 Report, Inter American Development Bank, Washington.
- BONACELLI, M.B.M.; SALLES F., S.L.; DEL BIANCHI, V.L. 1987. Biotecnología e Produção de Alimentos. Núcleo de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- CHAVERRA G., H. 1989. Biotecnologías para la Producción y Protección de Plantas en la Zona Andina. ICA, Bogotá, Colombia.
- CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS (CONICIT). 1989. Levantamiento de Capacidades Nacionales, Biotecnología, Altas Tecnologías Para América Latina Año 2000. Caracas, Venezuela.
- CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION (CORFO). 1987. Resumen. Investigación de la biotecnología para su aplicación en el país. Santiago de Chile.
- EFFORD, I. 1989. Biotechnology Capabilities in Latin America and the Caribbean: A Method of Analysis. Reporte final de consultoría para el IICA.
- FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 1990. Catálogo Regional de Laboratorios de Biotecnología Vegetal. Santiago de Chile.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO - INSTITUTO PARA LA INTEGRACION DE AMERICA LATINA (INTAL). 1990. Biotecnología: Políticas y Proyectos Nacionales en Países Latinoamericanos Seleccionados. BID.INTAL/DP 3.2/89. Publ. No. 348. Buenos Aires.
- JAFFE, W. 1989a. Diagnóstico de las Agrobiotecnologías en América Central. In Oportunidades de las Biotecnologías Agropecuarias en América Central, FEDEPRICAP,

- IICA, Serie de Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos, A1/SC-89-03. San José, Costa Rica.
- _____. 1989b. El Papel de la Tecnología y las Nuevas Tecnologías en el Desarrollo Agroindustrial: Una Visión Latinoamericana. *In* Políticas Para el Desarrollo Agroindustrial. IICA, Serie de Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos, A1/SC-89-07. IICA. San José, Costa Rica.
- _____. 1990. Capacidades actuales para investigaciones en biotecnología en los sistemas de América Latina y el Caribe. *In* Memorias del Seminario Retos Para la Investigación y la Extensión Agropecuarias en América Latina y el Caribe. BID, FAO, IICA, Serie de Ponencias y Recomendaciones de Eventos Técnicos, A1/SC-90-03. San José, Costa Rica.
- KENNEY M. 1986. *Biotechnology: The University-Industrial Complex*. New Haven, Yale University Press.
- TRIGO, E.; JAFFE, W. 1991. Biosafety Regulations in Developing Countries with Special Emphasis on Agriculture. INTERCIENCIA.
- PROGRAMA SEGURIDAD ALIMENTARIA DEL ISTMO CENTROAMERICANO. 1987. Biotecnología: Una estrategia para su introducción en el sistema de granos básicos de la región. Informe de misión, Guatemala.
- ROCA, W.M.; AMEZQUITA, M.C.; VILLALOBOS, V.M. 1988. Estado Actual y Perspectivas de la Biotecnología Agrícola en América Latina y el Caribe. Encuesta 1986. *In* Temas Prioritarios y Mecanismos de Cooperación en Investigación Agropecuaria en América Latina y el Caribe. CIAT. Cali, Colombia.
- VELASCO, E. (ed) 1988. Inventario de proyectos de investigación relacionados con el área de biotecnología. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Lima, Perú.
- WINKELMAN, D.L. 1990. La función del CGIAR en la investigación biotecnológica. *In* Memorias del Seminario Retos Para la Investigación y la Extensión Agropecuarias en América Latina y el Caribe. BID, FAO, IICA. Serie de Ponencias y Recomendaciones de Eventos Técnicos, A1/SC-90-03. IICA. San José, Costa Rica.

LISTA DE EXPERTOS CONSULTADOS

Argentina

Coordinador nacional: Eduardo Palma (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA)

Moisés Burachik (Bio-Almidar, Industrias Químicas Almidar S.A.)

Oswaldo Caso (Centro de Ecofisiología Vegetal)

Julio Eliashev (Paul Hermanos S.A.)

Evald A. Favret (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)

Jorge Luis Gersberg (Tecnoplant S.A.)

Héctor Giuliani (Laboratorios Bagó S.A.)

Ana María Giulietti (Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires)

Oscar Grau (Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata)

José L. La Torre (Centro de Virología Animal)

Luis Amado Mroginski (Instituto de Botánica del Nordeste)

Faustino Siñeriz (PROIMI)

Héctor Torres (Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular)

Rodolfo Ugalde (Fundación Campomar)

Bolivia

Coordinador nacional: Pastor Montaña (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria - IBTA)

Pablo Carvajal (Flores Valle Alto S.R.L.)

Heriberto Cuevas (Instituto de Investigaciones Biomédicas)

Oscar Guillén P. (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria)

Jaime La Torre (Facultad de Agronomía, U.M.S.A.)

Pura Languidey de Antelo (Universidad Gabriel Rene Moreno)

Ricardo Salaves Estrella (Unidad Producción Semilla SEPA)

Carmen Rosa Serrano (Instituto de Genética, U.M.S.A.)

Renato Valenzuela Bedregal (Centro de Investigación Agrícola Tropical)

Brasil

Coordinadores nacionales: Luiz Antonio Barreto de Castro y María José Amstalden Sampaio (Centro Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología - CENARGEN, Empresa Brasileira do Pesquisas Agropecuarias - EMBRAPA)

João Lúcio de Azevedo (Bioplanta S.A.)

