



Documentos

**Estrategias de
biotecnología agropecuaria
para el Cono Sur**

*Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y
Agroindustrial del Cono Sur*

Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA

PROCISUR



Documento

Estrategias de biotecnología agropecuaria para el Cono Sur

Coordinador: Dr. Mauro Carneiro

Montevideo
Uruguay

Marzo 2001

*Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y
Agroindustrial del Cono Sur*

Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura



Este documento ha sido elaborado en el ámbito del Subprograma Biotecnología del PROCISUR dentro del Plan de Actividades - 2000

Tapa: Campo transgénico de soja ClearField, desarrollado por EMBRAPA/CYANAMID (BASF). En la parte izquierda de la figura plantas transgénicas tolerantes a Imidazolinones y en el centro plantas no transgénicas. Foto: Adolfo Ulbrich.

Carneiro, Mauro coord
Estrategias de biotecnología agropecuaria para el Cono Sur / coord. Mauro Carneiro. — Montevideo : PROCISUR, 2000
154 p.

ISBN 92-9039-448X

/BIOTECNOLOGIA/ /AGRICULTURA/ /TECNOLOGIA//INVESTIGACION/ /CAMBIO TECNOLÓGICO/
/CONO SUR/

AGRIS E 14

CDD 620.8

Las ideas y opiniones expuestas son propias de los autores y no necesariamente pueden reflejar políticas y/o posiciones oficiales del PROCISUR y de las instituciones que lo integran.

Presentación

El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur – PROCISUR, creado en 1980, constituye un esfuerzo conjunto de los Institutos Nacionales de Tecnología Agropecuaria - INIAs de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA.

En la década de los '90 el PROCISUR se preparó para enfrentar los desafíos de la globalización y apertura económica fortaleciendo las capacidades y competencias regionales en cinco áreas de actuación (Subprogramas): recursos genéticos, biotecnología, recursos naturales y sostenibilidad agrícola, agroindustria y desarrollo institucional. Sobre esas bases, a partir de 1998 planteó convertirse en un instrumento de la integración tecnológica del bloque regional buscando incrementar la competitividad de las cadenas agroalimentarias, preservando la salud ambiental de los agroecosistemas y mejorando la inclusión social.

Para reforzar ese esfuerzo se desarrolló el Proyecto Global (www.procisur.org.uy: integración tecnológica) que dio lugar a elaborar una estrategia de integración tecnológica agroalimentaria y agroindustrial estableciendo seis grandes ejes articuladores del proceso innovativo con vistas a profundizar el acceso del bloque regional en el mercado mundial (www.procisur.org.uy: Foro de Integración Tecnológica). Simultáneamente, el PROCISUR se reorganizó dejando la estructura de Subprogramas y está pasando a implementar plataformas tecnológicas y proyectos cooperativos en línea con los ejes de innovación identificados, a través de una amplia articulación con los actores del sistema agroalimentario y agroindustrial de la región.

El eje de mayor proyección estratégica plantea un nuevo salto tecnológico de competitividad basándose fundamentalmente en la biotecnología y la valoración de nuestros recursos genéticos.

En línea con este desafío y como aporte final de su rica trayectoria el Subprograma Biotecnología, con la participación especial de su Coordinador Internacional Dr. Mauro Carneiro, de los Coordinadores Nacionales y otros colaboradores, se propuso a través de este documento reflexionar sobre el papel de la bio-revolución, identificar las capacidades y competencias que presentan los países del Cono Sur en el área agropecuaria, así como, diseñar una agenda de investigación que ofrezca elementos para asegurar un desarrollo competitivo y sustentable del bloque regional, impulsando la innovación tecnológica con los instrumentos más modernos de la biotecnología.

El PROCISUR destaca esta contribución del Subprograma Biotecnología, que servirá para realimentar su propio futuro, como así también, permitirá fortalecer el desarrollo tecnológico del bloque regional y nutrir las agendas de los actores del sistema científico y tecnológico en el ámbito agroalimentario y agroindustrial.

Roberto M. Bocchetto
Secretario Ejecutivo del
PROCISUR

Indice

Presentación	iii
Introducción y panorama general, por <i>M. Carneiro</i>	1
Experiencias de los países	9
La biotecnología en Argentina, por <i>O. Rossetti, A. Berinstein, A. Cataldi</i>	11
La biotecnología en Bolivia, por <i>E. Carrasco G.</i>	31
La biotecnología en Brasil, por <i>E. L. Rech</i>	51
La biotecnología en Chile, por <i>M. Mera Krieger y P. Hinrichsen</i>	69
La biotecnología en Paraguay, por <i>M. Zacher de Martínez</i>	87
La biotecnología en Uruguay, por <i>M. Francis y V. Bonnacarrère</i>	93
El impacto de la biotecnología en los países del Cono Sur por <i>M. Carneiro</i>	131
Agenda de investigación para la biotecnología agropecuaria, por <i>M. Carneiro</i>	141
Literatura citada	151

Esta publicación del PROCISUR, tiene un tiraje de 800 ejemplares y se terminó de imprimir en la ciudad de Montevideo, Uruguay, en el mes de marzo de 2001.

Edición: Juan P. Puignau

Diagramación y armado: Cristina Díaz

Impresión: Imprenta Boscana S.R.L.

Depósito Legal N° 320.485



Introducción y panorama general

Introducción y panorama general

por Mauro Carneiro*

La biotecnología puede ser definida como el uso integrado de la información científica desde una variedad de disciplinas, de forma de permitir el uso activo de organismos o sus componentes con objetivos médicos, agrícolas, industriales y ambientales. La biotecnología comprende dos niveles tecnológicos: la biotecnología clásica o convencional que explota a los organismos existentes en la naturaleza con propósitos tecnológicos, y la moderna biotecnología, que modifica genéticamente los organismos vivos de acuerdo a las necesidades tecnológicas. Esta incluye el uso de un set de herramientas moleculares para el aislamiento, caracterización, modificación e introducción del gen (es) de interés en cualquier organismo vivo.

La biotecnología agrícola está asociada con algunas áreas tecnológicas, generando innumerables productos, procesos y servicios. Las siguientes áreas pueden remarcarse:

- Producción vegetal y forestación: biodiversidad, mejoramiento genético, propagación, crecimiento y nutrición, defensa de la planta, (ej. plantas transgénicas, biopesticidas);
- Producción animal y piscicultura: mejoramiento genético, salud, nutrición (ej. vacunas veterinarias);
- Agroindustria: productos fermentados, biomasa de alimentos, procesado, producción de energía y equipamiento (ej. Biorreactores);
- Medio ambiente: monitoreo y recuperación de ecosistemas degradados, manejo de efluentes y desperdicios, y control biológico de enfermedades y plagas.

El incremento en la producción de granos obtenido durante las últimas décadas está ampliamente asociado con el paquete tecnológico de la *Revolución Verde* el cual incluye semillas híbridas, uso intensivo de fertilizantes, herbicidas y pesticidas así como irrigación. Sin embargo, esta agricultura altamente intensiva ha favorecido el proceso de polución de suelo y ríos, representando también un riesgo para la salud de los trabajadores del campo y de los consumidores. Además, este paquete tecnológico propició el estrechamiento de la base

* *MSc, PhD*
Biología Celular y Molecular
EMBRAPA Recursos Genéticos y
Biotecnología
Coordinador Internacional del
Subprograma Biotecnología del
PROCISUR
Email: mauro@cenargen.embrapa.br

genética de algunos cultivos lo cual contribuía a la inducción de procesos de resistencia; y por lo tanto aumentó la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Alternativamente, la moderna biotecnología promete una agricultura sustentable al medio ambiente. Utilizando las herramientas de la ingeniería genética es posible introducir genes específicos en casi cualquier planta cultivada, en la mayoría de los microorganismos, y algunos insectos. Esto potenció el poder del mejoramiento vegetal, aumentó su efectividad y abrió la puerta al control biológico de plagas y enfermedades. En los países industrializados existe un énfasis creciente en la reducción del uso de pesticidas, sustituyéndolos por técnicas tales como el control biológico, control microbiano, agentes que modifican el comportamiento de los microorganismos infecciosos, manipulación genética de las poblaciones de agentes infecciosos, inmunizaciones de plantas y mejoramiento vegetal enfocado a una mayor resistencia hacia los microorganismos infecciosos.

La biotecnología ofrece alternativas para la preservación y uso de los recursos genéticos, mitigando la polución de una agricultura intensiva y reduciendo los residuos químicos en las cadenas alimenticias humanas.

El rol esperado de la biotecnología en una agricultura sustentable es contribuir al desarrollo de nuevas variedades que presenten principalmente resistencia a enfermedades, al estrés ambiental, contribución a la recuperación y mantenimiento del medio ambiente, disminución de la necesidad de suministros agrícolas y producción de metabolitos de importancia fundamental para la dieta humana.

Actualmente, innumerables procesos biotecnológicos de interés comercial están ya establecidos para las principales mercancías ("commodities"). Durante la última década, las pruebas de campo llevadas a cabo principalmente en los países europeos y Estados Unidos, confirmaron el dominio total de las técnicas de ingeniería genética, la herencia estable de los genes introducidos y la validez comercial de la tecnología del DNA recombinante. Plantas tales como soja, cereales/maíz, algodón, canola/nabina, papa, zapallo, papaya y tomate han sido exitosamente modificados genéticamente y cultivados a gran escala. Además, ya están disponibles algunos procesos, en las áreas de reproducción, calidad de la semilla y resistencia a virus, insectos y herbicidas. Estas tecnologías pertenecen principalmente al sector privado de los países desarrollados.

China fue el primer país que comercializó transgénicos a principios de 1990 con la introducción del tabaco resistente a virus, y luego un tomate resistente a virus. La primer aprobación para la venta comercial de un organismo modificado genéticamente fue en USA, en 1994, cuando Calgene introdujo al mercado su tomate "Flavr Savr", de maduración retardada.

El área global de los cultivos transgénicos se incrementó un 44% en 1999 alcanzando 39,9 millones de hectáreas, con la siguiente distribución por país: USA 28,7 millones de hectáreas; Argentina 6,7 millones de hectáreas; Canadá 4,0 millones de hectáreas; China 0,3 millones de hectáreas y Australia, Sudáfrica, México, España, Francia, Portugal, Rumania y Ucrania juntos 0,2 millones de hectáreas (James, 1999).

La soja tolerante a herbicida fue el cultivo transgénico más frecuentemente plantado en 1999, ocupando un 54 % del área global, seguido por el maíz resistente a insectos en un 19 %, el maíz tolerante al herbicida/Bt en un 5 %, el algodón tolerante a herbicida en un 4 %, maíz tolerante a herbicida en un 4%, el algodón Bt en un 3% y el algodón tolerante a herbicida/Bt en un 2% (James, 1999).

Los temas referentes a la Bioseguridad en las pruebas de campo y comercialización de las plantas transgénicas han recibido un gran impulso en las naciones industrializadas. En éstas, existen actualmente regulaciones nacionales para los cultivos transgénicos para las pruebas en ambientes cerrados y a campo, de forma de medir el riesgo potencial previo a la aprobación de la comercialización.

En resumen, el futuro de la biotecnología parece optimista. La primera generación de cultivos con características agronómicas tales como tolerancia a herbicidas, resistencia a plagas y enfermedades, maduración retardada y control de la polinización ya ha sido liberada. Desde 1996, el uso de cultivos transgénicos en Norte América redujo el uso de agroquímicos en 4,5 millones de litros. El uso de herbicidas/ insecticidas en la producción de soja y algodón genéticamente modificados disminuyó en un 20 y 80 %, respectivamente (Phipps, 2000). Esto demuestra que la biotecnología puede contribuir verdaderamente al incremento de la productividad y ser también beneficiosa para el medio ambiente y la salud humana.

El mercado global para los productos de cultivos transgénicos está en expansión, estimándose que alcanzará aproximadamente US\$ 3 billones de dólares en el año 2000, incrementándose a US\$ 8 billones en el año 2005, y US\$ 25 billones en el 2010 (James, 1999).

A medida que la expansión de los cultivos transgénicos continúa, se espera que ocurra el cambio de los rasgos simples tales como resistencia a herbicidas o insectos, a las características de calidad. Esto permitirá la producción de alimentos nutricionalmente balanceados y sanos, diferentes sabores, vitaminas y vacunas. Esto afectará el mercado global de las mercancías genéricas, que tendrá que cumplir requerimientos especiales de los procesadores industriales, provocando cambios en los patrones del comercio internacional.

¿Cuál será el impacto de este cambio en el sector productivo de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, los países del Cono Sur (PCS)? ¿Cómo los PCS pueden encarar este desafío? Cualquiera sea el camino que se tome debe ser decidido ahora de forma de no perder competitividad en el futuro.

El nuevo paradigma, que puede ser llamado *Bio Revolución*, podría ser más profundo aún de lo que parecen esperar quienes toman decisiones, teniendo importantes consecuencias económicas y sociales para el sector productivo entero.

El entusiasmo reciente sobre la biotecnología surge, también, del hecho que los genomas de las plantas se encuentran inexplorados en su mayor parte y contienen muchos genes, aún no descubiertos, que pueden ser usados para mejorar los cultivos. Esto explica las grandes inversiones que se han vertido en el área genómica, lo que permite el secuenciado de genomas enteros de organismos vivos y la identificación de nuevos genes.

Los países desarrollados han estado llevando a cabo la gran mayoría de estos esfuerzos, incluyendo universidades, instituciones de investigación e industrias privadas. La importancia del aislamiento de nuevos genes para la agricultura puede verse con las inversiones del sector público de los Estados Unidos, coordinado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través de la Iniciativa Nacional de Genomas de Plantas. El Gobierno Federal Americano, a partir de 1998, comprometió al menos 320 millones de dólares para los próximos cinco años. La Fundación Nacional de Ciencia anunció la financiación de 23 programas de investigación en genomas de plantas en 1998, con un énfasis especial hacia el genoma del maíz que representa una inversión de 85 millones de dólares durante el mismo período (Riechmann et al., 1999). La investigación en genomas de plantas permitirá el aislamiento de genes, que controlan o influyen el estrés ambiental, la resistencia a patógenos, el valor nutritivo y la productividad.

El alto costo de estas tecnologías y la necesidad de inversión en investigación básica, explican parcialmente la formación de grandes conglomerados, alianzas y consorcios que han estado ocurriendo dentro de este sector.

No se dispone del volumen preciso de la inversión privada en el área de la genómica agrícola. Sin embargo, en 1997, Monsanto anunció una alianza de 280 millones de dólares con Millenium Pharmaceuticals. En 1998, Novartis indicó que invertirá 600 millones de dólares durante los próximos diez años, incluyendo la inversión de 250 millones para crear el "Novartis Agricultural Discovery Institute" (NADI) en San Diego (Riechmann et al., 1999). Esto muestra que, la intervención del sector privado en esta tecnología más bien compleja y cara, contribuye sustancialmente a convertirla en un proceso rápido y eficiente. Como un ejemplo, se puede citar a "Celera Genomics", una compañía privada en los Estados Unidos, que, recientemente, anunció la secuenciación del genoma entero del arroz, en sólo seis semanas.

Para encarar estos desafíos científicos e industriales de los PCS podrían establecer un plan de colaboración conjunta para biotecnología, el cual ayudaría a sortear las dificultades económicas, técnicas y de infraestructura. El aprovechamiento del conocimiento, tecnologías e infraestructuras ya existentes en la región sería, ciertamente, beneficioso para todos los países del Cono Sur. Dentro de estos beneficios, puede enfatizarse la promoción de la investigación complementaria y colaborativa, la reducción de costos operacionales y la solución “en casa” de varios problemas comunes. Sin embargo, las desigualdades en el desarrollo de la biotecnología en los PCS hacen de esto una tarea difícil.

Así, basados en los recursos existentes, cabe preguntarse ¿pueden los PCS competir con los países en desarrollo y crear procedimientos y/o productos basados en la biotecnología moderna? Si es así, ¿en que áreas serían más competitivos? ¿Hasta qué grado las instituciones públicas pueden involucrarse en investigación básica y aplicada? ¿Qué estrategia debe ser adoptada con respecto a las compañías trasnacionales? ¿Qué impacto tendrá la moderna biotecnología en los distintos estratos sociales?

Sin duda, existen muchas opiniones diferentes a este respecto. En cualquier caso, es importante hacer algunos cambios al modelo actual y a la forma en que la Investigación y Desarrollo es ideada y llevada a cabo. Sin embargo, para poner cualquier estrategia en acción, es necesario tomar en cuenta las diferentes etapas de desarrollo regionales y la existencia de un compromiso efectivo a nivel político.

Las metas deseadas sólo serán alcanzadas luego de una objetiva reflexión sobre los intereses individuales y actividades en cada país, su correlación con las actividades sociales y crecimiento económico, junto con el tema de la propiedad intelectual, esencial para el éxito de dicha asociación.

Tomando en cuenta las preguntas arriba mencionadas, el Subprograma Biotecnología del PROCISUR desarrolló el estudio que aquí se presenta. La intención principal es ofrecer a quienes toman las decisiones en los distintos sectores una visión general sobre el estado del arte y los costos de la biotecnología, así como su potencial y posible impacto para los PCS.

Se analiza el desarrollo de la biotecnología en cada país y se identifican los puntos fuertes y débiles, las limitaciones, los desafíos y las oportunidades.

Finalmente, se hace un intento para unir a los PCS en una agenda de investigación básica capaz de atacar los problemas agrícolas comunes del Cono Sur, a través de los instrumentos brindados por la biotecnología.

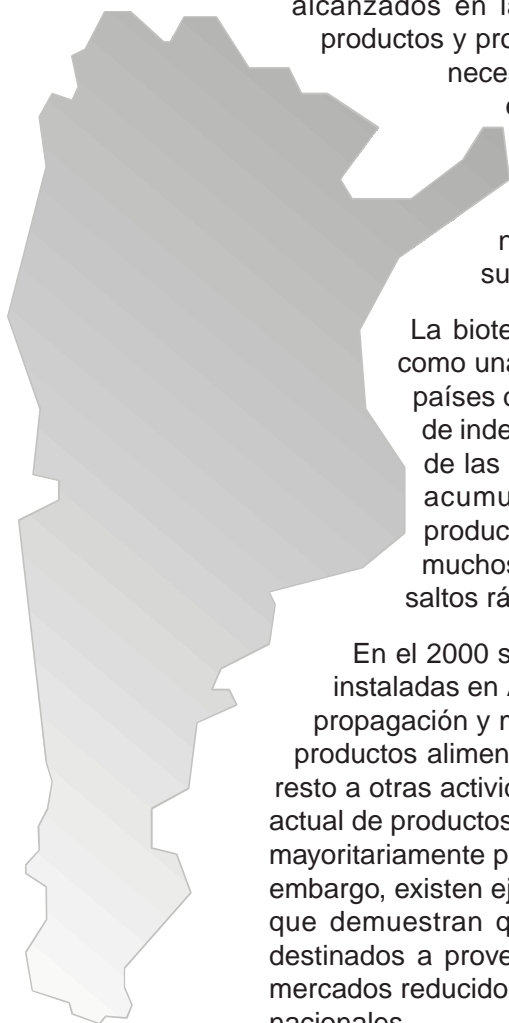


Experiencias de los países

La biotecnología en Argentina

por Osvaldo Rossetti*,
Analía Berinstein **, Angel Cataldi***

Introducción



El concepto y la aplicación de la biotecnología se han visto modificados por los grandes avances científico-tecnológicos alcanzados en las últimas dos décadas, por los nuevos productos y procesos que han llegado al mercado y por la necesidad de establecer regulaciones nacionales e internacionales que normen su desarrollo y comercio. Actualmente la biotecnología se aplica en todas o en la mayoría de las áreas disciplinarias, aportando insumos para que numerosos sectores productivos incrementen su competitividad.

La biotecnología moderna fue vista en sus inicios como una tecnología al alcance de las empresas de países desarrollados y en vías de desarrollo, capaz de independizar a la producción de las limitaciones de las economías de escala y de la necesidad de acumulación previa de capital y capacidades productivas. De allí el entusiasmo que despertó en muchos países en desarrollo, con sus promesas de saltos rápidos y cualitativos.

En el 2000 se cuenta con 47 empresas biotecnológicas instaladas en América Latina. De ellas 53% se ocupan de propagación y mejoramiento de cultivos, 14% se dedican a productos alimentarios, 16% a productos farmacéuticos y el resto a otras actividades. En el caso de Argentina, el mercado actual de productos o servicios biotecnológicos está satisfecho mayoritariamente por productos que provienen del exterior. Sin embargo, existen ejemplos significativos de empresas exitosas que demuestran que los productos o servicios específicos destinados a proveer soluciones a problemas regionales o a mercados reducidos, sólo pueden ser provistos por desarrollos nacionales.

Si bien la difusión de las técnicas de ingeniería genética, el fácil acceso a insumos biológicos y la posibilidad de fabricar una diversidad de productos biotecnológicos a pequeña escala y con baja inversión de capital es tentadora para instalar nuevas empresas, la investigación en biotecnología requiere de sólidos

* *PhD*
Coordinador Nacional del Subprograma
Biotecnología del PROCISUR, INTA,
Argentina
Email: orosset@inta.gov.ar

** *PhD*
Investigador del INTA y del CONICET

*** *PhD*
Investigador del INTA y del CONICET

grupos interdisciplinarios, no fáciles de reunir ni financiar, de inversiones significativas para Investigación y Desarrollo (I&D), y de tiempos relativamente largos hasta la puesta en el mercado de un nuevo producto, lo que aumenta los requerimientos financieros. Sin olvidar que el “scaling up” es complejo y costoso y, en ocasiones, una barrera infranqueable cuando no se dispone de una fuerte capacidad técnica.

La posibilidad de expandir y mejorar la producción agropecuaria ha sido una de las principales esperanzas abiertas a la biotecnología de la región, donde el sector agropecuario tiene un importantísimo papel en el desarrollo económico. La globalización y la apertura de la economía marcan la necesidad de aumentar la competitividad en el sector, tanto en cantidad y calidad como en el aumento del valor agregado.

En nuestro país, las empresas, las inversiones y los recursos humanos están mayoritariamente concentrados en las áreas de salud humana y producción vegetal y, en menor medida, en producción animal (Cuadro 1)

Cuadro 1. Empresas y grupos de I&D agrupados por áreas

Área	Empresas Privadas	Grupos I&D	Total	%
Acuicultura	1	1	2	2
Agricultura	22	15	36	31
Agroalimentos	9	7	16	14
Minería y Energía	-	7	7	6
Química	7	8	15	13
Salud	19	8	27	23
Veterinaria	9	4	13	11

Fuente: Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología, 1998-2000 del Gabinete Científico Tecnológico del Poder Ejecutivo Nacional, setiembre 1997.

La producción agrícola es la actividad de mayor importancia relativa del sector agropecuario, con un valor de 20.000 millones de dólares y un aporte del 15% del PBI. Considerando que existe una brecha productiva cercana al 40% entre la producción potencial de los principales cultivos y sus rendimientos reales, resulta claro que este valor podría incrementarse notoriamente, si se minimizaran los factores limitantes de mayor importancia relativa como son los insectos, las enfermedades, las malezas y las sequías que ocasionan pérdidas de alrededor del 30% en la producción.

La campaña 1997/1998 arrojó los resultados que se presentan en el Cuadro 2 para los principales cultivos y una exportación de aceites durante 1998 de 1,5 millones de t de girasol y 2,4 millones de t de soja:

Cuadro 2. Campaña 1997/1998 de los principales cultivos

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)
Maíz	3.751.630	19.360.656
Trigo	5.918.965	14.800.230
Soja	7.176.250	18.732.172
Girasol	3.511.400	5.599.880

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación (SAGPyA) cuya dirección de internet es www.sagpya.mecon.gov.ar

Por su parte, la existencia de bovinos en 1998 fue de más de 48 millones de cabezas con exportaciones anuales de productos cárnicos de 230.000 t con un valor de 850 millones de dólares. Si a esto se le suma la producción de 9.450 millones de litros de leche de los cuales 1.100 millones fueron exportados con un valor de 220 millones de dólares, se puede tener una idea de la importancia del sector pecuario en el país.

Si se considera que la producción agropecuaria se incrementaría en alrededor del 30% de solucionarse algunos de los problemas actuales de salud animal, plagas, enfermedades vegetales, etc., podría aumentarse la importancia de la investigación y desarrollo en este campo.

La Biotecnología en el Sector Agropecuario

La biotecnología es una herramienta estratégica para el desarrollo agropecuario y Argentina es un país de características fuertemente agropecuarias.

El conjunto de la producción agropecuaria argentina comprende 425.333 establecimientos que ocupan un área de 267,6 millones de hectáreas. El organismo del Estado responsable de la atención de este sector es la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), en cuya órbita se desenvuelven organismos tales como el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), el Instituto

Nacional de Semillas (INASE) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estos entes descentralizados son los organismos técnicos históricamente responsables de la regulación de las actividades y del desarrollo tecnológico agropecuario. Con el advenimiento de la biotecnología surgió la necesidad de crear una Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), lo que ocurrió en el año 1991. La CONABIA depende de la SAGPyA y es la encargada de recomendar la autorización, o no, para liberar al medio organismos genéticamente modificados (OGMs), para permitir el desarrollo de tales organismos, así como también tiene la función de elaborar mecanismos de control para los OGMs.

Por su parte, el Foro Argentino de Biotecnología, entidad sin fines de lucro, tiene como misión fomentar relaciones nacionales e internacionales entre empresas y facilitar acuerdos para emprendimientos biotecnológicos. Actualmente el Foro nuclea 43 empresas, entre las cuales se encuentran organismos nacionales como la SAGPyA y la Secretaría de Ciencia y Técnica (SECyT) y cámaras de productores como la Asociación de Semilleros Argentinos (ASA) y la Cámara Argentina de Productos Veterinarios (CAPROVE).

La situación geográfica de Argentina en el Cono Sur y sus ventajas climáticas han permitido que empresas multinacionales, con y sin filiales en el país, que realizan el desarrollo de plantas transgénicas en su país de origen, se involucraran en convenios para llevar a cabo pruebas a campo en condiciones controladas en terrenos locales. Esto aceleró el desarrollo nacional de la investigación ya existente en las empresas, y en Institutos de Investigación pertenecientes al INTA, a Universidades Nacionales y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). En este contexto es que la CONABIA aprobó hasta mediados de 1999, 186 presentaciones, de las cuales 32 fueron desarrollos locales: 26 del área agrícola, incluyendo cultivos de maíz, trigo, algodón, papa, girasol, alfalfa, tomate y soja, y 6 del área pecuaria, incluyendo vacunas contra brucelosis, expresión de proteínas del virus de la fiebre aftosa (VFA) en alfalfa y en baculovirus, desarrollo de anticuerpos monoclonales contra rotavirus en alfalfa y vacunas a virus vaccinia recombinante contra VFA.

Luego de varias décadas de existencia, el sector científico y tecnológico argentino ha alcanzado un nivel muy aceptable en desarrollo y en el nivel de sus recursos humanos. Sin embargo, la escasez generalizada de fondos y la escasa interacción con la industria ponen al sector ante una encrucijada.

La investigación en el campo agrícola está concentrada en el INTA, en CONICET y en las Universidades Nacionales. En menor medida, con financiamiento del Estado, realizan investigaciones en biología el INTI, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) y el Centro de Investigaciones Tecnológicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA). Las Provincias también tienen

actividades propias en este campo, y se destacan la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y las Secretarías de Ciencia y Técnica de las Provincias de Córdoba, Río Negro y Mendoza.

El sector privado trabaja en varias de las especies de mayor valor económico – maíz, trigo, girasol, algodón, papa, batata, soja y pimiento, entre otros – y en nuevos desarrollos para aprovechar oportunidades del mercado. El sector privado dedicado a la biotecnología vegetal está compuesto por más de 22 empresas que desarrollan actividades de mejoramiento genético, micropropagación vegetal, protección frente a herbicidas e insecticidas y desarrollo de inoculantes. Es de destacar así mismo la actividad de este sector en el campo semillero.

Por su parte, el desarrollo de la industria veterinaria ha estado estrechamente asociado con el desarrollo de la ganadería en el país. Las empresas productoras de vacunas veterinarias constituyen un sector relevante en el panorama de las industrias biotecnológicas de la Argentina. Este sector cuenta con el apoyo del INTA e Institutos del CONICET como el Centro de Virología Animal (CEVAN), quienes no sólo han desarrollado nuevas técnicas para la detección de cepas vacunales e infecciosas, sino que también han participado en el desarrollo de vacunas que se han comercializado.

En resumen, en los últimos años Argentina está logrando capitalizar para el campo de la biotecnología la experiencia acumulada por una larga tradición de investigación en ciencias básicas, en el área química y en biología.

Programa de Biotecnología

Desde hace 20 años existen en el país institutos que realizan actividades biotecnológicas. A partir de esfuerzos de grupos de investigadores nucleados en Institutos del CONICET (CEVAN, Fundación Campomar, INGEBI, CERELA, PROYMI, entre otros) y el Instituto de Biología Molecular del INTA, se fue creando un sector de investigación biotecnológico argentino que se nutrió de grupos de excelencia en Biología Molecular y Bioquímica. En 1992 se estableció el Programa Nacional Prioritario de Biotecnología de la SECyT.

La experiencia acumulada desde 1992 a 1996 y la que surge del ejercicio de prioridades desarrollado por la Iniciativa Canadá-América Latina para el Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable (CamBioTec) proporcionaron un punto de partida para establecer las prioridades en materia de investigación y desarrollo y las oportunidades más atractivas para la realización de negocios en biotecnología. Así se detectaron áreas de aplicación que incluyen la pecuaria, agrícola, agroalimentaria, salud y medio ambiente.

Por otra parte, en 1989 el INTA estableció el Programa de Biotecnología de Avanzada con dos Subprogramas: 1.- Genética y Manipulación Celular cuyos objetivos principales son: a) la generación de conocimiento y tecnología para disponer de metodologías para combatir patógenos y plagas, b) el estudio de la regulación y expresión génica en caracteres de utilidad agronómica y c) el desarrollo de tecnología para la eficiente manipulación "in vitro" de células y tejidos vegetales con fines de mejoramiento y 2.-Biología Molecular e Ingeniería Genética que permita: a) el desarrollo de nuevas metodologías para el diagnóstico y b) la caracterización de genes útiles para mejorar la sanidad, calidad y rendimiento vegetal y animal.

Este programa, financiado con un préstamo del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo le permitió al INTA formar recursos humanos, capacitar profesionales y modernizar su equipamiento, pasando a ser la Institución líder en I&D en Biotecnología Agropecuaria en Argentina.

En julio de 1996, la SECyT emprendió la tarea de reorganizar el sector de Ciencia y Tecnología. El análisis de la situación llevó a la creación de nuevos organismos como el Gabinete Científico Tecnológico (GACTEC) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) con el objeto de analizar las capacidades y ventajas relativas a nuestro país. Una de las áreas de atención específica fue la de biotecnología.

Estas experiencias han sido complementadas durante el proceso de elaboración del Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología (PNP) establecido a fines de 1997 para el trienio 1998-2000 cuyo objetivo es el desarrollo y fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación para contribuir al logro de los siguientes objetivos estratégicos que orientan las políticas del Gobierno Nacional:

- Desarrollo socioeconómico sustentable del país;
- Inserción competitiva de la Argentina en la economía mundial;
- Reducción sustancial de los desequilibrios regionales.

Este plan tiene la particularidad de haber establecido prioridades que pueden ser derivadas y actualizadas a través de una periodicidad trianual móvil, capaz de incorporar nuevas iniciativas. Así, recientemente, se actualizó en el PNP 1999-2001. Los objetivos particulares del plan son:

- Mejorar, aumentar y hacer más eficiente el esfuerzo nacional y provincial, tanto público como privado en Ciencia, Tecnología e Innovación con el objetivo de alcanzar en el mediano plazo el 1% del PBI;
- Orientar el incremento de la inversión pública y privada en CTI en aquellas actividades que tengan un mayor impacto social y económico y tiendan a reducir los desequilibrios regionales;

- Promover la investigación científica y tecnológica con criterios de calidad y relevancia;
- Asegurar la formación de los recursos humanos que requiere el sistema nacional de innovación.

El programa tiene como objetivos inmediatos un servicio de valorización de proyectos biotecnológicos, la creación de una línea específica de la ANPCyT para la contratación de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, la creación de un sistema privado de capital de riesgo, la promoción y fomento de la biotecnología en áreas prioritarias, la creación de una incubadora de empresas biotecnológicas y como actividades permanentes el fortalecimiento de las capacidades institucionales, la capacitación de investigadores y modernización del equipamiento para la consolidación de masa crítica en los centros de I&D existentes, la formación de recursos humanos y la cooperación internacional y con el MERCOSUR mediante el establecimiento de un fondo concursable para financiar la parte nacional de proyectos internacionales (CABBIO) u otros. Dentro de este programa, el sector agropecuario juntamente con el de alimentos son algunos de los priorizados.

En el PNP 1999-2001 la biotecnología constituye un tema específico, habiéndose creado una Comisión Asesora de Biotecnología. Esta preparó propuestas temáticas prioritarias en tres distintas áreas: salud, medio ambiente y agroindustrias. En salud se priorizan temas como vacunas, diagnóstico y fármacos obtenidos por técnicas de biología molecular. En medio ambiente los temas priorizados fueron biorremediación, aprovechamiento de desechos, biodegradación de agroquímicos, aplicaciones en minería, plásticos biodegradables. Y finalmente en agroindustria se priorizaron temas como control de patógenos e insectos, mejoramiento vegetal, conservación de productos y propagación vegetal y en el área pecuaria, vacunas y diagnóstico para bovinos, producción de embriones, ingeniería del rumen, y uso de enzimas en procesos industriales. Sin duda, las aplicaciones al ambiente son las menos desarrolladas, la salud y producción animal tienen un desarrollo medio; y la salud humana y la agricultura un nivel relativo más alto.

El PNP 1999-2001 establece una serie de actividades (agenda) para implementar el plan durante 1999, tales como crear comisiones de protección de innovaciones, sobre biodiversidad y bioseguridad; crear un servicio de intercambio de información sobre actividades privadas en biotecnología, fomentar estudios de factibilidad de creación de capital de riesgo en biotecnología reforzando las capacidades nacionales, crear una comisión de trabajo sobre una incubadora de empresas que recepcione avances científicos nacionales, crear un espacio para coordinar esfuerzos e iniciativas con las universidades, implementar un programa de formación en ciencias e industria en áreas de vacancia, actualizar anualmente las prioridades y crear una serie de indicadores, reforzar a través de la ANPCyT el equipamiento de los mejores centros del país, fortalecer los programas CABBIO

y Simbiosis y crear una comisión de trabajo para influir en la percepción de la opinión pública sobre la Biotecnología.

Un párrafo aparte merece el CABBIO o Centro Argentino Brasileño de Biotecnología que desarrolla sus actividades desde 1986 y que enfoca el financiamiento de proyectos bilaterales y la realización de cursos de posgrado.

Financiamiento

Si bien el gasto en tareas de (I&D) se incrementó del 0,25% del PBI en 1985 al 0,42% del PBI en 1997, este aporte al sistema está lejos de la meta del 1% establecida en las ediciones 1998-2000 y 1999-2001 del Plan Nacional Plurianual de Ciencia y Tecnología. Además el financiamiento de CyT no acompañó el aumento del PBI que se registró a comienzo de los años 90.

El principal instrumento de financiación de CyT en Argentina es la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (ANPCyT) que tiene dos fondos principales, FONCYT y FONTAR. El FONCYT o Fondo de Investigación Científica y Tecnológica otorga subsidios a entidades científicas públicas y privadas sin fines de lucro. Ya sea a través de PICT (Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica) o PID (Proyectos de I&D) para proyectos de aplicación económica o social en los que participan, en algunos casos, empresas. El FONTAR financia proyectos de modernización e innovación tecnológica en empresas; otorga subsidios para proyectos tecnológicos de riesgo; administra el crédito fiscal para proyectos de investigación, desarrollo experimental e innovación que realicen las empresas.

Los objetivos específicos del FONTAR son financiar proyectos de investigación experimental, de desarrollo y modernización tecnológica, de capacitación y asistencia técnica en las empresas productivas de bienes y servicios.

Es necesario aclarar que es difícil definir con precisión la pertenencia a la biotecnología de algunos proyectos. Existen algunos que si bien su finalidad no es de biotecnología, conducen investigaciones que pueden desencadenar en una aplicación de tal tipo.

La actividad de la ANPCyT resultó en:

- PICT 97: se financiaron 36 proyectos relacionados con la biotecnología por un monto de 1.572.000 dólares;
- PICT 98: se financiaron 34 proyectos relacionados con la biotecnología por un monto de 3.250.000 dólares. La financiación es menor a la de proyectos similares en países industrializados. En este concurso también se financiaron proyectos con una compañía lechera líder. Se aprobó sólo un proyecto por un monto de \$ 50.000.

Los subsidios PID son para sostener investigación precompetitiva y donde las instituciones adoptantes son empresas privadas, instituciones públicas u ONGs. En el concurso PID 98 se financiaron cuatro proyectos biotecnológicos por 1.125.000 pesos. El programa PID existía antes de la creación de la Agencia, habiéndose llamado a dos concursos:

- PID I: Se financiaron ocho proyectos por un monto de 3.700.000 pesos;
- PID II: Se financiaron nueve proyectos por un monto de 2.800.000 pesos.

Se debe destacar que en muy pocos casos los adoptantes de PID fueron empresas privadas.

Con relación al FONTAR y la biotecnología, se otorgaron los siguientes subsidios:

- Línea 1 de Modernización Tecnológica: dos créditos por \$ 2.150.000;
- Línea 3 de Servicios Tecnológicos: tres créditos por \$1.600.000;
- Línea 4 de Innovación Tecnológica: cinco créditos por \$3.500.000;
- Crédito Fiscal, se financiaron 10 pedidos por \$3.000.000.

En la línea de subsidios para PYMES no se presentó ningún proyecto biotecnológico.

Otras fuentes de financiamiento son el CONICET y algunas Universidades Nacionales que tienen capacidad económica para subsidiar proyectos, aunque en general de escaso monto.

Se pueden también enumerar agencias de cooperación internacional que subsidian proyectos biotecnológicos, entre las que se encuentran:

- CABBIO: subsidia proyectos y cursos de biotecnología con participación de grupos argentinos, brasileños, paraguayos y uruguayos;
- FONTAGRO/BID: financia investigación agropecuaria y de agricultura sustentable;
- PROCISUR/IICA: tiene un Subprograma de Biotecnología;
- INCO (Unión Europea): permite a científicos extranjeros participar de grupos colaborativos europeos y, recientemente, favorece la participación de empresas;
- ICGEB (Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología): patrocina cursos y proyectos colaborativos entre grupos de terceros países.

Colaboración entre los Sectores Público y Privado

En 1995 las ventas mundiales de la industria biotecnológica alcanzaron a U\$S 9.300 millones, con una inversión acumulada en I&D de U\$S 7.700 millones, un capital de U\$S 52.000 millones y emplearon aproximadamente 108.000 personas. En 1996, el empleo alcanzó a más de 140.000 personas y el mercado continúa en expansión, estimándose que las ventas llegarán a U\$S 80.000 millones en el año 2000.

Los sectores más beneficiados por la biotecnología son el farmacéutico y el agropecuario. Desde 1995, el crecimiento anual de los productos biotecnológicos de la industria farmacéutica, a nivel mundial, fue del 44% para vacunas recombinantes y del 21% para drogas de uso médico.

Los éxitos de la aplicación de la biotecnología a la agricultura se incrementaron durante los últimos años; entre 1986 y 1994 se realizaron más de 1.300 pruebas de campo en los países industrializados y casi 120 en países en desarrollo. Nuevos productos serán lanzados próximamente al mercado. En Argentina en 1991 se realizaron tres ensayos, en 1996 más de 35 y en 1997 se comercializó por primera vez una variedad de soja resistente a herbicidas.

Si bien las multinacionales tienen una gran preponderancia en los cultivos de mayor valor industrial, existen oportunidades para empresas nacionales en cultivos regionales, "specialities" o variedades que se adapten a condiciones locales. En el campo farmacéutico, los medicamentos destinados al tratamiento de enfermedades que afectan a los países en vías de desarrollo también son un nicho favorable para la inversión. Por diversos motivos esta situación no ha sido percibida aún por gran parte del sector empresario argentino. Precisamente una de las principales restricciones para el desarrollo industrial de la biotecnología en el país es la falta de inversión privada. Es por este motivo que muchos proyectos con fines biotecnológicos no pueden pasar siquiera a la fase preindustrial.

Los proyectos de este campo tienen un riesgo económico significativamente mayor. Por tales circunstancias, los empresarios tienen muchas dificultades para tomar las decisiones de invertir en esta área, situación que se agrava por la recesión económica que sufre el país desde 1998 y por el achicamiento del mercado interno que les impide realizar economías de escala, lo que potencia las dificultades argentinas para exportar, incrementadas por las crecientes restricciones de seguridad a los productos biotecnológicos. Es evidente que una acción promotora y asesora del Estado y de sus instituciones de investigación son indispensables. Aunque sin duda una acción efectiva de este tipo es enteramente dependiente de la política económica asumida.

De acuerdo al Programa Nacional de Biotecnología “existe una oferta potencial de proyectos” relativamente importante, que carecen de estudios de factibilidad socioeconómica y de identificación de márgenes de riesgo, por lo que no atraen la atención de inversores privados, en tanto que los mecanismos de intermediación carecen de experiencia para la búsqueda de recursos en el mercado de capitales.

La SECyT a través de la ANPCyT estableció varios mecanismos para promover las actividades de I&D en el sector privado, como el FONTAR (ver pág.18). En particular, se intenta implementar sistemas de reducciones fiscales atribuibles a las actividades de I&D, que tuvieron mucho éxito en Estados Unidos y Canadá.

