



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria



OPORTUNIDADES DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS EN URUGUAY

Informe de Consultoría

PROGRAMA DE GENERACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA
OFICINA DEL IICA EN URUGUAY





✓ OPORTUNIDADES DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS EN URUGUAY

Informe de Consultoría

IICA
Montevideo
1991

00003912

IICA
E14
IS90

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José (Costa Rica)
Oportunidades de las agrobiotecnologías en Uruguay. Informe de Consultoría/
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Instituto Interamericano
de Cooperación para la Agricultura; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
-- Montevideo : IICA, INTA, 1991.

119 p.

ISBN 92-9039-185-5

/BIOTECNOLOGIA/BIOTECNOLOGIA ANIMAL/BIOTECNOLOGIA VEGETAL/
/CAMBIO TECNOLÓGICO/ /GENÉTICA/ /INGENIERÍA GENÉTICA/
AGRIS E14

CDD 620.8

Las ideas y planteamientos contenidos en el presente documento son propios de los consultores y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura ni del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

PRESENTACION

Desde el año 1987 el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, ha tenido interés en definir una estrategia de desarrollo de las biotecnologías que permita aprovechar más cabalmente la investigación agropecuaria y pesquera, la prestación de servicios, control de calidad y regulación correspondientes al mandato legal del Ministerio, como asimismo el potencial que estos aspectos ofrecen al país en materia de desarrollo de la producción agropecuaria en general.

Con este propósito el MGAP ha solicitado del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el apoyo para definir una estrategia y un plan de acción orientado al aprovechamiento de las ventajas y oportunidades que las agrobiotecnologías ofrecen. En este sentido, el Ministerio delegó en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) la coordinación de las actividades para cumplir con los términos de referencia concertados entre ambas instituciones.

Este apoyo se concretó a través del Proyecto Hemisférico "Planificación Estratégica y Nuevas Opciones para la Agricultura" que, con financiamiento de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional, desarrolla el Programa de Generación y Transferencia de Tecnología, desde la Sede Central del IICA en San José, Costa Rica. El programa de trabajo fue el resultado de un proceso de consultas entre el IICA y el INIA, que incluyó varias reuniones a diferentes niveles. Dichas reuniones fueron coordinadas por Walter Jaffe, Especialista en Generación y Transferencia de Tecnología del IICA.

Se ha considerado que un requisito previo imprescindible para la formulación de una propuesta de este tipo es disponer de un marco teórico y de información adecuado, basado en la caracterización del desarrollo histórico de la agricultura y pesca en el país, que permita identificar las áreas específicas de aplicación de las agrobiotecnologías, los problemas limitantes, las tendencias mundiales y el aporte potencial de las mismas para la superación de las restricciones y la creación de ventajas competitivas, tanto en el mercado interno como en el internacional.

El estudio se ubica en la temática de la prospectiva tecnológica y del análisis de impactos económicos de la tecnología.

El nivel de detalle de la información y análisis, por razones metodológicas y por limitaciones de tiempo y recursos, es determinado por la información ya disponible en fuentes secundarias relevantes, y es complementado en algunos casos especiales por entrevistas u otros métodos más directos. Es importante destacar que no se pretende realizar estudios de factibilidad técnica, económica o de mercado, sino mantener el análisis en un plano más general.

En el plan de trabajo previsto se realizaron dos seminarios con el propósito de evaluar y perfeccionar las propuestas. Esos seminarios se concibieron como una instancia de información y concertación de las propuestas específicas de políticas, con los sectores académicos, gubernamentales y empresariales interesados y relacionados con el desarrollo de las agrobiotecnologías en el país. Al primero de ellos se invitaron especialistas que se desempeñan en el área de las biotecnologías, poniendo énfasis en la viabilidad técnica de las propuestas, y en el segundo a autoridades institucionales para evaluar principalmente los aspectos conceptuales de la propuesta.