Alcides Carvalho (Instituto Agronómico, Campinas)

Antonio R. Cordeiro (Departamento Genética, Universidad Federal Rio de Janeiro)

María Elisa Cortezzi Graca (Centro Nacional Pesquisas Florestas, EMBRAPA)

Amylton Costa Xavier (Universidad Federal Rural Rio de Janeiro)

Fausto Forresti (IB, Universidad Estadual São Paulo, Campus Botucatu)

Carlos Gil Turmes (Universidad Federal Pelotas)

Tomoko Higuchi (Instituto de Química, Universidade São Paulo)

Joaquim A. Machado (Fazenda Agroceres S.A.)

Ricardo Magnavaca (Centro Nacional Pesquisas Maís Sorgo, EMBRAPA)

Américo Martins Craveiro (Instituto Pesquisas Industriales, São Paulo)

Dameres C. Monte-Neshich (CENARGEN, EMBRAPA)

Fabio de Oliveira Pedrosa (Universidad Federal do Paraná)

Fabio Pereira Leivas Leite (Leivas Leite S.A.)

José Roberto Postali Parra (Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidad São Paulo)

Roberto Silva Waack (Vallée Nordeste S.A.)

Fernando Steele Da Cruz (Microbiológica S.A.)

Amilcar Tanuri (Instituto Biofísica, Universidad Federal Rio de Janeiro)

Telmo Vidor (Facultad Veterinaria, Universidad Federal Pelotas)

Caribe Angloparlante

Coordinador: Desmond Ali (Caribbean Industrial Research Institute - CARIRI, Trinidad y Tobago)

- **Barbados**

Richard B.G. Dales (Dept. Biology, The University of the West Indies)

- **Trinidad y Tobago**

E. Julian Duncan (Dept. of Plant Science, The University of the West Indies)

C. R. McDavid (Dept. of Plant Science, The University of the West Indies)

- **Jamaica**

P.V. Devi Prasad (Dep. of Botany, The University of the West Indies)

- **Guyana**

Veronica F. A. Broomes (National Agricultural Research Institute)

Centroamérica

Coordinador: Walter Jaffé (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA)

- **Costa Rica**

Eric Guevara B. (Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica)

Pedro León A. (Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica)

José Manuel Quiróz A. (Linda Vista S.A.)

D.L. Richardson (Compañía Bananera de Costa Rica)

Luis L. Rodríguez R. (Universidad Nacional)

Víctor Villalobos (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE)

- **El Salvador**

Nicolás E. Guillén A. (Centro de Tecnología Agrícola)

- **Guatemala**

Edgar Oswaldo Franco (Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos)

Carlos Rolz Asturias (Instituto Centro Americano de Investigaciones Tecnológicas Industriales - ICAITI)

- **Panamá**

Pedro Him (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá - IDIAP)

Susana Pons (IDIAP)

Chile

Coordinador nacional: Alberto G. Cubillos (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias)

Claudia Botti (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile)

Juan Fuentealba (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile)

Miguel Jordán (Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile)

Luis Mosella (Bioplant Chile S.A.)

Carlos Muñoz (Instituto de Investigaciones Agropecuarias)
Roberto Neira (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile)
Ximena Rojas (Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile)
Arturo Yudelevich (Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile)

Colombia

Coordinador nacional: Ricardo Torres (COLCIENCIAS)

Rodrigo Artunduaga (Instituto Colombiano Agropecuario)
Eduardo Aycardi (Empresa Colombiana de Productos Veterinarios - VECOL S.A.)
Gabriel Cadena (Centro Nacional de Investigaciones de Café Pedro Uribe Mejía - CENICAFE)
Ricardo Fournier (Alpina S.A.)
Jesús Larrahondo (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar - CENICANA)
César A. Lobo A. (Universidad de La Salle)
Mauricio Lleras (Propagar Plantas S.A.)
Dolly Montoya (Universidad Nacional)
Elizabeth P. de Peña (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia)
José Peñaranda (Universidad Nacional)
William Roca (Centro Internacional de Agricultura Tropical)

Ecuador

Coordinador nacional: Alberto Ortega (Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central)

Juan de Dios Alvarado (Universidad Técnica de Ambato)
Gladys Tazan (Programa Nacional del Banano)
Rebeca Vegas de Rojas (Corporación Ambiente y Desarrollo)
Edgar Villema (Universidad de Cuenca)

México

Coordinador nacional: Rodolfo Quintero (PNUD/ONUDI - Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM)

Hugo Alberto Barrera Saldaña (Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León)
Eduardo Barzana (Facultad de Química, UNAM)
Domingo R. Benavides (ENZYMOLÓGICA S.A. DE C.V.)
Luis J. Galan Wong (Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Nuevo León)
Alfredo J. Gallegos Cigarroa (Biogenética Mexicana S.A. DE C.V.)
Mariano García Garibay (Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa)
Isabel Guerrero Legarreta (Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa)
Rosa Luz González Aguirre (GENIN S.A. DE C.V.)