De acuerdo a la SECyT, el Estado puede apoyar el desarrollo biotecnológico del país asumiendo un conjunto de responsabilidades. En general, el Estado debe participar en:

- Creación y mantenimiento de capacidades científicas básicas y de la formación de los recursos humanos requeridos;
- Creación de la infraestructura básica y la organización de los servicios técnicos, financieros, comerciales, necesarios para incentivar el desarrollo de la biotecnología moderna;
- Creación y administración del marco legal y regulatorio. Algunos aspectos de este marco pueden ser asumidos por el sector privado. En este sentido debe destacarse la creación de la CONABIA.

La coordinación entre oferta y demanda, debería, en principio, ser generada por el propio mercado, como se evidencia en algunos países líderes, pero en etapas iniciales del desarrollo de la biotecnología, la misma debe ser facilitada y complementada por la acción oficial. Estimular la I&D y la producción en aquellos problemas o áreas que por razones de escala, capacidad de compra o interés estratégico no son asumidos inicialmente por las empresas, como se vio anteriormente.

Cooperación Estado-Empresas

En Argentina existen muchos grupos que realizan proyectos de Biología Molecular con una probable aplicación biotecnológica que, sin embargo, se truncan al llegar a una fase preindustrial de desarrollo ya sea porque son incapaces de establecer una empresa por sí mismos o porque no logran concitar la atención de los industriales. Los prejuicios de algunos sectores de la comunidad científica hacia la industria, sin duda, también, contribuyen a esta falta de acercamiento. Más perjudicial aún, es que raramente los industriales van a «golpear las puertas» de los laboratorios.

El máximo grado de desarrollo de la iniciativa privada en la materia, se expresa en el Foro Argentino de Biotecnología. En su creación participaron algunas empresas argentinas, el presidente del Banco de la Provincia de Buenos Aires y el Premio Nobel L.F. Leloir. Esta entidad buscó y busca, articular los esfuerzos de la ciencia, el Estado y las empresas para la implantación de la biotecnología.

En cuanto a las iniciativas propias de las empresas, las actividades de I&D son relativamente incipientes en Argentina. El personal de CyT en empresas privadas es de sólo 600 personas de acuerdo a la SECyT. La inversión más destacable de productos biotecnológicos se realiza en agricultura, en especial de parte de las empresas semilleras. Existe un gran interés por los productos transgénicos. La soja recombinante por ejemplo, es un verdadero suceso. Sin embargo, no son tecnologías desarrolladas en el país sino traídas por multinacionales desde USA o Europa. Pese a que en el sector de agroindustrias existen actividades de investigación en general, se trata de actividades de desarrollo.

Un ejemplo notable de investigación biotecnológica es el laboratorio Sidus en el sector farmacéutico, empresa líder en Latinoamérica, que centra sus actividades en la producción de proteínas recombinantes con fines terapéuticos. Esta empresa también incursiona en agricultura a través de Tecnoplant.

Colaboraciones Regionales e Internacionales

A nivel Regional

Existen varios organismos que facilitan la concreción de colaboraciones entre grupos de investigación argentinos y grupos extranjeros. En general estos organismos financian proyectos presentados conjuntamente y la organización de cursos de capacitación de recursos humanos. Entre otros podemos citar en el marco de la colaboración regional el Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología (CABBIO) y el Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (PROCISUR).

CABBIO

El CABBIO es un ente de promoción y coordinación, así como el marco institucional en el que articulan sus actividades varios grupos de I&D oficiales y privados de Argentina y Brasil. Su organización incluye 3 niveles:

- Decisión política: corresponde al Consejo Binacional, representado por los Ministerios de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, la SECyT,

las Secretarías de Hacienda, de Industria, Comercio y Minería de Argentina y por los Ministerios de Ciencia y Tecnología, de Economía, de Relaciones Exteriores y un Ministerio Técnico Rotativo de Brasil;

- Decisión científico-administrativa, a cargo de la Dirección Binacional y las Direcciones Argentina y Brasileña, con asesoramiento de un Comité Asesor del CABBIO y el Comité Coordinador de la Escuela Argentino Brasileña de Biotecnología (EABBIO), ambos binacionales y por Comités Consultores Científicos y Empresarios nacionales;
- Ejecución, a través de grupos e instituciones de I&D, instituciones públicas y empresas productivas que interactúan con la entidad y participan en actividades concretas.

PROCISUR

El PROCISUR constituye un esfuerzo conjunto de los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria (INIAs) de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Su objetivo es institucionalizar un sistema permanente de coordinación y apoyo recíproco, favoreciendo el intercambio de conocimientos y acciones cooperativas relacionadas con la generación y transferencia de tecnología agropecuaria y agroindustrial.

El representante argentino en el PROCISUR es el INTA, Institución que lidera la investigación, transferencia de tecnología y asistencia en el campo agropecuario. Su misión es impulsar y vigorizar el desarrollo de la investigación y extensión agropecuarias y acelerar con los beneficios de estas funciones fundamentales la tecnificación y el mejoramiento de la empresa agraria y de la vida rural. El INTA cuenta con 15 Centros Regionales que agrupan 42 Estaciones Experimentales, con jurisdicción en áreas determinadas que son cubiertas por alrededor de 200 Agencias de Extensión Rural. Dispone de tres Centros de Investigación, en Ciencias Veterinarias y Agropecuarias y de Recursos Naturales y de Agroindustria que agrupan 12 Institutos, entre ellos el de Biotecnología.

A nivel internacional

En el marco internacional de cooperación se destacan el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), el Programa Canadá-América Latina de Biotecnología para el Medio Ambiente y el de Desarrollo Sustentable (CamBioTec), el Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (ICGEB), y en menor medida la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura y la Educación (UNESCO), el Instituto de Cooperación

Iberoamericana del Gobierno de España (ICI), BIOLAC y REDBIO.

CYTED

El CYTED, creado en 1974, fomenta la cooperación científica y tecnológica entre 19 países de América Latina, España y Portugal. Su ámbito de actuación es la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación. Su objetivo es la obtención de resultados transferibles a los sectores productivos y a las políticas sociales para facilitar la modernización productiva y la calidad de vida en la región.

El CYTED se compone de un doble marco, el institucional y el funcional. El marco institucional lo constituyen los organismos responsables de la política científica y tecnológica de cada uno de los países. El marco funcional lo constituyen los Subprogramas que corresponden a temas estratégicos para el desarrollo económico y social, encabezados por un Coordinador Internacional.

Las actividades del Programa son de tres tipos, todas ellas de carácter internacional: las redes temáticas, los proyectos de investigación precompetitiva y los proyectos de innovación tecnológica (IBEROEKA). Argentina interviene en 63 redes temáticas, 57 proyectos de investigación precompetitiva y 17 de innovación IBEROEKA. Los países iberoamericanos financian las actividades de los grupos de I&D participantes y el Programa aporta los recursos necesarios para los gastos de coordinación y otras actividades que facilitan la cooperación y la interacción. El Programa incluye el apoyo a la organización de proyectos de innovación IBEROEKA, destinados a alentar la asociación de empresas en proyectos de innovación y la cooperación universidad-empresa. El Subprograma III del CYTED se ocupa de la biotecnología, promoviendo la organización de proyectos de investigación precompetitiva y redes temáticas.

REVDYDET

La Red Iberoamericana Multimodal de Vinculación y Desarrollo Biotecnológico (REVDYDET), cuya coordinación se encuentra en Argentina, tiene el propósito de vincular el sector académico-científico con el sector industrial-empresarial, para llevar a las empresas los productos de la investigación biotecnológica, actuando como interfase activa entre investigadores, empresarios, gobiernos y organismos internacionales. Su programa de trabajo incluye el desarrollo de bases de datos y sistemas de información, estudios evaluativos y la organización de actividades de reflexión sobre el tema.

CamBioTec

El Programa CamBioTec, promovido por el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo de Canadá (IDRC), tiene como finalidad fomentar la utilización de la biotecnología para fortalecer el desarrollo de la agricultura y de la agroindustria de la región, incrementando su competitividad y generando un modelo sustentable, que preserve el medio ambiente. Sus principales objetivos son: difundir información técnica y de mercado y promover las asociaciones entre compañías e instituciones, promover la transferencia de tecnología ayudando al surgimiento de proyectos de I&D colaborativos, e introducir elementos propios de la prospectiva tecnológica y fomentar la fijación de prioridades, impulsando la mejora de las políticas públicas en biotecnología.

Esta iniciativa está coordinada por el Centro para la Innovación Tecnológica de la Universidad Nacional Autónoma de México (CIT-UNAM). En la fase actual, se está desarrollando un programa piloto, asentado en puntos focales organizados en Argentina, Canadá, Chile, Colombia, Cuba y México. En Argentina el Punto Focal inició sus actividades en noviembre de 1995, instalado en el FAB. El Punto Focal cuenta con una Comisión Asesora, integrada por especialistas en el campo de la biotecnología, de la problemática productiva de los sectores agropecuario y alimentario y de entidades gubernamentales vinculadas con el desarrollo económico y la innovación. Los integrantes de la Comisión Asesora pertenecen a INTA, Fundación ArgenINTA, al Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), al CONICET, al CABBIO, a la Sociedad Rural Argentina (SRA), al FAB y a CAPROVE.

ICGEB, UNESCO e ICI

El ICGEB, ubicado en Trieste, Italia, cuenta con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Apoya la ejecución de proyectos de I&D y la formación de recursos humanos de nivel posdoctoral, de países miembros. Entre las prioridades del ICGEB se encuentra Biotecnología Vegetal.

La UNESCO dispone de recursos para apoyar actividades científicas y tecnológicas. Principalmente colabora con el apoyo a eventos, publicaciones y actividades de formación de recursos humanos.

El Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI) canaliza fondos previstos en el programa de Cooperación Científica con Iberoamérica, apoyando proyectos conjuntos de investigación, formación de investigadores y cursos de posgrado, enmarcados en prioridades que incluyen la biotecnología.

Programa UNU-BIOLAC

El Programa UNU/Biolac auspicia y promueve la formación de recursos humanos en la región, en un área tan importante para el desarrollo como es la biotecnología.

Desde su fundación en 1988, cientos de jóvenes investigadores se han capacitado, mediante la asistencia a cursos de alto nivel, dictados en diferentes laboratorios e institutos de la región; el intercambio de investigadores entre los distintos laboratorios mediante becas Biolac y la promoción para que estos jóvenes participen en los talleres que se organizan, entre investigadores miembros de las diferentes redes de investigación.

El programa es financiado, íntegramente, con fondos provenientes de la UNU, aportados por los Gobiernos de Venezuela, Perú y Canadá al Fondo de Dotaciones de la Institución el cual es totalmente dedicado al financiamiento de las becas, los cursos y las redes de investigación.

UNU/Biolac cuenta con un Comité Científico Asesor conformado por nueve investigadores, que a título personal y en sus capacidades, asesoran al Rector de la Universidad y al Coordinador en la planificación de actividades y su desarrollo.

REDBIO/FAO

La REDBIO/FAO es una red de coordinación técnica horizontal de laboratorios de Biotecnología Vegetal de América Latina y el Caribe. Tiene varios niveles de organización con redes que funcionan a nivel internacional, regional y subregional. Los temas priorizados apuntan a desarrollar métodos para mejorar genéticamente la calidad, sanidad y cantidad de los cultivos, uso de la biotecnología para la agricultura sustentable, establecer lazos de comunicación y coordinación entre los miembros y proveer oportunidades de entrenamiento.

Derechos de Propiedad Intelectual

En el actual proceso de apertura económica mundial y desde el punto de vista de los desarrollos biotecnológicos innovativos como impulsores del desarrollo económico, los derechos de propiedad intelectual en el campo del sistema agroalimentario y agroindustrial, dan el marco legal que garantiza la transferencia al sector productivo de esos desarrollos innovativos y evitan el uso por terceros no autorizados de la materia protegida.

Hay diversos tipos de propiedad intelectual y cada uno es más o menos conveniente de acuerdo al desarrollo o invento obtenido. Existe lo que se denomina "secreto industrial" que se aplica principalmente a semillas híbridas y a procesos de diverso tipo, éste también es importante en el período previo a la solicitud de una patente o derecho de obtentor. Esta protección no está condicionada a registro ni requiere la prueba de novedad o altura inventiva.

Los desarrollos por trabajos de fitomejoramiento vegetal son protegidos mediante los “derechos de obtentor”. Estos derechos se aplican a las variedades como tales y no a los procesos por las que se las obtuvo. Aunque hay pequeñas divergencias entre los países en las condiciones necesarias para lograr el derecho de obtentor sobre una variedad vegetal, todas presentan rasgos comunes derivados de la pertenencia a la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV).

Particularmente en Argentina los desarrollos en el campo de la agricultura están cubiertos por la “Ley de Semillas y Creaciones Fitogenéticas” (Ley 20247/1973 que modificó la Ley 12253). En esta ley se establece, en su artículo 1º, que tiene por objeto “promover una eficiente actividad de producción y comercialización de semillas, asegurar a los productores agrarios la identidad y calidad en la simiente que adquieren y proteger la propiedad de las creaciones fitogenéticas”.

Los distintos capítulos de la ley, crean la Comisión Nacional de Semillas, definen los criterios de identificación de las semillas, el Registro Nacional de Cultivares, el Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares y las sanciones en caso de no cumplimentar la ley. En el año 1991 por decreto 2183 se estableció la última modificación al reglamento de la Ley de Semillas, adecuándose las condiciones para el otorgamiento del título de propiedad y los derechos del obtentor. Los títulos de propiedad se otorgan por un período no menor a 10 y no mayor de 20 años. Este decreto establece que la propiedad de un cultivar no impide que otras personas puedan utilizarlo para la creación de uno nuevo, siempre y cuando no deba ser utilizado en forma permanente para producir el nuevo cultivar.

Otro tipo de propiedad intelectual está constituido por las “patentes”. Las condiciones que debe reunir un producto o proceso para ser patentado varía en los distintos países. Sin embargo todos requieren tres condiciones: a) tener altura inventiva; b) ser novedoso y c) tener aplicabilidad industrial. Las patentes pueden otorgarse tanto a procesos de fabricación como a los productos finales. (Ej.: vacunas, tests de diagnóstico). En el campo biotecnológico, y con diferencias entre países, se pueden aplicar a células, genes, proteínas, vectores, etc.

En Argentina se aplica la ley 24481 modificada por la 24572 del 1996. La misma en su Artículo 4 dice que “Serán patentables las invenciones de productos o procedimientos, siempre que sean nuevas, entrañen una actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial” esta última condición incluye a los productos y procedimientos en la agricultura. Las condiciones de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial están definidas en este artículo de la ley. También se establece el término límite de un año posterior a la divulgación de la invención para la presentación de la solicitud de patente.

Los artículos 6 y 7 definen lo que no se considera invenciones y lo que no es patentable. En este aspecto, y dentro de la biotecnología no se consideran invenciones los métodos de

tratamiento terapéutico o de diagnóstico aplicables al cuerpo humano y los relativos a los animales y toda clase de materia viva y sustancias preexistentes en la naturaleza. Por otro lado, no son patentables “la totalidad del material biológico y genético existente en la naturaleza o su réplica, en los procesos biológicos implícitos en la reproducción animal, vegetal y humana, incluidos los procesos genéticos relativos al material capaz de conducir su propia duplicación en condiciones normales y libres tales como ocurre en la naturaleza”.

Argentina ha firmado diversas convenciones internacionales sobre propiedad intelectual. Entre las administradas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) como organismo de las Naciones Unidas está la Convención de París para la Protección de la Propiedad Industrial que se aplica a patentes, marcas, etc., y que incluye el análisis de la competencia desleal. En esta Convención se definió el derecho de propiedad de un año contado desde la fecha de la primera solicitud de una patente, para solicitarla en otros países de la Unión de París.

La OMPI también administra el Convenio para la Protección de las Variedades Vegetales que otorga derechos de obtentor. Argentina también adhirió al Acuerdo TRIPs en el marco de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Este acuerdo (Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio) fue aprobado en la Ronda Uruguay del GATT de 1994. El mismo armoniza normas de los derechos de propiedad intelectual aunque deja cierto margen de maniobra para legislar a nivel nacional. Los países miembros tienen un plazo máximo hasta el 2005 para instrumentar las disposiciones.

Reformas recientes de las legislaciones de los países de América Latina respecto a propiedad intelectual se han acercado a los estándares mínimos del Acuerdo TRIPs. Este acuerdo ha requerido introducir nuevas reglas sobre:

- Patentabilidad especialmente de productos farmacéuticos y procesos y productos biotecnológicos;
- Extensión del plazo de protección a 20 años;
- Definición más precisa de los derechos exclusivos, etc.

Según un artículo de este acuerdo, los miembros de la OMC tienen la facultad de excluir del régimen de patentabilidad las plantas y animales. Esta norma también permite excluir de la protección para desarrollos basados en la manipulación celular o transferencia de genes. En resumen, se puede decir que en las normas internacionales existe un marco normativo complejo y que no se ha llegado a una armonización legislativa en relación a la protección de los materiales biológicos.

Regulaciones sobre Bioseguridad

El desarrollo en el mundo de plantas transgénicas trajo aparejado la necesidad de establecer normas de bioseguridad tendientes a evitar perjuicios ambientales y para la salud tanto animal como humana. Esto llevó a la necesidad, en Argentina a crear en 1991 por Resolución 124/1991, una comisión de consulta y apoyo técnico para asesorar al Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) en la formulación e implementación de la regulación para la introducción y liberación al ambiente de materiales vegetales y animales obtenidos mediante Ingeniería Genética, llamada Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA).

Esta Comisión está constituida por representantes de los sectores público y privado involucrados en Biotecnología Agropecuaria. Los entes públicos representados son el Instituto Nacional de Semillas (INASE), el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Universidad de Buenos Aires, la Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable y la Secretaría de Salud Pública y entre los representantes privados la Asociación de Semilleros Argentinos, el Foro Argentino de Biotecnología, la Sociedad Argentina de Ecología, la Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes y la Cámara Argentina de Productos Veterinarios.

Las normas establecidas para el sistema de Seguridad en Biotecnología están integradas al Sistema regulatorio general para el sector agropecuario en materia de protección vegetal, de semillas y creaciones fitogenéticas y de sanidad animal.

Los principios fundamentales de la CONABIA para el asesoramiento a la SAGPyA se basan en la transparencia en los procesos, en criterios exclusivamente técnicos priorizando la bioseguridad de las introducciones al medio y en la confidencialidad de la información.

La normativa está basada en las características y riesgos del producto biotecnológico y no en el proceso mediante el cual fue originado dicho producto contemplando los aspectos de los procedimientos que pudieran significar riesgo para el ambiente o la producción agropecuaria (Resoluciones SAGPyA N° 656/1992, 837/1993 y 289/1997).

Por otro lado, el análisis se realiza “caso por caso”, definiendo como “caso” a la empresa o ente solicitante, el evento de transformación y la escala (magnitud) de la liberación, considerándose un “caso” diferente si alguna de estas condiciones no se conserva.

La CONABIA ha definido (siguiendo normas internacionales) que “un OGM es un organismo (vegetal, animal o microorganismo incluyendo virus) en el cual se ha introducido

un segmento de ácido nucleico que se incorpora en forma estable al genoma, forma deliberada y dirigida a obtener un determinado fenotipo, siendo aquella introducción realizada de tal manera que dicho ácido nucleico no podría haber sido adquirido por ese organismo a través de mutaciones, recombinaciones u otras formas de transferencia genética reconocidas como mecanismos que operan en la Naturaleza sin intervención humana”.

Una vez autorizadas las liberaciones, el INASE o el SENASA son los encargados del monitoreo de los ensayos que evalúan el cumplimiento de lo presentado en las solicitudes, tanto durante el ensayo como el control del lugar al finalizar la experimentación.

La información necesaria para el análisis de riesgo de una liberación depende del tipo de producto, hay tres solicitudes, una para plantas, otra para microorganismos y productos veterinarios y una última para animales genéticamente modificados.

Las solicitudes deben proveer información sobre las características de los OGMs, el sitio de liberación y las condiciones experimentales, organizadas en resumen, información general e información complementaria. Es muy importante que el solicitante provea información sobre los procedimientos de bioseguridad a seguir durante todo el experimento incluyendo las medidas a tomar en caso de eventuales escapes de los OGMs al ambiente.

Los permisos otorgados por la SAGPyA pueden ser de varios tipos dependiendo del producto a analizar, pero en general se pueden dividir en: prueba en laboratorio o bioterio; prueba en condiciones controladas; prueba a campo y multiplicación precomercial o a escala piloto.

Una vez completados todos estos requisitos incluyendo la multiplicación precomercial o a escala piloto, comienza la evaluación del material transgénico como alimento, reactivo biológico, etc., responsabilidad del INASE o SENASA y por último el dictamen sobre la conveniencia de la comercialización por su impacto en los mercados teniendo en cuenta también los criterios de bioseguridad a nivel nacional, regional e internacional, que están siendo armonizados lentamente.

La biotecnología en Bolivia

por Enrique Carrasco G.*

Introducción

El avance de la biotecnología a escala mundial, en los últimos años, ha sido vertiginoso, desarrollándose principalmente los campos de la genética genómica y la ingeniería genética. Este avance ha influenciado a numerosos sectores, relacionados principalmente con el desarrollo productivo, como el agropecuario e industrial.



Este es un trabajo, extractado del documento "Diagnóstico sobre la Situación de la Seguridad de la Biotecnología y la Biotecnología en Bolivia", elaborado con el apoyo del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, el Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal a través de la Dirección General de Biodiversidad.

El adelanto de la biotecnología en los diferentes países está acorde con su grado de desarrollo. Así la biotecnología es aún incipiente en los países menos desarrollados, habiéndose obtenido logros principalmente en el cultivo de células y tejidos, menos en la parte de genética molecular y menos aún en ingeniería genética.

Bolivia no quedó al margen de este avance e inició la aplicación de estas biotecnologías en diferentes sectores que están comprometidos con el desarrollo del país. Aunque falta mucho camino por recorrer, las actuales políticas nacionales han de dar el impulso necesario para que las nuevas biotecnologías formen parte del nuevo esquema de investigación y desarrollo. En este documento se reflejan los inicios y el avance logrado en biotecnología y bioseguridad, tanto a nivel estatal como privado, mostrando entonces el estado actual de Bolivia en esta importante tecnología.

Biotecnología Agrícola

En Bolivia, los avances más notables se han conseguido en la aplicación práctica de la propagación masiva de plántulas, la cual ha sido altamente beneficiosa para el desarrollo del sector agrícola del país.

La Unidad de Producción de Semilla de Papa (UPS-SEPA), establece el primer Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del país en 1986, como una alternativa práctica para el autoabastecimiento de centenares de miles de plantas anuales. Actualmente, su producción alcanza las 280.000 plántulas anuales, que se traduce en la generación de más de 2.000 toneladas de semilla certificada de papa por año. Esta institución se consolida como un modelo latinoamericano en la producción de semilla de papa de alta calidad sanitaria y muestra, además, los valiosos aportes a la agricultura del uso de biotecnologías simples.

* Ing. Agr., M. Sc.
Genética y
Mejoramiento de Plantas
Coordinador Nacional del Subprograma
Biotecnología del PROCISUR Fundación
PROINPA
E-mail: carrasco@proinpa.org

A finales de los ochenta, el Instituto Boliviano de Tecnología y Energía Nuclear (IBTEN) en La Paz, instala con el apoyo de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) con sede en Viena, un Laboratorio de Cultivo de Tejidos, el cual estuvo destinado a realizar mutaciones inducidas en material vegetal. Paralelamente, la Universidad Técnica de Oruro (UTO) establece un laboratorio similar, con el financiamiento de la misma Agencia.

A principios de los años 90, el Programa Agroquímico de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) de Cochabamba, con el apoyo financiero de la Cooperación Canadiense, establece un laboratorio de cultivo de tejidos de especies industriales y aromáticas con importancia agroindustrial.

De igual manera iniciando los años 90, el Programa de Investigación de la Papa (PROINPA), actualmente constituido en Fundación, crea el Laboratorio de Biotecnología, que se especializa en la limpieza viral de papa y tubérculos andinos e inicia la conservación *in vitro* de las entradas en riesgo del Banco Nacional de Germoplasma. Paralelamente, se establece en el Centro de Servicios y Producción de Toralapa un sistema cuarentenario, de recepción y eliminación de material vegetal foráneo, contando actualmente con un sistema de invernaderos de cuarentena y de incineración de material biológico.

La Corporación Andina de Fomento (CAF) en 1991, apoya a su vez a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) de Santa Cruz en el equipamiento de un laboratorio ubicado en el Instituto de Investigaciones Agrícolas «El Vallecito», actualmente dedicado a la conservación de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta*) y camote (*Ipomoea batata*), así como también a la limpieza de la colección local. En la actualidad se multiplican y difunden los clones más productivos producidos *in vitro*, como también se realizan trabajos de microinjertación en cítricos.

En los últimos años, se consolidan diferentes laboratorios entre los que se destacan el Laboratorio de Biotecnología del IBTA Chapare, para la producción de banano, piña y otras especies tropicales y el laboratorio privado IN VITRO en La Paz.

También se implementan otros laboratorios que cumplen función académica en las Facultades de Agronomía de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) de Cochabamba, la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de La Paz y la Escuela Militar de Ingeniería (EMI) en La Paz.

Biotechnología Pecuaria

En la ciudad de Santa Cruz, se desarrolla desde 1987 el “Programa de Mejoramiento Genético para Ganado Bovino de Carne y Leche” con el apoyo de la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa (JICA), el cual lidera la investigación y producción en este campo. Este Programa trabaja en las zonas

ganaderas de Santa Cruz y el Beni, en estrecha relación con la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, la Federación de Ganaderos (FEGASACRUZ), la Asociación de Productores de Leche (ADEPLE) y la Asociación de Criadores de Cebú (ASOCEBU). El Programa de mejoramiento genético, está usando técnicas de inseminación y transferencia de embriones, además del diagnóstico de patógenos, con el apoyo de la biotecnología.

A la fecha se han realizado varias actividades relacionadas con la biotecnología, como el establecimiento de técnicas de inseminación y transferencia de embriones y de técnicas de diagnóstico. En otras especies animales, con la participación de la Academia Nacional de Ciencias y el Instituto de Genética de la Facultad de Medicina de la UMSA, se formuló un proyecto que contempla el uso de biotecnología aplicada a la reproducción de camélidos.

En la ciudad de Cochabamba se cuenta con el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Veterinario (LIDIVECO), el cual constituye el más importante laboratorio de diagnóstico del departamento y de igual manera en Santa Cruz, el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Veterinario (LIDIVET). También en el campo de la sanidad animal, se están utilizando actualmente vacunas importadas producidas por técnicas modernas de biotecnología.

Programas Nacionales de Biotecnología

Los programas nacionales de biotecnología, básicamente se hallan concentrados en las universidades estatales y algunas instituciones privadas. Las áreas en las que se desarrollan abarcan un 37% en vegetales, 9% en animales, 26 % en el sector agroindustrial y el 28% restante en el área humana.

Universidad Mayor de San Andrés (La Paz)

- Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Facultad de Agronomía, que trabaja principalmente en la conservación y multiplicación de especies cultivadas con valor alimentario y en peligro de extinción;
- Instituto de Genética de la Facultad de Medicina, con su Unidad de Bioquímica y Biotecnología Vegetal, cuyo trabajo esencialmente es en plantas medicinales;
- Centro de Biología Molecular de la Facultad de Biología, trabaja en el diagnóstico de patógenos, marcadores moleculares y transformación. Este trabajo es realizado esencialmente en microorganismos y algunas especies animales como los camélidos.

**Universidad Gabriel René
Moreno (Santa Cruz)**

- Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Agrícolas “El Vallecito”, trabaja en investigación y producción de frutales y ornamentales tropicales, además de la conservación *in vitro* de los bancos de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta*), camote (*Ipomoea batata*) y banano (*Musa spp*).

**Universidad Mayor de
San Simón
(Cochabamba)**

- Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, trabaja en investigación y producción de ornamentales y frutales de clima templado;
- Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Centro de Tecnología Agroindustrial y su Programa Agroquímico, su trabajo se centra en la producción y conservación de especies vegetales nativas e introducidas para la obtención de aceites esenciales;
- Programa de Biotecnología de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología, su trabajo radica en la selección, identificación y conservación de microorganismos útiles en los procesos industriales de fermentación.

**Universidad Técnica de
Oruro (Oruro)**

- Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía, su trabajo se desarrolla en la investigación y conservación de especies vegetales y forestales del altiplano como la quinua (*Chenopodium quinoa*), cañahua (*Chenopodium pallidicaule*), cebada (*Hordeum vulgare*), haba (*Vicia faba*) y keñua (*Polylepis sp*).

**Escuela Militar de
Ingeniería (EMI)**

- Proveglass-EMI, laboratorio de cultivo de tejidos vegetales, perteneciente a la Facultad de Agronomía, su trabajo está destinado a la micropropagación de banano, piña, frutilla, cítricos y flores.

**Instituto Boliviano de
Tecnología Nuclear
(IBTEN)**

Institución descentralizada del Ministerio de Agricultura, que recibe financiamiento de la organización internacional de Energía Atómica y del Tesoro General de la Nación, cuya base está en la localidad de Viacha en La Paz.

- Laboratorio de Biotecnología Vegetal, trabaja en investigación con tubérculos andinos, principalmente en el área de mejoramiento genético con el uso de mutaciones inducidas.

IBTA/CHAPARE

Institución descentralizada del Ministerio de Agricultura, con financiamiento de USAID; su base y área de trabajo está en el trópico del departamento de Cochabamba.

- Laboratorio de Biotecnología, trabaja en la producción de vitroplantas de banano (*Musa sp*), piña (*Anana comusus L.*), palmito (*Bactris gasipaes H.B.K.*) y una infinidad de ornamentales tropicales.

UPS/SEPA

La Unidad de Producción de Semilla de Papa es una institución mixta con participación pública y privada, que está asentada en la ciudad de Cochabamba.

- Laboratorio de Cultivo de Tejidos, trabaja principalmente en la obtención de vitroplantas de papa, para la producción de semilla de papa de alta calidad.

Fundación Amigos de la Naturaleza

Es una institución privada dedicada a la conservación del medio ambiente, actualmente tiene a su cargo el manejo del Parque Nacional Noel Kempff Mercado en el Departamento de Santa Cruz.

- Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, trabaja en la producción y conservación de especies ornamentales tropicales.

PROINPA

La Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) es una institución sin fines de lucro dedicada al fortalecimiento de la cadena agroalimentaria de raíces, tubérculos y otros cultivos andinos, mejorando los ingresos de sus actores y preservando los recursos naturales.

- Laboratorio de Biotecnología, su trabajo es realizado principalmente en tubérculos andinos en lo que respecta a la conservación *in vitro*, la producción de semilla de alta calidad a través de la termoterapia *in vitro*, el diagnóstico de plagas y enfermedades (bacterias, hongos, virus, nematodos e insectos). También se están iniciando trabajos en el área de la genética genómica, con el uso de marcadores moleculares.

Fuentes de Financiamiento

Las principales fuentes de financiamiento, que se han dado hasta la fecha son esencialmente las provenientes de las Agencias de Cooperación Internacional. El Estado no ha realizado inversiones significativas en esta materia, su participación se ha limitado a la canalización de fondos externos. Sin embargo, el protagonismo de la biotecnología en diferentes ciencias determinó que se proyecten nuevas políticas en materia de investigación en las que la biotecnología jugará un papel preponderante.

Así, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (MAGDR), está impulsando la creación del Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria (SIBTA) y el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria (SENASAG). Ambas instituciones cuentan con una estrategia de innovación tecnológica, en la cual se establece el fomento para el desarrollo de la biotecnología en el área vegetal y animal.

El Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, a través del Viceministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología, y éste por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) está impulsando la promulgación de la Ley de Ciencia y Tecnología, la cual declara de interés público y de prioridad nacional las actividades científico-tecnológicas en las cuales, obviamente, está inserta la biotecnología. También, se adelantan gestiones para el funcionamiento del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT), así como de Comisiones Sectoriales y Consejos Departamentales de Ciencia y Tecnología. Todas estas acciones estarán coadyuvadas por el Plan Nacional de Desarrollo Científico Tecnológico, dentro del cual, una de las áreas prioritarias es la biotecnología y su manejo racional (bioseguridad).

Las Agencias de Cooperación y Organismos Internacionales

Las acciones que realizan las Agencias de Cooperación son puntuales, pues la ayuda que cada una de ellas presta al país, está centrada en atender las demandas nacionales basándose en la priorización que el país realiza

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), la Corporación Andina de Fomento (CAF) y USAID han apoyado el establecimiento de laboratorios de cultivo de tejidos vegetales para la producción masiva de plantas de alta calidad genético sanitaria. La Cooperación Técnica Belga apoyó la capacitación de recursos humanos y el establecimiento de laboratorios para el diagnóstico de patógenos de enfermedades tropicales, usando técnicas moleculares. También otorgó becas de posgrado a profesionales bolivianos en biotecnología agropecuaria y salud humana. Así mismo, el JICA prestó un importante apoyo en la implementación de laboratorios en el área de mejoramiento animal y en capacitación.

Los organismos internacionales, particularmente el IICA, a través de sus programas de cooperación como el PROCISUR, PROCIANDINO y PROCITROPICOS apoyó la capacitación de talentos humanos y equipamiento de laboratorios en el área de biotecnología vegetal.

La FAO contribuye al desarrollo de la biotecnología a través de la Red de Cooperación Técnica en Biotecnología Vegetal (REDBIO), de la cual varios laboratorios bolivianos son miembros.

Recursos Financieros para la Investigación y la Producción en Biotecnología y el Desarrollo de la Bioseguridad

El financiamiento de los laboratorios es un factor limitante para el desarrollo y la aplicación de la biotecnología en las diferentes áreas. En los laboratorios de biotecnología vegetal, las principales fuentes de financiamiento son externas y propias, cada una con 33%. La inversión estatal dirigida a los laboratorios de biotecnología no es mayor al 17 %, aspecto que requiere de un profundo análisis con la finalidad de buscar un mayor protagonismo estatal en tecnologías estratégicas, que podría propiciar un considerable desarrollo de la biotecnología.

Sostenibilidad de los trabajos de investigación y producción

Los trabajos de investigación y producción biotecnológica tienen poca sostenibilidad, debido a la carencia de recursos económicos para llevar adelante los mismos, lo cual se empeora debido a que los programas de investigación no priorizan las demandas del sector productivo. La cooperación internacional contribuye de una manera significativa a la investigación en Bolivia, a través de proyectos de duración definida. Sin embargo, la continuidad de los trabajos se ve comprometida al finalizar los mismos.

Colaboración del Sector Público y Privado

Como se mencionó anteriormente, el Sector Público no había priorizado a la biotecnología como una ciencia que contribuya al desarrollo productivo del país, sin embargo, las nuevas políticas están tomando muy en cuenta a la biotecnología y la bioseguridad, para lo cual la participación en todas las instancias, públicas y privadas es fundamental. Las iniciativas privadas en materia de biotecnología, han desarrollado, principalmente, el área de cultivo de tejidos vegetales y la micropropagación, para favorecer a la agroindustria y a las industrias farmacéuticas nacionales y extranjeras.

Se prevé que en un futuro próximo, la interacción entre el sector público y el privado deberá ser mayor, ya que con la creación de

los nuevos sistemas de investigación sobre todo en materia agropecuaria (SIBTA Y SENASAG), si bien se delega a los privados la facultad de generar, validar y transferir tecnología, esto deberá ser coordinado con el estado.

Colaboraciones Regionales e Internacionales

REDBIO

La Red de Cooperación Técnica en Biotecnología Vegetal (REDBIO), que agrupa a más de doscientos laboratorios en Latinoamérica y el Caribe, con una masa crítica de cerca de 1500 investigadores, fue establecida y está en operaciones desde 1991, y constituye la principal red de cooperación desde sus inicios. Varios laboratorios de Bolivia están inscritos en esta importante Red. Sus objetivos son: promover el intercambio de información y materiales biológicos; apoyar y coauspiciar actividades regionales de entrenamiento en biotecnología avanzada; desarrollar proyectos cooperativos de investigación entre laboratorios dentro de la región o con países desarrollados; y promover la preparación de un código de conducta en biotecnología vegetal. La coordinación nacional de la Red tiene a su cargo las distintas coordinaciones dentro del territorio boliviano. Las actividades prioritarias se refieren al entrenamiento en virología molecular; ingeniería genética, uso de marcadores moleculares; regulaciones y bioseguridad (código de conducta); la publicación de una carta de coordinación; y reuniones de coordinación.

PROCISUR

El Subprograma de Biotecnología del PROCISUR, promueve a través de sus Institutos de Investigación Agropecuaria (INIAs), la transferencia horizontal de las nuevas tecnologías entre sus países miembros (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay), con la finalidad de buscar alternativas conjuntas que permitan potenciar a la región en el uso de la biotecnología. Bolivia a través del ex Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) y actualmente por medio de la Dirección General de Desarrollo Tecnológico del Ministerio de Agricultura, participa en el Subprograma de Biotecnología, logrando captar un importante apoyo en capacitación en diversos temas y rubros; además recursos financieros para la generación de protocolos que optimicen la propagación masiva de frutales de clima templado.

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), a través de la Agencia de Cooperación Técnica en Bolivia y sus Programas de Ciencia y Tecnología y Recursos Naturales y Producción Agropecuaria, apoya a instituciones nacionales para fortalecer su operación y sus acciones de innovación

tecnológica, lo que incluye manejo de la biodiversidad, biotecnología y bioseguridad.

Con la misma filosofía de apoyo, el IICA, en un esfuerzo conjunto con los Institutos de Investigación Agropecuaria (INIAs), creó los Programas de Cooperación para la Agricultura (PROCIAs), de los cuales tres tienen acción en Bolivia. Ellos son: el Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (PROCISUR), el Programa Cooperativo de Innovación Tecnológica Agropecuaria para la Región Andina (PROCIANDINO) y el Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología para los Trópicos Suramericanos (PROCITROPICOS).

FAO

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe, inició sus actividades en biotecnología avanzada como actividad de seguimiento a las recomendaciones del Simposio CTA/FAO de Biotecnología Vegetal para países en desarrollo, realizado en Luxemburgo del 26 al 30 de junio de 1989.

Como consecuencia de lo anterior, la Oficina Regional, con apoyo de la División de Producción y Protección de Plantas de la Sede de la FAO en Roma, realizó una encuesta regional y el posterior lanzamiento de la REDBIO. La Oficina de la FAO en Bolivia no realiza actividades específicas en materia de biotecnología vegetal ni bioseguridad, sino solamente de apoyo para el desarrollo de la capacidad nacional, a través de la REDBIO.

PNUMA

La presencia del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en América Latina y el Caribe, en los últimos veinte años, ha favorecido el establecimiento de un marco de cooperación entre los países de la Región, con miras a identificar y abordar preocupaciones ambientales comunes. El PNUMA colaboró con estos países en el desarrollo institucional y en la formulación de políticas. Ha mantenido un programa de becas y financiamiento con el fin de que los funcionarios gubernamentales puedan participar en cursos de formación a corto plazo y también en foros regionales. Entre las principales contribuciones que el PNUMA, en colaboración con sus socios, ha llevado a cabo en materia de gestión ambiental (con inclusión de temas relacionados a la gestión de la biotecnología y la bioseguridad) en América Latina y el Caribe, destacamos las siguientes:

- Un Programa de Derecho Ambiental, que proporciona asistencia técnica para el desarrollo de la legislación sobre la materia y su aplicación en los países de la

región, el cual mantiene un sistema de información computarizado sobre el derecho ambiental regional y genera publicaciones periódicas y libros de derecho ambiental;

- Una Red Regional de Formación en materia de medio ambiente;
- La prestación de servicios de asesoramiento a los gobiernos sobre temas de evaluación de impacto ambiental, producción limpia, diversidad biológica, desarrollo institucional, capacitación ambiental, manejo de información y datos, entre otros;
- Publicaciones que incluyen temas como el estado de los mares regionales, la economía ambiental, la diversidad biológica, la desertificación y la historia ambiental, enfocados a la región de América Latina y el Caribe (tanto en inglés como en español);
- La elaboración y publicación de las Directrices Técnicas Internacionales del PNUMA sobre seguridad de la biotecnología;
- TIERRAMERICA, un suplemento de difusión sobre temas ambientales, que aparece bimestralmente como encarte en diarios de gran circulación en la región;
- Proyecto Piloto sobre Bioseguridad con subproyectos en 18 países incluyendo Bolivia.

Derechos de Propiedad Intelectual

Actualmente, Bolivia, no cuenta con una legislación específica sobre tecnologías o productos derivados de la biotecnología. Sin embargo, existen algunas normativas que están vinculadas al tema, las cuales derivan de las decisiones tomadas por la Comunidad Andina de Naciones (CAN), ex Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). Las decisiones de la CAN son legalmente vinculantes, vale decir que son válidas en cada uno de los países miembros (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela).

Estas decisiones, que tienen carácter legal son:

- Decisión 344: Régimen Común sobre Propiedad Industrial;
- Decisión 345: Régimen Común de Protección a los Derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales;
- Decisión 351: Régimen Común sobre derechos de Autor y Derechos Conexos;
- Decisión 391: Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos.

También, Bolivia mediante la Ley N° 1968 del 24 de marzo de 1999, ratificó la adhesión a la Unión

Internacional sobre la protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), bajo el acta de 1978.

Normas de Bioseguridad (Regulaciones)

La tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética, también llamada biotecnología moderna, ha ingresado al mundo de la producción. Los organismos genéticamente modificados (OGMs), principalmente las plantas transgénicas y sus productos derivados, están en el mercado mundial y se considera que éstos continuarán incrementándose.

Las nuevas técnicas moleculares y celulares de modificación genética, están generando, sin cesar, productos, que aunque auguran beneficios y mejoras substanciales a la calidad de la vida, presentan serias preocupaciones por los riesgos potenciales para la conservación de la biodiversidad y la salud en general. Ellos pueden manifestarse a causa de una determinada liberación al medio ambiente, la manipulación genética en sí, la producción de clones humanos, así como también el desarrollo de agentes bélicos y tóxicos, además de los problemas éticos y económicos (ONUDI, 1992).