El documento resultante contiene dos partes. La primera contó con la participación del consultor internacional Dr. Rodolfo Quinteros y los expertos nacionales Dr. Ignacio Porzecanski, Dr. Mario Stoll e Ing. Roberto Díaz y en ella se focaliza la identificación de las oportunidades que la biotecnología tiene en el sector agropecuario y agroindustrial, sin considerar al sector pesquero. En el capítulo final los técnicos mencionados proponen una estrategia y un plan operativo de corto plazo.

La segunda parte, con la autoría del Dr. Carlos Vechi, formula una propuesta global de desarrollo con en perspectiva de largo plazo.

Este informe fue elaborado en setiembre de 1990.

José M. Otegui

Presidente de la Junta Directiva del INIA

Eduardo Trigo

Director del Programa II del IICA

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACION	I
ABREVIATURAS	ix
PRIMERA PARTE SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LAS BIOTECNOLOGIAS	1
RESUMEN	3
CAPITULO 1. LA BIOTECNOLOGIA EN EL CONCIERTO MUNDIAL	5
1.1 INTRODUCCION	5
1.2 BIOTECNOLOGIAS MODERNAS	5
1.2.1 INGENIERIA GENETICA	6
1.2.2 CULTIVO DE TEJIDOS	6
1.3 APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGIA AL SECTOR AGROPECUARIO	8
1.3.1 AGRICULTURA	8
a) Producción Primaria	10
b) Sistemas de Diagnóstico	10
c) Nuevos Sistemas de Producción	10
d) Agroquímicos	10
e) Fertilizantes	12
f) Promotores del Crecimiento	12
g) Control de Pestes y Plagas	13
1.3.2 GANADERIA	13
a) Medicina Animal	13
b) Tecnología de Producción	14
c) Especies Transgénicas	14
1.4 LOS PROXIMOS DIEZ AÑOS	14
1.4.1 HORIZONTES DE LA BIOTECNOLOGIA AGRICOLA	16
1.4.2 HORIZONTES DE LA BIOTECNOLOGIA PECUARIA	16
1.5 CONCLUSIONES	18

CAPITULO 2. EL ESTADO ACTUAL Y EL POTENCIAL DE DESARROLLO DEL AREA BIOTECNOLOGICA EN URUGUAY	19
2.1 EL ESTADO ACTUAL	19
2.1.1 EL COMITE NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA	19
2.1.2 RELEVAMIENTO DIAGNOSTICO	20
2.1.3 FACTORES LIMITANTES	21
2.1.4 EL FINANCIAMIENTO	23
2.1.5 LOS PROYECTOS	24
a) Producción Vegetal	24
b) Producción Animal.....	24
2.2 EL POTENCIAL DE DESARROLLO	25
2.2.1 TENDENCIAS ACTUALES DE DESARROLLO	25
2.2.2 EVOLUCION EN LA CAPACITACION DE RECURSOS HUMANOS	27
CAPITULO 3. EVOLUCION RECIENTE DE LA PRODUCCION Y TECNOLOGIA AGROPECUARIA EN URUGUAY	29
3.1 INTRODUCCION	29
3.2 DIMENSION Y VENTAJAS COMPARATIVAS DE LOS SECTORES, SUBSECTORES Y RUBROS	29
3.2.1 SECTORES Y SUBSECTORES	29
3.2.2 RUBROS	32
3.3 AGROINDUSTRIA	33
3.4 EVOLUCION TECNOLOGICA DE LOS ULTIMOS AÑOS	34
CAPITULO 4. SELECCION DE RUBROS PRIORITARIOS	37
4.1 INTRODUCCION	37
4.2 SELECCION DE RUBROS	38