Mariano Gutierrez Rojas (Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa)
Luis Herrera Estrella (Centro de Investigación y Estudios Avanzados CINVESTAV - Irapuato)
Agustín López-Munguía Canales (Centro de Investigación Ingeniería Genética y Biotecnología, UNAM)
Octavio Paredes López (CINVESTAV - Irapuato)
Pablo Perez-Gavilán Escalante (Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM)
Sergio Revah (Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa)
Manuel L. Robert (Centro de Investigación Científica de Yucatán)
Abraham Rubluo Islas (Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM)
Estela Sánchez de Jiménez (Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México)
Federico E. Sánchez Rodríguez (Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM)
José Vásquez Ramos (Facultad de Química, UNAM)
Gustavo Viniestra González (Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa)

Paraguay

Coordinador nacional: Marta B. Zacher de Martínez (Instituto Agronómico Nacional)

Cayetano Giménez (Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional)
Ramón Pistilli (Agromonte Granada Genetics)
Nancy Villalba Romero (Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional)

Perú

Coordinador nacional: Eyla Velasco Urquiza (Estación Experimental La Molina, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Agroindustriales - INIAA)

Sara Ancieta Alvarez (INDALSA S.A.)
Gladys Arias Arroyo (INIAA)
Abelardo Calderón (Universidad Nacional Agraria La Molina)
Juan Carlos Castilla (Bioingeniería Aplicada S.A.)
Guillermo Delgado (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo)
John Dodds (Centro Internacional de la Papa)
Nelson Espinoza (Centro Internacional de la Papa)
Rolando Estrada Jiménez (Universidad Nacional Mayor de San Marcos)
Luz Gómez (Universidad Nacional Agraria La Molina)
Antonietta Gutiérrez-Rosatti (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina)
Marcel Gutiérrez Correa (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina)
Miguel Holle (INIAA - Pisa)
Rubino Mejía Anaya (Estación Experimental La Molina, INIAA)
Miguel J. Morán Robles (Universidad Nacional Agraria La Molina)
Mario Herman Pinedo Panduro (Estación Experimental San Roque, INIAA)
Daniel Querol
Luz Iris Ramírez L. de Catacora (Estación Experimental Ica, INIAA)

Gladys Ramírez N. de Guzmán (Estación Experimental Ica, INIAA)
Luis Salazar (Centro Internacional de la Papa)

Uruguay

Coordinador nacional: Walter Toledo (Estación Experimental Las Brujas, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIA)

Guillermo Arrospide (Callister S.A.)

Amalia Baraibar (Lage y Cía. S.A.)

Teresa Barbat (Facultad de Agronomía, Universidad de la República)

Felipe Canale (Dirección de Sanidad Vegetal, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - MGAP)

Ricardo Ehrlich (Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad de la República)

Carlos Labandera (Lab. Microbiología, MGAP)

Gonzalo Leañiz Bregante (Laboratorio Santa Elena S.A.)

Alberto Nieto (Facultad de Química, Universidad de la República)

Jorge Peverelli (Semillas Santa Rosa S.A.)

Raquel Rodríguez Sanguinetti (Asociación Uruguaya de Empresas de Biotecnología)

Mario Stoll (Instituto de Investigaciones Biológicas "Clemente Estable" - IIBCE)

Francisco Vilaró (E. E. Las Brujas, INIA)

Rodolfo Wettstein (IIBCE)

Venezuela

Coordinador nacional: Renato Valdivieso (Asociación Venezolana de Institutos de Investigación Tecnológica Industrial)

José Alió (Estación Experimental Sucre - Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias - FONAIAP)

Asdrúbal Arcia (Cigarrera Bigott S.A.)

Luis Cova (Fundación Servicios para el Agricultor - FUSAGRI)

Eva de García (Escuela de Biología, Universidad Central de Venezuela - UCV)

Ventura González Rosquel (Centro Nacional de Investigación Agropecuaria - CENIAP, FONAIAP)

José Martínez Guarda (BIOAGRO C.A.)

María Luisa Mayoral (Centro de Microbiología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas)

Rafael Rangel (Cervecería Polar C.A.)

Germán Robaina (Dirección de Fomento Pesquero, Ministerio de Agricultura y Cría)

José Sánchez Crispín (Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes)

José G. Surga Rivas (CENIAP, FONAIAP)

Expertos consultados en cada país

País	Procedencia institucional			Total
	Investigación y transferencia	Investigación y docencia	Empresa	
Argentina	3	7	4	14
Barbados	0	1	0	1
Bolivia	4	3	1	8
Brasil	5	8	6	19
Chile	1	6	1	8
Colombia	2	5	6	13
Costa Rica	1	3	2	6
Ecuador	2	3	0	5
El Salvador	1	0	0	1
Guatemala	1	1	0	2
Guyana	1	0	0	1
Jamaica	0	1	0	1
México	0	17	3	20
Panamá	1	1	0	2
Paraguay	1	2	1	4
Perú	10	8	2	20
Trinidad y Tobago	1	2	0	3
Uruguay	4	7	3	14
Venezuela	5	3	5	13
Total	43	78	34	155
%	27.7	50.3	21.9	

ANEXO 2.

Agrobiotecnologías de punta sólidamente establecidas en América Latina y el Caribe (1989)
(50 % o más de las opiniones, países con dos o más respuestas)

	Arg.	Bol.	Bra.	Chile	Col.	C.R.	Ecu.	Méx.	Par.	Perú	Uru.	Ven.	Total
Celular vegetal													
12 Cultivo y fusión de protopl.												x	2
15 Variación somaclonal	x												
Celular animal													
24 Transplante nuclear en embriones													0
Molecular													
31 Clonaje de genes-ADN recomb.	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	7
32 Analisis de fragmentos de restric.	x		x	x	x	x	x	x			x	x	6
33 Hibridación de ácidos nucleicos	x	x	x	x	x	x	x	x			x		5
34 Transferencia de genes	x						x						2
Genética/citogénica													
41 Cariotipos	x		x	x	x	x	x	x			x	x	8
42 Mapeo genético	x		x				x				x	x	4
Bioquímica													
53 Sint. ácidos nucleicos y pept.	x												1
Inmunología													
61 Hibridomas-anticuerpos monocl.	x		x	x	x	x					x	x	6
63 Anticuerpos anti-idiotípicos													0
Radioisótopos													
72 Sondas marcadas	x			x		x					x		4
Ingeniería bioquímica													
83 Cultivo de células animales o veg.	x		x		x			x			x		5
85 Inmovilización de células y enz.								x					1
86 Biosensores													0
Total tecn. sólidamente establecidas	11	0	6	6	2	5	0	8	0	0	7	6	6

Continuación del Anexo 2.