La seguridad de la biotecnología o bioseguridad referida a organismos transgénicos, es un conjunto de acciones o medidas de seguridad destinadas a la prevención, reducción o eliminación de los riesgos para la diversidad biológica y la salud humana, derivados del manejo de un organismo genéticamente modificado y la utilización de la tecnología del ADN recombinante y otras técnicas moleculares modernas.

En Bolivia, el marco legal/institucional para la gestión del medio ambiente, incluyendo la gestión de la conservación de la diversidad biológica, se establece con la aprobación de la Ley del Medio Ambiente N° 1333 de abril de 1992 y la reforma general del Poder Ejecutivo en 1993, en el marco de la cual se crea el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (MDSMA) actual Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP), cuyo principal objetivo es lograr el desarrollo armónico del país, articulando los aspectos humanos, la calidad ambiental, el mantenimiento y recuperación de los recursos naturales renovables y el aprovechamiento económico racional en el marco del desarrollo sostenible.

Así mismo, la actual Dirección General de Biodiversidad, anteriormente denominada Dirección Nacional de Conservación de la Biodiversidad, es la entidad dependiente del Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal (VMARNDF) a su vez dependiente del MDSP, encargada de la gestión integral, participativa y sostenible de los recursos de vida silvestre, los recursos genéticos e hidrobiológicos, la bioseguridad y los ecosistemas principales del país.

**Participación de Bolivia
en Talleres Regionales e
Internacionales sobre
Seguridad de la
Biotecnología**

Bolivia representada por la entonces Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería, actual Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (MAGDR), participó en las siguientes reuniones y talleres de los países del Cono Sur (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Uruguay y Paraguay), organizados por el Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA) y el Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (PROCISUR):

- Taller Regional para la Armonización de la Bioseguridad en el Cono Sur: Supervisión de Plantas Transgénicas. Buenos Aires, Argentina. Noviembre de 1992;
- Seminario/Taller Regional para la Armonización de la Bioseguridad en las Américas: Construyendo Capacidades Institucionales. Cartagena, Colombia. Junio de 1994;
- Reunión sobre Bioseguridad y Comercialización de Organismos Modificados Genéticamente en el MERCOSUR. Buenos Aires, Argentina. Setiembre de 1995;
- Taller Regional sobre Bioseguridad en Biotecnología Agropecuaria: Hacia la Comercialización de Vegetales y Vacunas Genéticamente Modificados. Buenos Aires, Argentina. Marzo de 1996.

Así mismo, en julio de 1993, la entonces Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería, organizó el Taller Nacional sobre Bioseguridad e Introducción de Plantas Transgénicas en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, actual Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, a través de su Dirección General de Biodiversidad (DGB), ha participado activamente representando a Bolivia en los eventos regionales e internacionales que se mencionan a continuación:

- Consulta Mundial de Expertos Designados por los Gobiernos sobre las Directrices Técnicas Internacionales Relativas a la Seguridad de la Biotecnología. Cairo, Egipto. Diciembre de 1995;
- Taller Regional sobre Bioseguridad en Biotecnología Agropecuaria: Hacia la Comercialización de Vegetales y Vacunas Genéticamente Modificados. Buenos Aires, Argentina. Marzo de 1996;
- Reunión de Seguimiento para la Armonización de las Normas de Bioseguridad Agropecuarias en el Cono Sur. Buenos Aires, Argentina. Octubre de 1996;
- Segunda, Tercera y Cuarta Conferencia de las Partes (COP) del Convenio sobre Diversidad Biológica, realizadas en 1995, 1996 y 1998 respectivamente;

- Reunión de Trabajo Internacional sobre la Aplicación de las Directrices Técnicas Internacionales del PNUMA sobre Seguridad de la Biotecnología. Buenos Aires, Argentina. Octubre de 1996;
- Primera, Tercera, Cuarta y Sexta Reuniones del Grupo de Trabajo de Composición Abierta sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre Diversidad Biológica, realizadas durante el periodo 1996-1999;
- Primera Reunión Extraordinaria de la Conferencia de las Partes (COP) del Convenio sobre Diversidad Biológica. Cartagena, Colombia. Febrero de 1999.

Los mencionados eventos, en los cuales Bolivia tuvo representación a través de la Dirección General de Biodiversidad, permitieron, en gran medida, establecer en el ámbito nacional, un marco legal/institucional para la gestión de la seguridad de la biotecnología o bioseguridad relacionada con organismos transgénicos.

Actividades Nacionales para el establecimiento de un marco nacional sobre Seguridad de la Biotecnología

En el marco de lo establecido en la Agenda o Programa 21, el Convenio sobre Diversidad Biológica y las normas subregionales legalmente vinculantes del entonces Acuerdo de Cartagena, actual Comunidad Andina de Naciones (Disposiciones Transitorias de las Decisiones 345 y 391), las cuales establecen que los países miembros adoptarán un régimen común sobre bioseguridad, la Dirección General de Biodiversidad viene realizando en el ámbito nacional desde enero de 1996, las siguientes actividades relativas a bioseguridad:

- Talleres nacionales previos a la elaboración de la normativa nacional sobre bioseguridad;
- Taller Nacional para el Desarrollo de los Lineamientos de una Estrategia Nacional sobre Seguridad de la Biotecnología. La Paz, mayo de 1996;
- Taller Nacional para la Reglamentación de Acceso a Recursos Genéticos y Bioseguridad. La Paz, septiembre de 1996.

El Reglamento sobre Bioseguridad del Convenio de Diversidad Biológica (Decreto Supremo 24676) ha sido elaborado por el MDSP en el marco de lo establecido en la Convención sobre la Diversidad Biológica, las Guías Técnicas Internacionales del PNUMA, lo discutido en la 1ª Reunión del Grupo de Trabajo de Composición Abierta sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB, las reuniones regionales de los países del Cono Sur sobre armonización de normas técnicas de bioseguridad y, principalmente, sobre la base de insumos recogidos a través de talleres y reuniones nacionales.

Para la elaboración del Reglamento sobre Bioseguridad se conformó un Comité "Ad Hoc" de Bioseguridad con representantes de diferentes instituciones gubernamentales y de la sociedad civil involucradas tales como: la entonces Secretaría Nacional de Recursos Naturales, actual Viceministerio de Medio Ambiente Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, la entonces Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería, actual Viceministerio de Agricultura y Ganadería (VIMAG), la entonces Secretaría Nacional de Industria y Comercio, actual Viceministerio de Industria y Comercio Interno (VICI), la entonces Secretaría Nacional de Relaciones Económicas Internacionales e Integración, actual Viceministerio de Relaciones Económicas Internacionales e Integración (VMREII), la entonces Secretaría Nacional de Salud, actual Viceministerio de Salud (VS), el Programa Nacional de Semillas, el entonces Programa de Investigación de la Papa (PROINPA) de Cochabamba, actual Fundación PROINPA, la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) de Cochabamba, la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de La Paz, la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) de Santa Cruz, el Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas (IIFB) de La Paz, el Instituto de Genética de La Paz, el Herbario Nacional y el Centro de Investigaciones Agrícolas Tropicales (CIAT) de Santa Cruz.

Para la revisión y consenso del Proyecto de Reglamento de Bioseguridad se realizaron cuatro reuniones nacionales en fechas 7 y 28 de febrero de 1997, 21 de marzo de 1997 y 4 de abril de 1997 respectivamente. Con todos los mencionados anteriormente, se pudo elaborar el Reglamento sobre Bioseguridad del Convenio sobre Diversidad Biológica (D.S. 24676). Este Reglamento fue aprobado por el Gobierno Boliviano, mediante el Decreto Supremo N° 24676 del 21 de junio de 1997, por lo que su cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional y/o extranjera es obligatorio. El Reglamento sobre Bioseguridad del Convenio de Diversidad Biológica, establece el marco legal para el manejo de organismos genéticamente modificados (OGMs) en Bolivia y la introducción o importación de los mismos al territorio nacional por parte de empresas interesadas en realizar diversas actividades.

El Reglamento sobre Bioseguridad tiene como finalidad minimizar los riesgos y prevenir los impactos ambientales negativos que las actividades de introducción, investigación, manipulación, producción, utilización, transporte, almacenamiento, conservación, comercialización, uso y liberación de organismos genéticamente modificados (OGMs) obtenidos a través de técnicas de ingeniería genética, sus derivados y/o los organismos que los contengan, podrían ocasionar a la salud humana, el medio ambiente y la diversidad biológica.

En el Reglamento se establece el procedimiento a seguir con el fin de obtener la autorización respectiva para la realización de

actividades con organismos genéticamente modificados (OGMs). Así mismo, se determina que la evaluación de los riesgos se realizará sobre la base de un examen profundo de la información proporcionada por el solicitante sobre los parámetros que deben cumplir los OGMs.

Las características de los OGMs que se deben apreciar son:

- El organismo receptor/parental o huésped;
- El organismo donante y el vector utilizado;
- El inserto y el rasgo codificado;
- El centro de origen;
- La utilización a que se destina, es decir la aplicación específica de la utilización confinada o la liberación intencional, o la incorporación al mercado, con inclusión de la escala prevista, los procedimientos de gestión y tratamiento de desechos, entre otros.

Se debe tener en cuenta el medio ambiente receptor potencial, con el objeto de determinar:

- Los posibles efectos negativos para la salud humana, el medio ambiente y la diversidad biológica derivados de la actividad que se realice con el OGM;
- La factibilidad de la gestión de los riesgos basándose en las medidas de gestión propuestas por el solicitante;
- La clasificación del OGM según los grupos de riesgos establecidos en el Reglamento.

Para la determinación de los posibles riesgos derivados del manejo de los organismos genéticamente modificados, éstos se clasificarán en uno de los siguientes grupos, según los criterios establecidos a continuación:

- Grupo 1: un OGM será clasificado en este Grupo y considerado de bajo riesgo según los siguientes criterios: i) no hay probabilidad de que el organismo receptor o parental provoque enfermedades a los seres humanos, animales o plantas; ii) la naturaleza del vector y del inserto es tal que no dota al OGM un genotipo que es probable que cause enfermedades a los seres humanos, animales o plantas, o que es probable que tenga efectos adversos para el medio ambiente; iii) no es probable que el OGM cause enfermedades a los seres humanos, animales o plantas y es poco probable que tenga efectos adversos para el medio ambiente;
- Grupo 2: un OGM será clasificado en este grupo y considerado de alto riesgo cuando no reúna los requisitos establecidos en el Grupo 1, es decir que tanto el organismo receptor o parental, la naturaleza del vector y del inserto, así como el OGM o uno de ellos, causen enfermedades a los humanos, animales y plantas y tengan efectos adversos para el medio ambiente.

La gestión de los riesgos se realizará con el objetivo de reducir y controlar el impacto negativo del OGM sobre la salud humana, el medio ambiente y la diversidad biológica durante la realización de una actividad específica con el mismo; por lo que la misma se llevará a cabo por parte del solicitante de manera sistemática durante todo el proceso de realización de la actividad con el OGM.

Previa evaluación de riesgos, realizada por el Comité Nacional de Bioseguridad, según la actividad solicitada y en función de la clasificación del OGM de acuerdo a lo establecido en el presente Reglamento, el solicitante establecerá las medidas de gestión de riesgos correspondientes, así como los mecanismos a través de los cuales aplicará las mismas.

Desde junio de 1998, la DGB viene ejecutando el Proyecto «Apoyo para el Establecimiento de un Marco Nacional de Bioseguridad» con fondos del Global Environment Facility y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA/GEF). El proyecto establece la elaboración de un «Diagnóstico de la Situación de la Bioseguridad y la Biotecnología», de una «Estrategia Nacional de Bioseguridad» y la realización de talleres nacionales sobre bioseguridad para la difusión del tema a escala nacional, de manera que se establezcan las bases de un marco nacional de bioseguridad.

En el marco del proyecto y con el objetivo de lograr un nivel de sensibilización del público sobre el tema de bioseguridad relacionado con organismos transgénicos, se realizaron los siguientes talleres nacionales:

- Primera Reunión del Comité Nacional de Bioseguridad. La Paz, 25 de noviembre de 1998;
- Seminario Nacional sobre Principios para la Evaluación de Riesgos de Organismos Genéticamente Modificados. La Paz, 26 y 27 de noviembre de 1998;
- II Reunión Boliviana de Biotecnología. Cochabamba, 7, 8 y 9 de diciembre de 1998;
- Taller Nacional para la Identificación de Necesidades y Prioridades en Evaluaciones de Riesgo de Organismos Transgénicos. Cochabamba, 10 de diciembre de 1998;
- Primer Curso Nacional sobre Bioseguridad. Santa Cruz de la Sierra, 29-31 de marzo de 1999;
- Reunión Nacional de Jefes de Laboratorios de Biotecnología para la Conformación de la Red Boliviana de Biotecnología. Santa Cruz, 1 de abril de 1999.

En la actualidad Bolivia ya cuenta con una “Estrategia Nacional de Seguridad de la Biotecnología”, además del “Diagnóstico sobre la Situación de la Bioseguridad y la Biotecnología”.

Experiencias en Bolivia sobre evaluación de riesgos con plantas transgénicas

El ex Programa de Investigación de la Papa (PROINPA), actual Fundación para la Investigación y Promoción de Productos Andinos, estuvo involucrado en trabajos de investigación para el desarrollo de variedades de papa genéticamente modificada con tolerancia a heladas. Estos trabajos fueron implementados por la Universidad Central de Venezuela, la Universidad de Louisiana de Estados Unidos y el Centro Internacional de la Papa (CIP) del Perú. Los trabajos de investigación dieron lugar a la modificación genética de la papa, a través de la introducción en el genoma de la planta, de un gen que codifica para una proteína anticongelante de un pez (lenguado), que vive en las aguas frías del polo norte.

A finales de 1991, PROINPA recibió de la Universidad Central de Venezuela, 30 clones transgénicos de la variedad de papa Desiree para evaluar su resistencia a heladas. En esa oportunidad no existían regulaciones sobre bioseguridad y supervisión de plantas transgénicas en Bolivia. La autorización para introducir y evaluar los clones de papas transgénicas fue otorgada por el entonces Ministerio de Agricultura y Asuntos Campesinos (MACA) a través del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA). Para este propósito, el MACA emitió la Resolución Ministerial N° 028/92 del 24 de febrero de 1992, en la cual se estableció que PROINPA debía aplicar las regulaciones internacionales de bioseguridad y que el IBTA se responsabilizaría de la supervisión y monitoreo del proceso de evaluación. El proceso utilizado para evaluar este material fue establecido de acuerdo a las Normas de Bioseguridad elaboradas por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y en colaboración estrecha con el mismo.

Los clones transgénicos fueron primero multiplicados en invernadero en la Estación Experimental de Toralapa en Cochabamba ubicada a una altura de 3.450 msnm. Las evaluaciones sobre la tolerancia a las heladas fueron inicialmente realizadas en una cámara de crecimiento, donde las plantas fueron expuestas primero a una temperatura de 10°C por dos horas. Después la temperatura fue disminuida progresivamente, para exponer las plantas a temperaturas de -3°C y -4°C durante dos horas, para cada una de estas temperaturas.

Posteriormente, las evaluaciones sobre la tolerancia a las heladas fueron realizadas a campo, tomando todas las medidas de bioseguridad establecidas en las Normas de Bioseguridad del CIP. Este trabajo se realizó desde la campaña agrícola 1993-1994, hasta la campaña 1996 – 1997, durante cuatro años consecutivos. En estos años, se evaluaron los clones por su tolerancia a las heladas, sus características morfológicas en planta y tubérculo y los rendimientos. Los resultados arrojaron comportamientos erráticos en cuanto a su tolerancia a las heladas, algunos clones mostraron deformidades en planta y

tubérculo y los rendimientos no fueron significativamente mayores a los cultivares testigo.

Si bien los resultados de la evaluación de las plantas transgénicas con el gen anticongelante, indican un mejor comportamiento de algunos clones transgénicos frente a las heladas y al granizo, esto no ha sido determinante como para seleccionarlos y que puedan llegar a convertirse en variedades. (Carrasco, 1996). Las pruebas con estas plantas, se han suspendido definitivamente luego de la última campaña de evaluación (1996 – 1997), por no haberse encontrado resultados contundentes que permitan a los clones transgénicos una superioridad en cuanto a resistencia, comparados con los obtenidos por mejoramiento convencional en base a variedades nativas.

Cumpliendo el procedimiento establecido por la normativa legal del país sobre bioseguridad (D.S. 24676), la Empresa MONSANTO Argentina SAIC, en febrero de 1998, solicitó al Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, el permiso correspondiente para la realización de pruebas de campo con soja genéticamente modificada tolerante al glifosato (Soja Roundup Ready), en la Provincia Ñuflo de Chávez, Cantón Saturnino Saucedo (Hacienda Estrella del Oriente) del Departamento de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Una vez analizada y evaluada la solicitud de MONSANTO por parte del Comité Nacional de Bioseguridad (CNB), éste recomendó al VMARNDF se autorice la realización de las pruebas de campo a pequeña escala en la campaña agrícola 1998/1999 según Dictamen Técnico N° 1/98. De acuerdo a dicho Dictamen, el monitoreo y evaluación de riesgos y las características agronómicas fueron encomendadas al Comité Regional de Semillas del Departamento de Santa Cruz, quien designó a tres inspectores de la Oficina Regional de Semillas de Santa Cruz.

Para el monitoreo y evaluación de riesgos, el Comité Regional de Semillas de Santa Cruz, a través de la Oficina Regional de Semillas, preparó un plan para las pruebas de campo del cultivo. Posteriormente los inspectores de la Oficina Regional de Semillas Santa Cruz, realizaron muestreos para determinar el comportamiento de malezas, insectos y enfermedades de acuerdo a un plan establecido los cuales se realizaron de la misma manera que para cultivos no transgénicos. Los muestreos se efectuaron en los lotes de cultivos transgénicos y en campos adyacentes a los mismos.

Durante el transcurso completo de los ensayos se realizaron cuatro inspecciones a los efectos de bioseguridad:

- A las tres semanas de siembra para corroborar las medidas de aislamiento;
- Cuando el cultivo presentaba un 50% de floración;
- En el momento de la cosecha, verificando además la disposición final de la semilla y de los residuos de cosecha;

- Una inspección de poscosecha para verificar la aparición de plantas voluntarias, objeto de eliminación.

Los inspectores de la Oficina Regional de Semillas de Santa Cruz de acuerdo al Plan de monitoreo, elaboraron y presentaron al VMARNDF informes periódicos y un informe final. Este será evaluado por el CNB, el cual recomendará al VMARNDF si se autoriza o no la producción de semillas transgénicas de soja a escala nacional.

La Soja Roundup Ready (soja RR) cuenta con una enzima adicional, la CP4-EPSPS, que le permite continuar con la síntesis de aquellos aminoácidos aromáticos que el herbicida Roundup Max bloquea en todas las especies vegetales. La producción de esa enzima adicional CP4-EPSPS en la soja RR, se debe a la participación de un gen proveniente de un microorganismo natural del suelo que se incorporó entre los genes de la soja con técnicas del ADN recombinante. Como resultado de esa modificación, se puede aplicar Roundup Max sobre la soja RR y las malezas emergidas, lográndose el control de las mismas, con la mayor resistencia del cultivo a todos y cada uno de los componentes del herbicida.

Cumpliendo el procedimiento establecido por la normativa legal del país sobre bioseguridad (D.S. 24676), la Empresa MONSANTO Argentina SAIC, en febrero de 1998, solicitó al Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, el permiso correspondiente para la realización de pruebas de campo con algodón Bt genéticamente modificado resistente a lepidópteros. Las pruebas de campo se realizaron en la Provincia Ñuflo de Chávez, Cantón Saturnino Saucedo (Hacienda Estrella del Oriente) del Departamento de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Una vez analizada y evaluada la solicitud de MONSANTO por parte del Comité Nacional de Bioseguridad (CNB), éste recomendó al VMARNDF se autorice la realización de las pruebas de campo a pequeña escala, en la campaña agrícola 98/99 según Dictamen Técnico N° 2/98. De acuerdo a dicho Dictamen, el monitoreo y evaluación de riesgos y las características agronómicas fueron encomendadas al Comité Regional de Semillas del Departamento de Santa Cruz quien designó para tal efecto, a tres inspectores de la Oficina Regional de Semillas de Santa Cruz.

Para el monitoreo y evaluación de riesgos, el Comité Regional de Semillas de Santa Cruz, a través de la Oficina Regional de Semillas, preparó un plan de los ensayos o pruebas de campo del cultivo. Posteriormente los inspectores de la Oficina Regional de Semillas Santa Cruz, realizaron muestreos para determinar el comportamiento de malezas, insectos y enfermedades de acuerdo a un plan establecido; los cuales se realizaron de la misma manera que para cultivos no transgénicos. Los muestreos se efectuaron en los lotes de cultivos transgénicos y en campos adyacentes a los mismos.

Durante el transcurso completo de los ensayos se realizaron cuatro inspecciones a los efectos de bioseguridad:

- A las tres semanas de siembra para corroborar las medidas de aislamiento;
- Cuando el cultivo presentaba un 50% de floración;
- Al momento de la cosecha, verificando además la disposición final de la semilla y de los residuos de cosecha;
- Una inspección de poscosecha para verificar la aparición de plantas voluntarias, objeto de eliminación.

Se realizó un test de ELISA con el propósito de determinar un posible escape del gen. Para lo cual, los inspectores cosecharon un total de 15 capullos dentro de los primeros cuatro surcos de los bordes más próximos al ensayo, de los cuatro puntos cardinales del cultivo de algodón, con énfasis en la dirección de los vientos predominantes. Los inspectores de la Oficina Regional de Semillas de Santa Cruz de acuerdo al plan de monitoreo, elaboraron y presentaron al VMARNDF informes periódicos y un informe final. El informe final del ensayo será evaluado por el CNB, el cual recomendará al VMARNDF si se autoriza o no la producción de semillas transgénicas de algodón Bt a escala nacional.

El algodón Bt cuenta con un gen procedente del *Bacillus thuringiensis* que permite la expresión de proteínas cristalinas con propiedades insecticidas, estos productos son deltaendotoxinas que manifiestan una actividad específica contra lepidópteros.

Sobre la base de la experiencia adquirida con el monitoreo de las pruebas de campo anteriormente mencionadas, se evidenció que dado el reciente desarrollo de la bioseguridad relacionada con organismos genéticamente modificados, en Bolivia aún no existe la capacidad nacional suficiente en términos de recursos humanos calificados, infraestructura básica, centros piloto y protocolos o mecanismos para la evaluación y gestión de riesgos, y otros para la gestión de la seguridad de la biotecnología. De ahí que el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación en coordinación con las instituciones gubernamentales y de la sociedad civil involucradas en la temática, está promoviendo iniciativas y realizando acciones para consolidar la aplicación de la normativa nacional y el desarrollo del tema.

La biotecnología en Brasil

por Elíbio L. Rech*

Introducción



Durante los últimos diez años, la balanza comercial de la industria agrícola en Brasil ha venido presentando un superávit, con un promedio de aproximadamente U\$S 7 billones, aumentando desde U\$S 5,8 billones en 1990 a U\$S 8,4 billones en 1996 y a U\$S 10,0 billones en 1999 (Cuadro 1, pág. 53). Los productos de exportación se han concentrado principalmente en seis productos (soja, azúcar, café, jugo de naranja, carne y tabaco), que representan aproximadamente el 75 % de los productos brasileños de exportación (Cuadro 1). El destino de los productos de exportación ha estado, sobre todo, concentrado en siete países de la Comunidad Económica Europea, seguidos por los Estados Unidos de América, Japón, China, Rusia y Argentina.

Los productos de importación en la industria agrícola han estado concentrados principalmente en granos, tales como trigo, arroz, maíz y cebada (los productos con mayor crecimiento). Más de un 51 % de los productos importados provienen del "MERCOSUR", especialmente Argentina, seguida de los Estados Unidos de América y Canadá.

El total del área cultivada en 1999 fue casi 40 millones de hectáreas. La producción de cultivos de granos en Brasil en 1999/2000 puede marcar un nuevo récord en la agricultura brasileña, con un millón de toneladas por encima del período previo. El total de la producción de granos puede alcanzar un volumen de 83,4 millones de toneladas, representando un incremento del 1,2 % en relación al período 98/99 que fue de 82,4 millones. El área cultivada fue estimada en 36,9 millones de hectáreas, con un incremento del 0,5% en comparación con el año pasado, que ocupó 36,7 millones de hectáreas. El pronóstico es que la productividad debería tener su mayor incremento en el 99/00. La producción debería alcanzar 1.034 millones de toneladas, correspondiendo a un incremento del 11,9 % en relación al período pasado, cuando alcanzó 924 mil toneladas.

La producción de soja debería alcanzar un nuevo "record", con una estimación del cultivo en 31,83 millones de toneladas, significando un incremento del 3,4 % en relación al período previo, en el que alcanzó 30,76 millones de toneladas.

El maíz debería tener un aumento del 1% en la producción. La estimación es alcanzar 32,7 millones de toneladas en el 99/00, contra los 32,4 millones de toneladas del período pasado.

El cultivo del arroz debería tener una reducción del 4,8 % bajando de 11,5 millones de toneladas (98/99) a 11,02 millones de toneladas. El cultivo del poroto debería incrementarse, pasando

* MSc., PhD.
Genética Celular y Molecular
EMBRAPA Recursos Genéticos y
Biotecnología
Email: rech@cenargen.embrapa.br

de 2.915 millones de toneladas a 2.979 millones de toneladas (CONAB).

A pesar del significativo superávit en la balanza comercial de la industria agrícola, existen problemas importantes, los cuales reflejan la limitación de los productos de exportación en Brasil. En algunas áreas hay indicaciones de que están ocurriendo cambios favorables en la producción nacional. Específicamente, la infraestructura de la economía brasilera ha estado pasando por un proceso de recuperación y expansión, el cual debería, en el futuro próximo, reflejarse positivamente en el comportamiento del productor. A modo de ejemplo, se cita la implementación de la vía interna de transporte conectando la región centro-oeste, una región que está expandiendo la producción de granos y los puertos. Este hecho, debería representar, a su vez, un significativo incremento para el productor, al permitir un aumento en la competencia para la exportación.

Además de la infraestructura, existen cuatro áreas principales (Hesse, 1994) en las cuales Brasil debería mejorar los mecanismos de actuación, dirigiéndose a incrementar su participación en el comercio internacional, especialmente en los productos "non commodities". En primer lugar, es necesario desarrollar mercados informativos, los cuales facilitarían y en algunos casos, permitirían el acceso de los pequeños y medianos productores a los mercados internacionales. Los productores mayores tienen sus propios recursos para acceder a esta información. Por lo tanto, el gobierno debería organizar la disponibilidad de la información sobre el mercado: precios, demanda, competidores, y productos sustitutivos. En segundo lugar, la entrada y transferencia de tecnología es de fundamental importancia. Siguiendo un patrón general, la adquisición de tecnología es la principal fuente de incremento en la producción agrícola. Para permitir esto, el gobierno debería aumentar la inversión en investigación y desarrollo. En tercer lugar, la actividad financiadora encuentra dos problemas principales: una garantía débil e información no correlacionada entre el productor y la agencia financiadora. Para solucionar esto, es necesario establecer políticas que permitan minimizar las posibilidades financiadoras e intervenir el sector productivo. En cuarto lugar, para lograr una efectiva consolidación de los mercados agrícolas abiertos, es esencial la activa participación del gobierno. Las negociaciones del gobierno son imperativas para monitorear y minimizar actitudes proteccionistas a veces adoptadas por importantes consumidores, tales como la Comunidad Económica Europea, Asia (especialmente Japón).

Además, la introducción de herramientas de la biotecnología en el comercio agrícola, coordinada con un efectivo sistema de propiedad intelectual, debería adicionar valor a los productos y permitir una competencia sustentable en el mercado. El conocimiento, la competencia operativa y las financiaciones deberían establecer las bases para la entrada, permanencia y desarrollo de cualquier país en el mercado global.

Cuadro 1. Balanza comercial agrícola en 1998-1999 (US\$ Milhões)

Cadena	Exportaciones		Importaciones		Balance	
	1999	1998	1999	1998	1999	1998
Otros	1.394.563.825	1.347.277.214	2.829.966.997	3.995.654.424	(1.435.403.172)	(2.648.377.210)
Azúcar	1.911.243.257	1.941.398.329	3.995.075	4.870.691	1.907.248.182	1.936.527.638
Alcohol	17.514.608	21.743.939	50.670.861	51.004.507	(33.156.253)	(29.260.568)
Aves	939.421.030	789.352.638	1.580.946	3.549.761	937.840.084	785.802.877
Bovinos	815.402.598	616.098.901	102.259.467	204.492.267	713.143.131	411.606.634
Café	2.463.875.253	2.604.674.119	1.346.579	1.264.612	2.462.528.674	2.603.409.507
Tabaco	961.237.046	1.558.864.145	13.341.159	78.049.153	947.895.887	1.480.814.992
Derivados-leche	7.783.512	8.107.379	444.571.170	519.589.863	(436.787.658)	(511.482.484)
Naranja	1.320.689.812	1.299.762.970	634.342	2.724.933	1.320.055.470	1.297.038.037
Carne (otros)	120.004.440	90.903.926	25.367.277	35.078.977	94.637.169	55.824.949
Pescado	139.957.300	124.565.498	290.172.535	455.953.039	(150.215.235)	(331.387.541)
Soja	3.784.452.588	4.754.713.332	168.830.206	248.033.408	3.615.622.382	4.506.679.924
Porcinos	134.735.447	173.123.717	32.775.865	39.480.937	101.959.582	133.642.780
Total Agro	14.010.880.716	15.330.586.107	3.965.512.473	5.639.746.572	10.045.368.243	9.690.839.535
Total Brasil	48.011.438.334	51.119.901.110	49.214.114.092	57.549.977.002	(1.202.675.758)	(6.340.075.888)
Part. Agro	29.2%	30.0%	8.1%	9.8%		

Fuente: SECEX / BNDES

Biotechnología Agrícola

Durante los últimos años, la biotecnología está teniendo un profundo impacto en los sistemas globales de investigación agrícola. En Brasil, el aumento de las inversiones del sector privado en investigación en la agricultura y el desarrollo, acompañado por la introducción de productos y procesos derivados de la biotecnología está en un proceso de consolidación. Esto es debido, principalmente, a los mercados potenciales en expansión y al considerable porcentaje de tierras agrícolas nativas aún existentes. Estas inversiones del sector privado fueron conducidas en primer lugar por los avances en biotecnología globales y del Brasil, fortalecidas por los derechos de propiedad intelectual, la globalización del mercado y las posibilidades consecuentes de colaborar con los institutos de investigación públicos. Las colaboraciones con el sector privado también han servido para abastecer la limitada investigación pública y los fondos para el desarrollo.

Un cambio crítico en el sistema de investigación agrícola ha sido determinado por los avances en biotecnología, tales como el cultivo "in vitro" y la manipulación de DNA recombinante, la cual ha permitido a los científicos reducir el tiempo requerido para el mejoramiento de las variedades vegetales, así como incrementar su precisión en la modificación de los caracteres de las plantas. Consecuentemente, se ha llevado a cabo el

desarrollo de nuevas variedades de los cultivos con características de producción y/o calidad potenciadas, beneficiosas para los productores y la industria agrícola.

La industria de la biotecnología esta ligada a condiciones básicas que tienen que ser evaluadas y que incluyen:

- El control de propiedad sobre promotores, genes y terminadores y procesos capaces de adicionar valor al mercado;
- El acceso al germoplasma adaptado;
- Un proceso regulatorio transparente basado en la ciencia;
- La habilidad de manejar los asuntos de la propiedad intelectual;
- La aceptación por parte de las granjas, procesadores y legisladores.

Programas Nacionales en Biotecnología

Brasil, carece de un programa nacional específico en biotecnología. Sin embargo, el gobierno actual está intentando procesar e integrar un presupuesto nacional de recursos genéticos y biotecnología, en un programa llamado PPA (Programa Pluri Anual). El objetivo principal del mismo será suplementar fondos específicos del presupuesto del gobierno para los avances en Ciencia y Tecnología.

El Consejo Nacional de Investigación (CNPq- Conselho Nacional de Pesquisa) llevó a cabo un relevamiento de las actividades de investigación en Brasil, en las Universidades e Institutos de Investigación Públicos. La distribución de los grupos de investigación en Brasil ha estado principalmente concentrada en la región Sur-este. De los 8.544 grupos de investigación distribuidos en Brasil (Cuadro 2), 1.164 han estado directamente involucrados en Biotecnología (Cuadro 3). Su distribución espacial ha estado concentrada en la región Sur-este, considerando que el Estado de San Pablo concentra la gran mayoría de los grupos de investigación, seguido de la región Sur. Con respecto a la distribución de las áreas de investigación, la región Sur-este también concentra la principal diversidad (Cuadro 3).

La primera secuencia completa de un patógeno vegetal en el mundo está ahora concluida. El proyecto genoma, que pretendía secuenciar a *Xylella fastidiosa*, uno de los principales patógenos de citrus, se inició en Octubre de 1997. Este fue uno de los mayores proyectos científicos realizados en Brasil. El proyecto fue financiado por el FAPESP (www.fapesp.br), quien invirtió U\$S 15 millones.

Cuadro 2. Distribución de los grupos de investigación de acuerdo a las diferentes regiones en Brasil.

Regiones	Grupos de Investigación	Porcentajes (%)
Sur-este	5.661	66
Sur	1.394	16
Nordeste	987	12
Centro-Este	349	4
Norte	153	2
Brasil	8.544	100

Fuente: CNPq / SUP

Cuadro 3. Distribución de actividades de investigación en las diferentes regiones de Brasil de acuerdo a los sectores activos relacionados dentro de cada área de investigación

Sector de Actividad	Brasil	Centro-este (CO)	Nordeste (NE)	Norte (NO)	Sur-este (SE)	Sur (SU)	Porcentajes				
							(CO)	(NE)	(NO)	(SE)	(SU)
Salud	6.232	279	567	73	4.567	746	4	9	1	73	12
Educación	4.292	230	475	33	2.699	855	5	11	1	63	20
Ciencias Ambientales	3.248	188	479	138	1.772	671	6	15	4	55	21
Biotecnología	2.258	69	236	47	1.499	407	3	10	2	66	18
Cultura	1.501	91	251	19	816	324	6	17	1	54	22
Producción Vegetal	1.441	86	222	49	730	354	6	15	3	51	25
Nuevos Materiales	1.434	19	155	12	1.066	182	1	11	1	74	13
Computación	1.296	51	133	4	923	185	4	10	0	71	14
Industria Química	1.221	10	175	12	873	151	1	14	1	71	12
Energía	1.106	29	89	18	805	165	3	8	2	73	15
Productividad y Calidad	1.059	38	129	2	695	195	4	12	0	66	18
Nutrición	965	16	83	14	711	141	2	9	1	74	15
Producción Animal	875	34	106	15	517	203	4	12	2	59	23
Industria Mecánica	867	16	53	1	631	166	2	6	0	73	19
Desarrollo Rural	854	44	166	41	417	186	5	19	5	49	22
Industria Electrónica	810	11	86	5	546	162	1	11	1	67	20
Industria Farmacéutica	757	21	84	21	532	99	3	11	3	70	13
Desarrollo Urbano	697	46	124	2	420	105	7	18	0	60	15
Trabajo	644	29	99	8	428	80	5	15	1	66	12
Recursos marinos y de los ríos	615	21	110	23	298	163	3	18	4	48	27
Recursos Minerales	515	28	61	23	334	69	5	12	4	65	13
Industria e Ingeniería (edificios)	501	24	41	4	352	80	5	8	1	70	16
Desregulación e Instrumentación	408	13	27	-	327	41	3	7	-	80	10
Investigación del Espacio	376	11	8	-	317	40	3	2	-	84	11
Dragado	369	16	42	7	231	73	4	11	2	63	20
Telecomunicación	326	11	31	1	240	43	3	10	0	74	13
Información y Manejo de S&T	305	19	44	4	175	63	6	14	1	57	21
Construcción	287	12	32	1	185	57	4	11	0	64	20
Transporte	237	12	12	-	176	37	5	5	-	74	16
Otras	186	8	31	3	108	36	4	17	2	58	19
Irrigación y dragado	121	8	40	1	57	15	7	33	1	47	12
Mecánica (precisión)	112	3	4	-	81	24	3	4	-	72	21
Seguridad Pública	58	7	6	-	41	4	12	10	-	71	07
Industria Textil	42	-	8	-	22	12	-	19	-	52	29
No Informado	4.190	125	382	63	3.187	433	3	9	2	76	10
TOTAL	40.205	1.625	4.591	644	26.778	6.567	4	11	2	67	16

Fuente: CNPq / SUP

Biotechnología en Embrapa

El Programa para el Desarrollo de la Investigación Básica en Biotecnología - PBio (EMBRAPA, 1996), establece un importante instrumento en la redefinición de una política para el desarrollo de la biotecnología en EMBRAPA y en el Sistema Nacional de Investigación Agrícola-SNPA. Utilizando las demandas del mercado como línea-base, PBio representa un elemento dinámico en la investigación nacional agrícola con la intención de mejorar la cooperación entre varias instituciones científicas y el sector privado.

Los proyectos de colaboración, que utilizan el conocimiento e infraestructura disponible en diferentes laboratorios, deberían contribuir a solucionar las dificultades. Estos problemas incluyen: el bajo nivel de inversión en las áreas de investigación y entrenamiento de individuos del sector privado y en incentivos para el desarrollo de productos especializados y nuevas tecnologías. Además, los acuerdos para facilitar la cooperación mutua, garantizarían un intercambio bilateral de información y transferencia de tecnología.

Focalizado, principalmente, en la investigación básica, PBio tiene intención de crear un incentivo para el estudio de los procesos biológicos fundamentales, de forma de producir un mejor entendimiento y establecer y adaptar nuevas tecnologías direccionadas hacia el desarrollo sustentable de la agricultura nacional. La incorporación de modernas técnicas de biología molecular y celular en las actividades de investigación de empresas privadas es de importancia estratégica, para que puedan permanecer competitivas y continúen produciendo nuevos productos y procesos. Sin embargo, esta incorporación se hace más difícil por la complejidad del tema y los altos costos involucrados. Por esta razón, la interacción entre el sector público que posee el conocimiento y la infraestructura para la investigación, y el sector privado que es capaz de adaptar los nuevos procesos y desarrollar un producto terminado, se hace extremadamente conveniente para el desarrollo de esta área en el país.

Los objetivos de PBio incluyen el estímulo al desarrollo de nuevas tecnologías, el apoyo a proyectos en el área de la investigación básica de los procesos biológicos fundamentales, la adaptación de tecnologías ya establecidas en otros países, y junto con el sector privado, llevar a cabo investigación y desarrollo de nuevos productos para solucionar los problemas nacionales de la agricultura.

Los principales objetivos del PBio son:

- Entender los procesos biológicos esenciales y desarrollar métodos avanzados de biotecnología, que son importantes para crear una agricultura y producción forestal competitivas, sustentables y de alta calidad;
- Desarrollar y promover la cooperación entre instituciones nacionales e internacionales, con el

propósito de facilitar la transferencia de conocimiento y tecnología en biotecnología;

- Motivar el desarrollo y uso de modernas técnicas de biotecnología en los centros de EMBRAPA y SNPA, con el fin de incrementar la creación de nuevos productos.

Las demandas y prioridades han estado concentradas en:

- La producción de tecnología para el uso de los productos biológicos en la agricultura y en los sistemas de producción forestal;
- Desarrollo de tecnología en el área de la biología molecular;
- El desarrollo de biotecnología a ser usada en nutrición humana;
- Desarrollo de procedimientos biotecnológicos para incrementar la eficiencia de los sistemas agrícolas y de producción forestal;
- Desarrollo de procedimientos biotecnológicos para microorganismos nativos y exóticos.

Existen varios proyectos ya en marcha y en diferentes etapas de desarrollo relacionados a la investigación básica/aplicada tales como el desarrollo de novedosas tecnologías en áreas relacionadas a la producción de semillas. La investigación ha sido dirigida hacia el estudio de la reproducción apomíctica, control de la estatura, control de plagas en el almacenamiento, y mejoramiento cualitativo de semillas.

El desarrollo de tecnología que permita el control del programa reproductivo de las plantas permitiría, por ejemplo, la introducción de un carácter apomíctico en cultivos superiores de plantas productoras de granos. La producción de híbridos comerciales se tornaría completamente simplificada, eliminando la necesidad de tests de progenie. La semilla sería producida a través de polinización abierta, sin pérdida del vigor, conservando el genotipo de la planta apomíctica madre.

Del mismo modo, el desarrollo de marcadores moleculares, para la rápida selección de individuos que cargan caracteres deseables en una población segregante dada, facilitaría los programas de mejoramiento relacionados al estrés hídrico en arroz y maíz, y la toxicidad al aluminio en maíz. El desarrollo de nuevos cultivos adaptados a las variaciones climáticas, incrementaría la productividad de estos cultivos en el país. También se desarrollarán marcadores moleculares y serán utilizados como "fingerprinting" genético para asegurar la pureza genética de las semillas de maíz.

La biotecnología en EMBRAPA también ofrece, a través de la transformación genética, estrategias para el control de plagas y enfermedades, por medio de la Ingeniería Genética. En la

agricultura nacional, estos virus representan enormes pérdidas en producción de papa y poroto.

Cuando algunas variedades comerciales de papa se encuentran infectadas, el virus PVX (junto con el PVY) causan pérdidas sinérgicas de hasta el 70 % de la producción. El virus enrollador de la hoja de la papa "Potato Leaf Roll Virus" (PLRV) causa una disminución en la producción de aproximadamente el 50 % debido a necrosis tubular. En el caso del virus del mosaico dorado del poroto (Bean Golden Mosaic Virus-BGMV), los niveles de pérdidas se encuentran entre el 40 y el 100% en los estudios dirigidos a esa área, y la calidad de las semillas cosechadas de las plantas infectadas es realmente pobre.