4.2.1	CRITERIOS DE SELECCION	38
4.2.2	RESULTADOS	40
4.3	LAS GRANDES TECNICAS Y LAS INSTITUCIONES	41
CAPITULO 5.	OPORTUNIDADES DE LAS BIOTECNOLOGIAS	45
5.1	ENFOQUE GENERAL	45
5.1.1	PRODUCCION VEGETAL	45
a)	Campo Natural	45
b)	Pradera Cultivada	46
c)	Cultivos Extensivos	46
d)	Hortifruticultura	46
e)	Forestal	46
f)	Adaptación Ambiental	47
5.1.2	PRODUCCION ANIMAL	47
a)	Tratamiento de Forrajes	47
b)	Reproducción	47
c)	Calidad de Productos	46
d)	Sanidad	48
5.2	ESTADO ACTUAL DE APLICACION DE LA BT PARA LOS RUBROS DE INTERES	48
5.2.1	MARCADORES DE ADN y FRLPs	48
5.2.2	LA TRANSFERENCIA GENICA	50
5.2.3	SISTEMAS DIAGNOSTICOS	51
5.2.4	VACUNAS POR ADN RECOMBINANTE	52
5.2.5	MICROTECNICAS DE REPRODUCCION ANIMAL	52
5.2.6	MICROPROPAGACION Y CULTIVO DE TEJIDOS	52
5.2.7	FIJACION DE NITROGENO	53
5.3	PERSPECTIVAS DE APLICACION DE BIOTECNOLOGIAS	53
CAPITULO 6.	PROPUESTAS DE ACCIONES ESTRATEGICAS Y OPERATIVAS.....	61
6.1	PROPUESTAS DE ACCIONES ESTRATEGICAS	61
6.1.1	LINEAMIENTOS GENERALES	61
6.1.2	TRANSFERENCIA Y DESARROLLO DE BTs	62
a)	La Captación de BTs de la Comunidad Científica Internacional	62
b)	La Transferencia y Desarrollo Horizontal en BTs en el Ambito Regional	63

c) La Complementación Interinstitucional en el País	63
1) Comité de Consulta	63
2) Convenios	64
6.1.3 RELACIONAMIENTO DE LOS SECTORES PUBLICO Y PRIVADO	65
6.1.4 COOPERACION INTERNACIONAL	66
6.1.5 ACCIONES EN EL MARCO LEGAL	66
a) Bioseguridad	66
b) Patentes y Royalties	67
6.1.6 RECURSOS HUMANOS	67
6.1.7 INFORMÁTICA	67
6.2 PROPUESTA OPERATIVA DE CORTO PLAZO	68
CAPITULO 7. REFERENCIAS	73
SEGUNDA PARTE. BASES PARA UN PLAN DE ACCION DE LARGO PLAZO DE DESARROLLO DE LA AGROBIOTECNOLOGIA EN URUGUAY	75
RESUMEN	77
CAPITULO 1. INTRODUCCION	79
CAPITULO 2. OBJETIVOS	83
CAPITULO 3. PROPUESTA DE ACCIONES Y ACTIVIDADES ESPECIFICAS	85
3.1 INCENTIVAR LA CREACION Y/O REVISION DE NORMATIVAS LEGALES PARA PRODUCTOS Y PROCESOS EN EL AREA DE LAS BIOTECNOLOGIAS EN GENERAL	85
3.1.1 RELATIVO A LA PROPIEDAD INTELECTUAL	85
3.1.2 RELATIVO A OTRAS NORMAS LEGALES	89
3.2 ANALIZAR LA BIOTECNOLOGIA APLICADA AL SECTOR AGROPECUARIO	92
3.2.1 PRODUCTOS ESPERADOS	94
3.3 ESTIMULAR LA FORMACION DE UN SISTEMA INTEGRADO DE BIOTECNOLOGIA (SIB) POSIBILITANDO LA CREACION DE CONSORCIOS O "POOL" DE EMPRESAS	94