	Arg.	Bol.	Bra.	Chile	Col.	C.R.	Ecu.	Méx.	Par.	Perú	Tri.	Uru.	Ven.	Total
Celular vegetal														
Cultivo y clonaje células			x					x			x	x	x	5
Cultivo meristemas, yemas, etc.	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12
Cultivo de anteras y óvulos	x												x	2
Conservación <i>in vitro</i> y crioc.		x							x					2
Celular animal														
Transferencia de embriones	x		x	x	x	x			x		x			6
Fertilización <i>in vitro</i>	x			x									x	3
Transplante de órganos y tejidos														0
Genética/citogenética														
Mutagénesis	x		x					x						3
Bioquímica														
Purificación/separación prot.	x			x	x	x	x	x			x	x	x	8
Biosíntesis de metabolitos sec.								x						1
Inmunología														
Pruebas inmunológicas	x		x	x	x	x	x	x		x		x	x	8
Radioisotopos														
Mutagénesis por irrad.	x								x					2
Radioinmunoanálisis	x		x	x			x					x		5
Ingeniería bioquímica														
Fermentaciones sumergidas	x		x		x			x		x	x	x	x	7
Fermentaciones sólidas								x						1
Procesos enzimáticos	x		x	x				x		x	x			6
Bioreactores														0
Ecología														
Control biológico de plagas y enfermedades			x	x	x	x			x		x	x	x	7
Relación microorganismo-planta	x		x	x							x			4
Total tecn. sólidamente establecidas	12	1	10	10	4	6	1	9	2	5	7	7	8	8

ANEXO 3

LISTA JERARQUIZADA DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACION, INSTITUCIONES DE FORMACION DE RECURSOS HUMANOS Y EMPRESAS DE AGROBIOTECNOLOGIAS MAS IMPORTANTES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

1989

(Señalados por dos o más de los expertos en un país)

Las organizaciones en letra destacada (negrita) fueron señaladas por 50 % o más de los expertos.

Argentina

Grupos de Investigación

1. **Instituto de Biología Molecular, Centro de Investigación Ciencias Veterinarias, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**
2. **Universidad Nacional del Nordeste/Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE)**
2. **CONICET/Instituto de Ingeniería Genética y Biotecnología (INGEBI)**
3. **CONICET/Centro de Virología Animal (CEVAN)**
3. **CONICET/Centro Estudios Fotosíntesis y Bioquímica (CEFOBI)**
4. **Fundación Campomar/Instituto de Investigaciones Bioquímicas**
5. **INTA/CICA/Instituto de Genética**
6. **CONICET/Centro de Ecofisiología Vegetal**
7. **Universidad Nacional de La Plata/Facultad de Ciencias Exactas**
7. **CONICET/Planta Piloto Producción Industrial Microorganismos (PROIMI)**
8. **INTA/Instituto de Fitovirología**
8. **Universidad de Mar del Plata/Instituto Investigaciones Bioquímicas**
9. **Universidad Nacional de La Plata/Centro Investigaciones Fermentaciones Industriales (CINDEFI)**
10. **INTA/Estación Experimental Mendoza**
10. **Instituto Tecnológico de Chascomús**
10. **Universidad Nacional de Salta/Instituto Investigaciones Ingeniería Química (INIQUI)**
10. **Universidad Nacional de Rosario/Facultad de Ciencias Agrarias**
10. **Universidad Nacional de Cuyo/Facultad de Ciencias Agrarias**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **Universidad de Buenos Aires/Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**
2. **Universidad de Buenos Aires/Facultad de Farmacia y Química**
3. **Universidad Nacional de La Plata/Facultad de Ciencias Exactas**
4. **Universidad de Buenos Aires/Facultad de Ciencias Agronómicas**
5. **Universidad Nacional de Rosario/Facultad de Ciencias Exactas**
6. **Universidad Nacional de Mar del Plata**
6. **Universidad Nacional de Córdoba/Facultad de Ciencias Exactas**
6. **Universidad Nacional de Río Cuarto**
6. **Universidad de Buenos Aires/Facultad de Ciencias Veterinarias**

Empresas

1. **Paul Hermanos (Productos veterinarios)**
2. **Tecnoplant (Micropropagación vegetal)**
3. **Laboratorios Bagó S.A. (Productos veterinarios)**
4. **Industria Química Almidar S.A. (Alimentos)**
4. **Pablo Cassara (Micropropagación vegetal)**
5. **BIOTICA (Micropropagación, productos biológicos)**
6. **CARGILL (Semillas)**
6. **BIOSIDUS (Reactivos diagnósticos)**

Bolivia

Grupos de Investigación

1. **Unidad de Producción de Semillas/Semillas Papa/Cochabamba**
2. **Centro Investigación Agrícola Tropical**
3. **Universidad de San Andrés/Departamento Genética**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