El uso de estrategias, como el RNA antisentido, y/o la proteína de la cápside para controlar los virus de papa, y la endotoxina *Bacillus thuringiensis* para el control de insectos y pestes del maíz, podría representar, en un período corto, una enorme ganancia en la productividad de estos cultivos. La generación de soja transgénica y plantas de poroto portadoras de genes que confieren tolerancia a diferentes herbicidas, contribuiría a una utilización más racional de los mismos. Se ha desarrollado papaya resistente al virus del moteado en anillo de la papaya, "papaya ring spot virus". Este proyecto particular, tendría un impacto significativo para los pequeños productores. Las plantas de algodón transgénicas portando genes que confieren tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos, agregarán valor al sistema de producción de algodón.

En la actualidad, existen proyectos para evaluar la utilización de plantas como biorreactores. La hormona de crecimiento humana y la insulina se han introducido en la soja. Se utilizó un antígeno potencial para la leishmaniosis y brucelosis para generar plantas transgénicas de lechuga y evaluar posteriormente la respuesta inmune del mismo. La posibilidad de utilizar plantas para producir proteínas heterólogas, contribuirá a producir productos farmacéuticos en grandes escalas y a bajos costos.

El aumento de la población de microorganismos en las epidemias está usualmente relacionado a cambios en los factores bióticos y abióticos. Los factores bióticos como la reducción de los enemigos naturales principalmente causada por el uso intensivo de productos agroquímicos, y los factores abióticos, como la irrigación, están relacionados al aumento de los saltamontes/langostas. En Brasil, los saltamontes afectaron seriamente cerca de 2.300.000 hectáreas de cultivos como arroz, caña de azúcar, maíz y forraje. El desarrollo de agentes para el control biológico de los saltamontes y del perforador de maíz, responsable de casi el 34 % de las pérdidas en productividad del mismo, representa un lapso de tiempo más corto, dinero ahorrado en productos químicos y una mayor seguridad para el medio ambiente. Asimismo, el desarrollo de bioherbicidas podría ayudar en el control de malezas sin dañar al medio ambiente, lo que también sería económicamente beneficioso. Las ventas de herbicidas alrededor del mundo aumentaron a cerca de 5 mil

millones de dólares, representando el 40 % del total de las ventas de agrotóxicos en todo el mundo.

Se han propuesto proyectos para el entendimiento de los mecanismos involucrados en la estabilidad genética, competencia, y supervivencia de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* en el suelo con miras al desarrollo de inoculantes para los cultivos de poroto y soja, lo que permitiría un incremento de la productividad manteniendo los niveles corrientes de costos de producción. El uso de productos biológicos capaces de garantizar un suplemento adecuado de nitrógeno a los cultivos de interés agronómico es también otra alternativa viable para la preservación del medio ambiente.

El impacto de la biotecnología es de gran importancia en el área de la reconstitución, conservación, y caracterización de la variabilidad genética y reforestación. Las especies de árboles nativos están completamente sujetas a la depredación debido a la explotación desorganizada, plantación de pasturas, y uso inadecuado como combustible.

La tecnología de micropropagación será desarrollada para las siguientes especies, algunas de las cuales se encuentran en vías de extinción: *Centrolobium robustum* (Arariba), *Jacquinia brasiliensis* (Barbasco), *Melanoxylon brauna* (Brauna preta), *Rapanea* spp. (Capororoca), *Schizolobium parahyba* (Guapuruvu), *Zeyhera tuberculosa* (Ipé felpudo), *Dalbergia nigra* (Jacaranda caviuna), *Miconia* spp. (Jacatirao), *Cariniana legalis* (Jequitiba rosa), *Cordia tichotoma* (Louro), *Paratecoma peroba* (Peroba amarela), *Eucaliptus creba*, *Prosopis juliflora* (Algarroba), *Spondias tuberosa* (Umbuzeiro), *Ilex paraguariensis* (Erva-mate), *Ocotea pretiosa* (Canela sassafras) and *Anacardium occidentale* (Cajueiro).

El uso de marcadores moleculares tendrá en un breve período de tiempo gran impacto en el área de la salud animal, en la identificación de animales con deficiencia en la adhesión de los leucocitos (enfermedad BLAD) del ganado Holstein, en la prevención de la leucosis bovina, en la identificación de anomalías cromosómicas y el sexaje de embriones. De una forma similar, la determinación de polimorfismos en los genes de la hormona del crecimiento, de la Kapa-caseína, y betalactoglobulina en bovinos, y el uso de patrones de DNA como un parámetro en los programas de mejoramiento del ganado Canchim, tendrán un impacto positivo en la intensificación de los sistemas de producción de proteínas animales. Otra área de interés en el sector animal es el desarrollo de la tecnología de vacunación a través del uso del DNA. Además de crear una mejor respuesta inmune, esta tecnología evita el riesgo de la contaminación por el uso de inyectables atenuados, o el problema de inducción de la respuesta inmune. El impacto de esta tecnología en el control de las enfermedades puede ser revolucionario, al crear eficientes vacunas para el control de las enfermedades animales más importantes.

Fuentes de Financiación

Varias agencias financiadoras han estado activamente involucradas en el desarrollo social y económico, relacionado a la Ciencia y Tecnología en Brasil. Estas agencias apuntan a contribuir en una economía competitiva, la cual a su vez debería beneficiar a la población del Brasil. Las agencias financiadoras pueden ser divididas básicamente en agencias nacionales, estatales, regionales e internacionales. Cada una está involucrada en objetivos específicos, y la mayoría de ellos correlacionados (ver el sitio <http://www.cnpq.br/publicacoes/>). Las agencias utilizan como instrumentos los proyectos financiados competitivos, asociados con innovación tecnológica, impacto estratégico y desarrollo regional y nacional. La duración de cada proyecto depende de los objetivos. Sin embargo, la mayoría de los proyectos tienen una duración de 2-3 años. El monto de la financiación varía de acuerdo a la agencia y a los objetivos del proyecto.

Fuentes Nacionales de Financiación

- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES);
- Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN);
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA);
- Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP/FNDCT);
- Fundação Banco do Brasil (FBB);
- Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA);
- Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT III);
- Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas (RHAE);
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

Fuentes de Financiación Estatales

- Centro de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CADCT/BA);
- Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe/PE);
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (Fapeal/AL);
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (Fapema/MA);
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig/MG);
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (Fapepi/PI);
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj/RJ);
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs/RS);
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp/SP);
- Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF/DF);
- Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (Fapesq/PB);
- Fundo de Apoio e de Desenv. do Ensino, Ciência e Tecnologia do Gov. de Mato Grosso do Sul (Fadect/MS);
- Fundo Estadual de Ciência e Tecnologia (Fundeteg/GO);
- Fundo Estadual de Ciência e Tecnologia do Pará (Funtec/PA);
- Fundo Estadual de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcet/SP);
- Fundo Estadual de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Fundet/RN);
- Fundo Rotativo de Fomento à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (Funcitec/SC);
- Programa de Cunho Tecnológico (PCT/SP);
- Secretaria de Estado da Ciencia, Tecnologia e Ensino Superior (SETI/PR).

Fuentes de Financiación Regionales

- Banco da Amazônia S.A. (Basa/PA);
- Centros de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA);
- Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE/BNB);
- Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Fundeci/BNB);
- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene);
- Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam).

Fuentes de Financiación Internacionales

- Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID);
- Comissão Fulbright;
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- Organização Pan-Americana da Saúde (Opas/OMS).

Colaboración del Sector Público/Privado

La mayoría de las innovaciones importantes generadas en biotecnología agrícola originadas en las universidades, son utilizadas para abrir compañías y/o absorbidas por las compañías privadas trasnacionales. Existe una tradición en el campo de la investigación de que los descubrimientos e invenciones fluyen de la ciencia básica de las instituciones públicas a la investigación e investigación para el desarrollo, y comercialización prácticamente dominada por las compañías trasnacionales. Al producirse la reestructuración de la mayoría de las compañías privadas en las llamadas compañías de las "ciencias de la vida", sus metas se ampliaron incluyendo la investigación básica, que tradicionalmente fuera conducida por las instituciones privadas. Asimismo, las instituciones públicas han ampliado su misión a las actividades de transferencia de tecnología, en forma similar a algunos tipos de compañías privadas. Por tanto, el propósito fundamental de compañías públicas y privadas e instituciones es capturar el valor de mercado de sus descubrimientos e invenciones.

Varios proyectos, involucrando los sectores público-privado, fueron conducidos por EMBRAPA en sociedad con, entre otros:

- CYANAMID, para generar plantas de soja transgénica tolerantes al herbicida imazapyr (Clear Field);
- MONSANTO, para desarrollar soja transgénica tolerante al herbicida glyfosfato (RoundupReady);
- AGREVO, para producir poroto transgénico tolerante al herbicida amonium glifosinate (Liberty Link).

Sin duda alguna, las entidades más involucradas en el tema de los Organismos Genéticamente Mejorados (OGMs), que utilizan la tecnología del DNA recombinante, son compañías del sector privado que producen y comercializan la mayoría de los productos de la biotecnología. Pero esto no significa que las compañías estén focalizadas sólo en objetivos a corto plazo. Muchas compañías poseen metas estratégicas a más largo plazo en el área de la biotecnología. Una característica interesante del rol del sector privado en la promoción de los OGMs, es la forma en que éste se correlaciona con los principales cambios estructurales en la industria. La inversión en investigación necesita ser complementada por sistemas de abastecimiento de entrada, aceptación de los granjeros, redes de distribución, y salidas de venta al por menor. Cada parte de la cadena se mantiene para sacar ganancias de la adopción gradual de la nueva tecnología. Por lo tanto, los cambios estructurales en el sector privado son en parte un reflejo de la nueva tecnología. Pero estos cambios también se dan sobre la distribución de esas ganancias y el alcance del control sobre el uso de la tecnología. No existe garantía de que cada elemento del sector privado vaya a percibir ganancia del desarrollo en biotecnología.

Aún sin la oposición del consumidor y los grupos ambientalistas, la distribución de la biotecnología en la agricultura y alimentos podría ser contenciosa debido a su impacto en la industria alimenticia. Brasil tiene un enorme potencial agrícola. Consecuentemente, el sector privado tiene intereses en participar en este mercado pronosticado, teniendo en cuenta la utilización de la tecnología del DNA recombinante y los consecuentes productos y procesos derivados que alcanzarán el mercado.

Las compañías involucradas en la creación y distribución de OGMs, tienden a tener posiciones confiadas en los beneficios de la nueva tecnología y pocas preocupaciones acerca de las amenazas derivadas de los OGMs. Una típica opinión es que las OGMs y la biotecnología ofrecen grandes beneficios para la agricultura y la producción de comida, y que son los factores clave en la lucha contra el hambre (Mack, 1998). Las compañías usualmente señalan que el abastecimiento de alimentos mejorados en el futuro sólo puede llevarse a cabo aprovechando los avances tecnológicos. Steven Briggs, director del "Novartis Agricultural Discovery Institute" de San Diego, que secuenció genomas de plantas, explica que innovaciones tales como

cultivos resistentes a pestes o cultivos que contienen más calorías, son las que más probablemente ayudarán a alimentar al mundo (Mack, 1998). Eventualmente, como Ganesh Kishore, director de nutrición en Monsanto, explica, los OGMs podrían ser fabricados de forma de obtener una comida completamente balanceada (Mack, 1998).

Las compañías enfatizan también sobre los beneficios positivos a los agricultores actuales como potenciales adaptadores. Estas buscan convencer a los agricultores de que el nuevo herbicida y los cultivos tolerantes a insectos permitirán una erradicación de malezas y pestes más eficiente y racional. Los agricultores pueden aplicar en cualquier momento durante la estación de crecimiento, matando malezas sin matar sus cultivos, y controlando insectos sin la necesidad de costosos pesticidas. Las compañías de biotecnología argumentan que esto es particularmente importante en vista del hecho de que hasta un 40 por ciento de la producción de alimentos mundial se pierde actualmente debido al crecimiento de malezas, pestes y enfermedades (Genetic ID, 1999). Además, las compañías de biotecnología argumentan que la ingeniería genética ayudará a los países en desarrollo a alimentar a su población, de forma tal de mantener el medio ambiente.

Con respecto a la salud del consumidor y la seguridad de la comida, varias compañías sostienen que para ellas es un procedimiento estándar realizar un análisis completo de las nuevas plantas transgénicas para comprobar si son sustancialmente equivalentes a las plantas comerciales (Cohen, 1998). Estas compañías explican que los cultivos transgénicos experimentan una serie de chequeos bioquímicos, en los se monitorean los niveles nutritivos y de proteínas, y se testean potenciales venenos o sustancias con efectos alérgicos. En algunos casos, se alimenta ganado con estos cultivos para chequear si la ganancia de peso y el estado de salud es normal. (Cohen, 1998).

Como resumen, la colaboración de los sectores público/ privado debería aparecer bajo algunas condiciones, como la posibilidad de ofrecer algo para comerciar, y recuperar el valor de la inversión. Esto puede ser un proceso protegido, un producto y/o germoplasma.

Existe aún una interrogante sobre si el aumento del dominio del sector privado en la investigación agrícola y sus productos derivados lograría promover el desarrollo de la tecnología y proveer los mayores beneficios para la sociedad, especialmente la localizada en los países en desarrollo.

Colaboración Regional e Internacional

Como otros países en desarrollo, Brasil ha estado ejecutando proyectos de investigación en colaboración con agencias financiadoras internacionales y/o universidades e institutos de investigación, entre otros: la Fundación Rockefeller, la Agencia Internacional de Cooperación Japonesa, el Banco Mundial, el Centro Internacional de la Papa, el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo, el Centro Internacional para la Agricultura Tropical, la Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas. Estas colaboraciones se han difundido por todo Brasil, incluyendo universidades específicas y/o institutos de investigación. El desarrollo de infraestructura, mantenimiento e intercambio de germoplasma e información técnico/científica son algunos de los logros de dichas colaboraciones. A la fecha, no existe ejemplo de producto biotecnológico y/o proceso efectivamente protegido de acuerdo a los mecanismos de propiedad intelectual, que se haya producido a raíz de estas colaboraciones.

Derechos de Propiedad Intelectual

La protección internacional de los derechos de propiedad intelectual (PI) es un asunto contencioso que involucra tanto a los países desarrollados como a los países en desarrollo. Los mecanismos existentes que están tratando de regular este tema, no se encuentran en un acuerdo equilibrado con los intereses de los países en desarrollo. Esto podría sugerir que los países en desarrollo no recibirán la protección deseada y, entonces, debe existir un interés mutuo para avanzar en las negociaciones relacionadas al proceso de patentado del material genético.

Existe un régimen legal internacional principal para manejar el proceso de patentado de las invenciones e innovaciones técnicas. Este régimen es administrado a través de varias agencias. Como una aplicación directa de la biotecnología, los OGMs están regulados por las leyes de propiedad intelectual dirigidas a proteger a los creadores de los nuevos cultivos. Los instrumentos incluyen la Convención de París, la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas, el Tratado para la Cooperación en Patentes, la Convención Europea de Patentes, el Tratado de Budapest sobre el Reconocimiento Internacional del Depósito de Microorganismos para los Propósitos de los Procedimientos de Patente, y la Organización Mundial de Propiedad Intelectual.

Además, con el establecimiento de la Organización Mundial del Comercio (WTO), todos los miembros de la organización están ahora unidos por el Acuerdo TRIPS. El concepto detrás del acuerdo TRIPS es garantizar que todos los miembros del WTO tengan, al menos, una protección mínima en propiedad intelectual sobre las mercancías comercializadas. Esto es particularmente importante para las industrias farmacéutica y del software y para aquellas que producen medios audiovisuales. Los intereses agrícolas estuvieron involucrados a través de convenios geográficos. El impacto del acuerdo TRIPS en

biotecnología fue por si mismo previsto en el tiempo de la Ronda Uruguay, con los países en desarrollo, argumentando que la protección de la propiedad intelectual en esta área podría actuar en contra de sus mejores intereses.

Bajo el artículo 27 del acuerdo TRIPS, en asuntos de patentes, los países están obligados de otorgar patentes a las “invenciones ya sean productos o procesos, en todos los campos de la tecnología, con tal que sean nuevos, incluyan una etapa inventiva y tengan la potencialidad de usarse con aplicaciones industriales”. Las patentes de los OGMs y las técnicas utilizadas para producirlos están manejadas principalmente por el sector privado de los países industrializados. Las patentes dan derechos de propiedad exclusiva sobre organismos, genes o procesos hasta 20 años. Como dueñas de las patentes, estas compañías pueden licenciar los derechos de patente en intercambio por los pagos de “royalty” u honorarios de permiso. Por ejemplo, los “royalties” pueden ser cobrados por el uso de una semilla de un cultivo transgénico o por todas las semillas subsecuentes producidas a partir de dichas plantas transgénicas por tanto tiempo como dure la patente (Nottingham, 1998). Este convenio tiene preocupados a muchos agricultores y expertos en desarrollo; ya que por éste los agricultores no podrían usar las semillas de cultivos transgénicos crecidos en su propio establecimiento sin los pagos de “royalty”. Ellos estarían presumiblemente requeridos a buscar nuevas semillas de la firma abastecedora.

Bajo el Artículo 27.3 (b) del acuerdo TRIPS, se les permite a los países miembros excluir las variedades de las plantas de ser patentadas, se les provee de otra protección IPR que queda disponible como un sistema de derechos para los mejoradores de plantas. Este subpárrafo está actualmente bajo revisión (otoño 1999) como se estipula en el acuerdo (Horbulyk 1999; Roth and Shear, 1999). Para un resumen de las implementaciones del Acuerdo TRIPS ver Cuadro 4 y con relación a los intereses de los países en desarrollo, ver Watal 1999. Sin duda, la implementación de una base fuerte que atienda los asuntos de PI tiene urgencia en todos los países en desarrollo, incluyendo Brasil. Las inversiones deben ser dirigidas hacia el entrenamiento de recursos humanos con respecto a este tema.

Regulaciones en Bioseguridad

En Brasil, la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad - CTNBio, fue creada el 5 de Enero de 1995 por la Ley de Bioseguridad N° 8974 y regulada por el Decreto N° 1752. CTNBio tiene el objetivo de implementar Políticas Nacionales de Bioseguridad. Hasta la fecha, CTNBIO ha concedido casi ochocientos experimentos de liberación a campo (CTNBIO). La legislación en bioseguridad incluye sólo la tecnología de DNA o RNA recombinante, estableciendo los requerimientos para el manejo de Organismos Genéticamente Modificados (OGMs). El fundamento básico de la bioseguridad es asegurar el progreso

Cuadro 4. Comparación de la implementación de los convenios del Acuerdo TRIPS sobre patentes para invenciones en biotecnología en miembros seleccionados de la WTO

Sujeto	US	JP	EU	SW	AU	CA	NW	KR	S A	TT	AR	BR	CO CA	CH	SI	MY
Productos Patentes sobre Microorganismos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Procesos Patentes sobre Procesos Biológicos Esenciales	N	S	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Procesos microbiológicos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Procesos no biológicos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Producto Patentes sobre Materiales Biológicos/Genéticos como se Encuentran en la Naturaleza (Descubrimientos)	N	N	N	N	N	N	N	N	N	?	N	N	N	N	N	N
Patentes sobre Plantas y Animales "per se", de otro modo patentables	S	S	S	S	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	S	N
Patentes sobre Plantas y Variedades Animales	S	S	N	N	S	N	N	S	N	S	N	N	N	N	S	N
Exclusión en base a Moralidad u Orden Público	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Patentes sobre el Cuerpo Humano	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	?
Patentes sobre Genes Humanos	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	S	S
Exención de los Mejoradores para las Patentes	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	N	S	N	N

Notas: S=Sí; N= No; US= Estados Unidos; JP= Japón; EU=Unión Europea; SW= Suiza; AU=Australia; CA= Canadá; NW= Noruega; KR= Korea; AS= Sudafrica; TT= Trinidad y Tobago; AR= Argentina; BR= Brasil; CO/CA= Colombia y otros miembros del Tratado de Cartagena ; CH= Chile; SI= Singapur; MY= Malasia. (Fuente: Watal, 1999).

de los procesos tecnológicos y proteger la salud humana, animal y del medio ambiente. La Ley de Bioseguridad establece los lineamientos para el control de las actividades y productos originados por la moderna biotecnología, la tecnología del DNA recombinante. El CTNBio es definido por la Ley como el órgano responsable del control de dicha tecnología en Brasil.

El CTNBio, junto con el Ministerio de Ciencia y Tecnología, está compuesto por 36 miembros entre graduados y suplentes: ocho especialistas de notorio conocimiento científico y técnico, en ejercicio de varias áreas de la biotecnología, (dos del área humana, dos del área animal, dos del área vegetal y dos del área de ciencias ambientales); un representante de cada uno de los siguientes Ministerios: Ciencia y Tecnología, Salud, Medio Ambiente, Educación, Relaciones Exteriores; dos representantes

del Ministerio de Agricultura, uno del área vegetal y otro del área animal; un órgano representativo legalmente constituido para la defensa del consumidor; un representante de asociaciones legalmente constituidas; representante de la sección directiva de la biotecnología y un órgano representativo legalmente constituido de protección de la salud del trabajador. Dentro de la competencia del CTNBio, está la emisión de información técnica sobre cualquier liberación de OGMs al ambiente y de acompañar el desarrollo del progreso técnico y científico en bioseguridad y áreas correlacionadas, objetivando la seguridad del consumidor y de la población en general, con cuidado permanente a la protección del medio ambiente. De esta manera CTNBio, órgano técnico del MCT deberá pronunciarse sobre cualquier actividad con OGMs en el país, previamente a su realización.

La Ley de Bioseguridad establece, aunque deriva su competencia a los órganos de contralor del Ministerio de la Salud, del Ministerio de Agricultura y del Ministerio del Medio Ambiente, la vigilancia y monitoreo de las actividades con OGMs, así como la emisión del registro de productos que contienen OGMs o derivados a ser etiquetados o liberados al ambiente. De este modo, además del control habitual impuesto a los productos producidos por otras tecnologías, los productos genéticamente modificados (transgénicos), estarán sujetos a un control adicional realizado por el CTNBio, bajo aspectos de su bioseguridad. Esos procedimientos garantizarán que cuando esos productos sean colocados en el mercado tendrán las mismas características de seguridad y efectividad también demandadas por los productos convencionales. El desarrollo de la industria de la biotecnología agrícola en Brasil, debido a sus relaciones con la bioseguridad, tendrá que seguir una ruta distinta de otros segmentos de la industria que no poseen dicha característica.

Conclusión

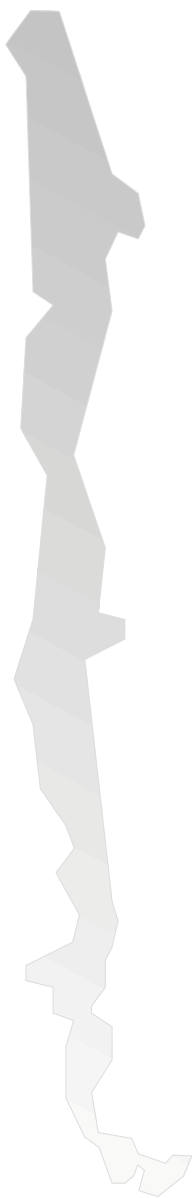
Mucho se ha escrito y discutido sobre biotecnología. Su importancia se vuelve muy obvia cuando uno considera que el desarrollo de la ciencia ha sido y continuará siendo la base de nuestra supervivencia y del mejoramiento en la calidad de vida de nuestra sociedad.

Lo que parece estar en la necesidad de una reflexión urgente, precisa y objetiva es el camino por el cual la biotecnología conocida como “high tech” fue o ha sido llevada a cabo en los países desarrollados y en los países en diferentes etapas del desarrollo. Estos “rankings” tienen un objetivo: realizar la mayoría de las actividades científicas y convertirlas en verdaderamente productivas. Es decir, ayudar a que éstas se vuelvan capaces de contribuir al desarrollo de la ciencia y crecimiento social y económico.

La biotecnología en Chile

por Mario Mera Krieger * y Patricio Hinrichsen **

Introducción



El diez por ciento del área total de Chile, que representa aproximadamente 7,6 millones de hectáreas, está destinado a la agricultura y forestación. De esta área, el 24 por ciento está dedicado a cultivos anuales, frutales (incluyendo viñedos), hortalizas y plantas ornamentales, pasturas sembradas y tierra bajo barbecho, el 55 por ciento está ocupado por pasturas naturales y mejoradas y el 21 por ciento es usado por bosques plantados. Además, 7,5 millones de hectáreas están ocupadas por bosques nativos.

Aún cuando la producción de cultivos anuales está orientada al comercio doméstico, en la mayoría de los casos existe una demanda no satisfecha que se debe completar con importaciones. Durante los últimos años el área destinada a los cultivos anuales ha caído a una tasa de 5 por ciento por año aproximadamente, sin embargo, los rendimientos de cultivos tradicionales, como trigo, avena, maíz, y colza, han aumentado considerablemente. Las frutas son producidas principalmente para exportación, y los productos hortícolas son destinados en forma creciente a la industria del procesamiento, principalmente a la industria del congelado. A pesar de que una gran proporción de las viñas chilenas aún se sustenta en cepajes comunes, las exportaciones de mostos finos ha mostrado un crecimiento consistente en los últimos años, respaldado por una industria del vino modernizada.

El desarrollo chileno de la industria forestal durante las últimas décadas es atribuido a varios factores: condiciones ambientales favorables, incentivos del gobierno a las plantaciones, y un mercado internacional atractivo. Además, una importante proporción de la industria forestal es dominada por compañías locales e internacionales muy dinámicas, orientadas a la exportación, lo que ha fomentado este sector. Al comienzo de los noventa, al sector forestal correspondía el diez por ciento de las divisas que percibía el país, una proporción que probablemente se ha incrementado desde entonces.

La producción de carne y leche han aumentado debido tanto a una mayor demanda interna como a las crecientes exportaciones, pero este aumento no fue ni cercanamente comparable al del sector pesquero. La industria del salmón ha experimentado un rápido crecimiento y Chile se ha convertido en el segundo mayor exportador mundial. La corriente fría de Humboldt, proveniente de la Antártida, hace de las aguas chilenas una de las más limpias, creando un ambiente ideal para la cría del salmón. Chile y Noruega producen juntos el 70 por ciento del salmón criado en el mundo. Además, en 1996 Chile alcanzó el primer lugar en la lista de productores mundiales de la trucha arcoiris.

* *PhD*
Genética y Mejoramiento de
Plantas
Email: mmera@carillanca.inia.cl

** *PhD*
Coordinador de Biotecnología,
INIA, Chile
Email: phinrich@platina.inia.cl

Biología Agrícola

A pesar de ser percibida en general como una poderosa herramienta para el progreso, la biotecnología moderna ha alcanzado un desarrollo limitado en Chile y se ha aplicado principalmente en las áreas médica e industrial. En la agricultura, las técnicas de cultivo de tejidos se han utilizado para la micropropagación de plantas, pero se ha puesto relativamente poco énfasis a la utilización de la biotecnología en el mejoramiento vegetal y animal, en la industria agrícola y en el manejo de los residuos de la agricultura.

Un estudio realizado a mediados de los años noventa reveló los exiguos números respecto de recursos humanos dedicados a biotecnología agrícola en Chile. Sólo el equivalente a aproximadamente 80 científicos con dedicación completa se encuentra trabajando en esta área. A pesar de que muchos de ellos poseen más de un área de interés, una distribución aproximada sería la siguiente: 24 involucrados en cultivo de tejidos, 24 en biología celular y molecular, seis en transferencia de genes, cinco en biotecnología de microorganismos, tres en biotecnología de la fermentación, y dos en biotecnología animal. Posiblemente no más de 30 científicos especializados se encuentran actualmente dedicados a tiempo completo a la biotecnología, mientras que los demás utilizan las técnicas biotecnológicas esporádicamente, con propósitos muy específicos.

Evidentemente, estos números son bajos, particularmente cuando se comparan a aquellos encontrados en otros países de la región, como Brasil y Argentina. Por lo tanto, existe una gran preocupación entre la comunidad científica chilena de que esta situación pueda perjudicar la posibilidad de implementación de los programas dirigidos a modernizar la agricultura. Además, el número de científicos en las áreas donde la biotecnología tiene una aplicación potencial es también escaso. En áreas como la botánica, patología, fisiología y mejoramiento vegetal; recursos genéticos de plantas; fisiología, reproducción, patología y nutrición animal; el estudio indicó que el país contaba con sólo 21 científicos con título de doctor, y aún peor, el número de estudiantes en estas áreas no sugiere ningún mejoramiento significativo en el futuro cercano. Posiblemente debido a la situación descrita, se siente que los lazos entre la biotecnología y sus áreas de aplicación son aún débiles.

Estas preocupaciones motivaron al Ministerio de Agricultura a impulsar el Programa Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria y Forestal. La planificación de este programa fue confiada al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). INIA convocó a un grupo de científicos y administradores de ciencia provenientes de diferentes instituciones, quienes recomendaron como primer paso, el diagnóstico de la situación. Con la ayuda de un consultor de la FAO, el diagnóstico se completó en 1995, originando un documento titulado "Antecedentes y Directrices para el Programa Nacional de Biotecnología Agropecuaria y Forestal". Aún durante 1995, un grupo internacional de cinco expertos se reunió para elaborar

una propuesta para el fortalecimiento de la biotecnología agropecuaria y forestal. Del 8 al 20 de octubre de ese año, este equipo revisó el estado de la biotecnología en Chile e interactuó con otros científicos locales y extranjeros.

Para presentar la propuesta del grupo consultivo a la comunidad científica, se realizó una Conferencia de Planificación del Programa Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria y Forestal, en el Centro Regional de Investigación Quilamapu de INIA, en la ciudad de Chillán. En la misma, los investigadores nacionales presentaron los avances en biotecnología en el país, y los expertos extranjeros presentaron el estado del arte en sus respectivas áreas. Finalmente, se publicó un documento titulado “Programa Propuesto en Biotecnología Agropecuaria y Forestal para Chile” conteniendo las conclusiones y recomendaciones del equipo de expertos internacionales. Este reporte reconoció que la biotecnología era esencial para el futuro de la agricultura y del desarrollo forestal en Chile y para la economía total del país, pero también reconoció varias limitantes, como su distancia geográfica de los principales mercados, limitaciones en excelencia científica, falta de historia y continuidad en cultura científica, insuficiente coordinación y comunicación dentro de la comunidad científica, y un número insuficiente de científicos y programas dedicados a la ciencia en general y a la biotecnología en particular.

Para sobrellevar estas limitaciones, se recomendó que una suma de 44 millones de dólares sea asignada durante un período de diez años mediante el establecimiento de un programa de proyectos competitivos para la biotecnología agrícola. Los fondos serían adjudicados en base a la productividad y al mérito científico, considerando también la colaboración entre científicos e instituciones, y las interacciones entre los sectores académico, privado y gubernamental. El programa de proyectos debería reforzar las capacidades científicas a través de entrenamiento de profesionales, becas posdoctorales y pasantías de investigación. Se sugirió también que las instituciones en Chile debieran abrir más cargos permanentes en el área de la biotecnología, con la posibilidad de compartir costos entre la institución y el programa de subsidios, y de hacer esfuerzos para repatriar científicos chilenos actualmente trabajando en el exterior, proveyendo una financiación inicial para su reinserción en el país.

Debido a los limitados recursos disponibles, el documento recomendó una focalización en las áreas de transferencia de genes, análisis del genoma, biología celular e informática. Las prioridades deben incluir “commodities” relevantes para la agricultura chilena, así como orientarse a la preservación, caracterización y uso de los recursos genéticos del país. Finalmente, se recomendó realizar instrucción a científicos y administradores sobre patentes, a la vez que se deben establecer regulaciones tanto para la evaluación como para la comercialización de los productos biotecnológicos, particularmente los organismos genéticamente modificados.

La propuesta excluyó los mecanismos de cofinanciación por parte del sector privado, ya que el estudio indicó que este sector no tenía en ese momento un interés específico en biotecnología y porque otros fondos actualmente disponibles lo consideran un requisito de cada proyecto.

En abril de 1997 se publicó el libro “Programa Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria y Forestal en Chile”, que contiene los discursos efectuados durante la conferencia de planificación. La formulación del programa en biotecnología llevó aproximadamente un año y medio y se invirtieron más de US\$ 270.000, el 60 por ciento de los cuales fue aportado por el gobierno chileno. Este ha considerado la propuesta de modo favorable, pero lamentablemente, aún no se ha iniciado su ejecución.

Programas Nacionales en Biotecnología

Un catastro realizado en 1994 indicó que había 33 laboratorios involucrados exclusiva o parcialmente en biotecnología, distribuidos en nueve universidades y dos institutos de investigación. Además, existían nueve laboratorios privados dedicados a la micropropagación. Una importante proporción (40%) de los laboratorios en las universidades e institutos de investigación se encuentra dedicada al cultivo de tejidos.

Existe una fuerte concentración de estos laboratorios en la capital del país y en sus alrededores; el 60% de ellos se localizan en Santiago o cerca de dicha ciudad. Alrededor del 80% de los laboratorios involucrados en biotecnología agrícola pertenecen a universidades. El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) es la única institución con un grupo de científicos dedicados a la biotecnología agrícola y que se distribuyen en varios Centros a través del país, formando una especie de programa nacional (Grupo de Especialidad). Existe un Coordinador para este grupo, que depende del Coordinador Nacional de I/D, y es quien además hace de vínculo con el Sub-Programa de Biotecnología del PROCISUR.

Las entidades involucradas en biotecnología en el país y sus áreas de investigación principales son descritas brevemente a continuación:

Universidad de Tarapacá, Arica

- Instituto de Agronomía: Micropropagación en olivo, *Prosopis*, *Citrus*, *Opuntia*, *Passiflora edulis*.

Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso

- Facultad de Agronomía: Micropropagación de *Solanum muricatum*, *Citrus*. Caracterización molecular de germoplasma de flores nativas.

Universidad Católica de Chile, Santiago

- Departamento de biología celular y molecular: técnicas de ingeniería genética y análisis del genoma en papa, *Erwinia*, tabaco, hongos ligninolíticos; biodegradación y enzimología de hongos ligninolíticos;
- Departamento de Ecología: caracterización por isoenzimas, variación somaclonal, preservación de germoplasma a bajas temperaturas, transformación genética en *Carica pubescens*, *Carica pentagona*, *Pouteria lucuma*, *Annona cherimola*, *Feijoa sellowiana*, *Cyphomandra betacea*, *Pinus*, *Eucalyptus*, *Prosopis*, *Nothofagus*, *Sophora toromiro*, papa;
- Facultad de Agronomía: cultivo de tejidos, micropropagación, transformación genética de plantas, diagnóstico de patógenos vegetales en papa, espárrago, clavel doble, arándano, coliflor y vides.

Universidad de Chile, Santiago

- Facultad de Química y Ciencias Farmacéuticas: técnicas de ingeniería genética y análisis del genoma en *Citrus*, poroto común, frambuesa; identificación molecular de cultivares de durazno;
- Facultad de Ciencias, Departamento de Biología: caracterización y actividad de proteínas/enzimas, en *Araucaria*, *Prosopis*; micropropagación de lavanda; transformación genética en *Arabidopsis thaliana*;
- Facultad de Agricultura y Ciencias Forestales: micropropagación en *Simmondsia chinensis*, *Solanum muricatum*; diagnóstico inmunológico de patógenos de plantas, mecanismos de defensa a hongos en frambuesa, kiwi, micropropagación y *fingerprinting* de frutilla y cultivares de *Prunus*;
- Facultad de Ciencias Veterinarias: criopreservación, fertilización *in vitro*, manipulación de gametos, transferencia de embriones, en bovinos; aislamiento y detección de virus en bovinos y equinos, métodos inmunológicos en bovinos, aves de corral, porcinos; genética molecular en varias especies; inseminación artificial en caprinos; cultivo de microorganismos y HPLC para estudiar residuos de antibióticos, metabolismo del rumen en camélidos; transferencia de núcleos y clonado en bovinos; uso de aditivos no-nutricionales en bovinos; técnicas para determinar el predominio de la infección de la enfermedad de Chagas en caprinos, ovinos, bovinos; patología molecular, toxicología en salmones.

**Universidad de Santiago,
Santiago**

- Laboratorio de Fisiología Vegetal: cultivo de tejidos y estudio de la actividad biológica en especies herbáceas nativas (*Pintoa chilensis*, *Pouteria chilensis*, *Peumus boldus*), guayacán y cereales, ingeniería genética de proteínas y genes de interés agronómico; transformación genética de papas y uvas.

Forestry Institute (INFOR)

- División de Silvicultura: micropropagación de *Eucalyptus* y otros árboles forestales.

**Universidad de Talca,
Talca**

Programa de Biología de Plantas: inmunología, técnicas de ingeniería genética, análisis del genoma y micropropagación en papa y colza; ingeniería genética en *Lycopersicon* y *Melandrium*; técnicas moleculares para estudiar la actividad biológica en plantas medicinales; marcadores moleculares para el enraizamiento en especies forestales; cultivo de tejidos, manejo, fisiología del desarrollo y preservación de especies leñosas (*Eucalyptus globulus*, *Nothofagus alpina*, *Gomortega keule*, *Beilschmedia bertennoana*; *fingerprinting* de cultivares de uva.

**Universidad de
Concepción**

- Facultad de Ciencias Biológicas (Campus Concepción): técnicas moleculares para estudiar la actividad de proteínas/carbohidratos como mecanismos para la tolerancia al frío, en cebada, *Deschampsia*; caracterización molecular de especies forestales (*Pinus*, *Eucaliptus*);
- Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales (Campus Chillán): caracterización de proteínas/enzimas en trigo, *Chenopodium quinoa*, amaranto, especies de plantas nativas, micropropagación en arándano, frutilla, frambuesa, vid, espárrago, especies forestales;
- Facultad de Medicina Veterinaria (Campus Chillán): Criopreservación, fertilización *in vitro*, transferencia de embriones en rumiantes, modulación inmunológica de la reproducción en rumiantes, inmunología y técnicas moleculares en la reproducción celular de caprinos y moluscos.

**Universidad de la
Frontera, Temuco**

- Facultad de Agricultura y Ciencias Forestales: cultivo de tejidos en *Nothofagus*, *Eucalyptus*, ajo, alcachofa;
- Facultad de Medicina: fertilización *in vitro*, cultivo de tejidos, transferencias de embriones en bovinos.

Universidad Católica de Temuco, Temuco

- Facultad de Medicina Veterinaria: criopreservación, fertilización *in vitro*, cultivo de tejidos, transferencia de embriones, en camélidos y salmones.

Universidad Austral de Chile, Valdivia

- Facultad de Ciencias: inmunocitoquímica y técnicas moleculares para estudiar el transporte de la hexosa en avena y *Deschampsia*; mecanismos fisiológicos y bioquímicos para la tolerancia al frío en avena, papa y *Deschampsia*; micorrización artificial; producción; producción de inoculantes; diagnóstico de bacterias en bovinos; diagnóstico de patógenos en ovinos; diagnóstico de virus en bovinos; inmunodiagnóstico de bacterias en bovinos; métodos serológicos y de microscopía para detectar leptospirosis en roedores; inmunodiagnóstico de bacterias en salmones, inmunodiagnóstico de bacterias en porcinos;
- Facultad de Ciencias Agrícolas: cultivo de tejidos y micropropagación en papa, especies nativas del sur de Chile y especies ornamentales; preservación de germoplasma;
- Facultad de Ciencias Veterinarias: criopreservación, fertilización *in vitro*, micromanipulación de gametos, cultivo de tejidos, transferencia de embriones.

Instituto de Investigación Agrícola (INIA)

- Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago: cultivo de tejidos en vid, ajo, *Triticum*, *Brassica*, *Solanum*, *Ippomoea batatas*, *Vaccinium*, frambuesa, *Fragaria* y árboles frutales (peral, duraznero); técnicas de ingeniería genética en papa, melón, durazno y vid; técnicas de análisis genómico (*fingerprinting*, estudios de diversidad genética, mapeo genético, “tagging” de genes, uso de marcadores en selección asistida) en trigo, maíz, arroz, poroto común, *Ipomea batatas*, *Fragaria chiloensis*, *Allium* spp., *Lavandula* spp., *Lycopersicon* spp., razas locales de manzana y otras especies de plantas; análisis genómico en especies animales como los camélidos sudamericanos (desarrollo de microsátélites), y otros animales de granja como los caballos; genética poblacional en *Botrytis cinerea* y otros hongos fitopatógenos; diversidad genética en *Trichogramma* spp., técnicas moleculares para el diagnóstico viral en cultivos de frutales y otras plantas de propagación clonal, y caracterización molecular de virus y viroides (RT-PCR, clonado y secuenciación de PPV, WMV-II y ZYMV);
- Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán: micropropagación en diferentes especies de plantas; análisis genómico en legumbres de granos, *Medicago*, especies de árboles forestales (*Eucalyptus*),

razas locales de manzana, lenteja, *Castanea sativa*, *Hypericum perforatum*, *Robinia*, *Chloraea* spp., *Fragaria chiloensis* y el insecto fitopatógeno *Orgillus obscurador*;

- Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco: ingeniería genética y manipulación transgénica en bacterias y hongos de plantas, análisis genómico en guisante, *Salix* spp., *Robinia pseudoacacia*, lupinos *Hordeum*, *Bromus*, *Ugni molinae*, *Trifolium*; cultivo de tejidos en alchimilla, *Allium*, *Ugni molinae*, *Pinus*, *Hordeum*, *Trifolium*, colza; selección asistida por marcadores moleculares en trigo (microsatélites); identificación de genes relacionados a la tolerancia al frío de *Deschampsia antarctica*;
- Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno: micropropagación en papa; evaluación de papas transgénicas con resistencia a bacterias (en colaboración con la Universidad Católica de Chile).