-

Empresas

-

Brasil

Grupos de Investigación

1. **Universidad de São Paulo/Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)**
2. **Universidad Federal Río de Janeiro**
2. **EMBRAPA/Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN)**

3. Universidad Federal de Vicosa
3. Instituto Agronómico de Campinas
3. Universidad Federal Río Grande do Sul
3. Universidad Federal Minas Gerais
4. Universidad Federal Río de Janeiro/Departamento Genética
4. Universidad Nacional Brasília
5. Universidad de São Paulo/Instituto de Biociencias
5. Fundación Oswaldo Cruz
5. Bioplanta S.A.
5. Centro de Biotecnología Río Grande do Sul
6. Universidad Federal Rural Río de Janeiro
6. Instituto Butantán
6. EMBRAPA/Centro Nacional Investigaciones Hortalizas
6. EMBRAPA/Centro Nacional Investigaciones Trigo

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **Universidad de Campinas**
2. **Universidad de São Paulo/ESALQ**
3. **Universidad Federal de Vicosa**
4. Universidad Federal Río de Janeiro
5. Universidad Estadual São Paulo/Jaboticabal
6. Universidad Nacional Brasília
6. Universidad Federal Minas Gerais
7. Universidad Federal Pelotas

Empresas

1. **BIOMATRIX (Subsidiaria de AGROCERES) (Micropropagación vegetal)**
1. **BIOPLANTA (Subsidiaria de British American Tobacco Co.) (Micropropagación Vegetal)**
2. AGROCERES (Semillas)
2. Vallée/Merieux (Productos veterinarios)
3. ACESITA Energética (Forestal)
4. Levas Leite (Productos veterinarios)
5. Lagoa de Serra (Genética animal)
5. ARACRUZ Celulosa Forestal (Forestal)

Chile

Grupos de Investigación

1. **Universidad Austral de Chile/Facultad de Agronomía**
2. **Universidad de Chile/Facultad de Ciencias Forestales**
2. **Universidad Católica de Chile/Facultad de Ciencias**

3. **Universidad de Talca/Facultad de Ciencias Biológicas**
3. **Univ. Católica de Valparaíso/Facultad de Agronomía**
3. **Univ. Católica de Chile/Facultad de Agronomía**
4. **Universidad de Chile/Facultad de Ciencias**
5. **Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA)**
5. **BIOPLANT**
5. **Universidad de Concepción/Facultad de Agronomía**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **Universidad Católica de Chile/Doctorado de Biología Celular**
2. **Universidad de Chile/Doctorado Ciencias Biológicas**
3. **Universidad Católica/Postítulo Biotecnología**
3. **Universidad Austral/Doctorado Botánica**

Empresas

1. **BIOPLANT (Subsidiaria de British American Tobacco Co.) (Micropropagación vegetal)**
2. **BIOCHILE (Micropropagación vegetal)**
2. **VETERQUIMICA (Productos veterinarios)**

Colombia

Grupos de Investigación

1. **Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)**
1. **Lab. Inv. Química del Café (LIQC)**
1. **Centro de Invest. del Café (CENICAFE)**
2. **Universidad Nacional de Colombia**
3. **Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)**
4. **Universidad Javeriana**
5. **Universidad del Valle**
5. **Universidad de Caldas**
6. **Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia**
6. **Centro Investigaciones Caña de Azúcar (CENICAÑA)**
7. **Universidad Católica de Oriente**
7. **Laboratorios Laverlam**
7. **Universidad Industrial de Santander**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **Universidad Nacional/Instituto de Biotecnología**
2. **Universidad del Valle/Facultad de Ciencias**
3. **Universidad Javeriana/Facultad Biología**
4. **Universidad Industrial de Santander**

4. Universidad de Caldas
4. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Empresas

1. LIQC/CENICAFE (Micropropagación vegetal)
2. Floramérica (Micropropagación vegetal)
2. Propagar Plantas S.A. (Micropropagación vegetal)
2. Flores de Los Andes (Micropropagación vegetal)
3. Centro Investigaciones en Caña de Azúcar (CENICANA) (Micropropagación vegetal)
4. VECOL S.A. (Productos biológicos y veterinarios)
5. Bavaria (Alimentos)
5. LEVAPAN (Alimentos)
6. Centro Investigaciones del Banano (CENIBANANO) (Micropropagación vegetal, control Biológico de plagas)

Costa Rica

Grupos de Investigación

1. Universidad de Costa Rica/Centro de Invest. Biología Celular y Molecular (CIBCM)
2. Universidad de Costa Rica/Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA)
3. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)/Unidad de Biotecnología
4. UCR/Instituto Clodomiro Picado
4. UCR/Centro Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS)
4. Universidad Nacional/Escuela Veterinaria

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
2. Universidad de Costa Rica/Centro Invest. Biología Celular y Molecular
2. Univ. de Costa Rica/Posgrado de Microbiología
3. Univ. de Costa Rica/Maestría en Ciencias Agrícolas
3. Univ. de Costa Rica/Escuela de Biología

Empresas

1. Palma Tica (Subsidiaria de NUMAR/Compañía Bananera de Costa Rica) (Micropropagación vegetal)
2. Agrobiotecnologías de Costa Rica (Micropropagación vegetal)
3. Linda Vista S.A. (Micropropagación vegetal)

Ecuador

Grupos de Investigación

1. **Universidad de Cuenca**
1. **Universidad Técnica de Ambato**
2. **Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Pesqueras (INIAPP)**
2. **Univ. Central del Ecuador/Fac. de Ciencias Agrícolas**
3. **Escuela Politécnica Nacional/Esc. Ingeniería Química**
3. **Ind. Nacional Extractora (INEXA)**
3. **Universidad de Loja**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **Universidad Técnica de Ambato**

Empresas

1. **INEXA (Micropropagación vegetal)**
1. **LATINRECO/NESTLE (Alimentos)**

México

Grupos de Investigación

1. **Inst. Politécnico Nacional (IPN)/Centro Nac. de Estudios Avanzados (CINVESTAV)/Irapuato**
2. **Colegio de Posgraduados/Chapingo**
3. **Univ. Nacional Autónoma de México (UNAM)/Centro Inv. de Fijación de Nitrógeno**
4. **Centro Inv. Científica de Yucatán (CICY)**
5. **IPN/CINVESTAV/México**
6. **UNAM/Centro Inv. Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB)**
7. **Universidad Nacional Metropolitana, Iztapalapa/Departamento de Biotecnología**
8. **Laboratorio Nacional de Fomento Industrial (LANFI)/Departamento Biotecnología**
8. **Universidad Nacional Autónoma Chapingo**
8. **IPN/Escuela Nacional Ciencias Biológicas**
8. **UNAM/Instituto Investigaciones Biomédicas**
9. **UNAM/Facultad de Química/Bioquímica Vegetal**
9. **UNAM/Facultad de Química/Alimentos**
9. **UNAM/Instituto Biología/Jardín Botánico**
10. **Centro Internacional de Mejoramiento de Trigo y Maíz**
10. **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras (INIFAP)**
11. **Universidad Nacional Autónoma Nuevo León/Facultad Ciencias Biológicas/Departamento Bioquímica**
11. **UAM Nuevo León/Facultad Medicina/Laboratorio Biología Molecular**
11. **Universidad Antonio Narro**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **IPN/CINVESTAV/Irapuato, Doctorado Biotecnología**
2. **UNAM/CIGB**
2. **Colegio de Posgraduados/Chapingo**
3. **Centro Investigaciones Científicas Yucatán**
3. **IPN/Escuela Nacional de Ciencias Biológicas**
4. **IPN/CINVESTAV/DF, Doctorado Bioingeniería**
4. **UNAM/Facultad de Química**
5. **UNA Nuevo León**
5. **UNA Metropolitana/Maestría Biotecnología**
5. **Universidad Antonio Narro**
6. **Instituto Tecnológico Monterrey**
6. **UNAM/Instituto Investigaciones Biomédicas**

Empresas

1. **BIOQUIMEX S.A. (Química)**
2. **Bioenzimas (Química)**
2. **Asociación Productores de Tequila (Micropropagación vegetal)**
3. **Biogenética Mexicana (Micropropagación vegetal)**
3. **Tequila La Herradura (Micropropagación vegetal)**
4. **SIMBIOTIC (Farmacéutica)**
4. **CIBIOSA (Farmacéutica)**
4. **Celanese (Química)**
4. **DESC (Alimentos)**
4. **Productora Nacional de Semillas (Semillas)**
4. **Enzymologa (Alimentos)**

Paraguay

Grupos de Investigación

1. **Univ. Nacional (UNA)/Fac. Ciencias Veterinarias**
1. **Agromonte Granada Genetics**
2. **Inst. Agronómico Nacional**
2. **UNA/Fac. Ingeniería Agronómica**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **UNA/Fac. Ciencias Veterinarias**
1. **UNA/Fac. Ingeniería Agronómica**

Empresas

1. **Agromonte (Subsidiaria de Granada Genetics) (Genética animal)**

Perú

Grupos de Investigación

1. **Centro Internacional de la Papa (CIP)**
1. **Univ. Nacional Mayor de San Marcos/Ciencias Biológicas/Recursos Genéticos**
2. **Univ. Nacional Agraria La Molina/Lab. Cultivo de Tejidos**
3. **Univ. Pedro Ruiz Gallo/Lab. Cultivo de Tejidos**
4. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias e Agroindustriales (INIAA)/La Molina
5. INIAA/Cajamarca
5. Univ. Nacional Agraria La Molina/Facultad Ciencias/Biotecnología
6. INIAA/Cuzco
6. UNA La Molina/Departamento Biología/Genética
7. INIAA/Ica
7. INIAA/Huancayo
7. UNA La Molina/Facultad Agronomía/Recursos Genéticos
7. UNA La Molina/Facultad Agronomía/Programa Cereales
8. Universidad "Cayetano Heredia"
8. Bioingeniería Aplicada S.A.
8. Paccu C.A.