Biotechnología en INIA

Durante los años ochenta, INIA tomó conciencia de su responsabilidad en el desarrollo de la biotecnología como una herramienta para el fortalecimiento de la agricultura. Se estimó que el potencial de estas técnicas debería ser mejor explotado, en plantas inicialmente y luego en otras especies de interés productivo. Como un primer paso, se creó un laboratorio de biotecnología vegetal en el Centro de Investigación La Platina (Santiago), para apoyar los proyectos existentes en mejoramiento vegetal y protección vegetal. La creación de La Platina, que es uno de los laboratorios mejor equipados en el país, fue seguida posteriormente de similares iniciativas en los Centros de Investigación Regionales Quilamapu (Chillán), Carillanca (Temuco), y Remehue (Osorno).

Estos laboratorios regionales, que se crearon con el propósito de reforzar los proyectos de investigación en especies importantes para sus respectivas regiones, han sido implementados a través de préstamos del BID, relocalización de recursos institucionales y recursos concursables específicos para infraestructura de investigación. A pesar de que el laboratorio de biotecnología en La Platina continúa siendo el que posee la misión de desarrollar tecnologías que puedan ser utilizadas posteriormente por los laboratorios regionales, el sistema actual de distribución de los recursos para la investigación en Chile -basado principalmente en financiación competitiva- está dejando a aquella estrategia un poco obsoleta. Además, los grupos asociados a los laboratorios regionales han obtenido recursos merced a proyectos de investigación e infraestructura competitivos, que les está permitiendo crecer muy rápidamente. En el futuro, éstos podrán muy bien desarrollar capacidades para manejar las técnicas más sofisticadas. Cabe también preguntarse si los científicos de los laboratorios regionales aceptarán que su misión se restringe a aplicar las

técnicas desarrolladas por otros, y no involucrarse en su desarrollo.

Si hay una lección obvia a ser aprendida de la experiencia chilena, parecería ser que un sistema de distribución de los fondos para la investigación basado en financiación de proyectos competitivos y poca asignación directa a los institutos nacionales de investigación rápidamente debilita la capacidad de éstos de fortalecer planes estratégicos. Tal sistema está haciendo difícil, sino imposible, a los administradores de investigación de INIA, tener una influencia significativa en la priorización de la investigación. INIA ha establecido un conducto regular por el cual cada propuesta de investigación es primero discutida internamente y eventualmente aprobada y suscrita, quedando luego como prerrogativa de las agencias financiadoras su eventual aprobación definitiva. Existen otras implicancias: la subvención de proyectos competitivos disponible actualmente en Chile no contempla proyectos a largo plazo sino solamente proyectos para un período de 1 a 3 años. Debido a esto, varios proyectos de mejoramiento de plantas que habían recibido anteriormente la financiación de INIA no pudieron mantenerse por más tiempo y fueron eliminados. Ya que una de las razones más convincentes de que el desarrollo de la biotecnología en INIA fue, y continua siendo, su potencial como herramienta para incrementar la velocidad y eficiencia del mejoramiento genético de cultivos, cabe nuevamente preguntarse donde será aplicada esta herramienta si los proyectos de mejoramiento de plantas dejaran de existir.

Recursos Humanos para Biotecnología en INIA

Actualmente, 17 científicos se encuentran dedicados a tiempo completo a biotecnología. Doce están trabajando en La Platina, dos en Quilamapu, seis en Carillanca y uno en Remehue. Sin embargo, sólo 11 pertenecen al cuerpo permanente de INIA y seis han sido contratados a través de proyectos de investigación. Otros siete investigadores se encuentran en proceso de obtener su título de PhD, la mayoría de ellos en el exterior; cuatro son de La Platina y tres de Carillanca. Aproximadamente otros quince científicos en el área de la patología vegetal, recursos genéticos de plantas y mejoramiento animal, se encuentran dedicados a la biotecnología en forma parcial.

Fuentes de Financiamiento

Una descripción detallada de las fuentes de financiamiento para proyectos de financiación competitivos y otros instrumentos para el desarrollo de la ciencia y la tecnología se presenta a continuación:

- *Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)*
Subvención: FDI;
Objetivo: impactos estratégicos;
Rango de financiamiento: dependiendo del llamado, hasta US\$ 1 millón;

Número de llamados: uno o dos por año;

Duración: tres años;

Comentarios: requiere activa participación del sector privado. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos.

- *Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)*
Subvención: FONTEC línea 1;
Objetivo: innovación tecnológica asociado a empresas productivas;
Rango de financiación: hasta US\$ 100.000;
Número de llamados: abierto;
Duración: dos años;
Comentarios: requiere contribución de la empresa. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos.
- *Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)*
Subvención: FONTEC línea 2;
Objetivo: infraestructura tecnológica en una compañía;
Rango de financiación: hasta US\$ 400.000;
Número de llamados: abierto;
Duración: dos años;
Comentarios: requiere contribución de la empresa. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.
- *Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)*
Subvención: FONTEC línea 3;
Objetivo: capturas tecnológicas;
Rango de financiación: hasta US\$ 100.000 en total o US\$ 25.000 por empresa;
Número de llamados: abierto;
Duración: diez meses
Comentarios: requiere contribución de la empresa. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.
- *Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)*
Subvención: desarrollo de proveedores de la industria;
Objetivo: relaciones estables entre el productor y la industria agrícola, y la calidad del producto;
Rango de financiación: aproximadamente US\$ 95.000 por empresa;
Número de llamados: abierto;
Duración: no definida;
Comentarios: las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos.

- *Gobiernos Regionales*
Subvención: Fondo Nacional para el Desarrollo Regional (FNDR);
Objetivo: desarrollo regional;
Rango de financiación: dependiente de las propuestas presentadas;
Número de llamados: anual;
Duración: 2- 3 años;
Comentarios: sujeto a cambios en la asignación de recursos luego de la evaluación del primer año. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.
- *Gobiernos Regionales*
Subvención: Fondo Nacional para el Desarrollo Regional (FNDR);
Objetivo: refuerzo de la producción regional;
Rango de financiación: dependiendo del acuerdo;
Número de llamados: anual;
Duración: 2- 3 años;
Comentarios: sujeto a cambios en la asignación de recursos luego de la evaluación del primer año. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.
- *Gobiernos Regionales*
Subvención: Proyectos de Desarrollo Estratégico;
Objetivo: refuerzo de la producción regional;
Rango de financiación: dependiendo del acuerdo;
Número de llamados: anual;
Duración: no definida;
Comentarios: los recursos se ajustan según los requerimientos (acuerdo previo). Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.
- *Gobiernos Regionales*
Subvención: Proyectos de Desarrollo Estratégico;
Objetivo: refuerzo de la producción regional;
Rango de financiación: dependiendo del acuerdo;
Número de llamados: anual;
Duración: no definida.
Comentarios: recursos se ajustan según los requerimientos del proyecto. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.
- *Ministerio de Agricultura*
Subvención: Fundación para la Innovación Agraria (FIA)- Capturas tecnológicas;

Objetivo: innovación en los sectores agrícola, forestal y pesquero;

Rango de financiación: hasta US\$ 100.000, aproximadamente;

Número de llamados: una o dos veces por año;

Duración: 2 años;

Comentarios: las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.

- *Institución Financiadora: Ministerio de Agricultura, SAG*

Subvención: Fondo para el Mejoramiento del Patrimonio Sanitario (FONSAG);

Objetivo: establecimiento de metodologías y protocolos para reforzar las obligaciones del SAG, incluyendo estudios en sanidad animal y vegetal, manejo de la tierra y aspectos agroecológicos;

Rango de financiación: hasta US\$ 500.000, aproximadamente;

Número de llamados: supuestamente uno al año. Primer llamado: 1999;

Duración: hasta cuatro años;

Comentarios: las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.

- *Institución financiadora: Ministerio de Educación*

Subvención: FONDEF;

Objetivo: incrementar la competitividad en la Agricultura;

Rango de financiación: mínimo US\$ 165.000, máximo US\$ 850.000.

Número de llamados: uno o dos por año;

Duración: 3 años financiados, más uno financiado por las instituciones o empresas asociadas;

Comentarios: requiere una contribución mínima de 18% de las entidades postulantes. Las entidades de I/D participan como ejecutores conjuntos y consultores.

- *Institución financiadora: Ministerio de Educación*

Subvención: FONDECYT;

Objetivo: fortalecimiento de la ciencia y tecnología;

Rango de financiación: dependiendo de las propuestas, varía usualmente de US\$ 100.000 a 200.000;

Número de llamados: uno por año;

Duración: depende de la propuesta, usualmente hasta 3 años;

Comentarios: para investigadores, no institucionales.

Colaboración de los Sectores Público-Privado

En los últimos años, el sector privado se ha interesado más en la biotecnología. De acuerdo a los datos colectados por la Universidad de Concepción, hasta 1994 aproximadamente un 8,6 por ciento de la investigación en cultivo de tejidos provenía de acuerdos de investigación con el sector privado. Sin embargo, el sector forestal parece estar comenzando un cambio en este sentido.

Aproximadamente un millón de hectáreas están plantadas con especies forestales provenientes de semilla no mejorada. Esta área permite mantener la variabilidad genética y seleccionar los árboles de alto valor genético ("plus trees"). Se ha formado una Cooperativa de Mejoramiento Genético con 18 de las principales compañías forestales chilenas, con el objetivo de aprovechar esta situación. Consecuentemente, las compañías forestales se encuentran buscando técnicas modernas que permitan una ganancia genética más rápida, lo que considera el análisis de ADN y la organogénesis, como técnicas de punta. Un ejemplo de colaboración pública-privada ha sido establecido por compañías forestales que están cofinanciando un proyecto CORFO-FDI ejecutado por INIA, para realizar micropropagación y caracterización genética de selecciones de *Eucalyptus nitens*.

Otro proyecto de financiación FDI que está permitiendo a INIA trabajar en el desarrollo de estrategias sustentables para el control de las enfermedades producidas por hongos en manzana a través de técnicas de ingeniería genética, está siendo cofinanciado por compañías privadas en el área del procesamiento de los alimentos. Además, con la activa participación de una cooperativa agrícola, INIA está utilizando micropropagación para recuperar los ecotipos nativos de frutilla blanca encontrados en las tierras secas de la costa de la zona centro-sur y que ahora se encuentran en peligro. INIA está propagando una colección de frutilla de dicha zona.

Un ejemplo interesante de relación con el sector privado se ha dado en la Universidad de Concepción (Chillán), la cual se involucró en la producción de plantas por micropropagación. Los investigadores en este campo, contando con la garantía de la Universidad, crearon una empresa para la producción de plantas llamada PROPLANT, con suficiente autonomía para establecer tratos directos con el sector privado. La creación de PROPLANT ha permitido comercializar aproximadamente 20.000 plantas frutales de alta calidad sanitaria por año, incrementar número de plantas (vides, frambuesa, frutilla, *Populus*) para compañías agrícolas, establecer viveros de cereza y frutilla en varias localidades a través del país, y percibir retornos que contribuyan a fortalecer la investigación y docencia, incluyendo trabajos de tesis.

Varios nuevos proyectos involucran una estrecha interacción con el sector productivo, ya que existe un interés creciente en llevar la investigación agrícola al área productiva. Un ejemplo de esto es un proyecto FONDEF para la adopción de la tecnología de transformación genética de vid y la introducción de resistencia a enfermedades fungosas, principalmente al ataque de *Botrytis*

cinerea, causante de las mayores pérdidas en este cultivo en Chile. Para este propósito, se configuró una asociación estratégica entre INIA La Platina, como ente ejecutor, y Fundación Chile (un Instituto gubernamental de CORFO destinado a la promoción de nuevos productos de interés internacional), una empresa de EE.UU. dedicada a la transferencia de biotecnología y un viverista nacional. Este tipo de proyecto considera entre sus costos importantes la negociación de “royalties” o derechos, dado que se aspira a un producto final que sea comercializado a nivel internacional. En otro ejemplo, un grupo de viticultores y propietarios de bodegas del valle de Casablanca, provincia de Valparaíso, se encuentran apoyando un proyecto FDI dedicado a establecer las bases científicas para establecer un tipo de “certificado de origen”, un concepto esencial en los esquemas modernos de la comercialización de productos agrícolas; un componente del mismo proyecto es la identificación y determinación de pureza genética de los cultivares, trabajo hecho en los laboratorios de La Platina.

Colaboración Regional e Internacional

Numerosos proyectos en biotecnología o relacionados a esta área han contado con la colaboración técnica y presupuestaria de instituciones internacionales. Por ejemplo, INIA ha recibido asistencia de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) en forma de entrenamientos, equipamiento de investigación, expertos y apoyo a eventos específicos. INIA implementó un programa nacional en recursos genéticos basado en la asistencia provista por JICA y actualmente puede exhibir una red de bancos de germoplasma, incluyendo facilidades de almacenamiento a largo plazo (“Banco Base”) en el norte de Chile. Desde sus comienzos, la biotecnología fue considerada como una herramienta esencial para el desarrollo del programa de recursos genéticos, por lo cual el apoyo de JICA comprende equipamiento y asesoría técnica en las áreas de cultivo de tejidos, análisis genómico, criopreservación, entre otros, así como visitas técnicas de científicos chilenos a Japón y becas de investigación en Japón de duración media. El apoyo económico ha venido también del Banco Interamericano del Desarrollo (BID), PNUD y la Fundación McKnight, los cuales han otorgado becas y ayudado a equipar laboratorios, implementar técnicas y llevar a cabo proyectos de investigación.

El Centro Internacional de la Papa (CIP), el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT), la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) han provisto de asistencia técnica en las distintas áreas de la biotecnología, mediante la visita de expertos durante seminarios nacionales de planeamiento y cursos de entrenamiento en el país y en el extranjero.

Entre las universidades, una importante colaboración internacional es la de la Universidad Católica, Santiago, con el

Institut für Genbiologisch Forschung, de Berlín, Alemania, en el área de transgénesis, más específicamente en relación a genes de plantas anti-patogénicas. Por otra parte, durante los últimos tres años INIA ha establecido una relación muy cercana con el Centro para la Investigación y Estudios Avanzados en México (CINVESTAV), cuya unidad de biotecnología se localiza en Irapuato. Como este par de ejemplos, tanto INIA como las universidades chilenas han recibido la colaboración de centros internacionales y universidades extranjeras, demasiado numerosos como para mencionarse individualmente.

En otro contexto, se han establecido varias redes de trabajo para propósitos específicos, como es el desarrollo de marcadores moleculares (entre otros, microsátélites), compartiendo los esfuerzos con grupos de investigación relacionados de distintas partes del mundo. Este es el caso del *Vitis Microsatellite Consortium* (coordinado por Agrogene, Francia) del cual INIA La Platina es uno de los 20 miembros activos. Una situación similar está ocurriendo con el desarrollo de microsátélites para camélidos sudamericanos, para lo cual biotecnólogos de La Platina interaccionan con un selecto grupo de laboratorios de otros puntos del orbe.

Derechos de Propiedad Intelectual

Chile es un miembro de la Organización Mundial del Comercio (WTO) desde el 1º de enero de 1995. Como estado miembro, se encuentra obligado a aceptar el acuerdo sobre Aspectos Relacionados al Comercio de los Derechos de Propiedad Intelectual (TRIPS-Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights). Dicho acuerdo requiere de los países miembros "aceptar las patentes para cualquier invención, se trate de productos o procesos, en todos los campos de la tecnología sin discriminación, sujetas a las evaluaciones regulares de innovación, calidad inventiva y aplicación industrial".

Este acuerdo también manifiesta que las patentes estén disponibles y los derechos de patente sean aprovechables sin discriminación ni del lugar de la invención ni de que los productos sean importados o localmente producidos. Sin embargo, existen tres excepciones permitidas a la regla básica en patentabilidad. Una es que los miembros pueden excluir plantas y animales además de microorganismos y procesos biológicos esenciales para la producción de plantas o animales además de procesos no biológicos y microbiológicos. Cualquier país que esté excluyendo variedades de plantas de la protección de patentes debe proveer un sistema de protección "sui generis" que sea efectivo. Chile sí posee tal sistema de protección para los nuevos cultivares: la ley 19324 de Noviembre de 1994 regula los derechos de los mejoradores u obtentores de cultivares de plantas. Chile es también signatario del Acta de 1998 de la Unión para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV).

Por otra parte, las invenciones relacionadas a materiales biológicos, tales como genes y secuencias génicas, no se encuentran explícitamente excluidas del acuerdo TRIPS. Es

sabido que la concesión de los derechos de propiedad intelectual sobre material producido por manipulación biológica han resultado ser un asunto altamente conflictivo. De hecho, el convenio TRIPS total está sujeto a revisión cuatro años después de establecido el acuerdo, y el cuarto año fue 1999. Dentro de INIA, parece existir acuerdo con la posición de ASSINSEL en la protección de las invenciones biotecnológicas, pero este es un asunto que queda por ser discutido. A pesar que el asunto se ha presentado en algunos seminarios nacionales, no estamos al tanto de ninguna iniciativa del gobierno de diseñar una propuesta en algún marco de trabajo legislativo sobre el tema.

Regulaciones en Bioseguridad

Chile no cuenta con una legislación específica para regular la liberación de organismos genéticamente modificados (OGMs) al ambiente. Sin embargo, considerando el creciente interés para evaluar y comercializar los OGMs, el interés de incrementar el material vegetal fuera de estación, y el hecho de que los materiales vegetales transgénicos están siendo manipulados en el país sin consentimiento oficial, la legislación existente fue ampliada de forma de realizar algún nivel de control.

Desde 1980, la ley 3557 regula la producción de semillas y su comercialización en Chile, confiando su ejecución al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), dependiente del Ministerio de Agricultura. Bajo el alcance de esta ley, SAG formó un grupo interno de trabajo que analiza los pedidos para la entrada de materiales transgénicos, particularmente semillas que las compañías requieren incrementar fuera de estación. Este grupo interno fue responsable de la Resolución SAG 1927/93, que establece normas para la entrada de materiales obtenidos a través de ingeniería genética al país. Esta resolución establece los siguientes requisitos para la entrada de cualquier material transgénico:

- Una solicitud por escrito y aceptación del mismo por el SAG;
- Sólo se aceptan materiales para ser multiplicados y luego re-exportados;
- Todos los materiales deben ser acompañados por los datos técnicos presentados para llevar a cabo los ensayos de campo en el país de origen;
- Todos los materiales deben estar acompañados por reportes que certifiquen que en su liberación a campo en el país de origen el material mostró ser inofensivo para el ambiente y la agricultura;
- Sólo un aeropuerto está autorizado como puerta de entrada (Pudahuel, en Santiago);
- Todos los materiales deben ser colocados bajo cuarentena.

En 1993, el Ministerio de Agricultura creó un Comité Consultivo para la Liberación de Organismos Transgénicos (CALT), formado por representantes del Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Salud, INIA y universidades, y coordinado por el Departamento de Protección Vegetal del SAG. El comité podría incorporar otros expertos si fuera necesario. El CALT es un cuerpo permanente con prerrogativas legales para controlar la entrada y manipulación de plantas transgénicas. Desde su creación, este comité ha cambiado su forma de operación, pero esencialmente sigue siendo el cuerpo que toma las decisiones sobre el manejo de los materiales transgénicos en Chile, con una aproximación de análisis caso a caso.

Debido a que las normas existentes se aplican sólo a las semillas transgénicas producidas fuera del país, y dado que las plantas transgénicas producidas en Chile ya han alcanzado la etapa de evaluación de campo, la falta de regulaciones para los materiales transgénicos producidos en el país es reconocida y considerada como una de las propuestas más urgentes del CALT. Además, la proposición de políticas con respecto a la comercialización de los productos transgénicos para el consumo humano estaría entre las obligaciones del CALT. En los últimos años, el área cubierta por las semillas transgénicas en multiplicación aumentó a más de 20.000 hectáreas (principalmente maíz), lo que indujo a un cambio en el sistema regulatorio, permitiéndose actualmente el uso de sus rastrojos y excedentes para la alimentación de animales de granja.

En 1997, la Corporación Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) organizó un seminario sobre bioseguridad en biotecnología. Una de las principales conclusiones del mismo fue la urgente necesidad de un Comité Nacional de Bioseguridad. Se recomendó también que cada institución involucrada en biotecnología moderna debe formar comités de bioseguridad institucionales que servirían como un nexo con el Comité Nacional. De acuerdo con esto, INIA creó el mismo año un Comité Institucional de Bioseguridad y Bioética conformado por cuatro científicos. Este comité adoptará, al menos inicialmente, las recomendaciones sobre bioseguridad para la experimentación en biotecnología provistas por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). En cualquier caso, para cualquier experimento que involucre experimentación en campo de los OGMs, la decisión definitiva y última vendrá del comité CALT.

Más recientemente, en el contexto de cooperación entre CamBiotech, BiotechCanadá y SAG, se efectuaron dos seminarios sobre evaluación de riesgo y comercialización de los productos transgénicos. Una de las conclusiones más importantes estuvo relacionada con la urgencia de invertir en la percepción pública, ya que la evidencia muestra que en varios países el uso de tecnologías y productos transgénicos ha fracasado debido a la falta de información y, se sospecha en varios casos, apoyado más en razones políticas que en argumentos técnicos.

La biotecnología en Paraguay

por Marta Zacher de Martínez *



Introducción

La República del Paraguay es tradicionalmente un país que basa su economía en la agricultura y la producción ganadera. El país posee aproximadamente 10.000.000 de hectáreas cultivables, de las cuales aproximadamente 3.000.000 de hectáreas son utilizadas actualmente en la producción agrícola. En el país se cultivan cerca de 50 especies diferentes de cultivos agrícolas, de los cuales 38 especies son las más importantes. Entre los cultivos más importantes se encuentran el maíz, la soja, el trigo, algodón, arroz, girasol, caña de azúcar, yerba mate, frutas tropicales y hortalizas, concentrándose su producción principalmente en la región oriental del país.

Programa de Biotecnología

En el Paraguay, aún no se cuenta con un programa, a nivel nacional, que coordine las actividades relacionadas a la Biotecnología Agrícola. En el país existen solamente cuatro laboratorios vinculadas a actividades de Biotecnología Agrícola, de los cuales dos de ellos pertenecen a la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y los dos restantes a la Dirección de Investigación Agrícola (DIA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Dos laboratorios, el de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la UNA y del Instituto Agronómico Nacional (IAN) de la DIA/MAG, trabajan básicamente en cultivo de tejidos, específicamente en micropropagación de plantas, entretanto, los laboratorios de la Dirección de Investigación de Postgrado y Relaciones Internacionales (DIPRI) de la UNA y del Centro Regional de Investigación Agrícola de la DIA/MAG, trabajan en el área de biología molecular. Las principales actividades de estos laboratorios se describen a continuación:

- Dirección de Investigación de Postgrado y Relaciones Internacionales (DIPRI/ UNA), San Lorenzo : técnica de marcadores moleculares en el análisis genético de cepas de *Rhizobium japonicum*;
- Centro Regional de Investigación Agrícola (CRIA/ DIA/MAG), Capitán Miranda : mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares, para la selección de materiales genéticos resistentes al nemátodo quiste de la soja (*Heterodera glycine*). Caracterización molecular (Fingerprinting) de variedades de soja;

* Ing. Agr. Departamento de Biotecnología del Instituto Agronómico Nacional- IAN
E-mail : ianmag@rieder.net.py

- Facultad de Ciencias Agrarias (FCA/UNA), San Lorenzo : micropropagación de plantas ; cítricos, orquídeas, diagnóstico de patógenos;
- Instituto Agronómico Nacional (IAN/DIA/MAG) : micropropagación en frutilla, banana, piña, orquídea, rosa, caña de azúcar, cítricos, crisantemos, mandioca, ka'a he'e, papa, helechos, violeta africana, diagnóstico de patógenos, conservación "in vitro" de germoplasma.

Biología en el Instituto Agronómico Nacional (IAN)

En 1984, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través de la Dirección de Investigación Agrícola (DIA) y con la Cooperación de la Agencia de Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos, resolvió crear el primer laboratorio de Biotecnología en Paraguay, que se estableció en el Instituto Agronómico Nacional (IAN), en Caacupé, Cordillera. Los objetivos del laboratorio son los siguientes :

- Propagación clonal masiva "in vitro" de plantas para la producción de mudas libres de patógenos y de alta calidad genética de especies de importancia para la diversificación de la agricultura paraguaya;
- Apoyo a programas de mejoramiento genético de especies horti-frutícolas, mediante la utilización de técnicas biotecnológicas aplicadas al mejoramiento genético de plantas;
- Mantenimiento de la colección de germoplasma "in vitro" de especies y variedades de plantas cultivadas, tales como : mandioca, ka'a he'e, frutilla, piña, crisantemos, rosa. Este laboratorio comenzó su funcionamiento en 1985, con el apoyo técnico y financiero de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), hasta 1987.

En el año 1988, el laboratorio recibe la cooperación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), a través de un proyecto de mejoramiento genético de plantas. Desde entonces, el laboratorio viene funcionando con el soporte financiero del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) del Paraguay.

En 1995 recibe una donación de US\$ 300.000, del Gobierno de Corea, a través de la Agencia Internacional de Cooperación Técnica de la República de Corea (KOICA), en concepto de equipos y capacitación de técnicos nacionales. Simultáneamente, también se recibe la cooperación por un valor de US\$ 150.000 del Gobierno de Taiwan, en equipos, reactivos, vidrierías y construcción de un invernadero.

Actualmente, con las nuevas instalaciones construidas por el MAG y con los equipos donados por las diversas cooperaciones, el laboratorio cuenta con infraestructura necesaria para emprender trabajos de investigación en cultivo de tejidos, así

como para la producción de vitroplantas de especies de interés agrícola. Al respecto, la inversión en equipos, edificio, invernaderos, etc, alcanza 650.000 dólares americanos.

La rápida multiplicación de mudas de frutas y hortalizas y otras especies, libres de enfermedades con las características de las plantas madres, se tornó una realidad en el Paraguay, gracias al empleo de la técnica del cultivo de tejidos vegetales. Utilizando esta técnica, el IAN, viabilizó el incremento de la productividad en el orden de un 30% a 75% en los cultivos comerciales de frutilla, banana, piña, cítricos y caña de azúcar.

Las metas trazadas en la producción de mudas de alta calidad (categoría madre y fundación) para el año 2000, es como sigue:

- Piña:

Variedad Cayena Lisa (tipo exportación)	100.000 plantas
--	-----------------
- Banana:

Variedad Nanicao	50.000 plantas
Variedad Oro	20.000 plantas
- Frutilla:

Variedad Dover	20.000 plantas
Variedad Rinda More	2.000 plantas
Variedad Princesa Isabel	3.000 plantas
Variedad Oso Grande	4.500 plantas
Variedad Tufts	2.000 plantas
Variedad IAC Guarani	2.000 plantas
Variedad Sweet Charlie	2.000 plantas
- Caña de Azúcar:

Variedad Tuc 77-42	10.000 plantas
Variedad RB 72 - 454	10.000 plantas
- Orquídea: 100.000 plantas
- Papa: 30.000 microtubérculos

Todas estas especies son distribuidas a agricultores asociados en diferentes departamentos del país, mediante trabajos conjuntos con gobernaciones y agencias de extensión (DEAg) y/o ONGs dedicados a la asistencia técnica privada. Cabe señalar, que las mudas producidas por el laboratorio de Biotecnología, son de categoría madre, fundación y certificada y, constituyen material de partida para la multiplicación en viveros de otras categorías de semilla, permitiendo la producción de semillas de alta calidad para la plantación.

Además, está en pleno proceso de producción mudas de rosas, crisantemos y yemas de cítricos libre de virus, iniciándose las etapas primarias de producción de los mismos.

Por otro lado, se manejan experimentos que tienen la finalidad de ajustar los métodos de propagación y conservación "in vitro" de mandioca (*Manihot esculenta*), mamón (*Carica papaya*), durazno (*Prunus sp.*) y ka'a he'e (*Stevia rebaudiana*).

Recursos Humanos para Biotecnología en el IAN

El IAN cuenta con cuatro investigadores especializados en el área de cultivo de tejidos, con graduación universitaria. Básicamente se trabaja en micropropagación de especies frutales, ornamentales y agrícolas.

En el área de Biología Molecular, se ha accedido a capacitaciones que posibilitarían trabajos en esta área, específicamente en marcadores moleculares aplicados al mejoramiento genético de plantas.

Colaboración del Sector Público – Privado

Biofábricas en el sector privado se encuentran actualmente en pleno proceso de montaje. En efecto, compañías dedicadas a la explotación forestal tal como Forestal Yguazú de la Shell, está abocada a las micropropagaciones de clones mejorados de *Eucaliptus* y otras especies de rápido crecimiento. Asimismo, azucareras con cultivos propios también se encuentran en proceso de implementación de sistemas de producción de vitroplantas de caña de azúcar. Sin embargo, el área de micropropagación de ornamentales es la más promisoriosa, y existen algunas iniciativas en el empleo de la micropropagación en este sector.

Cooperación Regional e Internacional

Durante la década del '80 el laboratorio de Biotecnología ha tenido importantes cooperaciones de organismos internacionales, a saber :

- 1985 : Agencia Internacional de Cooperación Técnica del Japón (JICA);
- 1988 : Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA);
- En 1996, se recibe la cooperación técnica y financiera de las Agencias Internacionales de Cooperación Técnica del los gobiernos de Corea(KOICA) y de Taiwan (MTC);
- El Centro Internacional de la Papa (CIP), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), han providenciado asistencia técnica en el área de la Biotecnología, a través del envío de expertos y/o capacitación de técnicos nacionales en dichas instituciones;
- Desde 1993, en el marco del Subprograma de Biotecnología del PROCISUR, el laboratorio participa

de las actividades de Biotecnología desarrolladas en la región y en otras regiones, mediante la participación en congresos, seminarios, adiestramientos en servicio, etc, potenciándose así la capacidad crítica de técnicos nacionales en el área. Al respecto, el Proyecto Desarrollo de la Capacidad Regional para la Producción de Plantas de Alta Calidad Genético Sanitaria del PROCISUR, contribuyó a operativizar la capacidad instalada existente, así como la capacitación de técnicos vinculados a los trabajos encarados por el proyecto.

Derechos de las Propiedades Intelectuales a las Creaciones Fitogenéticas

Paraguay es miembro signatario de la Unión para la Protección de nuevas variedades de Plantas(UPOV) desde 1995.

La legislación vigente sobre semillas “Ley de Semillas y Protección de Cultivares N° 385/94, en el capítulo IV Registro Nacional de Cultivares Protegidos, contiene en términos generales disposiciones sobre protección de cultivares, en coherencia con los acuerdos regionales e internacionales sobre la materia, a los efectos de fomentar las inversiones de las empresas nacionales y extranjeras en el área de investigación y producción agrícola.

En dicho capítulo se resume lo siguiente: las personas naturales o jurídicas que descubran o desarrollen un cultivar o una variedad tienen derecho a su inscripción en el Registro, habilitado en la Dirección de Semillas, toda vez que cumpla con los requisitos establecidos para el efecto. La inscripción les confiere un derecho de protección de ese cultivar y sobre su material de propagación por espacio de 15 a 20 años, pero no se extiende sobre el producto obtenido con la aplicación de esa variedad. Es decir, se protege la semilla pero no los frutos obtenidos a partir de su plantación. Se establece el llamado “Privilegio de Agricultor”, conforme al cual éste tiene derecho a producir y utilizar semillas de variedades protegidas sin consentimiento del obtentor y toda vez que sea destinada a su propia siembra y no a la venta a terceros. Asimismo, se dispone el “Privilegio del Investigador”, mediante el cual un tercero puede usar la variedad protegida para el desarrollo de una nueva variedad. Se trata de evitar situaciones de monopolio, que puedan afectar a agricultores y consumidores, a la continuidad del proceso de fitomejoramiento y, en términos generales, a la biodiversidad.

Estas normas tienden a estimular inversiones a largo plazo en investigaciones de obtenciones vegetales y a apoyar esas inversiones en el sector privado. Se declaran de uso público las variedades cultivadas comercialmente durante un período máximo de tres años a la fecha de sanción de la presente ley, no pudiendo las mismas ser protegidas por este registro. Se establece la declaración de “Uso Público Restringido” del cultivar protegido, en la forma y casos que se determinen expresamente y la obligación del obtentor de mantener muestras vivas del cultivar protegido (depósito de muestras) a disposición de la

dirección de semillas, dejando abierta la posibilidad de la creación de un banco nacional de germoplasma.

Con relación a la protección de genes o secuencia de genes, el Paraguay no cuenta con legislación que protege este tipo de invenciones.

Marco Legal sobre Bioseguridad

Por el Decreto N° 18481 del 18 de setiembre de 1997, se crea la Comisión de Bioseguridad Agropecuaria, adscripta al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y al de Salud Pública y Bienestar Social que se constituye en el único organismo facultado a autorizar la introducción al país de los denominados organismos genéticamente modificados (OGMs) para uso agropecuario. Son miembros de la referida comisión funcionarios de las distintas dependencias del MAG que tengan relación con el tema, del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA y miembros de las ONGs, red Rural de Organizaciones Privadas de Desarrollo y la Red de Organizaciones Ambientalistas del Paraguay.

Todo interesado en producir este tipo de material al país, deberá llenar un formulario especialmente habilitado para el efecto y entregarlo a la secretaria técnica de la comisión que funciona en la Dirección de Semillas del MAG.

Cabe señalar, que las implicancias de la utilización de los materiales transgénicos en el Paraguay, son objeto de algunas leyes reguladoras tales como la ley N° 253/93 que aprueba el convenio sobre la Diversidad Biológica, la ley N° 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental, la ley 385/94 de Semillas y Protección de Cultivares, la ley 123/91 de Defensa Vegetal, la ley N° 96/92 de Vida Silvestre, la ley N° 352/94 de Areas Silvestres Protegidas, la ley N° 836/80 del Código Sanitario y la ley N° 1334/98 de Defensa del Consumidor y del Usuario.

Recientemente, además del Decreto N° 18481/97, el MAG ha promulgado la resolución N° 554/99 que reglamenta la utilización de organismos genéticamente modificados en la campaña agrícola 1999/2000. En ella consigna la prohibición del cultivo comercial de soja, algodón y maíz transgénicos, no así la introducción con fines de experimentación.

Con relación a la liberación al medio con fines de experimentación de plantas transgénicas, la Comisión de Bioseguridad autorizó la experimentación de nueve variedades de soja transgénica tolerante al herbicida Round up, soja RR, para la campaña 1999/2000, solicitado por la Monsanto Paraguay.

Por otro lado, recientemente, se ha firmado el acuerdo de cooperación técnica entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la FAO, por un valor de US\$ 200.000. Los resultados esperados por este proyecto de cooperación son: el anteproyecto de la Ley de Bioseguridad del Paraguay y el equipamiento y funcionamiento de un laboratorio de Biología Molecular en el Instituto Agronómico Nacional.

La biotecnología en Uruguay

por Marta Francis* y Victoria Bonnacarrère**

Introducción



El Uruguay es un país geográficamente pequeño de 180.000 km² de extensión. El 80 por ciento de su territorio se destina a la producción agropecuaria (MGAP, 1998), la que representó en el año 1998 el 8,3 por ciento del PBI total (MGAP, 1999). Esto demuestra la importancia del sector agropecuario en la economía nacional, el cual ha sido históricamente el principal generador de divisas.

Del total de la superficie agropecuaria del país, 11 millones de hectáreas son destinadas a la producción ganadera, mientras que solamente un millón de hectáreas representan la superficie destinada a la agricultura (MGAP, 1999). Sin embargo, ésta última tiene una participación creciente en las exportaciones, especialmente algunos rubros como el arroz, la citricultura y la forestación. El abastecimiento de un reducido mercado interno sigue siendo el principal destino de la mayoría de los productos agrícolas, tal es el caso de la producción cerealera, frutícola y hortícola.

En los rubros agrícolas más importantes se ha constatado un aumento en la producción nacional a pesar de la disminución del área sembrada, lo que se debe a incrementos en los rendimientos (MGAP, 1999), producto de la incorporación de nuevas tecnologías y a los avances en el mejoramiento genético.

Una de estas nuevas tecnologías que ha tenido un gran impacto a nivel mundial es la biotecnología. Ésta es una poderosa herramienta, que integrada con el mejoramiento convencional, ha logrado importantes aportes al desarrollo de nuevas variedades vegetales de alta calidad genético-sanitaria y a los programas de mejoramiento genético animal. Las aplicaciones de la biotecnología son muy amplias, implicando tanto el desarrollo agropecuario como el industrial y abarca temas tan diversos como: ingeniería genética en plantas y animales, producción de inoculantes para leguminosas, fermentaciones microbianas, producción de reactivos de diagnóstico de enfermedades en animales y plantas, conservación de germoplasma, fertilización *in vitro*, transplante de embriones, producción de hormonas, producción de enzimas para la industria láctea, bioconversión de biomasa, biorremediación para eliminación de residuos contaminantes, etc., que están relacionadas al sector agroalimentario en los países desarrollados (EEUU, Japón y Europa), pero tienen distinto grado de aplicación en los países en desarrollo (Sasson, 1993).

* Ing. Agr. PhD, Biología Celular y Molecular, INIA;
Coordinador Nacional del Subprograma Biotecnología del PROCISUR
Email: mfrancis@inia.org.uy

** Ing. Agr. Lic. Bioq.

Aunque en el Uruguay la biotecnología está muy lejos de alcanzar su máximo potencial de desarrollo y aplicación, las experiencias reportadas hasta el momento permiten pronosticar el impacto que la biotecnología puede tener en el desarrollo futuro y sostenible de la producción nacional. En el país existen focos de desarrollo biotecnológico, en las áreas vegetal y animal, llevadas a cabo por instituciones públicas y empresas privadas. El objetivo de este trabajo es hacer un relevamiento de las actividades relacionadas con la biotecnología agropecuaria en el Uruguay, desde aquéllas vinculadas a la investigación básica, hasta las asociadas directamente con el sector productivo. Con este fin, se realizó una encuesta en los diferentes laboratorios y empresas que desarrollan actividades relacionadas con la biotecnología agropecuaria. Se relevaron las principales líneas de investigación y de servicios, los recursos humanos especializados y la infraestructura y equipamiento.

Esta tarea pretendió abarcar la mayoría de los sectores que de alguna manera contribuyen al desarrollo de la agrobiotecnología en Uruguay, tarea nada sencilla si se considera que no hay antecedentes sobre el tema y que no existe información centralizada. Debido a esta razón, es posible que falte alguna institución, laboratorio o empresa en este documento y se espera que en un relevamiento futuro, todas las entidades vinculadas a la biotecnología agropecuaria aporten sus datos para enriquecer este documento.

Finalmente se describen las fuentes de financiamiento y se revisa la normativa sobre bioseguridad y propiedad intelectual relacionadas a la agrobiotecnología. Basándose en la información recabada, se realizó un diagnóstico de la situación de la biotecnología agropecuaria en el país, analizando los principales logros alcanzados en los últimos años, así como los puntos débiles que aún deben ser solucionados y algunas recomendaciones para el desarrollo futuro en el sector.

La Biotecnología en el Sector Público

***Ministerio de Ganadería
Agricultura y Pesca –
MGAP***

*Laboratorio de Microbiología de Suelos y Control de
Inoculantes – LMSCI*

Normalmente se asocia la biotecnología con tecnologías muy recientes, relacionándolas únicamente con las tecnologías ADN recombinante. Sin embargo, desde hace muchos años se hace biotecnología y este es el caso particular del manejo de inoculantes microbiológicos en leguminosas, en donde el LMSCI del MGAP ha tenido un papel preponderante desde el año 1961.

El LMSCI, de acuerdo a su marco legal, desarrolla trabajos en las siguientes áreas: selección de cepas de rizobios para su uso en inoculantes comerciales (responsable del Programa Nacional de Selección de Cepas de Rizobios), control de calidad de

inoculantes, mantenimiento de la colección nacional de cepas de Rizobios y otros microorganismos promotores del crecimiento vegetal, desarrollo de técnicas de identificación de microorganismos para su aplicación en los programas de selección, control de calidad, biodiversidad y ecología, así como el análisis y estudio de factores limitantes de la fijación biológica en campo (MGAP a, 2000).

Los proyectos que están siendo ejecutados comprenden: «Aspectos rizobiológicos vinculados a problemas de implantación de trébol blanco, trébol alejandrino y trébol vesiculoso»; «Selección de cepas de rizobios para leguminosas de uso actual y potencial en suelos sobre basalto»; «Selección y caracterización de cepas de rizobios para alfalfa, énfasis en suelos ácidos»; «Ecología de cepas de rizobios en especies del género *Lotus*», «Aislamiento, identificación y evaluación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en arroz, especialmente bacterias fijadoras de nitrógeno»; «Desarrollo tecnológico: semilla preinoculada e inoculantes líquidos»; «Uso de inoculantes líquidos en soja» e «Inoculación de semilla».

El MERCOSUR representa un nuevo desafío para el país y para el LMSCI, por el doble propósito de garantizar el marco tecnológico interno y promover la comercialización regional. En tal sentido, se han implementado instituciones de referencia en cada país miembro, a los efectos de: mantenimiento de las cepas recomendadas, control genético, certificación de calidad de los inoculantes y estudio de aspectos legales y comerciales compatibles con las consideraciones técnicas de cada país. En Uruguay el LMSCI es laboratorio de referencia.

Todos los proyectos se desarrollan en estrecha vinculación con Facultad de Ciencias, Facultad de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de la Empresa y Licenciatura en Gestión Agrícola-Ganadera de la Universidad Católica D.A. Larrañaga, además de INIA e Instituto de Investigaciones Biológicas C. Estable (IIBCE), mediante la integración de estudiantes y la realización de actividades docentes.

Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA) - División Análisis y Diagnóstico- Laboratorios Biológicos

A comienzos de la década del '80 se inició el fortalecimiento del Laboratorio de Fitopatología de la Dirección de Sanidad Vegetal que contó con el financiamiento de la FAO. En el marco del proyecto se fortaleció la Campaña de Prevención y Erradicación del Cancro Cítrico (CPECC), obteniéndose el asesoramiento técnico y el equipamiento del laboratorio, necesario para la producción de reactivos y kits de inmunodiagnóstico para la detección por ELISA de la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*. Estos reactivos se utilizaron para la confirmación del diagnóstico de las muestras con síntomas, recolectadas durante la campaña y la detección de poblaciones asintomáticas de la bacteria en viveros.

Este primer impulso permitió el desarrollo de varios kits de diagnóstico para bacterias fitopatógenas: *Clavibacter michiganensis* subs. *sepedonicum*, *Erwinia amylovora*, *E.stewartii*, *Ralstonia solanacearum* Raza 1, biotipo 1, *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* y *Xylella fastidiosa*, que se han aplicado en programas de cuarentena y control de enfermedades de materiales de propagación.

En el año 1985 se realizó en el país un concurso nacional de proyectos, auspiciado por el Centro de Innovación y Desarrollo (CID, 1985), con la finalidad de incentivar el desarrollo de nuevas ideas ante el surgimiento de la democracia. En ese entonces, el proyecto presentado en conjunto entre la DSPA y el IIBCE que proponía el diseño de una «Unidad Biotecnológica de Diagnóstico Fitosanitario» fue galardonado con el Gran Premio a la Innovación. Se proponía la coordinación de esfuerzos entre una institución de servicios (DSPA) y una de investigación básica (IIBCE) para la generación de kits y biotecnologías de diagnóstico y para la obtención de materiales de propagación libre de patógenos. Nunca se logró el financiamiento total de este proyecto, debido en parte a la falta de comprensión de la propuesta y a que los mismos institutos eran los usuarios de las tecnologías desarrolladas. Pero se realizaron varias presentaciones ante organismos internacionales (OEA, PNUD, FAO), que fueron aceptadas y permitieron equipar parcialmente el laboratorio e incorporar metodologías para el diagnóstico masivo de materiales.

Debido al constante desarrollo de modernas biotecnologías de diagnóstico y producción de materiales saneados por medios biotecnológicos, durante el período comprendido entre los años 1982 y 1993, se apoyó a los técnicos del laboratorio para que realizaran estudios en el exterior. Si bien la DGSA no contó con un programa de becas institucional, se fomentó la presentación individual a organismos de financiación externa (AID, OEA, Agencia Canadiense de Cooperación, Agencia Española de Cooperación, ICI) obteniéndose la formación de cuatro Maestrías y dos Doctorados.

Entre los años 1995 y 1997 se desarrolló el proyecto «Certificación de materiales de propagación de cítricos», el cual fue financiado por FAO y contó con el asesoramiento técnico del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrícolas de España. Se crearon las capacidades para la producción de material saneado a través de la técnica de microinjerto en citrus. El MGAP acondicionó los invernáculos para realizar el indexado biológico y la construcción de los invernáculos de malla para el mantenimiento de los bloques de plantas madres y de multiplicación de yemas. Se pusieron a punto las técnicas de diagnóstico de virus y viroides comprendidos en el Programa Nacional de Certificación de Citrus (PNCC).

Este proyecto integró además al INIA, la Facultad de Agronomía, la Dirección de Semillas y la Asociación de Viveristas de Cítricos.

En el primer año de puesta en marcha del PNCC se liberaron 130.000 yemas. En la actualidad el PNCC está bajo la órbita del INASE en acuerdo con la DGSA y produce un promedio de 400.000 yemas por año. Está integrado por 13 empresas que conforman los Bloques de Producción y un total de 29 que se abastecen de las yemas y semillas que se producen por el Programa (Borde y Fossali, 1998).

La DGSA integró el equipo de seis laboratorios (España, Italia, Argentina, Brasil y Uruguay) que participaron en el proyecto INCO financiado por la Unión Europea y liderado por el Dr. Pedro Moreno de España "Control de enfermedades de cítricos importantes en el área del Mediterráneo y América del Sur: desarrollo de sondas moleculares para la detección rápida de razas severas del virus de Citrus (CTV) y Psorosis". Constituye uno de los ejemplos de integración internacional para desarrollar biotecnologías que permiten el control de enfermedades de importancia regional. Este proyecto culminó en octubre de 1999 y se produjeron sondas no radiactivas para diferenciar aislamientos severos del virus de la Tristeza de los cítricos, se compararon los aislamientos de Argentina, España, Brasil y Uruguay y se produjeron reactivos de diagnóstico para el virus de la Psorosis de los cítricos mediante PCR, sondas específicas y detección serológica por ELISA con anticuerpos monoclonales producidos en Italia.

Actualmente los Laboratorios Biológicos participan del Programa de Reconversión de la Granja (PREDEG) que cuenta con financiamiento BID, mediante el cual se adquirirán equipos de última generación para el análisis masivo de muestras, con el objetivo de apoyar los programas de certificación y producción de materiales de propagación libre de virus en frutales de hoja caduca, vid y especies hortícolas.

En el área de diagnóstico de patógenos cuarentenarios, la DGSA ha realizado una intensa actividad a través del Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE), que creó varios grupos de trabajo para la estandarización de metodologías e intercambio de reactivos de diagnóstico.

A lo largo de los últimos 20 años, la Dirección ha contado con fuentes de financiamiento externas, que en conjunto con las aportadas por el MGAP permitieron el desarrollo de proyectos de investigación y de extensión, además de la capacitación del personal responsable y de la adquisición del equipamiento necesario para la instalación de un moderno laboratorio de inmunodiagnóstico y biología molecular, que fue inaugurado en noviembre de 1999.

Los Laboratorios Biológicos de la DGSA - División Análisis y Diagnóstico, realizan todas las actividades de diagnóstico fitosanitario requeridas por los programas de cuarentena, certificación de la sanidad de los materiales de propagación, certificación fitosanitaria de productos de exportación, pronóstico y vigilancia. Además, presta servicios de diagnóstico especializado a particulares, empresas y otras instituciones del

sector público y privado en el marco de su Clínica de Diagnóstico (MGAP b, 2000).

Dirección General de Servicios Ganaderos - Laboratorio DILAVE «Miguel C. Rubino»

El laboratorio DILAVE «Miguel C. Rubino» pertenece al MGAP y ha desarrollado técnicas biotecnológicas que involucran microorganismos relacionados a la sanidad animal. En este marco trabaja en técnicas aplicadas al diagnóstico de Brucella, Babesia, Fiebre Aftosa y de *Paenibacillus larvae* en el área de estudio de microbiología de colmenares. Además lleva a cabo un proyecto de investigación en mastitis, en vinculación directa con el sector productivo.

En biotecnologías aplicadas a la reproducción se encuentra trabajando en el estudio de diferentes métodos de preservación de semen ovino, (líquido y congelado) para inseminación intracervical.

La investigación realizada por este instituto es financiada principalmente por el sector privado y por organismos internacionales, como JICA (Agencia Internacional de Cooperación Japonesa), la FAO, SAREC (Agencia de Cooperación Sueca), la Universidad de Ciencias Agrarias de Suecia y el INIA, además de los aportes realizados por el propio Ministerio.

Instituto Nacional de Semillas (INASE)

El INASE fue creado en 1997 y realiza actividades vinculadas a la aplicación de las agrobiotecnologías en la producción de semillas. Realiza la certificación y fiscalización de semillas verdaderas y de materiales de propagación vegetativa. En este último aspecto, se está fomentando la producción de materiales saneados a través de cultivo *in vitro*, habiendo realizado recientemente un llamado a empresas de micropropagación para el suministro de plantines para programa de producción de frutales de hoja caduca.

Además, en conjunto con la DGSA está desarrollando Programas de Producción de Materiales de Propagación, mediante varios convenios con asociaciones de viveristas y empresas de micropropagación, de manera de fomentar la producción de material nacional de hoja caduca, vid, hortalizas y papa.

INASE realiza la evaluación de cultivares mediante convenio firmado con INIA y tiene el Registro Nacional de Protección de Cultivares, otorgando los títulos correspondientes a los obtentores.

El laboratorio de semillas del INASE realiza los análisis para el otorgamiento de los certificados de calidad de acuerdo a las Normas ISTA (Asociación Internacional de Análisis de Semilla) y actualmente, por intermedio de un proyecto FAO, se está

fortaleciendo el Laboratorio Oficial de Semillas, con el fin de adaptarlo y equiparlo en las últimas técnicas, aprobadas internacionalmente, para el análisis de semillas y la identificación varietal mediante el análisis electroforético de proteínas y marcadores moleculares (Negrin, 1998).

Por último, el INASE junto a la DGSA realiza el seguimiento de las medidas de bioseguridad que la DGSA establece para los ensayos de nuevas introducciones de cultivos genéticamente modificados, basándose en las sugerencias de la Comisión Asesora de Análisis de Riesgo.

Ministerio de Educación y Cultura MEC

La participación del Ministerio de Educación y Cultura (MEC) en el desarrollo de la biotecnología en el ámbito nacional, se ha visto plasmada en el año 1987 mediante la creación del Comité Nacional de Biotecnología, cuyo objetivo era coordinar las instituciones de investigación y promover la cooperación tecnológica internacional. Este Comité estaba integrado por técnicos representantes de los Ministerios, la Universidad de la República y la Asociación de Empresas Biotecnológicas (AUDEBIO). (Sasson 1993)

El MEC representa al Uruguay en la Reunión Especializada de Ciencia y Tecnología (RECYT), formada en el marco del MERCOSUR y que tiene como “objetivo la necesidad de promover el desarrollo científico y tecnológico de los países miembros y de modernizar sus economías para ampliar la oferta y la calidad de los bienes y servicios disponibles, a fin de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes (MEC a, 2000)”. La RECYT dará continuidad a las actividades en curso en el Primer Programa de Trabajo y ampliará el apoyo a las demás áreas del MERCOSUR. La biotecnología es una de las áreas programáticas a desarrollar identificada por la RECYT.

Así mismo el MEC, tiene a su cargo la oficina del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICYT), que a través de un préstamo otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), constituyó una de las principales fuentes de financiamiento durante la década del '90.

Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable -IIBCE

Este Instituto está constituido por laboratorios de excelencia en el desarrollo de la investigación básica. En los últimos años sin embargo, algunas divisiones del IIBCE han desarrollado un enfoque más biotecnológico, interaccionando directamente con otros sectores.

En este contexto y financiado por el BID/CONICYT, en el año 1999 se inauguró el Sector Biotecnológico del Instituto. Este nuevo sector está constituido por tres divisiones: Bioquímica, Biología Molecular y Citogenética (MEC b, 2000). El excelente equipamiento y el alto nivel de los técnicos de este Instituto

permitió que fuera el primero en desarrollar técnicas de biología molecular. Desde entonces ha cooperado con distintos Institutos y Facultades de la Universidad de la República.

En su órbita figura el Programa de Ciencias Básicas (PEDECIBA), que ha permitido la realización de cursos de postgrado (Maestrías y Doctorados) en áreas de Biología Básica.

A continuación se citan las actividades relacionadas a la biotecnología agropecuaria, llevadas a cabo por tres divisiones de este Instituto: División de Biología Molecular, División de Bioquímica y División de Microbiología.

- División Biología Molecular

Respecto a biotecnologías relacionadas al sector agropecuario, este laboratorio cuenta con dos líneas de investigación: diagnóstico molecular de virus y viroides de plantas y animales y caracterización molecular de levaduras y plantas de vid, de la variedad Tannat. Desde 1987 y hasta 1996, gracias a la financiación de SAREC, participó en un proyecto internacional «Molecular genetics and breeding for stress resistance and tolerance in potato», para la identificación de genes de plantas que participan en las vías de traducción de señales después de la infección con *Erwinia carotovora*.

Durante los años 1994 a 1997 lideró un proyecto de métodos biotecnológicos para la identificación de virus y viroides en citrus, en conjunto con la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República y la DGSA del MGAP, el cual fue financiado por el BID/CONICYT.

En el área animal, forma parte de un proyecto para el desarrollo de un método de diagnóstico del virus causante de la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, financiado por el PEDECIBA.

- División Bioquímica

Desarrolla proyectos vinculados a la identificación y caracterización metabólica de bacterias fijadoras de nitrógeno, incluido el relevamiento de las cepas naturales en el Uruguay. Además investiga en control biológico de fitopatógenos mediado por *Pseudomonas fluorescentes*.

- División Microbiología

Este laboratorio se encuentra actualmente en búsqueda de financiamiento para el desarrollo de un proyecto sobre técnicas de diagnóstico de bacterias patógenas de *Apis mellífera*. Además, estudia factores relevantes de la virulencia del agente causal de la queratoconjuntivitis bovina, con perspectivas de determinar los causantes de la enfermedad y con fines terapéuticos.

Universidad de la República

Facultad de Agronomía

- Laboratorio de Biotecnología

En los últimos diez años este laboratorio ha enfocado sus esfuerzos al desarrollo de técnicas de diagnóstico molecular de patógenos y al estudio de técnicas de micropropagación y conservación *in vitro*.

Los proyectos llevados a cabo en los últimos años son: «Desarrollo de un kit de diagnóstico rápido para la detección de viroides de citrus en el Uruguay», «Desarrollo de biotecnologías de diagnóstico de virus y viroides patógenos en cítricos», «Estudio sobre las técnicas de conservación *in vitro* de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden.», «Estudios sobre embriogénesis somática de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden», «Contribution of ectomycorrhizal associations in forest trees in Uruguay» y «Micropropagación de árboles adultos de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden».

En cuanto a servicios brindados al sector productivo, ha desarrollado tareas de saneamiento de virus y viroides del banco de germoplasma de citrus de empresas privadas.

- Cátedra de Bioquímica

La Cátedra de Bioquímica de la Facultad de Agronomía presenta dos líneas de investigación principales, fijación biológica de nitrógeno y respuestas bioquímicas frente a estrés hídrico y oxidativo. La primera línea es ejecutada mediante dos proyectos de investigación que estudian Rizobios que nodulan *Lotus* spp. y Cianobacterias en arrozales. Este último es realizado en conjunto con el INIA - Treinta y Tres, la Dirección Nacional de Tecnología Nuclear y el PROBIDES.

En cuanto a las respuestas bioquímicas frente a estrés hídrico y oxidativo, los trabajos se han centrado en el estudio de respuestas frente al estrés oxidativo en *Lotus* spp., generado como consecuencia del estrés hídrico.

- Cátedra de Genética

El laboratorio de genética de Facultad de Agronomía se ha enfocado al estudio del género *Paspalum*. Los proyectos desarrollados incluyen: «Estudios genéticos de *Paspalum* spp. a partir de marcadores moleculares» y «Relevamiento geográfico de *Paspalum dilatatum* spp. *flavescens* a partir de marcadores moleculares con fines de mejoramiento».

- Cátedra de Microbiología

El grupo de Microbiología trabaja en microorganismos promotores del crecimiento vegetal: asociaciones rizobio-leguminosas nativas arbóreas y herbáceas, frankia-casuarina y hongos micorrízicos en especies de eucaliptos y en leguminosas. El objetivo es conocer la potencialidad de estas asociaciones

para poder recomendar el empleo de alguno de estos microorganismos como inoculante. Las técnicas empleadas incluyen estudios metabólicos, ecológicos (resistencias a estrés), genéticos (rep-PCR y plasmidios) y taxoquímicas (perfil de ácidos grasos) que permiten caracterizar a las poblaciones microbianas nativas y compararlas con especies ya descritas. Algunos de los proyectos en que investiga actualmente esta Cátedra son: «Diversidad genética e interacciones entre rizobios y leguminosas arbóreas nativas» (Proyecto CONICYT/BID) e «Incidencia de las distintas especies de *Monilia* sp. en duraznero (*Prunus* sp) en Uruguay». (Comisión Sectorial de Investigación Científica-CSIC, y Universidad de la República).

Facultad de Veterinaria

La Facultad de Veterinaria como las restantes facultades de la Universidad de la República, utiliza como principales fuentes de financiación para la ejecución de los proyectos de investigación aquéllos otorgados por la CSIC, el BID/CONICYT e instituciones internacionales. Es muy destacable, la iniciativa que ha tenido esta facultad en generar un fondo de financiación propio, con el fin de incentivar la formación de jóvenes investigadores en áreas del conocimiento consideradas importantes. Esta forma de financiación es dirigida por la Comisión de Investigación y Desarrollo Científico (CIDEC) y financia proyectos de investigación anuales. Para el año 2000 se presentaron 25 proyectos en diversas áreas, los cuales están siendo evaluados para su financiamiento.

- Laboratorio de Transferencia de Embriones y Biotecnología

Las líneas de investigación principales de este laboratorio incluyen: transferencia de embriones en bovinos y ovinos, congelación de embriones, bisección de embriones bovinos, microcirugía, fertilización *in vitro* en bovinos, y diagnóstico precoz de gestación y del sexo en bovinos mediante el uso de ultrasonografía. Muchas de las actividades desarrolladas por este laboratorio están vinculadas directamente con el sector productivo.

- Laboratorio de Análisis Genético en Animales Domésticos

Desarrolla actividades relacionadas al uso de marcadores moleculares, y al diagnóstico molecular e inmunodiagnóstico. Los proyectos llevados a cabo en los últimos años son: «Microtécnicas y transferencia de embriones. Técnicas de impacto en producción animal, sub-proyecto: aplicación de nuevas tecnologías genéticas en producción animal. Determinación del sexo de genes simples y paternidad en Holstein-Friesian»; «Marcadores genéticos equinos. Estudio de la biodiversidad racial y selección asistida (MAS)»; «Aproximación a la caracterización citogenética-molecular de regiones de fragilidad del cromosoma sexual X en bovinos Holstein-Friesian» y «Banco de ADN en bovinos criollos del Uruguay. Estudio de variabilidad».

- Laboratorio de Inmunología

Las principales líneas de investigación de este laboratorio están vinculadas a enfermedades virales de grandes animales (diagnóstico y aislamiento viral), autoinmunidad y marcadores de fase aguda, utilizando técnicas de cultivo de tejidos e inmunodiagnóstico.

- Laboratorio de Endocrinología Molecular de la Reproducción Animal

Los principales proyectos de investigación realizados actualmente por este laboratorio incluyen: «Receptores de estrógenos, progesterona y factores de crecimiento en reproducción», «Función luteal subnormal en ovinos» y «Reconocimiento materno de la preñez en bovinos».

Facultad de Ciencias

La Facultad de Ciencias de la Universidad de la República ha sido históricamente, junto con el IIBCE, la principal impulsora del desarrollo de ciencias básicas, especialmente en temas relacionados a biología humana y animal. Sin embargo, en los últimos años ha tenido iniciativas en lo que respecta a áreas del conocimiento vinculadas a la biología vegetal, lo que ha culminado con la reciente creación del laboratorio de Biología Vegetal. Este proyecto fue concretado gracias a la incorporación de investigadores uruguayos formados en el exterior y extranjeros.

En relación a actividades docentes, esta Facultad implementó la primera Maestría en Biotecnología, curso de postgrado de dos años de duración, donde pueden ingresar Licenciados en Biología, Bioquímica o con formación equivalente. Se deben realizar cursos prácticos y teóricos obligatorios y un trabajo experimental de dos años de duración en un laboratorio nacional (Universidad de la República, 1998).

Si bien el contenido de esta Maestría es de carácter interdisciplinario y no existe una profundización específica en biotecnología agropecuaria, es el primer esfuerzo que ha sido concretado en cuanto a formación de postgrado en el área biotecnológica y merece el reconocimiento correspondiente a quienes impulsaron su realización.

Facultad de Ingeniería

- Departamento de Bioingeniería

El Departamento de Bioingeniería está ubicado en el Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería. Su campo de acción se centra en el diseño, operación y desarrollo de procesos de obtención de productos o servicios que implican la utilización controlada de agentes biológicos, tales como enzimas y células.

Las áreas de investigación son: producción y aplicación de enzimas de interés industrial, utilización de residuos, procesos

relacionados con la biodegradación y el aprovechamiento de residuos e ingeniería de fermentaciones.

Algunos de los proyectos desarrollados en este Departamento comprenden: “Biotransformación de suero lácteo: producción de etanol”; trabajos a escala piloto sobre fermentación de suero de leche, «Estudio de diferentes sistemas de obtención de etanol a partir de suero de leche»; “Producción de reninas microbianas con *Mucor* en fermentación sobre afrechillo de trigo”; «Producción industrial de cuajo microbiano para la fabricación de quesos»; «Producción de biomasa microbiana a partir de residuos agroindustriales contaminantes»; «Estudio de biorreactores no convencionales para fermentaciones sobre sustrato sólido»; “Estudio de sistemas fermentativos en fase sólida para el desarrollo de tecnología aplicable a nivel nacional destinada a la producción de enzimas, ensilado y biodigestores”; “Diseño y caracterización de un biosensor para determinación rápida de restos de pesticidas en productos agrícolas”; “Escalado y optimización de la producción de enzimas depilantes de pieles a partir de *B. subtilis* IIQDM32. Utilización de desechos y subproductos agroindustriales para la formulación de un medio de cultivo de uso industrial adecuado para la producción de proteasas depilantes para curtiembres como una alternativa de tecnología limpia.”; «Producción de β -galactosidasa inmovilizada-estabilizada para el procesamiento de sueros lácteos»; «Diseño y caracterización de un biosensor para determinación de etanol» y “Mejoramiento de la calidad de nuestras lanas en base a un tratamiento con extracto enzimático, producido en nuestro laboratorio con una cepa autóctona seleccionada”.

Mantiene una permanente vinculación con el sector productivo mediante convenios con reconocidas empresas públicas y privadas o por medio de proyectos, financiados por organismos como el BID, CSIC y CONICYT. El Departamento brinda a su vez servicios de asesoramiento.

Facultad de Química

- Laboratorio de grasas y aceites – Departamento de Físicoquímica

Las principales líneas de investigación de este laboratorio se refieren a: lipasas extraídas de semillas de *Cucurbitaceas*, lípidos de microalgas y modificación por cultivo, y actividad microbiana y enzimática en lácteos.

Los proyectos que han sido o están siendo llevados a cabo por este laboratorio y que se encuentran relacionadas al sector agropecuario incluyen: «Estudio de los niveles de colesterol y ácidos grasos en carnes del Uruguay y su relación con diferentes regímenes alimenticios en bovinos»; «Estudio y caracterización de lipasas extraídas de semillas germinantes de *Cucurbitaceas*»; «Propiedades físicas y químicas de la grasa de leche uruguaya y de las fracciones obtenidas de ella» y «Cruzamientos en

bovinos de carne e incidencia del manejo ante-mortem en la calidad de la carne vacuna».

Junto con la Facultad de Agronomía, desde hace aproximadamente tres años, se trabaja en la determinación del contenido y composición de los lípidos y el contenido de colesterol en diferentes cortes de carnes vacunas uruguayas, así como en la influencia de la dieta y del cruzamiento de razas sobre dichos valores.

- Cátedra de Microbiología

Esta cátedra presenta cuatro áreas de desarrollo: diagnóstico molecular, ingeniería genética, tratamiento anaerobio y control biológico. Los proyectos ejecutados incluyen: «Biological control of blue mold on apples using saprophytic yeast», «Caracterización química y genética de los taxones intraespecíficos de *Solanum commersonii*» y «Biorremediación de pesticidas en condiciones anóxicas». Además brinda servicios al sector agropecuario realizando estudios de factibilidad de tratamiento de fluentes.

Biotecnología en el Sector Privado

Empresas de Biotecnología Vegetal

La demanda de material de propagación vegetal de alta calidad genético-sanitaria impulsó el surgimiento de varias empresas del sector privado, capaces de producir dicho material mediante técnicas de saneamiento y micropropagación *in vitro*. Estas empresas han desarrollado casi exclusivamente las técnicas de micropropagación en materiales de propagación agámica: papa, frutilla, ajo y frutales.

La producción de inoculantes es otra importante área de desarrollo de la biotecnología en el sector privado, la cual se viene desarrollando en el país desde hace muchos años. Esta actividad es llevada a cabo por tres empresas nacionales.

A continuación se citarán las empresas que desarrollan alguna actividad biotecnológica y de las cuales se obtuvo información mediante las encuestas realizadas o bibliografía de divulgación.

Lage & Cia. S.A.

Lage & Cía. S.A. fabrica inoculantes para leguminosas y gramíneas, promotores de crecimiento y fungicidas biológicos en base a una continua investigación e innovación tecnológica. Cuenta con 18 funcionarios, 5 técnicos con grado universitario y dos de ellos con maestrías en el exterior.

Esta empresa tiene una filial en la República Argentina, Nitrasoil Argentina S.A., la cual fue la primera empresa en importar (en 1963) inoculantes para leguminosas forrajeras fabricados en el Uruguay, corriente exportadora que continúa hasta la fecha.

Calister S.A.

Esta empresa fue fundada en 1984 y esta ubicada en el Departamento de Canelones. Cuenta con una planta de producción, laboratorios y un campo experimental propio. Posee un sector biotecnológico fundamentalmente dedicado a la aplicación de compuestos bacterianos a procesos agrícolas.

Participa de convenios de I & D con la Universidad de la República y centros de investigación públicos y privados, dentro y fuera del país. Ejecuta convenios tecnológicos con empresas de biotecnología de Canadá y Reino Unido. Participa del consorcio Deyful S.A. a través del cual canaliza sus exportaciones de productos biológicos a la región.

Enzur S.A.

Enzur S.A. está produciendo inoculantes para leguminosas desde 1963 abarcando todas las leguminosas importantes por su uso en praderas o como forraje (tréboles, alfalfa, lotus y otras) y para leguminosas de grano (soja, porotos, arvejas y otras). La tecnología desarrollada sobre la base de cepas de Rizobios seleccionadas y el uso de soporte estéril garantizan más de 2000 millones de Rizobios por gramo, con una viabilidad superior al año. Enzur S.A. también produce enzimas (proteasas y amilasas) derivadas de *Bacillus subtilis* y productos para el tratamiento de aguas residuales.

Semillas Santa Rosa S.A.

Semillas Santa Rosa S.A. (SESAR) es la empresa de mayor producción en el país en lo que respecta a la micropropagación de plantas de material de alta calidad genético-sanitaria. Esta empresa tiene 25 años de trayectoria en el medio y cuenta con instalaciones para cultivo de tejidos, aclimatación y crecimiento de plantas. Emplea aproximadamente a 30 personas y está ubicada en el kilómetro 119 de la Ruta 11, Departamento de Canelones.

SESAR lleva a cabo dos tipos de actividades, por un lado vende programas de servicios en contra-estación para distintos países de la Unión Europea y por otro, tiene una línea de producción de 24 especies de plantas: frutícolas, hortícolas, ornamentales y medicinales.

Desde hace 10 años tiene un contrato con el Instituto Frutícola de Roma, para el cual desarrolla algunas variedades de pequeños frutos, como la frutilla y vende más de un millón de plantas a viveros del MERCOSUR y esporádicamente a Alemania, Italia y España.

Las especies frutícolas producidas se corresponden a variedades de manzanos, durazneros, perales, ciruelos europeos, ciruelo chino, damascos, kiwis, uvas y frutos rojos (frambuesas, arándanos y cassis). Además produce plantas medicinales

mediante convenios con laboratorios farmacéuticos de la región. Está integrada a la producción nacional como uno de los laboratorios productores de portainjertos de frutales para el programa de reconversión de la Granja (PREDEG).

BIOSUR Ltda.

Biosur Ltda. desarrolla técnicas de cultivo de tejidos e inmunodiagnóstico en el área vegetal, con el objetivo de producir material saneado de alta calidad genético-sanitaria. Presta servicios al sector productivo mediante el abastecimiento de material de propagación (plántulas *in vitro*, plántulas aclimatadas o minitubérculos) de papa y boniato. Esta empresa cuenta con fuentes de financiamiento del CONICYT/BID, dentro del marco de financiamiento a empresas establecido por dicha comisión.

Ruben Huertas

Esta empresa se ubica en el centro del país en el departamento de Tacuarembó y realiza trabajos de micropropagación de papa para uso propio.

Sepe. Aldabe Hnos.

Se desempeña en el área de la micropropagación de papa y frutillas, producción de minitubérculos libres de virus, diagnóstico inmunológico para la detección de las principales enfermedades virósicas de la papa y producción de semilla de papa en todas las categorías. Desarrolla las siguientes actividades:

- Micropropagación de plantas de papa libre de virus produciendo anualmente unas 20 mil plantas *in vitro*, pertenecientes a 8 variedades. El destino de la producción es el uso en los semilleros propios y venta a otros productores asociados a la empresa por convenios.
- Producción de minitubérculos libres de virus, es realizada en invernáculos o entelados aislados por malla antiáfidos. Tanto la micropropagación como la producción de minitubérculos libre de virus se hace en dos temporadas por año: invierno-primavera y otoño.
- Diagnóstico de enfermedades virósicas por ELISA. El servicio de diagnóstico tiene como objetivo atender la producción propia de materiales nucleares y semillas producidas a campo. Se realizan diagnósticos de los siguientes virus: PLRV (potato leafroll virus), PVY (mosaico severo de la papa), PVX (mosaico leve de la papa) y PVS (mosaico latente de la papa). Brinda servicios para la producción propia, a productores semilleristas y a productores de papa comercial que usan tubérculos de una

cosecha para el cultivo siguiente. Realiza anualmente alrededor de 2000 diagnósticos.

- Ultimamente ha incorporado la micropropagación de frutilla y la producción de plantas sanas para abastecimiento a viveros comerciales e instalación de viveros propios.
- Los laboratorios de micropropagación y diagnóstico se ubican en la ciudad de Montevideo y la producción de minitubérculos y vivero de frutilla en el Dpto. de Maldonado. Los trabajos de rutina ocupan tres personas en las actividades de laboratorio, dos personas en las actividades de producción de minitubérculos libres de virus y dos directores Ingenieros Agrónomos.

AMISUR S.R.L.

Aunque esta empresa no desarrolla biotecnología agropecuaria en el país, su papel en la incorporación de la misma al ámbito productivo ha sido fundamental. Fue la primer empresa en solicitar un permiso para ensayos de maíz transgénicos en el Uruguay. Han introducido a nivel de semilla básica y para mejoramiento los siguientes eventos de maíz transgénicos: Bt11, CB 176 y T25.

Esta empresa realiza la multiplicación en contra-estación de estos materiales para empresas europeas, las cuales llevan a cabo la modificación genética y envían posteriormente las plantas madres y los polinizadores, que participan en los programas de mejoramiento. La semilla obtenida es exportada nuevamente hacia Europa donde continúa el ciclo.

Empresas Semilleristas

Las empresas semilleristas afiliadas a la Cámara Uruguaya de Semillas (CUS) si bien no hacen biotecnología, fueron las principales impulsoras de la introducción de cultivos genéticamente modificados en el Uruguay. El sector privado jugó un papel protagónico en la introducción de cultivares de soja y maíz con tolerancia y resistencia a herbicidas e insectos.

Estas empresas han desarrollado un programa de difusión y presentación de los nuevos cultivos obtenidos por ingeniería genética a través de charlas y visitas de expertos extranjeros, para demostrar las características de los nuevos cultivares obtenidos por procesos biotecnológicos.

Los materiales han obtenido los permisos correspondientes ante el MGAP y han pasado por los ensayos de evaluación que se realizan mediante el convenio INASE-INIA en la red de evaluación de cultivares. La aprobación de los mismos se da luego de dos años de evaluación a campo, de acuerdo a la normativa vigente.

Empresas Forestales

La propagación clonal de árboles elite de *Eucalyptus* esta siendo utilizada por dos empresas forestales nacionales, COFUSA y FOSA, con el fin de mejorar y homogeneizar sus plantaciones. Estas empresas no cuentan con laboratorios propios, por lo que realizan la micropropagación de estos árboles en base a convenios específicos con laboratorios nacionales, como la Unidad de Biotecnología del INIA, o con laboratorios extranjeros.

En el caso de FOSA, filial de Shell Forestry Limited, el trabajo de clonación se realiza en Europa. En Uruguay se efectúan programas de cruzamientos y obtención de híbridos, que luego de su evaluación se envían a Inglaterra para la micropropagación de los mismos. Posteriormente son reenviados al Uruguay para la formación de parcelas de evaluación de crecimiento y de rendimiento de madera. Además de los trabajos de cruzamiento, en Inglaterra se han generado árboles modificados genéticamente, como *E. grandis* con tolerancia a glifosato y con características mejoradas de la madera. Dichos árboles fueron enviados al Uruguay para la realización de ensayos de campo, los cuales se llevaron a cabo cumpliendo las medidas de bioseguridad necesarias y con el permiso correspondiente del MGAP. Estos ensayos han sido destruidos debido al vencimiento del plazo de experimentación permitido (2 años) y a que la empresa Shell Forestry Limited ha discontinuado esta línea de investigación en Inglaterra.

Empresas de Biotecnología Animal

Laboratorios Santa Elena S.A.

Laboratorios Santa Elena S.A. fue fundada en el año 1957 por técnicos y empresarios nacionales. Su planta central está ubicada en Montevideo. Tiene como principal objetivo la elaboración, distribución y exportación de productos destinados a la sanidad animal, así como también el desarrollo e implementación de biotecnologías aplicadas a la realidad de la región.

Entre los años 1960 y 1966 fue uno de los principales productores de vacuna anti-aftosa por cultivo celular primario de riñón de cerdo. Nuevos proyectos en el área de sanidad animal (vacunas víricas y combinaciones farmacológicas) y alimentos enlatados, abren otros campos comerciales de interés regional y mundial.

Produce especialmente productos biotecnológicos de fermentación aeróbica y anaeróbica para la elaboración de vacunas bacterianas (inactivadas o modificadas) y una amplia gama de líneas celulares estables para la producción de vacunas víricas inactivadas o atenuadas.

Santa Elena S.A. comprende un grupo de más de 50 personas organizadas en cuatro Departamentos (Técnico, Producción, Administrativo-Financiero, Comercialización y la Dirección General).

En el año 1988 se construyó una nueva planta industrial con el apoyo financiero del Banco de la República Oriental del Uruguay, siendo este proyecto declarado de interés nacional. Elaboró una de las más importantes vacunas contra la fiebre aftosa, «aftosan oleosa».

Cuenta además con un establecimiento rural en el Departamento de Florida de 850 hectáreas, en el cual se realizan los controles de inocuidad y eficacia de los productos elaborados por Santa Elena S.A. en todas las especies animales de interés (ovino, bovino, equino).

La empresa desarrolló una larga serie de productos de alta tecnología que son exportados a: Argentina, Brasil, Paraguay, Bolivia, Perú y Ecuador. Actualmente está abriendo nuevos mercados como: República Dominicana, Venezuela y Colombia. La línea de productos biológicos representa el 40 % de la facturación anual, un 45 % está constituido por farmacológicos de uso veterinario en todas las especies y el 15 % por ciento restante representan los alimentos enlatados y sueros bovinos filtrados. La participación en el mercado nacional es del orden del 6 %, ubicándose en el cuarto lugar. Dispone de sesenta productos elaborados y desarrollados en los laboratorios de I&D y aproximadamente otros doce importados de diversas empresas de primera línea a nivel mundial.

Además tienen la representación exclusiva de importantes firmas internacionales, tales como: Alpharma AS de Noruega/U.S.A., Alimentos Mogiana S.A. - Guabi Pets de Brasil, Laboratorios Biovet S.A. de Brasil y el Instituto de Sanidad Ganadera S.R.L. de Argentina.

Esta empresa emprende proyectos de I & D en conjunto con el sector público. Actualmente se están desarrollando varios proyectos entre los que se destacan: «Clonación molecular, expresión heteróloga y biogénesis de la fimbria del *Dichelobacter nodosus*» conjuntamente con el INIA y el Instituto de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, «Síntesis y desarrollo de drogas antihelmínticas», proyecto del CONICYT/BID con la Cátedra de Farmacocinética de la Facultad de Química de la Universidad de la República; además de otros proyectos de colaboración científico tecnológica con las Universidades de La Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias (Argentina) y la Universidad Federal de Pelotas (RS, Brasil).

En 1992 fue galardonada entre las 100 Empresas Innovadoras de Iberoamérica, por el Programa de CYTED-D, y seleccionada para su promoción internacional por el Instituto Uruguay XXI (Organismo de Promoción a la Exportación de Empresas con Tecnologías de Avanzada en el Uruguay, 1997).

Empresas de Mejoramiento Genético Animal

Granja Roland realiza congelación de semen bovino y ovino, fecundación *in vitro* y transferencia de embriones con fines de

mejoramiento genético animal. El origen de los embriones utilizados es de sus propios animales o importados. Entre otros, cuenta con equipamiento para pruebas de fertilidad. El asesoramiento técnico es realizado por tres Doctores en Veterinaria trabajando en conjunto con la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República.

La empresa *Albanell Hnos.* realiza mejoramiento genético ovino de las razas de Merino Sudafricano de Carne y Dorper. Importan embriones desde Australia y realizan el trasplante de los mismos en la propia cabaña. Como receptoras utilizan ovinos de la raza Corriedale. El seguimiento y evaluación de las cruces la realiza el Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL).

El Rol de las Organizaciones no Gubernamentales - ONGs

En el Uruguay se han creado varias organizaciones no gubernamentales y asociaciones científicas que han tenido un papel preponderante en la difusión del conocimiento, organizando congresos internacionales, reuniones técnicas, eventos y numerosas actividades para la promoción del desarrollo científico en el país. Entre las actividades desarrolladas, se ha promovido el uso de las biotecnologías en el sector agrícola por la Sociedad Uruguaya de Fitopatología (SUFIT), la que organizó el Taller de Diagnóstico Molecular y el Taller de Producción de Plantas de alta Calidad Genético-Sanitaria durante el Congreso Latinoamericano de Fitopatología, realizado en Montevideo en octubre de 1997. La SUFIT también organizó la preconferencia de la Organización Internacional de Virólogos de Cítricos donde se realizó un taller sobre certificación de citrus y el virus de la Tristeza de los Cítricos. Otras asociaciones como la Sociedad Uruguaya de Horticultura, las Sociedades de Microbiología, Inmunología y Biociencias han promovido el uso de biotecnologías en sus actividades nacionales e internacionales.

Las organizaciones ambientalistas, como CLAES y Amigos de la Tierra, organizaciones de productores agropecuarios (Federación Rural, Cooperativas Agrarias Federadas, Asociación Rural del Uruguay), han demostrado una creciente preocupación por los cultivos genéticamente modificados y han realizado una serie de reuniones informativas con participación de biotecnólogos y varios sectores de la sociedad, que han permitido intercambiar opiniones y crear ámbitos de discusión muy fecundos, para afrontar el advenimiento y uso seguro de las biotecnologías en el sector agropecuario.

Uruguay es la sede de la Fundación REDBIO, que se originó en el Congreso de la REDBIO realizado en La Habana en junio de 1998. Esta Fundación tiene como cometido promover el desarrollo de la Biotecnología Vegetal en la región de América Latina y el Caribe y captar la inversión de capitales para el financiamiento de proyectos sobre el área, con la participación de más de 500 laboratorios de Biotecnología Vegetal integrantes de la REDBIO de FAO.

Por su parte, el LMSCI del MGAP, es sede de la Secretaría Ejecutiva Permanente de la Asociación Latinoamericana de Rhizobiología (ALAR). Como tal coordina la realización cada dos años de la Reunión Latinoamericana de Rhizobiología (RELAR) y una red latinoamericana integrada por más de 600 profesionales e instituciones vinculadas al estudio de los microorganismos promotores del crecimiento vegetal.

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIA

A mediados de la década de los '80, el país encaró un proceso de revisión profunda del sistema nacional de investigación agropecuaria con el objetivo de lograr el desarrollo de políticas tecnológicas para el sector. En este contexto, en octubre de 1989 fue creado el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIA (Ley N° 16065), como una Persona Jurídica de Derecho Público no estatal dirigido por una Junta de cuatro miembros (dos representantes del sector público y dos de los productores agropecuarios).

EL INIA cuenta con cinco estaciones experimentales ubicadas en regiones estratégicas del país, las que atienden las necesidades de los distintos rubros del sector productivo y brindan cobertura a la totalidad de la superficie productiva nacional:

- La Estanzuela (Colonia): ubicada en una zona de activo desarrollo agrícola ganadero y es la sede de los Programas Nacionales de Cereales de Invierno, Cereales de Verano y Oleaginosas, Evaluación de Cultivares y Bovinos de Leche;
- Las Brujas (Canelones): ubicada próxima a la capital de Montevideo en plena zona hortifrutícola intensiva, es la sede de los Programas Nacionales de Horticultura, Fruticultura y Animales de Granja;
- Tacuarembó (Tacuarembó): ubicada en el centro del país, atiende las necesidades de los sectores ganadero y forestal y es sede de los Programas Nacionales: Plantas Forrajeras, Bovinos para Carne y Forestales;
- Treinta y Tres (Treinta y Tres): ubicada en el litoral este del país, en zona de cultivos extensivos en combinación con cría de ganado, es la sede del Programa Nacional de Arroz;
- Salto Grande (Salto): ubicada en el litoral oeste, atiende las necesidades de los agricultores de primor y es la sede del Programa Nacional de Citricultura.

Los productores y técnicos de reconocida trayectoria, componen los Consejos Asesores Regionales, que junto a los técnicos del INIA realizan la elaboración y seguimiento de los proyectos de investigación y difusión de resultados, que comprenden las cuatro áreas de investigación: Cultivos, Producción Animal, Hortifruticultura y Forestal.

Biotecnología en INIA

El primer esfuerzo organizado de desarrollo de la Biotecnología en el sector agrícola, se creó a través del proyecto de cooperación del Gobierno de Japón con financiamiento de su Agencia de Cooperación Internacional (JICA). El laboratorio de Biotecnología culminó su primera fase de construcción en el año 1989. Este proyecto contó con el asesoramiento de varios expertos que diseñaron el laboratorio de Cultivo de Tejidos en la Estación Experimental las Brujas, en aquel entonces perteneciente al Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger (CIAAB), el cual dependía del MGAP.

El laboratorio fue diseñado principalmente para realizar tareas de micropropagación de vegetales y cultivo *in vitro* de hortalizas y frutales de hoja caduca para la producción de portainjertos y variedades, como apoyo a los Proyectos de Frutales y Hortalizas. También se construyó un invernáculo y telado para la aclimatación de los materiales. Este proyecto tuvo un fuerte componente de formación de recursos humanos, a través de la visita de consultores y el entrenamiento de personal en Japón.

Con la creación del INIA en el año 1989, se dio un fuerte impulso al desarrollo de la Biotecnología con la formación de la Unidad de Biotecnología (UBT) situada en la Estación Experimental Las Brujas. A partir de 1992 se encaró la reestructura de las instalaciones con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Durante este período, bajo la dirección del Dr. Mario Stoll, se concretó la edificación de los laboratorios para Biología Celular de plantas y Biología Molecular. Se realizó la contratación de varios profesionales egresados de las Facultades de Agronomía, Veterinaria y Ciencias Biológicas, con formación en biotecnología y de personal de apoyo especializado para el desarrollo de nuevas metodologías, constituyendo el equipo técnico más numeroso de dedicación completa en el área de biotecnología agropecuaria en el país.

Además del laboratorio de la Unidad de Biotecnología, se han instalado laboratorios en otras Estaciones del INIA con diferentes propósitos.

INIA-Salto Grande, cuenta con un laboratorio de micropropagación que principalmente se dedica al microinjerto para saneamiento de variedades de citrus. Los materiales producidos son testados mediante indexing biológico e inmunodiagnóstico. También realiza micropropagación de materiales de ajo, frutilla y boniato.

El programa forestal localizado en INIA-Tacuarembó, cuenta con excelentes facilidades para micropropagación e invernáculos con instalaciones de niebla, que fueron donados por JICA en apoyo al Programa de Mejoramiento Genético en Forestales.

El laboratorio de Protección Vegetal ubicado en INIA-Las Brujas, desarrolla inmunodiagnóstico de virus y bacterias. Además cuenta con un microscopio electrónico y facilidades para la

realización de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) y para la caracterización de virus, hongos y bacterias fitopatógenos, trabajando con el apoyo y colaboración de la Unidad de Biotecnología .

Los objetivos planteados en esta primera fase de desarrollo de la biotecnología en INIA, comprendían: la aplicación de biotecnologías para asistir la producción y mejoramiento en plantas y animales como apoyo a las áreas priorizadas por INIA (cultivos, horticultura, forestales y producción animal), promover el intercambio técnico y científico con otras instituciones públicas o privadas en el ámbito nacional e internacional y evaluar e implementar nuevas metodologías apropiadas a la resolución de problemas específicos de la producción agropecuaria.

La UBT se organizó sobre la base de dos áreas principales, el área de Biología Celular de Plantas (cultivo de células y tejidos *in vitro*), con el fin de acelerar la propagación clonal y obtener plantas libres de patógenos y el área de Biología Molecular, aplicada al mejoramiento genético y diagnóstico (Stoll, 1995).

Los principales logros alcanzados durante este período inicial (1989 a 1997), comprenden: la identificación, selección y producción de materiales bases para utilización en los programas de mejoramiento de ajo, papa y frutilla, la producción de materiales libres de virus en frutales, la multiplicación clonal de portainjertos de manzano, la introducción al cultivo y multiplicación de pequeños frutos (mora, frambuesa y arándanos), la producción de clones de forrajeras libres de virus y la conservación de estos genotipos para la realización de variedades sintéticas, la introducción al cultivo *in vitro* de plantas autóctonas para la conservación de los recursos genéticos nativos de plantas ornamentales, medicinales y aromáticas, la producción de líneas homocigotas de arroz por cultivo de anteras, desarrollo de biotecnología aplicada al mejoramiento genético de *Eucalyptus* y desarrollo de técnicas de diagnóstico y caracterización molecular de razas de patógenos (*Helminthosporium*, *Pyricularia* y otros), determinación y tipificación de *Brucella ovis* por PCR, identificación de marcadores genéticos asociados a resistencia a 'pietin' (foot root) e incorporación de técnicas de biología molecular al diagnóstico de enfermedades infecciosas en animales.

Durante este período, Uruguay jugó un papel protagónico en el ámbito regional, ya que se creó en el marco del PROCISUR el Subprograma de Biotecnología, cuya Coordinación Internacional fue realizada por el Dr. Mario Stoll que ejerció la misma desde su creación en 1993 hasta 1997. Este Subprograma fue organizado en cuatro áreas temáticas: Cultivo *in vitro* de células y tejidos vegetales, Genética Genómica, Ingeniería Genética y Biotecnología Animal; con el objetivo de desarrollar la biotecnología como una estrategia de innovación en el marco de los Institutos de Investigación Agropecuaria (INIAs) del Cono Sur (Argentina, Brasil, Paraguay, Chile, Bolivia y Uruguay). La intensa actividad desarrollada comprendió un diagnóstico de la

biotecnología agropecuaria en la región, la elaboración de numerosos documentos, tratando de superar las dificultades y asimetrías que existían en los distintos centros de la región a través de un intenso programa de formación de recursos humanos, intercambio regional de experiencias, realización de proyectos conjuntos de investigación obteniendo las fuentes de financiamiento para la ejecución de los mismos. (Stoll y Capdevielle, 1996; PROCISUR, 1997).

La UBT también participó en las primeras etapas de la Red de Biotecnología (REDBIO) de FAO, siendo el Ing. Agr. Daniel Pagliano MSc. el Coordinador Regional para el Cono Sur de la REDBIO, que nuclea a todos los laboratorios de Biotecnología Vegetal de la Región, desplegando una intensa actividad de coordinación, cursos, reuniones y proyectos, así como la organización de Congresos Internacionales.

La UBT participó de varios proyectos presentados ante fondos competitivos, con una fuerte financiación de organismos nacionales e internacionales que apoyan el desarrollo de la Biotecnología:

- Proyecto BID/CONICYT - Genoma Vegetal: “Estrategias biotecnológicas para la caracterización, preservación y uso diversificado del germoplasma de cultivos y especies hortifrutícolas en Uruguay”. Este proyecto se inició en 1995, fue encarado para la conservación y caracterización de germoplasma, desarrollándose por primera vez en el país la utilización de marcadores moleculares para la caracterización de germoplasma de cebada, maíz y arroz. Se estableció una colección activa de germoplasma *in vitro* de hortalizas y frutales para apoyo a los programas de mejoramiento genético.
- PROCISUR/BID: “Desarrollo de la capacidad regional para la producción de plantas de alta calidad genético sanitaria”. Este proyecto permitió crear las capacidades en la región para la producción de plantas libres de patógenos en apoyo a los programas de certificación en cultivos hortifrutícolas (1995-1999). El objetivo fue establecer la capacidad tecnológica necesaria para impulsar en la región la oferta de variedades producidas por biotecnologías, integrando los esfuerzos de los sectores público y privado. Se elaboraron protocolos estandarizados de micropropagación y caracterización genético sanitaria que incluyeron métodos de cultivo de tejidos, diagnóstico fitosanitario, tipificación genética e intercambio y conservación de germoplasma.
- PROYECTO Unión Europea – INCO – CYTED: “Desarrollo de cultivares transgénicos de papa con protección combinada contra virus, bacterias y hongos patógenos”. Este proyecto incluyó la participación de laboratorios europeos (Alemania,

Francia y España) y latinoamericanos (Cuba, Chile, Argentina y Brasil) que suministraban las construcciones génicas. Cada participante del proyecto realizó la transformación de los cultivares de mayor importancia para su país.

Este proyecto permitió crear las capacidades para trabajar en Ingeniería Genética en INIA y fue el primer proyecto en Ingeniería Genética realizado en Uruguay. Se realizó tomando como modelo la participación de estudiantes de las Facultades de Agronomía y Ciencias que realizaron su tesis de grado en la Unidad de Biotecnología.

- COTEPA: desarrollo de plantas aromáticas y medicinales en el Uruguay y establecimiento de un centro de orientación técnica y económica para la producción de plantas. El aporte más importante de la Unidad ha sido la obtención de plantas de *Aloysia chamaedryfolia* mediante micropropagación.

Estrategia Actual de Desarrollo de la Agrobiotecnología

Durante el año 1998 el INIA elaboró las líneas de investigación estratégicas para proponer al financiamiento del proyecto BID-2. Dichas líneas estaban comprendidas en 12 proyectos de investigación y aprobados a fines de 1999. En esta segunda etapa con financiamiento BID se fortalecen las líneas de investigación estratégicas, permitiendo el desarrollo de áreas innovativas y la solución de limitantes a algunos problemas específicos del sector.

Uno de los componentes a ejecutar es el proyecto “Desarrollo de la capacidad productiva con agrobiotecnologías». La estrategia planteada en este programa a cinco años, es desarrollar las áreas emergentes de la biotecnología y fortalecer las existentes mediante la incorporación de nuevas metodologías con énfasis en la transferencia al sector para la formación de empresas agrobiotecnológicas.

En el desarrollo de esta estrategia se plantearon cinco áreas temáticas: Cultivo de Tejidos, Marcadores Moleculares, Ingeniería Genética, Biotecnologías de Diagnóstico y Bioseguridad y Propiedad Intelectual. Los temas de investigación propuestos tienen como objetivo la obtención de productos específicos para apoyar los programas del INIA. En el caso de arroz se prevé la producción de líneas duplohaploides con resistencia a hongos, la obtención de marcadores moleculares para enfermedades de tallo y la caracterización de patógenos. En trigo y especies forrajeras (trébol y raigrás) se desarrollarán marcadores moleculares para caracterización varietal. También se realizarán actividades para la automatización de la producción masiva de clones de *Eucalyptus in vitro*, producción de kits de diagnóstico para viroides de cítricos, desarrollo de biotecnologías de diagnóstico de patógenos cuarentenarios, instrumentación de

metodologías para diagnóstico de transgénicos en plantas y alimentos y utilización de marcadores moleculares para características de calidad en trigo y cebada.

Este proyecto plantea la realización de alianzas estratégicas con centros de excelencia, incluyendo un fuerte componente de formación de recursos humanos con el grado de Maestría y Doctorado, que realizarán los trabajos de tesis sobre los temas de importancia para INIA. Uno de los ejemplos es el caso de una Tesis de Maestría realizada en la Universidad de Luisiana (Estados Unidos), mediante un proyecto conjunto con el INIA que trata de la «Evaluación del procedimiento de análisis discriminante para combinar las características agronómicas y los marcadores moleculares para mejoramiento genético de arroz.»

Se previó el equipamiento de última generación incluyendo un secuenciador automático y un equipo de HPLC, que permitirán el desarrollo de líneas de investigación que involucran la caracterización de proteínas para estudios de interacción huésped patógeno, la caracterización molecular de los principales patógenos que causan enfermedades en los cultivos y el empleo de selección asistida por marcadores.

Se planificó una inserción integral de la biotecnología en el sector agropecuario, con actividades con instituciones públicas y empresas para la creación de capacidades en bioseguridad, transferencia de tecnología y propiedad intelectual. Con este fin se realizaron alianzas estratégicas con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el ABSP (The Agricultural Biotechnology for Sustainable Productivity Project) de la Universidad de Michigan (MSU).

Se realizó un convenio con el Centro Argentino y Brasileño de Biotecnología (CABBIO), de excelente trayectoria en el fortalecimiento de la biotecnología en la región. Este convenio permitió realizar el primer curso de ingeniería genética, «Generación y análisis de plantas transgénicas», con la participación del Dr. Germán Spangenberg y representó la primera actividad financiada por Uruguay para el CABBIO.

Otra de las líneas de investigación estratégica que cuenta con el apoyo de la UBT es el Proyecto N° 4 del BID 2: "Mejoramiento del acceso de los recursos genéticos" que incluye la conservación *in vitro* de germoplasma de especies de propagación vegetativa y la caracterización molecular de las colecciones. Entre sus objetivos para incentivar el intercambio de germoplasma se prevé la construcción de la Unidad Cuarentenaria a través de un acuerdo entre la DGSA y el INIA. Entre las actividades previstas se aplicarán biotecnologías para la obtención de materiales libres de virus y enfermedades afines y también el desarrollo de biotecnologías de diagnóstico para patógenos cuarentenarios.

La Unidad participa junto con otros programas del INIA en diversos proyectos con financiamiento internacional que comprenden la aplicación de biotecnologías. Actualmente se

encuentra en ejecución el proyecto ECOPAPA con financiamiento de la Unión Europea para el “Fortalecimiento de los programas de mejoramiento de papa para resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en América Latina y Europa”. Este proyecto se realiza en conjunto con el programa de horticultura del INIA y tiene como objetivo el desarrollo de marcadores moleculares que permitan identificar genes de resistencia a esta enfermedad, en el germoplasma de los distintos países que integran el proyecto. También se realizará la caracterización molecular de los distintos aislamientos del hongo que causa severas pérdidas en el cultivo de papa en la región.

Fuentes de Financiamiento

Las modalidades de financiamiento para I&D recién se comenzaron a gestar a finales de los '80, consolidándose en esta última década. Las vías principales corresponden principalmente al sector académico, por la Universidad de la República y al Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, en lo referente a la aplicación de la biotecnología en el sector agropecuario.

El estado ha participado últimamente de manera significativa, a través de fondos financiados por el Banco Interamericano de desarrollo (BID) y el Banco Mundial.

Los progresos observados en la inversión pública para Ciencia y Tecnología (C&T) si bien son importantes, aún son muy bajos ya que corresponde al 0,5 % del PBI aproximadamente (Negro y Grierson, 1999).

Los fondos competitivos más relevantes desde 1990 hasta la fecha corresponden a los de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), financiamientos otorgados por el INIA y financiamientos de organizaciones internacionales.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICYT) es una Unidad Ejecutora del Ministerio de Educación y Cultura, creado por Ley en 1961 (MEC c, 2000).

Los objetivos del CONICYT son: promover y estimular el desarrollo de la investigación científica del Uruguay en función de las prioridades establecidas por el gobierno de la República, contribuir a una mejor coordinación e intercomunicación de las instituciones que realizan investigación, el Estado y los usuarios y canalizar recursos provenientes tanto del Estado como de otras fuentes, para la ejecución de programas y proyectos específicos (MEC c, 2000). El CONICYT no sólo brinda financiamiento para proyectos de investigación, sino que también invierte en la formación de recursos humanos (becas de iniciación a la investigación, subvención a eventos científicos, becas de estudio) y en emprendimientos dirigidos al sector productivo.

En 1992 se concretó un Programa de Promoción de Ciencia y Tecnología del BID por 50 millones de dólares administrado por el CONICYT. Debido al gran volumen de dinero manejado, este programa ha sido de gran impacto en el desarrollo de la C&T, tanto a nivel de los centros de investigación como de las empresas. La mayoría de los fondos fueron asignados en forma competitiva por proyectos, mientras que otros fueron asignados para el fortalecimiento de las instituciones.

Actualmente el gobierno está haciendo tratativas con el BID para un nuevo préstamo que tendrá el mayor énfasis en la industria, ya que se considera que otros sectores están siendo contemplados por otras fuentes de financiamiento (Negro y Grierson, 1999). El CONICYT financia tanto a instituciones públicas, como a instituciones privadas sin fines de lucro, cubriendo hasta en un 100 por ciento los costos de materiales, equipamientos, remuneraciones, viajes, etc., para la realización de un proyecto científico.

También es responsabilidad de esta comisión la administración de los recursos generados en el Fondo Profesor CLEMENTE ESTABLE. En el año 1999 se presentaron 105 proyectos de investigación, de los cuales 22 correspondieron a proyectos en biotecnologías. La institución se hará cargo del financiamiento de alrededor de 20 propuestas, es decir, un 20 por ciento de los proyectos de investigación recibidos. El monto máximo a financiar para cada proyecto es de 25.000 dólares. (MEC c, 2000)

En el año 1999 el CONICYT estaba financiando 172 proyectos de investigación científica por un total superior a los trece millones de dólares. Aproximadamente diez millones fueron otorgados a las áreas tecnológicas, correspondiéndole a las biotecnologías US\$ 2.060.468 (16 % del total). Lamentablemente no se cuenta con los valores específicos de lo invertido en biotecnología agropecuaria, pero igualmente mediante estos valores se puede determinar la importancia de las biotecnologías en el total del financiamiento en I & D (MEC c, 2000). En la capacitación de recursos humanos se invirtieron en el año 1999 más de cuatro millones de dólares, correspondiéndole a las biotecnologías US\$ 387.609, lo cual significa aproximadamente el 10 por ciento de los fondos.

Comisión Sectorial de Investigación Científica - CSIC

En julio de 1990 el Consejo Directivo Central (CDC) de la Universidad de la República aprobó la ordenanza para la creación de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC). La CSIC es un órgano de cogobierno representada por los diferentes órdenes (estudiantes, docentes y egresados), por representantes de cada área del conocimiento (agraria, básica, salud, social y tecnológica) y presidida por un delegado del CDC. (Negro y Grierson, 1999). Esta comisión se formó con el fin de impulsar la promoción y fomentar la dedicación total de investigadores, además de financiar proyectos de I & D tecnológico en la Universidad de la República.

En lo que respecta a los proyectos de investigación, existen dos modalidades de inversión. Por un lado los «proyectos de iniciación a la investigación destinados a apoyar a docentes o grupos de docentes que poseen experiencia incipiente en tareas de investigación, o que hasta el momento no las hayan realizado en forma independiente, y a aquellos que deseen abordar una nueva línea de investigación» y por otro lado, los «proyectos de investigación que tienen como propósito principal apoyar y contribuir a consolidar equipos de investigación ya existentes, de probada calidad» (Universidad de la República, 2000).

En el año 2000 la CSIC asignó un total de US\$ 2.723.051 para la ejecución de 170 proyectos de investigación, de los cuales 30 correspondieron al área tecnológica, donde las biotecnologías son de gran relevancia. A pesar de los esfuerzos realizados, los fondos brindados por esta comisión sólo cubrieron el 26 por ciento de los proyectos demandantes de financiación. (Universidad de la República, 2000).

En lo que refiere a los diferentes propósitos de esta comisión, la asignación de recursos se ha hecho de la siguiente manera: proyectos de I&D 60%, recursos humanos 25 %, apoyos a publicaciones 4 %, docencia con dedicación total 5 % y otros 6% (Negro y Grierson, 1999).

Financiamientos Otorgados por el INIA

El INIA tiene diferentes modalidades de cooperación que permiten la realización de acuerdos y convenios con empresas e instituciones nacionales y extranjeras para la elaboración de proyectos en conjunto. También de acuerdo a su ley de creación debe destinar el 10 por ciento de su presupuesto para la financiación de proyectos mediante la creación de fondos competitivos que se citan a continuación.

Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria FPTA

El INIA cuenta con un fondo formado por el 10 por ciento de los recursos genuinos del Instituto, aportes voluntarios de productores o instituciones y fondos provenientes del exterior, para ejecutar proyectos de investigación en forma conjunta con otras organizaciones nacionales o internacionales. Los FPTA son para el desarrollo de investigaciones del sector agropecuario no previstos en los planes del Instituto (Negro y Grierson, 1999). No se cuenta con la información clasificada de cuanto de estos aportes fueron destinados únicamente para el desarrollo de agrobiotecnologías.

Los objetivos generales del FPTA consisten en establecer un sistema de investigación agropecuaria, financiar proyectos de otras instituciones que respondan a temas propuestos por el INIA, fomentar vinculaciones tecnológicas con instituciones públicas y privadas, permitir al INIA mantener un plan de investigación central bien enfocado y atraer recursos financieros adicionales, nacionales e internacionales.

Líneas de Investigación Aplicadas - LIA- INIA-BID

Estos proyectos están financiados por el BID y por el INIA. De un monto total de 5,2 millones de dólares, 4 millones son aportados por el BID y 1,2 por el INIA (com.pers. F. Gil). Se trata de fondos competitivos para ser desarrollados por otras instituciones nacionales o extranjeras (países miembros del BID). Estos llamados son abiertos y corresponden a presentaciones sobre temáticas libres referidas al sector agropecuario en general y temáticas predeterminadas por la institución. Se han realizado tres convocatorias durante los años 1999 y 2000 y se espera realizar siete más en el transcurso del proyecto. Las bases de los mismos se encuentran en la página Web de INIA (www.inia.org.uy).

Cooperación Internacional

Entre los organismos de cooperación internacional que han permitido el desarrollo de la biotecnología agropecuaria en Uruguay, se deben de destacar la participación del Gobierno del Japón a través de su Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA). La presencia de JICA en el país ha marcado el inicio de la actual Unidad de Biotecnología del INIA. JICA se ha caracterizado por una activa participación en varios proyectos de gran envergadura con INIA en las áreas de frutales, forestales y cítricos, que incluyeron la aplicación de biotecnologías en estos sectores. También ha tenido proyectos con el Instituto Rubino y en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República en el área de Biotecnología Animal.

La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través de sus Proyectos de Cooperación Técnica (TCP), ha permitido el equipamiento y formación de recursos humanos para la ejecución de varios proyectos que implicaron el uso de biotecnologías para el diagnóstico de plagas y la obtención de materiales de propagación libre de patógenos.

El Gobierno de Suecia a través de su agencia de cooperación SAREC ha apoyado durante más de una década el desarrollo de biotecnologías en el IIBCE, con la formación de varios postgrados y la realización de trabajos en conjunto.

La Unión Europea (fondos INCO) ha promovido la interacción entre laboratorios de Europa y América Latina para la aplicación de diversas biotecnologías aplicadas al sector agropecuario, que van desde la creación de capacidades en ingeniería genética a la utilización de marcadores moleculares y biotecnologías de diagnóstico para patógenos vegetales.

La creación del FONTAGRO (Fondo para Tecnología Agropecuaria) con financiamiento BID, ha permitido la financiación de varios proyectos regionales para el mejoramiento de la calidad de los cultivos, aplicando biotecnologías para la selección asistida con marcadores.

El PROCISUR a través de su Cartera de Proyectos ha tenido una activa participación en la presentación ante organismos financiadores.

Es importante destacar la actividad de otros organismos internacionales, que si bien no han financiado proyectos, han participado activamente en la formación de recursos humanos mediante cursos, talleres, pasantías y entrenamientos en biotecnología. Entre éstos se destacan el Centro Internacional de la Papa (CIP), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el Centro de Agricultura Tropical (CIAT), Organización de los Estados Americanos (OEA), Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) y el Centro Argentino Brasileiro de Biotecnología (CABBIO), entre otros.

Bioseguridad

La modificación en la estructura de los mercados, producto de los nuevos modelos de integración y de globalización económica, ha determinado en muchos casos el sometimiento de las legislaciones nacionales a los estándares internacionales ya existentes, éste es el caso de aquellas que regulan temas relacionados con la salud animal (OIE/FAO), sanidad vegetal (CIPF/FAO) e inocuidad alimentaria (Codex Alimentarium/FAO) (Canale,2000). Por otro lado, exige la participación activa en aquellos que están siendo discutidos actualmente, específicamente en los involucrados con la conservación de la Diversidad Biológica y en la Convención para la elaboración de un Protocolo de Bioseguridad Internacional, donde la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) ha tenido un papel protagónico.

Respecto a éste último punto, el Uruguay aprobó el Convenio sobre Diversidad Biológica (ley N° 16408 del 27/08/1993), suscrito el 5 de junio de 1992 en Río de Janeiro. Este convenio establece la necesidad de «regular, administrar o controlar los riesgos derivados de la utilización y la liberación de resultados biotecnológicos y que eventualmente tengan repercusiones ambientales adversas que puedan afectar la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica» (PNUMA, 1992).

Con respecto a otro punto del convenio, discutidos en otras instancias de negociación y que determina «que las partes estudiarán la necesidad y las modalidades de un protocolo que establezca procedimientos adecuados en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización de cualquier organismo vivo modificado resultante de la biotecnología, que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica» (PNUMA, 1992), Uruguay ha tenido importantes iniciativas que contribuyen al análisis de los factores de riesgo, específicamente frente al caso de la introducción y liberación al medio de nuevos cultivos transgénicos.

En el año 1995 se creó la Comisión de Análisis de Riesgo en el marco de la DGSA - MGAP, que estaba integrada por el INIA, el

INASE, y la DGSA – MGAP a la cual se integró posteriormente la DINAMA -MVOTMA. Esta comisión era de carácter asesor y fue la responsable de la evaluación y manejo del riesgo, así como de la comunicación del análisis realizado. La introducción se basaba en las reglamentaciones existentes para solicitar la Acreditación Fitosanitaria de Importación (AFIDI - Decreto N°328/91) donde se debe declarar si el producto es un Organismo Genéticamente Modificado (OGM) y en la Ley de Semillas (N° ley N° 16811 del 21 de febrero de 1997).

La evaluación de los riesgos se hace de acuerdo al uso propuesto de los materiales, realizando un estudio caso a caso en base a criterios científicos, teniendo como referencia la información suministrada por cada solicitante y evaluando el impacto que esta introducción puede tener en los diferentes ecosistemas del Uruguay. La información solicitada comprende los lineamientos internacionales del PNUMA (PNUMA, 1995) y tiene en cuenta la información regional disponible de la CONABIA-Argentina y la CTNBio- Brasil.

En base a esta información, la Comisión elaboró las medidas de bioseguridad que se aplicaron en cada caso y realizó los informes donde recomendaba a la DGSA si debía aceptar, condicionar o rechazar las solicitudes de introducción de esos materiales al país. Las medidas de supervisión y control se realizaban conjuntamente por el INASE y la DGSA (Peralta y Blanco, 1998).

En agosto de 2000 se aprobó una reglamentación específica con la aprobación del decreto 249/2000 que creó la “Comisión de Evaluación de Riesgo de Vegetales Genéticamente Modificados” integrada por especialistas de los Ministerios de Ganadería Agricultura y Pesca, que la preside, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, que actúa como vicepresidente, el Ministerio de Salud Pública, el Instituto Nacional de Semillas y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Esta normativa incluye los siguientes puntos: creación, introducción, uso y manejo de vegetales o sus partes genéticamente modificadas para distintas aplicaciones que incluyen el uso contenido, la realización de pruebas o ensayos de campo; la evaluación nacional de cultivares; la multiplicación de semillas y la producción o importación por primera vez con destino al consumo directo o transformación. La Comisión es de carácter asesora y se establece la posibilidad de integración y consulta a grupos técnicos, proponiendo además mecanismos de difusión y consulta pública de las decisiones.

Las autorizaciones serán realizadas por el MGAP y en el caso de la producción y/o comercialización por primera vez con destino al consumo directo o a la transformación las autorizaciones serán realizadas en conjunto entre el MGAP y el Ministerio de Economía y Finanzas.

Desde 1995 hasta la fecha, se han analizado los siguientes eventos: maíz con genes que confieren resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato, soja con tolerancia a glifosato, eucaliptos con menor contenido de lignina y tolerancia al glifosato y arroz con resistencia al glufosinato (Peralta y Blanco, 1998; Francis y Blanco, 1999).

Propiedad Intelectual

El Uruguay ha formado parte de diversos acuerdos y convenios que se han realizado en temas de propiedad intelectual, tal es el caso del Convenio de París de 1961, la Ronda Uruguay del Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT) (1986-1993), el Acuerdo del Jardín de las Rosas (1991) y el convenio de Diversidad Biológica de Río de Janeiro (1992) (Delpiazzo y Cousillas, 1997).

«El Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio” - el ADPIC, más conocido por la sigla en inglés TRIPs («Trade Related Intellectual Property Rights»)- alcanzado en el marco de la Ronda Uruguay del GATT y ratificado por nuestro país en virtud de la ley N° 16671 de 13 de diciembre de 1994, define la materia patentable en su art. 27. Conforme al mismo, «las patentes podrán obtenerse por todas las invenciones, sean de productos o de procedimientos, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, entrañen una actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial» (com. pers. Dr. C.E. Delpiazzo).

«En armonía con dicha norma, la flamante ley de patentes de invención, modelos de utilidad y diseños industriales N° 17164 de 2 de setiembre de 1999 prevé que «son patentables las invenciones nuevas de productos o de procedimientos, que supongan una actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación industrial» (art. 8°). En cambio, el art. 13 dispone que no se considerarán invenciones, entre otras, las siguientes: a) los descubrimientos; b) las plantas y los animales excepto los microorganismos, y los procedimientos esencialmente biológicos para la producción de plantas o animales, con excepción de los procedimientos no biológicos o microbiológicos; y c) el material biológico y genético, como existe en la naturaleza. Asimismo, el art. 14 prevé que «no son patentables: a) los métodos de diagnóstico, terapéuticos y quirúrgicos para el tratamiento de personas o animales; b) las invenciones contrarias al orden público, las buenas costumbres, la salud pública, la nutrición de la población, la seguridad o el medio ambiente». (com. pers. Dr. C.E. Delpiazzo).

Para el caso de la obtención de vegetales el Uruguay actualizó el tratamiento legal a la protección jurídica de cultivares a través del dictado de la ley N° 16811 del 21 de febrero de 1997 que trata «del Derecho de propiedad de obtención de vegetales» y establece claramente que para que un cultivar pueda ser sujeto a la protección deberá ser nuevo, diferenciable, homogéneo, estable en sus características esenciales y recibir una denominación (Delpiazzo y Cousillas, 1997).

A pesar de la actualización de la misma, esta ley no se encuentra ajustada a la nueva situación generada por los cultivares transgénicos, debiéndose incorporar nuevos conceptos que cuestionan las definiciones actuales utilizadas para la determinación de la propiedad de los cultivares. Este es el caso del concepto de «variedad esencialmente derivada» que se

refiere a la construcción de un transgénico a partir de una variedad ya existente. Un cultivar transgénico puede diferenciarse de su originario en un único gen, el cual le da la propiedad de ser nuevo y de cumplir todas las exigencias necesarias para ser registrado como un nuevo cultivar. Sin embargo, el resto de su información genética y de sus características fenotípicas son idénticas al material de origen, por lo cual es cuestionable la adjudicación de la propiedad de este cultivar transgénico.

Uruguay ha adherido al acta 1978 de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). INIA participa de URUPOV, asociación que protege y controla los derechos de los obtentores de las variedades en Uruguay. INIA protege los materiales vegetales desarrollados por la Institución mediante el registro de cultivares. Desde los comienzos INIA ha desarrollado una política de protección de los derechos de propiedad intelectual que se ha materializado en varios convenios de trabajo, talleres, consultorías y publicaciones institucionales (Delpiazzo, 1991), así como en el ámbito regional ha apoyado el Desarrollo Institucional a través del tratamiento de este tema en el PROCISUR.

Conclusiones

El sector agropecuario del Uruguay no se caracteriza por ser un demandante activo de biotecnologías, sino que por lo general adopta las mismas una vez que éstas ya están en el mercado y son notoriamente publicitadas por las partes interesadas. Esta actitud ha incidido directamente y ha dificultado el desarrollo de las biotecnologías relacionadas con el agro.

La llegada de las nuevas tecnologías a la región, no fue prevista con anticipación y son muy pocos los grupos que están preparados para discutir y opinar con base científica sobre los avances que se están generando a diario. Uno de los ejemplos de pública notoriedad es la utilización de cultivos transgénicos y los proyectos genoma vegetal. Esta situación sobrecarga de exigencias a Instituciones como INIA, que ha tenido que esforzarse enormemente en la creación de capacidades que van, desde las metodologías de laboratorio hasta el asesoramiento a autoridades, organizaciones de productores y público en general.

En los últimos diez años se han obtenido notorios avances, producto del esfuerzo de los investigadores, instituciones y en algunos casos de empresas privadas, que observando la realidad mundial han intentado establecer un sistema de generación de biotecnología adaptada a la realidad productiva del país.

Estos avances se reflejan en mejoras significativas en la infraestructura de laboratorios y equipamientos de varias instituciones. La Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, la DILAVE "Miguel C. Rubino" del MGAP, los Laboratorios Biológicos de la DGSA-MGAP y la Unidad de Biotecnología del INIA, cuentan con modernas instalaciones, demostrando el fortalecimiento del sector público y permitiendo la utilización de

técnicas de cultivo de tejidos, de biotecnologías de diagnóstico y de técnicas moleculares.

En el área de la biotecnología agropecuaria, aún existen importantes carencias, especialmente de equipos que permiten llevar a cabo técnicas más sofisticadas, pero imprescindibles, para alcanzar un desarrollo acorde a los recientes avances tecnológicos. Como indicadores de esta situación, se puede mencionar que en el país hay un único secuenciador automático (en la Facultad de Ciencias) y no existe un servicio centralizado de secuenciación, tampoco se cuenta con equipamiento para síntesis de oligonucleótidos, no se aplican las últimas tecnologías para estudios de la expresión génica, estructura del genoma y genética funcional, entre otros.

En lo que respecta a la formación de los recursos humanos vinculados a la agrobiotecnología, en los últimos diez años se ha incrementado el número de investigadores con títulos de postgrados (Maestrías y Doctorados), cuya formación ha sido mayoritariamente en el exterior.

De la encuesta realizada a catorce laboratorios del ámbito público se constató que están involucrados 142 investigadores. De éstos, 15,5 % han alcanzado el nivel de Doctorado (22), 18 % el nivel de Maestría (25), 12 % son actuales estudiantes de postgrado (17), 42 % presentan Títulos Universitarios de grado (60) y 12,5 % son estudiantes de grado (18). La disponibilidad de recursos humanos se ha visto incrementada respecto al año 1995, donde se registraron 5 Doctores, 8 Magisters y 37 Profesionales Universitarios (Jaffé Carbonell e Infante, 1996).

Aunque el número de Doctorados y Magisters es aún bajo, la situación respecto a diez años atrás es muy alentadora y ha impulsado la generación de cursos nacionales de postgrados, como lo es la recientemente concretada Maestría en Biotecnología de la Facultad de Ciencias. La carencia de un programa de postgrado por parte de las Facultades de Agronomía y Veterinaria, es un desafío que dichas Facultades y la Universidad de la República deberán afrontar en los próximos años.

De la encuesta realizada, se puede establecer una clara separación entre laboratorios que realizan biotecnologías relacionadas al área vegetal, animal, bioprocesos y agroindustrias.

Las áreas desarrolladas en biotecnología vegetal comprenden: cultivo *in vitro* de vegetales con objetivos de micropropagación y saneamiento, biotecnologías de diagnóstico, marcadores moleculares con el fin de identificación varietal y mejoramiento, producción de inoculantes y un desarrollo incipiente en el área de ingeniería genética.

Las técnicas de micropropagación y saneamiento son llevadas a cabo por instituciones como el INIA y la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, cuyo principal objetivo es la

investigación, de manera de ajustar técnicas de introducción *in vitro*, saneamiento, multiplicación y aclimatación, para especies de interés nacional, particularmente especies hortícolas, frutícolas y forestales. No obstante este objetivo, el INIA también ha realizado convenios con empresas del sector privado para desarrollar tareas de micropropagación, además de brindar servicios a productores.

En el sector privado existen varias empresas que micropropagan material saneado, especialmente materiales de propagación agámica, para el uso propio de la empresa y/o para la venta a otros productores. Sin embargo, en el Uruguay (MGAP, 1999) y en la región (Pagliano, 1999) se ha detectado una gran carencia en el abastecimiento de material vegetal de propagación de alta calidad genético-sanitaria, debiéndose recurrir a la importación de grandes volúmenes de materiales de propagación, lo que significa una importante erogación de divisas e impide la instalación de industrias viveristas nacionales.

El esfuerzo más organizado lo ha realizado el INIA con la creación de la Unidad de Biotecnología, que se dedica mayormente a satisfacer las demandas internas de la institución, establece convenios con empresas e instituciones y coordina actividades en el ámbito regional a través de Subprograma de Biotecnología del PROCISUR que le permite tener actividades con los Centros de Biotecnología Agropecuaria de los INIAs, con los laboratorios de la REDBIO de FAO y con CABBIO.

En lo que respecta a la biotecnología animal las actividades se encuentran centralizadas en la Facultad de Veterinaria, la DILAVE "Miguel C. Rubino" del MGAP y algunas empresas privadas. Se desarrollan biotecnologías en el área de caracterización de patógenos, diagnóstico y terapia de enfermedades, endocrinología, marcadores moleculares, transplantes de embriones y otras áreas de reproducción animal.

Las Facultades de Química e Ingeniería de la Universidad de la República son quienes concentran las áreas de bioprocesos y estudios enzimáticos de aplicación industrial. Se han realizado grandes esfuerzos que permitieron el impulso de todas las áreas biotecnológicas mencionadas, pero aún existen limitantes que obstaculizan las iniciativas generadas a nivel individual o institucional. La falta de vías de transferencia de estas tecnologías desde los laboratorios a los productores, genera un círculo cerrado que no permite al sector productivo conocer los beneficios brindados por la misma, con la consiguiente ausencia de demanda, lo que se proyecta en la falta de incentivo para el desarrollo de las propias biotecnologías.

En este aspecto es de destacar el éxito obtenido por el LMSCI que ha logrado establecer un módulo dinámico de articulación funcional entre la Industria, el Estado y los Productores Agropecuarios, donde cada sector juega un papel esencial para lograr el objetivo de impulsar la efectiva aplicación de la tecnología al máximo de su potencial. El Estado, diseñando los

desarrollos tecnológicos que demandan los productores y la industria, difundiendo la tecnología y realizando la certificación de calidad; la Industria, comprometiéndose en un proceso productivo y de comercialización dinámico y acompasando los resultados de la investigación nacional, lo cual ha permitido lograr altos niveles de calidad en los inoculantes y por último los Productores Agropecuarios, implementando la tecnología en sus predios (MGAP b, 2000). Otra experiencia ejemplar ha sido el Programa Nacional de Certificación de Cítricos que reunió la capacidad de varias Instituciones: INASE, DGSA, INIA, Facultad de Agronomía y la Asociación de Viveristas, lo que ha permitido que los materiales saneados por medio de biotecnologías lleguen a los productores, alcanzando un volumen de 400.000 yemas producidas en 1999 (Borde y Fossali, 1998).

Es necesario lograr modelos de articulación, que permitan que los desarrollos logrados en los laboratorios puedan llegar a la escala de producción y satisfacer las demandas existentes en estos rubros. Un ejemplo exitoso ha sido el de Laboratorios Santa Elena S.A., que llevó a cabo proyectos de I & D adecuados a las necesidades productivas del país, específicamente en la problemática de la fiebre aftosa, contribuyendo a la erradicación de la enfermedad.

Otra de las limitantes para el crecimiento de la biotecnología, es la falta de información de los técnicos vinculados al sector agropecuario sobre sus posibilidades de aplicación. Se debe realizar un trabajo profundo a todos los niveles de la sociedad para mejorar la percepción pública de la biotecnología, mostrando las oportunidades y riesgos que la adopción de las nuevas tecnologías puede tener en el desarrollo económico del país y las repercusiones en la sociedad en general.

Se han realizado algunos intentos nacionales en reunir y desarrollar de manera coordinada las actividades en biotecnología agropecuaria, pero la realidad uruguaya demuestra que los polos de desarrollo en biotecnología se encuentran disgregados y aislados, reflejándose en enormes esfuerzos individuales e institucionales a la hora de adquirir financiamiento para poder llevar a cabo sus actividades de I & D. Jaffé Carbonell e Infante reafirman este concepto cuando expresan que se debe «...evitar la dispersión y atomización de los recursos y esfuerzos..... Concentrar los esfuerzos en unos muy pocos grupos es la vía adecuada para la creación de la masa crítica necesaria a nivel de las organizaciones indispensable para una investigación y difusión de las tecnologías efectiva y eficiente.» (Jaffé Carbonell e Infante, 1996). No existen políticas claras de desarrollo que permitan el financiamiento perdurable y sostenible de las mismas, debiéndose recurrir a fuentes de financiamiento puntuales y discontinuas que muchas veces limitan la proyección de las investigaciones.

La UNESCO clasifica a los países en cuatro categorías de acuerdo al grado de desarrollo de la biotecnología y a la existencia de políticas nacionales en el tema. Los países de

menor grado de desarrollo son aquellos que no tienen Programas Nacionales de Biotecnología, categoría donde lamentablemente se encuentra ubicado el Uruguay. (Sasson, 1993)

La formación de Comisiones Nacionales de Biotecnología, ha sido resaltada por varios organismos internacionales como la UNESCO y el BID (Sasson, 1993; Jaffé Carbonell e Infante, 1996). La necesidad de tener una visión estratégica compartida por los diferentes sectores interesados, acerca del potencial de la biotecnología en la economía y la ciencia de cada país es imprescindible (Jaffé Carbonell e Infante, 1996), aspecto que aún no ha sido discutido en el país.

Para lograr desarrollar la biotecnología en forma sostenible en Uruguay se debería crear y estructurar un Programa Nacional de Biotecnología de carácter sectorial. Este programa debería estar apoyado por políticas de gobierno que permitan un marco legal y económico adecuado para el mantenimiento de una masa crítica científica, imprescindible para lograr un aprovechamiento de la infraestructura creada en los laboratorios. Se debería buscar la forma de lograr la transferencia al sector con la creación de empresas biotecnológicas asociadas, las cuales deberían contar con un programa de marketing y de difusión que permita la adopción rápida de los desarrollos de las biotecnologías en el sector.



El impacto de la biotecnología en los países del Cono Sur

El impacto de la biotecnología en los países del Cono Sur

por Mauro Carneiro *

La característica en común más llamativa de los Países del Cono Sur (PCS) es que su economía se encuentra en gran parte basada en la agricultura. Su demanda de productos agrícolas se alcanza básicamente con una combinación de cultivos de alto rendimiento, entradas de agroquímicos, irrigación y la expansión de la tierra cultivada sobre los ecosistemas naturales.