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **UNA La Molina/Fac. Ciencias Biológicas**
2. **UNM San Marcos/Programa Biología**
3. Universidad Cayetano Heredia/Biología
4. Universidad Pedro Ruiz Gallo/Biología
5. UNA La Molina/Posgrado Fitomejoramiento
5. Universidad Ricardo Palma/Biología
6. UNA La Molina/Facultad Agronomía
6. UNA La Molina/Facultad Industria Alimentarias
6. UNM San Marcos/Ingeniería Química

Empresas

1. Ind. Alimentos INDALSA (Alimentos)
2. Flores Esmeralda S.A. (Micropropagación vegetal)
3. Paccu C.A. (Alimentos)
3. Bioingeniería Aplicada (Química)

Trinidad y Tobago

Grupos de Investigación

1. **Caribbean Industrial Research Institute (CARIRI)**
2. **Caribbean Agricultural Research and Development Institute (CARDI)/Tissue Culture (varias localidades en el Caribe)**
2. **CAB International**
2. **Inst. of Marine Affairs**
2. **Univ. of West Indies (U.W.I.)/Plant Biotech Unit**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **U.W.I./St. Augustine/Depart. Plant Science**
2. **U.W.I./St. Augustine/ Depart. Soil Science and Chemical Engineering**

Empresas

-

Uruguay

Grupos de Investigación

1. **Inst. Invest. Biológicas "Clemente Estable"**
2. **Univ. de la República/Fac. de Agronomía**
3. **Ministerio Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP)/División Sanidad Vegetal**
4. **MGAP/Centro Invest. Veterinarias (CIVET)**
4. **MGAP/Centro Invest. Agrícolas "Alberto Boerger"**
5. **MGAP/Plan Agropecuario**
5. **Univ. de la República/Facultad de Química**
6. **Semillas Santa Rosa**
7. **Laboratorios Santa Elena**
7. **Univ. de la República/Facultad Humanidades y Ciencias**
7. **MGAP/DILFA/Lab. Análisis**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **Univ. de la República/Facultad de Agronomía**
2. **Univ. de la República/Facultad de Química**
3. **Univ. de la República/Facultad Humanidades y Ciencias**
4. **Univ. de la República/Posgrado Programa Desarrollo Ciencias Básicas (PEDECIBA)**

Empresas

1. **Lab. Santa Elena (Prod. Veterinarios)**
2. **Semillas Santa Rosa (SESAR) (Micropropagación vegetal)**
3. **Granja Roland (Micropropagación vegetal)**
3. **ENZUR (Microorganismos inoculantes)**
3. **Calister S.A. (Microorganismos inoculantes)**
4. **Lage y Cía S.A. (Microorganismos inoculantes)**
4. **CONAPROLE (Alimentos)**
5. **Vinos Finos Carrau (Alimentos)**

Venezuela

Grupos de Investigación

1. **Instituto de Estudios Avanzados (IDEA)**
1. **Univ. Central de Venezuela (UCV)/Fac. de Ciencias/Centro Biología Experimental**
2. **UCV/Fac. de Agronomía**
3. **Inst. Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)/Lab. Virología Vegetal**
4. **Fundación Servicios al Agricultor (FUSAGRI)**
4. **Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP)/Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP)/Lab. Cultivo de Tejidos**
5. **Universidad de Oriente/Ingeniería Química**
5. **Universidad de Los Andes/Laboratorio de Fermentaciones**
5. **Universidad de Los Andes/Facultad de Ciencias Forestales**
6. **Universidad del Zulia/Facultad de Ingeniería/Laboratorio de Fermentaciones**
6. **FONAIAP/CENIAP/Departamento de Frutales**
6. **Universidad Centro-Occidental "Lisandro Alvarado"**

Instituciones de Formación de Recursos Humanos

1. **UCV/Fac de Ciencias**
2. **UCV/Facultad de Agronomía**
3. **Universidad de Los Andes**
3. **Universidad Simón Bolívar**
4. **IVIC**
4. **Universidad del Zulia**
4. **Universidad de Oriente**

Empresas

1. **Cigarrera Bigott (Subsidiaria de British American Tobacco Co.) (Micropropagación vegetal)**
2. **Cervecera Polar (Alimentos)**
2. **Mavesa (Alimentos, mejoramiento genético vegetal)**
2. **Alfonso Rivas y Co. (Alimentos)**
2. **Bioagro C.A. (Micropropagación vegetal)**

Esta publicación, producto del Servicio Editorial y la Imprenta del Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola (CIDIA), se terminó de imprimir en la Sede Central del IICA en el mes de setiembre de 1991, con un tiraje de 1 200 ejemplares.

BIOTEC
#12
(MFN-73)
7997

PROGRAMA II: Generación y Transferencia de Tecnología

El Programa de Generación y Transferencia de Tecnología fue creado como respuesta a dos aspectos básicos: el reconocimiento por parte de los países y de la comunidad técnica y financiera internacional de la importancia de la tecnología para el desarrollo productivo del sector agropecuario; y la convicción de que el potencial de la ciencia y la tecnología sólo puede ser plenamente explotado a partir del desarrollo de infraestructuras institucionales capaces de generar respuestas técnicas apropiadas a las condiciones específicas de cada país, en un marco de políticas que alienten y faciliten la incorporación de nueva tecnología en el proceso de producción.

En este contexto, el Programa II promueve y respalda acciones en los países miembros para mejorar el diseño de políticas tecnológicas, reforzar la organización y la administración de los sistemas de generación y transferencia de tecnología, y facilitar la transferencia internacional de tecnología.

Se espera que estas acciones conduzcan a un uso más racional de los recursos disponibles y hagan más efectiva la contribución para resolver los problemas tecnológicos de la producción agrícola, dentro de un marco de equitativa distribución de los beneficios y de conservación de los recursos naturales.

De acuerdo con el Plan de Mediano Plazo vigente, el Programa de Generación y Transferencia de Tecnología, para abordar estos problemas, concentra sus actividades en cinco áreas básicas:

- Diseño de una política tecnológica.
- Organización y administración en los sistemas e instituciones nacionales de generación y transferencia de tecnología.
- Desarrollo y/o fortalecimiento de los programas de capacitación de los recursos humanos.
- Cooperación recíproca y coordinación internacional en investigación y transferencia de tecnología.
- Formulación e implementación de proyectos de inversión.