En el pasado, como una consecuencia de la *Revolución Verde*, se produjo un cambio considerable en el sistema productivo, favoreciendo a los grandes productores sobre los pequeños y a la implantación de las industrias del procesado. Como resultado, los países experimentaron un incremento significativo en sus exportaciones para las principales mercancías. Por otro lado, muchos pequeños agricultores desistieron de las actividades agrícolas migrando hacia las ciudades, lo cual dio lugar a problemas sociales.

Con el tiempo, los PCS se insertaron en la economía mundial como exportadores de granos y los Institutos Nacionales de Investigación (INIAs), que fueron creados para mitigar la dependencia internacional en agricultura, orientaron su investigación principalmente a la agricultura comercial. Por otro lado, otros sectores tales como la agricultura de subsistencia y transición, el procesamiento, y la investigación en medio ambiente fueron también contemplados pero en un menor grado.

Al enfrentarnos al próximo milenio, este viejo paradigma está cambiando nuevamente de manera de alcanzar niveles más altos de productividad, pero dando mayor importancia a la preservación de las reservas de agua dulce, reducción de fertilizantes y pesticidas y la preservación de los bosques nativos.

Se espera que la población de la tierra aumente a 8,9 billones para el año 2030, en comparación con los 5,7 billones existentes hoy. Este incremento del 50 por ciento en la población mundial tendrá un gran impacto en los países en desarrollo de Asia, Africa y América Latina donde estarán viviendo 7,0 billones de habitantes.

Sin embargo, la tasa de la producción mundial de cereal, por ejemplo, que se duplicó en los últimos 40 años, está decreciendo, haciendo necesario el uso de alternativas tecnológicas para mejorar esta situación (Brown, 1994).

El nuevo paquete tecnológico de la *Bio Revolución*, fue posible sólo debido a los descubrimientos y al dominio de nuevas técnicas de biología molecular y celular, que han probado ser herramientas muy efectivas para el mejoramiento animal y

* Msc., PhD.
Biología Celular y Molecular
EMBRAPA Recursos Genéticos y
Biotecnología
Cordinador Internacional del
Subprograma de Biotecnología del
PROCISUR
Email: mauro@cenargen.embrapa.br

vegetal, en los países desarrollados. Estas técnicas abrieron alternativas para la protección vegetal y animal, control del estrés ambiental, incremento del valor nutritivo y rendimiento, producción de metabolitos secundarios, vitaminas, hormonas, vacunas y a la aceleración de los programas de mejoramiento.

Para encarar el desafío mundial e incrementar la oferta de granos en el mercado global es necesario considerar cuáles regiones podrían potencialmente incrementar la producción de granos. Una de estas regiones puede estar representada por los PCS. Esto es debido al buen estado tecnológico de sus prácticas agrícolas, el bajo costo de la mano de obra, condiciones climáticas que permitan más de una cosecha por año, un bajo rendimiento productivo para los artículos “commodities” y una baja tasa de utilización del suelo. Esto explica parcialmente el interés de las compañías transnacionales de semillas en la región.

Como resultado del acuerdo GATT TRIPS (Trade Related Aspects of Intellectual Property), los PCS, signatarios del Acuerdo Mundial de Comercio (“World Trade Agreement”), están ahora adoptando los estándares de propiedad intelectual para plantas y microorganismos. Esto atrajo interés e inversiones, del sector privado, incluyendo las firmas biotecnológicas, que se encuentran ahora activamente involucradas en la economía local.

Tan temprano como en 1992, Bolivia ya estaba realizando pruebas en invernáculo para papa transgénica, y pruebas de campo en 1993. En 1998/1999, se condujeron también varios experimentos de pruebas de campo en Argentina, Bolivia, Brasil y Chile.

El clima templado que existe en la región hace más fácil la introducción de variedades de Estados Unidos de soja transgénica de Monsanto en la Argentina, pasando éste a ser el primer país del Cono Sur que produce un cultivo transgénico para uso comercial. El área cultivada está en expansión, y se estimó en 6,7 millones de hectáreas en 1999 (James, 1999).

En el caso de Chile, se permitió la plantación de 20.000 hectáreas de maíz transgénico para multiplicar semillas. El material plantado, sin contar las semillas, fue usado para alimentar animales de granja.

Se esperaba también que Brasil plantara cultivos transgénicos este año, pero el tema está aún sujeto a una aprobación regulatoria, y en Paraguay el cultivo de soja, algodón y maíz fue prohibido durante los años 1999 y 2000.

Por lo tanto, uno puede imaginar que en un futuro cercano las plantas de cultivos transgénicos serían fuertes competidores de las variedades nacionales convencionales. Por otro lado, pueden observarse en la región algunas iniciativas de proyectos de colaboración conjunta con beneficios mutuos (ej.: Embrapa y Agrevo, Cyanamid y Monsanto/Pharmacia), respectivamente.

La etapa actual de introducción de las variedades transgénicas en los PCS lleva al cuestionamiento sobre la legislación. Fueron establecidas en los distintos países Regulaciones sobre Bioseguridad, así como Comisiones de Bioseguridad. A pesar de que existen diferencias mínimas referidas a las regulaciones, esto no representa ser un problema para el desarrollo de la biotecnología. Sin embargo, el principal problema con respecto a la Bioseguridad es la ausencia actual de una capacidad estructurada por país para realizar las pruebas necesarias para la desregulación.

El mercado global de las semillas está actualmente dominado por completo por las industrias transnacionales cuyo vasto poder económico también se extiende a los PCS. Estas industrias se encuentran realizando adquisiciones estratégicas en los principales mercados de semillas en la región. Por ejemplo: en 1997, Monsanto/ Pharmacia adquirió un 30 por ciento de las acciones del mercado de semillas de maíz de Brasil con la adquisición de Sementes Agroceres. Monsanto/ Pharmacia controla también más de la mitad del mercado de semillas de maíz en la Argentina. En 1998, Dow AgroSciences adquirió Morgan Seeds, la segunda compañía más grande de semillas de maíz de la Argentina, y Productos Agrícolas Dinamilho Carol de Brasil, otra firma sudamericana clave del maíz. Phytogen (perteneciente en su mayor parte a Dow Agrosciences) controla el principal programa de mejoramiento de semillas de algodón en la Provincia del Chaco de la Argentina. Además de estas firmas, la Barenbrug Holding B. V., de Holanda posee la Palaversich y Cia en Argentina y, Sakata. Seed Corp de Japón posee la Agroflora S.A. y Sakata Seed do Brasil, así como también Sakata Seed Chile S.A. (RAFI,1998).

De algún modo esto puede representar un peligro para la soberanía de los países, ya que estos controles, en algunos casos, se extienden al germoplasma de plantas nacionales. Sin embargo, el impacto inmediato se dará en el sector público relacionado al mejoramiento vegetal, el cual tradicionalmente abastecía las variedades para la producción comercial. Por lo tanto, los INIAs podrían rápidamente perder sus principales clientes.

Por consiguiente, es muy importante para los INIAs, poseedores de las variedades adaptadas a las condiciones ambientales regionales, el establecimiento de asociaciones con las firmas transnacionales dueñas del nuevo paquete tecnológico que permite la expresión de características nuevas. Esta asociación favorecería el equilibrio técnico y económico, y reduciría la vulnerabilidad de los sistemas de producción agrícola nacionales. Por otro lado, si dicha interacción entre los sectores público y privado no puede establecerse, el desarrollo técnico y económico de la región será seriamente afectado. Esto deja ineficientes los esfuerzos realizados por los gobiernos de los PCS en la formación y mantenimiento del personal calificado durante las últimas décadas.

La necesidad de crear una relación entre estos dos sectores a nivel nacional e internacional así como entre los sectores científico y productivo tiene que ser vista por el sistema público de investigación no como algo peligroso, sino como una oportunidad de promover el desarrollo científico y tecnológico.

El desarrollo de sociedades, podría también favorecer a las instituciones públicas ya que éstas pueden aprovechar el apoyo financiero de las compañías privadas para el desarrollo de proyectos de investigación conjuntos y al mismo tiempo generar conocimiento, productos y servicios.

Aunque se han creado varias compañías de biotecnología locales en la región, éstas no han dirigido inversiones significativas en investigación básica. Esto es debido principalmente a la complejidad de las técnicas, la ausencia de infraestructura, y los altos costos involucrados. En lugar de eso, se encuentran principalmente comprometidas en actividades biotecnológicas convencionales como micropropagación, producción de inoculantes, biopesticidas, ornamentales, cultivos hortícolas, celulosa, embriones, hormonas y diagnóstico.

Por otro lado, las firmas transnacionales que han incorporado la mayoría de las compañías de semillas, tampoco se encuentran involucradas localmente en investigación básica. En consecuencia, el sector público es aún el principal agente financiador con respecto de la investigación básica en el Cono Sur, pero la actuación del sistema público de investigación por sí mismo no fue suficiente para provocar el desarrollo deseado en biotecnología hasta el momento. La incorporación de las modernas técnicas de biología celular y molecular en las pequeñas compañías creadas en la región sería estratégica para la competitividad y la producción de nuevos productos y procesos.

Una de las dificultades principales para el desarrollo de la biotecnología es que los fondos públicos existentes para la investigación básica no son suficientes para apoyar las actividades necesarias y promover innovaciones. Además de eso, la mayoría de los científicos son perjudicados por las dificultades para importar literatura científica, productos químicos, equipamiento y piezas de repuesto. La financiación para entrenamientos y participaciones en congresos en el exterior fue drásticamente reducida.

Mientras las demandas por fondos incrementa progresivamente, las inversiones no crecen a la misma tasa o hasta se encuentran decayendo en algunos países, si bien existen algunas pocas excepciones, como el Programa Genoma de la Fundación para la investigación del Estado de San Pablo (FAPESP) en Brasil. Fuentes estables de financiación deberían ser operadas a través de asociaciones con organizaciones no-gubernamentales, cooperativas y compañías privadas o a través de políticas estables de inversión en biotecnología como se demostró con la iniciativa del FAPESP.

Las mayores inversiones en Ciencia y Tecnología en los últimos años en los PCS, estuvieron cerca de 1,0 % del Producto Interno Bruto, mientras que éste alcanza alrededor de 3,0 % en los países industrializados. A pesar de la inversión relativamente baja, la acción de agencias gubernamentales ha permitido el entrenamiento de científicos y la formación de grupos de investigación en biotecnología en las últimas décadas. Estos grupos, trabajando principalmente en instituciones públicas, han dado impulso a la introducción de nuevas técnicas y estrategias en las áreas de Biología Molecular, Celular, Bioquímica e Inmunología, entre otras y a la formación de una masa crítica razonable de científicos jóvenes que dominan esta nueva tecnología.

En todos los PCS los gobiernos trataron de concentrar sus esfuerzos en centros de investigación en biotecnología. Sin embargo, debido al limitado número de científicos, la competencia por las donaciones para investigación y la falta de una tradición de colaboración se ha hecho difícil reunir equipos de investigación sobre problemas específicos. La investigación realizada consiste principalmente en transferencia de tecnología y no permite un cambio significativo tanto a nivel científico como tecnológico.

Como resultado de la adopción de políticas de Propiedad Intelectual (PI) en biotecnología por los PCS, esta aproximación se vuelve obsoleta; en vez de esto, el desarrollo de nuevos productos y procesos específicos para los problemas de la región se vuelve extremadamente importante. Todos los mecanismos de propiedad intelectual están diseñados para estimular la innovación y la pregunta creada es si los PCS serán capaces de beneficiarse de este sistema o no, en una situación de competencia directa con las gigantes firmas trasnacionales de biotecnología.

La consolidación de grupos de investigación es estratégica para la soberanía, el progreso de la biotecnología y la generación de nuevas tecnologías que pueden traducirse en productos y procesos de interés comercial.

La política actual de PI sobre los productos y procesos biotecnológicos abre también varias posibilidades para proteger el conocimiento y garantizar el retorno de fondos para investigación. Entre éstas, el sistema público de investigación debe patentar sus invenciones por sí mismos, registrar patentes conjuntas en el caso de proyectos conjuntos o licenciar sus invenciones. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el patentado es un proceso caro y bien puede considerarse como prohibitivo. Considerando los costos involucrados en el proceso es razonable negociar las tecnologías con compañías privadas, en vez de iniciar el proceso de patentado en forma aislada.

Las preguntas formuladas en los párrafos anteriores que surgieron sobre la PI para productos y procesos en biotecnología deja en evidencia la necesidad de entrenamientos de personal

en el área y el establecimiento de un procedimiento eficiente de PI para el sistema público de investigación.

Debido a la naturaleza de las compañías transnacionales establecidas en los países industrializados el impacto inmediato de la moderna biotecnología en los PCS se dará en sectores de gran importancia económica. Además, los rasgos de resistencia a herbicidas e insectos ya introducidos por ingeniería genética pueden provocar un efecto positivo inmediato especialmente para los grandes productores de “commodities”. Sin embargo, las generaciones futuras de semillas transgénicas será dirigida a usos finales específicos tales como fibras para el consumidor, granos alimenticios con cualidades nutricionales específicas, semillas de aceite con aceites modificados, plantas que produzcan plásticos biodegradables, etc. Se espera que esto provoque una “de-commodification” de los cultivos “commodities” tradicionales como maíz, soja, y trigo. Los granos y semillas de aceite no serán más comercializados como artículos de consumo generales, sino como productos de propiedad, hechos para el consumidor, diseñados para cumplir los requerimientos de la industria de los alimentos, petroquímica o los procesadores de la industria farmacéutica, respectivamente.

En este escenario, el sistema productivo total de los PCS, ampliamente basado en exportaciones de artículos de consumo perdería competitividad, requiriendo la implementación de un programa de gobierno eficiente para promover la deseada integración en este nuevo mercado. Por lo tanto, el sistema público de investigación es un componente esencial de esta política a lo largo del tiempo, por la introducción de estas características especiales en las variedades nacionales en asociación con las firmas transnacionales y también por el desarrollo de tecnología útil para los sectores de la agricultura de transición y de subsistencia.

Es importante observar que este nuevo mercado, que estará basado en las “commodities” tradicionales modificadas de modo de producir especialidades, puede representar también una oportunidad para los pequeños productores. Estos productos, que presentan un alto valor agregado, pueden ser una fuente interesante de ingresos para ellos.

Tomando en cuenta los aspectos elevados en esta sección, los siguientes puntos deben ser considerados para un desarrollo multilateral adecuado y para maximizar los esfuerzos en biotecnología:

- Estimular una justa, equitativa y beneficiosa interacción y asociación con firmas internacionales de forma de internalizar las nuevas tecnologías existentes para los sectores de la agricultura comercial, de transición y de subsistencia;
- Fortalecer la interacción con el sector privado nacional que hace uso de la biotecnología

convencional de forma de ayudar a la implementación de la moderna biotecnología;

- Enfatizar la Investigación y Desarrollo en nichos no dominados por las firmas transnacionales (ej.: “non-commodity”, agricultura de subsistencia y transición, medio ambiente);
- Establecer recursos de financiación estables para la investigación (ej.: fondos de investigación, FAPESP) de modo de llegar a los objetivos definidos;
- Flexibilizar las reglas actuales para la importación de materiales científicos de forma de permitir una adquisición rápida y libre de impuestos de los productos químicos, equipos, y piezas de repuesto;
- Establecer líneas directivas comunes en seguridad alimenticia y procedimientos para el transporte a través de las fronteras nacionales incluyendo embarque para la exportación a otras naciones.
- Armonización de las leyes de propiedad intelectual.

Para resumir, se justifica decir que a pesar de las dificultades estructurales y económicas, la moderna biotecnología ha estado desarrollándose en los PCS en la última década. Sin embargo, en el contexto actual de los PCS es imperativo apoyar los esfuerzos de las instituciones públicas así como estimular la investigación cooperativa entre los sectores público y privado. Haciendo esto, la financiación y la complementación científica anhelada podrían ser alcanzadas, generando productos que permitirán una mejor competitividad en la agricultura.

Se espera que la *Bio Revolución* modifique fuertemente el orden económico internacional, especialmente a través del proceso de “de-commodification”, el cual afectaría adversamente el mercado de las “commodities” tradicionales.

En este escenario, el sistema público de investigación es un actor esencial, creando asociaciones con las firmas transnacionales y ofreciendo tecnología ya desarrollada para la agricultura de subsistencia y transición.



**Agenda de
investigación para
la biotecnología
agropecuaria**

Agenda de investigación para la biotecnología agropecuaria

por Mauro Carneiro*

Aspectos Generales

En años recientes, los avances en las ciencias de la vida y los nuevos métodos permitieron la elucidación de muchos eventos moleculares subyacentes a fenómenos biológicos. Esto está teniendo un importante impacto en el mejoramiento del bienestar humano, así como en la producción industrial para las necesidades humanas.

El éxito reciente de la biotecnología y la agroquímica es fuertemente dependiente de la investigación básica y su potencial para generar innovaciones, y de una investigación aplicada capaz de convertir el conocimiento en productos para la agroindustria. Por tanto, el desarrollo de la investigación básica y aplicada tiene implicaciones especiales en la biología y química clásicas, que requieren de investigación técnica más calificada e inversiones.

Se sugiere que una agenda de investigación apropiada para los Países de Cono Sur (PCS), tiene que tomar en cuenta los puntos arriba mencionados, la falta de fondos y el número relativamente bajo de científicos en un área en la cual el conocimiento y el "know-how" están evolucionando rápidamente.

Además de esto, se tendría que considerar que el avance de los trabajos en los diferentes países no está sólidamente guiado por una única estrategia general. Aunque la investigación en biotecnología agrícola se encuentra ya organizada en programas nacionales en la mayoría de los países; esto muchas veces no refleja sus necesidades actuales, ni los posibles nichos de mercado y problemas relevantes de la agricultura nacional. Por tanto, es obligación que, quienes hacen las políticas revisen esos aspectos y establezcan prioridades, teniendo en cuenta la sostenibilidad y aspectos sociales los que, raramente, han sido considerados. Esto impondría una focalización en los programas de investigación y congregaría expertos para solucionar los problemas específicos de las cadenas productivas.

Como estrategia general es importante continuar e incrementar los esfuerzos en la formación, reciclaje e intercambio de personal en áreas ligadas a la biotecnología, especialmente en biología molecular, bioquímica, biología celular, genética asistida por marcadores moleculares, fermentación, bioinformática, bioseguridad y propiedad intelectual. Sin un equipo sólido de científicos en esas áreas será difícil generar cualquier innovación útil en la biotecnología agrícola moderna.

Las sugerencias que aquí se presentan no tienen la intención de ser exhaustivas. Están basadas de algún modo en las

* *MSc, PhD*
Biología Celular y Molecular
EMBRAPA Recursos Genéticos y
Biotecnología
Cordinador Internacional del
Subprograma de Biotecnología
Email: mauro@cenargen.embrapa.br

capacidades actuales de cada país, los requerimientos de recursos y personal para la moderna biotecnología y las tendencias de la agroindustria mundial.

Control Biológico de Plagas y Enfermedades

Entre los muchos productos desarrollados como resultado de los rápidos avances en biología molecular se encuentran los pesticidas biológicos (biopesticidas), que usualmente incluyen microorganismos (ej.: hongos, virus, bacterias y nemátodos) y productos derivados de ellos así como productos derivados de insectos y plantas.

Junto a las prácticas agrícolas, el control biológico es un método esencial del manejo integrado de plagas y malezas. El uso de productos químicos para el control de plagas y malezas es la principal causa de contaminación de productos alimenticios y de problemas ambientales. Esto es particularmente importante en el caso de los cultivos hortícolas en los cuales ha sido necesaria una agricultura intensiva para mantener el rendimiento y la calidad de los productos cosechados.

Los relativamente bajos costos involucrados en el desarrollo y la producción de biopesticidas y la presencia de calificados grupos de investigación en la región, hace de este tipo de control un método atractivo para un manejo integrado de las plagas , y los científicos de los PCS pueden brindar contribuciones relevantes en este campo.

Mejoramiento Asistido por Marcadores Moleculares

Uno de los puntos más fuertes de la Investigación y Desarrollo (I&D) regional es la existencia de infraestructura y científicos calificados para la investigación agrícola en mejoramiento vegetal y animal. Sin embargo, con el advenimiento de la biotecnología, los programas de mejoramiento clásico se volvieron secundarios en varias ocasiones. No obstante, estos programas deben ser enfatizados, porque son estratégicos para los países para mantener el control del germoplasma y promover una producción estable de variedades adaptadas al medio ambiente nacional.

Las variedades nacionales representan un importante punto de inserción para los PCS en las cadenas productivas de cultivos transgénicos, sobre las cuales pueden ser introducidos los nuevos rasgos. Esto podría ser aún más importante en un futuro cercano, cuando los rasgos de calidad jueguen un rol principal en los mercados internacionales de semillas.

Para obtener beneficios de esta oportunidad, los países no solamente deben mantener el control y producir nuevas variedades sino también invertir en el establecimiento de protocolos de transformación para los cultivos de mayor importancia económica y social. Esto potenciará el poder nacional de negociación con respecto a las firmas de semillas transnacionales, para la adquisición de promotores, genes y procesos tendiendo a generar variedades comerciales transgénicas.

Es una prioridad, por lo tanto, que se realicen esfuerzos urgentes para formar recursos humanos apropiados especializados en marcadores moleculares para acelerar la generación de nuevas variedades y mantener o aumentar la competitividad de los programas de mejoramiento. Es especialmente importante adquirir el conocimiento, el “know-how” y establecer mapas genéticos, físicos y transcriptos para los organismos de interés. El fracaso en el cumplimiento de este requerimiento probablemente representará una gran pérdida para la investigación nacional y en consecuencia para la agricultura.

Cultivos Transgénicos

La generación de un cultivo transgénico comercial es un proceso relativamente largo, que varía dependiendo de la característica a ser introducida, el cultivo, capacidades técnicas, infraestructura y recursos financieros.

El desarrollo completo de una variedad dada, desde el aislamiento del gen a la comercialización requiere varios pasos (Fig.1). El tiempo estimado sería alrededor de 10 años en promedio, cumpliéndose las condiciones óptimas. En el caso de existir el gen aislado, este tiempo se reduciría a 5 años.

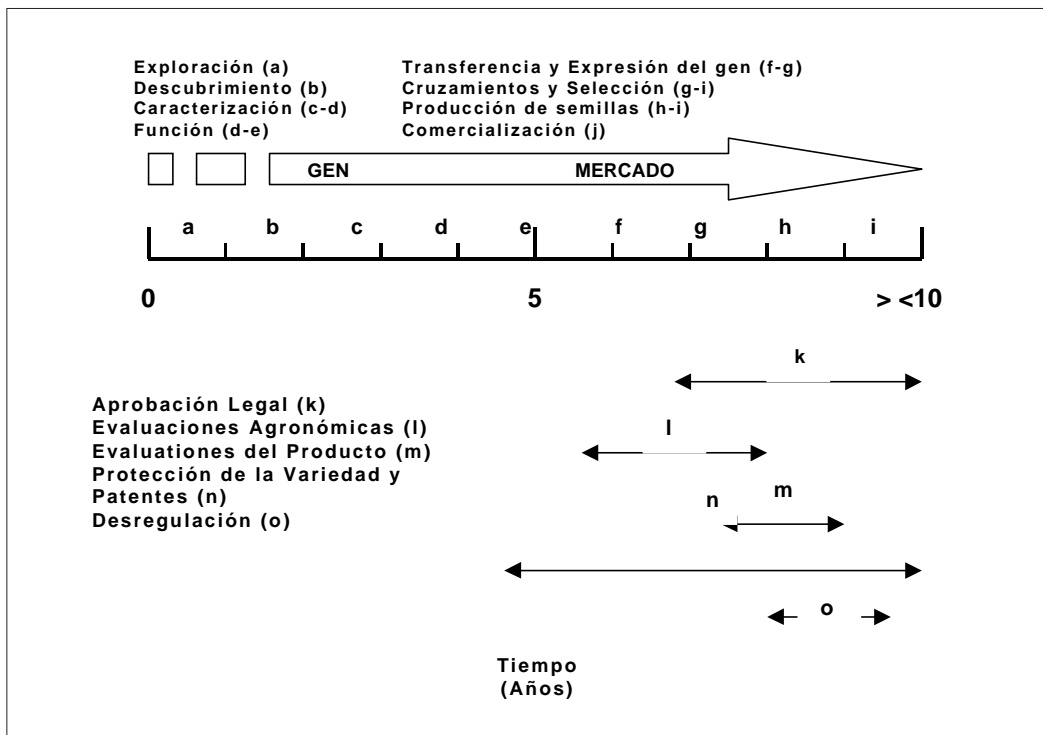


Figura 1. Tabla del tiempo desde el gen a la comercialización de un cultivo transgénico (Modificado de Rech, E. no-publicado)

Una vez que se obtienen varias plantas portando los genes deseados es necesario seleccionar una de ellas que muestre el nivel requerido de producción de proteína, segregación y patrón de integración correcto así como un genotipo estable. Este evento llamado “elite” es entonces incluido en un programa de mejoramiento dirigido a la futura comercialización.

El costo del proceso total puede estimarse en 6,0 millones de dólares pudiendo reducirse a 3,0 millones si el gen está disponible. Los procedimientos de seguridad ambiental y alimenticia, que son necesarios para la desregulación, representan también un asunto muy importante. El costo de dichos procedimientos se estima en 1,0 millones de dólares para cada evento. Aunque las pruebas necesarias son realizadas al final de todo el proceso, estas deben ser consideradas desde el comienzo, cuando el proyecto es formulado de modo de evitar problemas con la desregulación en el futuro.

Las plantas transformadas exhibiendo resistencia de planta huésped han sido consideradas como una estrategia importante para el manejo integrado de plagas y malezas. Los genes de resistencia pueden ser transferidos a los cultivos a partir de diferentes especies o aún “phyla”, por medio de varios métodos tales como fusión de protoplastos, infección por *Agrobacterium*, transfección viral y bombardeo de partículas. Existen ejemplos bien conocidos de variedades de plantas transformadas expresando los genes heterólogos de la toxina Bt, resistencia a herbicidas, o proteínas de la cápside viral.

Se han propuesto, o se encuentran en marcha muchos otros proyectos de transformación de este tipo, tales como la inserción de genes para apomixis, enzimas de la vía de biosíntesis de los lípidos y antibióticos. Particularmente en los cultivos de hoja perenne de ciclo largo tales como árboles frutales, la transformación con genes simples puede ser un camino para remediar deficiencias severas, como la resistencia a enfermedades, sin pasar a través de series de cruzamientos recurrentes prohibitivamente largas. Puede encontrarse una revisión sobre las pruebas de campo y la comercialización en el área de las plantas transgénicas en James, 1999.

Se han obtenido plantas transgénicas con resistencia a virus e insectos basándose en la inserción de un único gen. Pero debe recalarse que la estabilidad a largo plazo del comportamiento de los cultivos con inserciones de un gen único, especialmente aquellos que fueron seleccionados por su agresividad o tolerancia a las plagas, es aún una cuestión abierta. La experiencia en el mejoramiento de los cultivos mostró que, la estabilidad a largo plazo del comportamiento del cultivo en ambientes sometidos a un alto estrés, se basa en una compleja acción génica. En vista de la complejidad del manejo de los cultivos transgénicos en una economía de pequeños productores, un enfoque más estratégico puede consistir en la acumulación de múltiples genes menores a través del mejoramiento asistido por marcadores.

Por lo tanto, cuando se busca resistencia a plagas y malezas, puede ser importante fortalecer capacidades en áreas tales como mejoramiento vegetal, producción de semillas y control biológico junto a prácticas agrícolas; antes de desviar una parte importante de los escasos recursos para desarrollar plantas transgénicas.

Seguridad Biológica

Con el advenimiento del MERCOSUR, el control de enfermedades se hizo aún más importante para los PCS. Esto tiene invariablemente implicaciones para la seguridad biológica.

Como se manifiesta en el párrafo anterior, el control biológico y la generación de plantas resistentes son importantes métodos para el control de las enfermedades. Además de eso, varias herramientas comerciales basadas en anticuerpos monoclonales y marcadores moleculares se encuentran hoy disponibles, y pueden desarrollarse también. Estas herramientas son importantes para monitorear la dinámica poblacional de plagas, patógenos y enemigos naturales, y organismos beneficiosos, para pronosticar el surgimiento de plagas, detectar e identificar plagas y productos originados a partir de las plantas transgénicas.

El desarrollo de cultivos transgénicos para la comercialización requiere de los procedimientos de bioseguridad. Hasta ahora, los PCS no están preparados para ejecutar estas pruebas. A pesar de que se dispone de personal competente para esta tarea, no se encuentra estructuralmente organizado y/o dedicado a esta área. En EMBRAPA se inició un proyecto dirigido a ese objetivo, pero los PCS aún tienen que desarrollar su capacidad en algunas áreas de la seguridad alimenticia y evaluación de riesgo ambiental.

En resumen, la seguridad biológica, en un sentido amplio, debe ser considerada entre las prioridades de los programas de investigación de colaboración conjunta. Sería importante tener una colaboración cercana en micropropagación, detección de patógenos a través de marcadores moleculares, prácticas de cuarentena, así como también en bioseguridad relacionada a las plantas transgénicas.

Prospección de Genes

La genómica es una rama reciente de la biotecnología, dedicada a la construcción de mapas genéticos de alta resolución, elucidación de la secuencia de DNA completa de los organismos vivos, identificación de todos sus genes así como la caracterización de su función. La construcción de mapas y la determinación e identificación de la secuencia total de nucleótidos se llama genómica estructural mientras que la caracterización de su función ha sido referida como genómica funcional (Hieter y Boguski, 1997).

La bioinformática juega un rol crítico en ambas áreas. Mientras que para la genómica estructural las habilidades computacionales son necesarias para el manejo de los datos, para la

genómica funcional éstas juegan un rol importante en el campo de la búsqueda de datos de información valiosa concerniendo potenciales funciones.

La estrategia de la genómica funcional es estudiar todos los genes expresados o proteínas de un sistema biológico dado al mismo tiempo de forma sistemática, dando lugar por tanto a nuevos entendimientos y asignando funciones a secuencias nucleotídicas.

Actualmente existe un número limitado de genes de interés disponibles para la ingeniería genética y los genomas de animales, plantas y microorganismos son fuentes de genes inexplorados potencialmente importantes para la agricultura. Los resultados obtenidos utilizando marcadores moleculares demostraron que el germoplasma exótico de arroz y tomate, por ejemplo, contiene genes útiles para incrementar el rendimiento de estos cultivos (Tanksley y McCouch, 1979).

Es probable que el futuro de la biotecnología sea dependiente de nuestra capacidad de explorar la variabilidad genética que se encuentra en la naturaleza, y de caracterizar nuevos genes, que hasta ahora se encontraban inaccesibles debido a la falta de herramientas adecuadas. Los estudios de genomas de plantas que se encuentran en marcha permitirán la identificación de genes que controlan o influyen características tales como las respuestas al estrés ambiental, resistencia a patógenos, incremento del valor nutricional y rendimiento, permitiendo la generación de nuevos procesos y cultivos mejorados. Por tanto, las innovaciones esperadas de la *Bio Revolución* están ampliamente basadas en la genómica.

Las mayores dificultades en el desarrollo de la genómica en la región es la necesidad de grandes inversiones, limitados recursos humanos e infraestructura, falta de mantenimiento de equipos y difícil acceso a los productos químicos. A excepción del programa de la Fundación para la Investigación del Estado de San Pablo (FAPESP), que invirtió alrededor de 20 millones de dólares en genómica, no hay otras iniciativas significativas en esta área en los PCS. Sin embargo, los países deben invertir en esta área estratégica para fomentar innovaciones.

Más precisamente, los PCS deben invertir en genómica funcional en vez de tratar de completar las secuencias de DNA de los organismos. Los INIAs tienen que beneficiarse de los diferentes linajes de materiales genéticos contrastantes de sus propios programas de mejoramiento, y usarlos como un sistema biológico para caracterizar nuevos genes. Es importante enfatizar que los INIAs han sido la fuente de muchas variedades necesarias para estos estudios que muestran tolerancia al estrés y otras características relacionadas a la productividad y calidad. Por lo tanto, la genómica funcional dirigida a la caracterización de genes relacionados a esas características, debe considerarse de alta prioridad.

En este marco se recomienda la interacción con FAPESP, que ya tiene habilidades e infraestructura funcional en Brasil. Esto evitaría la duplicación de inversiones en un área en la cual los equipos están mejorando rápidamente, dando la oportunidad de entrenar recursos humanos y desarrollar proyectos colaborativos.

Recomendaciones

Tomados en forma conjunta los problemas discutidos anteriormente, los siguientes aspectos pueden considerarse de alta prioridad para el desarrollo de la biotecnología en los PCS:

- Reorientar la investigación pública en biotecnología, focalizando a las principales limitaciones de la agricultura nacional;
- Considerar “Innovación” como el principal objetivo, invirtiendo en investigación básica de modo de fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías;
- Dirigir inversiones hacia nichos especiales de I & D, que tendrían impacto socioeconómico para la región;
- Articular proyectos en genética asistida por marcadores moleculares de forma de acelerar los programas de mejoramiento genético, diagnóstico y control de las principales enfermedades animales y vegetales de interés generadas en el Cono Sur;
- Desarrollar capacidades en el área de transformación vegetal y animal;
- Apoyar el desarrollo de experiencia dentro de los países, en el área de evaluación de riesgo teniendo en cuenta la producción a pequeña y a gran escala y pruebas de las plantas transgénicas;
- Enfatizar la investigación dirigida a la genómica funcional sobre la secuenciación de los genomas completos;
- Desarrollar biopesticidas basados en organismos que existen normalmente en la naturaleza;
- Promover la investigación multilateral colaborativa y los programas de entrenamiento en todas las áreas relacionadas a la biotecnología;
- Incentivar la formación, reciclaje e intercambio de personal en las áreas ligadas a la Biotecnología, especialmente en Biología Molecular, Biología Celular, Genética asistida por Marcadores Moleculares, Fermentación, Inmunología, “Biofarming”, Bioinformática, Bioseguridad y manejo de la propiedad intelectual.

El estudio presentado aquí enfatiza la noción de que la moderna biotecnología es una herramienta esencial de apoyo al desarrollo de la agricultura. La rápida deforestación y prácticas agrícolas

dirigidas a obtener ganancias en un corto tiempo, sin una preocupación por el medio ambiente a largo plazo son problemas críticos y la sustentabilidad debe ser también considerada a través de los instrumentos de la biotecnología.

El desafío más importante, sin embargo, será la utilización de los genes existentes en la biodiversidad para mantener/ o incrementar los niveles actuales de productividad.

A medida que pasa el tiempo, parece más claro que cualquier política para el desarrollo de la biotecnología deberá incluir no sólo la utilización de los recursos genéticos en beneficio del comercio agrícola, sino también la promoción y conservación de la biodiversidad.

Literatura citada

- ANCIES, W. and CASSIOLATO, J.E. (1985). Biotechnology: Its impact in the industrial sector. CNPq - Brasília, Brazil.
- BORDE, J.; FOSSALI, A. (1998). Características del programa nacional de certificación de cítricos en Uruguay. p.8-10. En: Semillas. Revista Oficial del Instituto Nacional de Semillas (INASE). V.1(2).
- BROWN, L. R.(1994). State of the World (Norton), New York.
- CANALE, F. (2000). Bioseguridad agrícola. El País Agropecuario 59, 22-24.
- Centro de Innovación y Desarrollo (CID). (1985). Asumir la ética del riesgo. Primer Foro de la Innovación y de la Creatividad. 11-13 diciembre, Uruguay.
- COHEN, P. (1998) Strange fruit living in a GM world. <http://www.newscientist.com/nsplus/insight/gmworld/gmfood/fruit.html>.
- CONAB. http://www.conab.gov.br/Politica_Agricola/safra/avalia.cfm.
- CTNBIO. <http://www.mct.gov.br>.
- DELPIAZZO, C.E. (1991). Innovación biotecnológica y propiedad intelectual. Temas Institucionales N° 1. Montevideo: INIA.
- _____ ; COUSILLAS, M.J. (1997). Derecho biotecnológico uruguayo. Uruguay : Fundación de Cultura Universitaria.
- EMBRAPA, (1996). Programa de Desenvolvimento de Pesquisas Básicas em Biotecnologia. EMBRAPA, SPI.
- FRANCIS, M.; BLANCO, P. (1999). El programa de mejoramiento de arroz, perspectivas del uso de transgénesis y bioseguridad en Uruguay. En: Primer taller de bioseguridad en arroz por resistencia al virus de la hoja blanca. Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (en prensa).
- Genetic ID. GMF market intelligence newsletter. <http://www.genetic-id.com> (1999) Number 32. May 1,.
- HIETER, P. and BOGUSKI, M. (1997). Functional Genomics: It's All How Read It. Science 278, 601-602.
- HOBBELINK, H. (1990). Biotechnology: far beyond the green revolution. Porto Alegre, Brazil.
- HORBULYK, T.M. (1999). Strategy and incentives in the compulsory licensing of intellectual property in

agriculture. Paper presented at the NE-165 conference, transitions in Agbiotech: economics of strategy and policy, Washington DC, June 24-25.

JAFFÉ CARBONELL, W.; INFANTE, D. (1996). Oportunidades y desafíos de la biotecnología para la agricultura y agroindustria de América Latina y el Caribe. Washington : Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible. División de Medio Ambiente.

JAMES, C. (1999). Preview: Global Review of Commercialized Transgenic Crops. ISAAA Briefs 12, 1-8.

————— and KRATTINGER (1996). Global Review of Commercialized Transgenic Crops. ISAAA Briefs 12, 1-8, 1996.

MACK, D. Food for all living in a GM world. New Scientist. <http://www.newscientist.com/nsplus/insight/gmworld/gmfood/develop.html>, October 31, 1998.

MEC a. Uruguay. www.mec.gub.uy (Mayo de 2000).

————— b. Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. Uruguay. <http://iibce.edu.uy> (Mayo de 2000).

————— c. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICYT). Uruguay. www.conicyt.gub.uy (Mayo de 2000).

MGAP a. Dirección de Suelos y Aguas. Laboratorio de Microbiología de Suelos y Control de inoculantes. Uruguay. www.fp.chasque.net:8081/microlab/LMSCI/LMSCI.htm (Mayo de 2000).

————— b. Dirección General de Servicios Agrícolas, Laboratorios Biológicos. Uruguay. (Mayo de 2000).

—————. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Anuario Estadístico Agropecuario 1998. Uruguay.

—————. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Anuario Estadístico Agropecuario 1999. Uruguay.

NEGRIN, M. (1998). Fortalecimiento del Laboratorio Oficial de Semillas. Proyecto FAO PCT/URU/6712. p.7. En: Semillas. Revista Oficial del Instituto Nacional de Semillas (INASE). V.1(2).

NOTTINGHAM, S. (1998). Eat your Genes: How Genetically Modified Food is Entering our Diet. London: Zed Books.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Modern technology and the OECD. Policy brief, 1999.

- PAGLIANO, D. (Coord.) (1999). Calidad genético sanitaria: un instrumento para la competitividad de la cadena agroindustrial. Montevideo: IICA-PROCISUR.
- PHIPPS, R. H. (2000). GM Crops: A Alternative View to Greenpeace. *Feed Compounder* June/July, 1-4.
- PERALTA, A.M; Blanco, G. (1998). Las plantas transgénicas : encrucijada tecnológica y ética. p.22-23. *En: Semillas. Revista Oficial del Instituto Nacional de Semillas (INASE). V.1(2).*
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (1995). Directrices técnicas internacionales del PNUMA sobre seguridad de la biotecnología.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Convenio sobre la diversidad biológica. (1992). Río de Janeiro. www.biodiv.org/conv/.
- RAFI, Seed Industry Consolidation: Who Owns Whom? (1998). Communique, <http://www.rafi.org>.
- RIECHMANN J. L., ZHANG, J. BRAUN, P. (1999). Plant Genomics: The next Green Revolution?. *Chemistry and Industry* 12, 468-476.
- ROTH, M.J., and SHEAR, R.H. (1999). "Intellectual Property Law in the protection of plant inventions." Paper presented at the NE-165 conference, transitions in Agbiotech: economics of strategy and policy, Washington DC, June 24-25.
- SASSON, A. (1993). Biotechnologies in developing countries: present and future. V.1: Regional and national survey. Francia : UNESCO.
- STOLL, M. (1995) Biotecnología en INIA, (publicación interna).
_____; CAPDEVIELLE, F. (1996). Documento Marco para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria en la Región. (versión preliminar). Subprograma de Biotecnología del PROCISUR. Montevideo, Uruguay.
- TANKSLEY, S. D. and McCOUCH, S. R. (1997). Seed Banks and Molecular Maps: Unloking Genetic Potencial from the Wild. *Science* 277, 1063-1066.
- Universidad de la República. Comisión Sectorial de Investigación y Ciencia. Montevideo, Uruguay. www.csic.edu.uy (Mayo de 2000).
_____. Maestría en Biotecnología. p.32. *En: Anuario de la Facultad de Ciencias* 1998. Uruguay. FC. 120 p.
- VORMAN, J. European Biotech Fear Seen as key U.S. Trade

Threat. Reuters, Science Headlines, June 30
(dailynews.yahoo.com/headlines/sc).

WATAL, J. (1999). Intellectual Property Rights and Agriculture:
Interests of developing countries. Paper presented
at the World Bank and WTO Conference, Agriculture
and the new trade agenda in the WTO2000
Negotiations, October 1-2, Geneva.

Esta publicación del PROCISUR, tiene un tiraje de 800 ejemplares y se terminó de imprimir en la ciudad de Montevideo, Uruguay, en el mes de marzo de 2001.

Edición: Juan P. Puignau

Diagramación y armado: Cristina Díaz

Impresión: Imprenta Boscana S.R.L.

Depósito Legal N° 320.485

PROCISUR

Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur

Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay



Andes 1365, piso 8 - Tel. (598-2) 902 0424 - Fax (598-2) 902 1318 - E-mail: sejecutiva@procisur.org.uy - <http://www.procisur.org.uy>
Casilla de correo 1217 - 11.100 Montevideo - Uruguay