El Programa II busca alcanzar sus objetivos primarios contribuyendo a resolver algunos de los principales problemas que limitan el desarrollo agrícola y el bienestar rural en los países de la región. Para ello impulsa y estimula la vinculación de la política tecnológica del sector agropecuario con otros aspectos de la política económica general; ayuda al fortalecimiento de la organización y la capacidad económica de las instituciones tecnológicas, la consolidación de los recursos humanos calificados, la capacitación y especialización de los nuevos cuadros profesionales; promueve la transferencia internacional de tecnología y la integración de la investigación a nivel nacional e internacional.

Importancia especial se da a los esfuerzos regionales que se espera permitan estrechar la amplia brecha que afrontan la mayoría de los países pequeños en cuanto a sus necesidades de desarrollo tecnológico y la cantidad de recursos que pueden invertir.



SERIE DOCUMENTOS DE PROGRAMAS
PROGRAM PAPERS SERIES

- 1 LOS PROGRAMAS DE AJUSTE ESTRUCTURAL Y SECTORIAL: Alcances para la Reactivación y Desarrollo de la Agricultura *Agosto 1987/IICA*
- 2 FOROS INTERNACIONALES SOBRE PRODUCTOS AGRICOLAS: Situación y Perspectivas *Agosto 1987/Haroldo Rodas Melgar*
- 3 CAPACITACION CAMPESINA: Un Instrumento para el Fortalecimiento de las Organizaciones Campesinas *Octubre 1987/IICA*
- 4 TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN LATIN AMERICAN AGRICULTURE *November 1987/Alain de Janvry, David Runsten, Elisabeth Sadoulet*
- 5 EXPERIENCIAS EN LA APLICACION DE ESTRATEGIAS PARA COMBATIR LA POBREZA RURAL *Diciembre 1987/Fausto Jordán, Diego Londoño*
- 6 LAS AGRICULTURAS DE LOS PAISES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE EN LA CRISIS ACTUAL: Condiciones, Desempeño y Funciones *Julio 1988/Mario Kaminsky*
- 7 LA NUEVA BIOTECNOLOGIA EN AGRICULTURA Y SALUD *Julio 1988/IICA*
- 8 AGRICULTURA Y CAMBIO ESTRUCTURAL EN CENTROAMERICA *Octubre 1988/Helio Fallas, Eugenio Rivera*
- 9 MEXICO EN LA RONDA URUGUAY: El Caso de la Agricultura *Enero 1989/Cassio Luiselli Fernández, Carlos Vidali Carbajal*
- 10 LA ECONOMIA CAMPESINA EN LA REACTIVACION Y EL DESARROLLO AGROPECUARIO *Febrero 1989/IICA*
- 11 HUMAN CAPITAL FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN LATIN AMERICA *June 1989/G. Edward Schuh, M. Inez Angeli-Schuh*
- 12 RURAL DEVELOPMENT IN LATIN AMERICA: An Evaluation and a Proposal *June 1989/Alain de Janvry et al.*
- 13 HACIA UNA ESTRATEGIA TECNOLÓGICA PARA LA REACTIVACION DE LA AGRICULTURA DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE *Julio 1989/Eduardo Trigo, David Runsten*
- 14 LAS POLITICAS MACROECONOMICAS Y LA AGRICULTURA *Setiembre 1989/Carlos Pomareda, Roger Norton, Lucio Reza, Jorge Torres Zorrilla*
- 15 ACCESO A MERCADOS Y COMERCIO INTRARREGIONAL *Setiembre 1989/Alvaro de la Ossa, Alfredo Guerra-Borges*
- 16 INVERSION Y MECANISMOS PARA LA MOVILIZACION DE RECURSOS FINANCIEROS PARA LA AGRICULTURA *Setiembre 1989/Roberto Vásquez, Richard Webb, Carlos Pomareda, Félix Cirio*
- 17 AMERICA LATINA Y EL CARIBE: POBREZA RURAL PERSISTENTE *Enero 1990/IICA*
- 18 BIOTECNOLOGIA E INDUSTRIA: Un Ensayo de Interpretación Teórica *Noviembre 1990/Ignacio Avalos Gutiérrez*
- 19 TECNOLOGIAS DE AMERICA DEL NORTE PARA EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS *Noviembre 1990/Paul G. Muller, René Riel*
- 20 NUEVAS ESTRATEGIAS EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA PARA EL ISTMO CENTROAMERICANO *Noviembre 1990/David Kaimowitz, Daniel Vartanián*
- 21 LA COOPERACION TECNICA EN LOS PRESTAMOS DE AJUSTE SECTORIAL AGROPECUARIO: La Experiencia Argentina *Febrero 1991/Carlos Garramón, Edith S. de Obschatko*
- 22 TRANSFORMACIONES ESTRUCTURALES Y RELACIONES INTERSECTORIALES DE LA AGRICULTURA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE *Agosto 1991/Jorge A. Torres Zorrilla*
- 23 LA PROBLEMÁTICA DEL DESARROLLO DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE *Setiembre 1991/Walter R. Jaffé*

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
Apdo. 55-2200 Coronado, Costa Rica/Tel.: 29-02-22 / Cable: IICASANJOSE / Télex: 2144 IICA CR
Correo Electrónico EIES: 1332 IICA SC / FAX (506) 29-47-41, 29-26-59 IICA COSTA RICA