3.3.1	PRODUCTOS ESPERADOS.....	95
3.3.2	PRODUCTOS ESPERADOS DE TAREAS COMPLEMENTARIAS	97
3.4	CREAR UN AMBIENTE FAVORABLE PARA EL DESARROLLO DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS A NIVEL NACIONAL	98
3.4.1	PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION.....	98
3.5	CAPACITAR PERSONAL EN TODOS LOS NIVELES	100
3.5.1	PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION.....	100
3.6	CREAR LINEAS ESPECIFICAS DE CREDITO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS EN AGROBIOTECNOLOGIAS	102
3.6.1	PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION.....	103
3.7	PROMOVER ACCESO A INFORMACIONES BASICAS PARA LA INSTALACION, ORGANIZACION Y OPERACION DE LABORATORIOS Y OTRAS UNIDADES	104
3.7.1	PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION.....	105
CAPITULO 4.	LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	107
CAPITULO 5.	REQUERIMIENTOS FINANCIEROS	111
CAPITULO 6.	APENDICE - EJEMPLOS DE PROPUESTA DE	115
	PROYECTOS ESPECIFICOS	
6.1	PROYECTOS DE PRODUCCION	115
6.2	PROYECTOS DE DESARROLLO-INVESTIGACION APLICADA	115
6.3	PROYECTOS DE INVESTIGACION BASICA	116
6.4	PROYECTOS DEL BID-CONICYT	116
CAPITULO 7.	REFERENCIAS	119

ABREVIATURAS

ADN	Acido Desoxirribonucleico	EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
APROSESC	Asociación de Productores de Semillas del Estado de Sta. Catarina	EPN	Empresa Privada Nacional
AUDEBIO	Asociación Uruguaya de Empresas Biotecnológicas	FHC	Frutales de Hoja Caduca
BTs	Biotecnologías	I&D	Investigación y Desarrollo
CEE	Comunidad Económica Europea	IIBCE	Instituto de Investigaciones Biológicas "Clemente Estable"
cDNA	ADN copia	INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
CENARGEN	Centro Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología	IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Paulo
CGIAR	Consultive Group for International Agricultural Research	ISNAR	International Service for National Agricultural Research
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical	JICA	Japan International Cooperation Agency
CNB	Comité Nacional de Biotecnología	LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
CONICYT	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas	MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
DGSV	Dirección General de los Servicios Veterinarios	mRNA	Acido Ribonucleico mensajero
DILAVE	Dirección de Laboratorios Veterinarios	OMPI	Organización Mundial de Propiedad Intelectual
ELISA	Ensayo de Inmunoabsorción por enzimas ligadas	OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto de la Presidencia de la República

PBA	Producto Bruto Agrícola	QTLs	Loci de caracteres cuantitativos
PBI	Producto Bruto Interno	RFLP	Polimorfismos de longitud en fragmentos de ADN
PCR	Reacción de Polimerasa en cadena	SAREC	Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries
PEDECIBA	Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas	SIB	Sistema Integrado de Biotecnología
PLRV	Planta libre de virus	UPOV	Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales
PLVR	Planta libre de virus	VBP	Valor Bruto de Producción
PROCISUR	Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur		

PRIMERA PARTE

Situación actual y
perspectivas de las biotecnologías

Aspectos generales

1. Esencialmente, las Biotecnologías (BTs) son un conjunto de herramientas o técnicas biológicas que permiten analizar y, por lo tanto, conocer y modificar en forma rápida y precisa el material genético de cualquier organismo vivo a nivel molecular. Como son herramientas de gran poder (especialmente en lo que se refiere a la oferta varietal de plantas y animales) y como existe una inversión muy significativa a nivel de gran empresa, se ha formado alrededor de las BTs una expectativa algo excesiva que es conveniente ubicar en el contexto nacional.

2. Las BTs se han descubierto o avanzado a partir de las disciplinas más "básicas": genética y biología molecular (de bacterias y hongos), bioquímica y fisiología vegetal. La agronomía, tal como fue concebida desde siempre y hasta hace 30 años ha sido transformada totalmente por el éxito rotundo de los resultados provenientes de las disciplinas mencionadas, al punto que prácticamente todas las materias que hacen al "manejo" de plantas y animales (desde la nutrición hasta la persistencia de las praderas) dependen, en mayor o menor grado, de ellas. Reconocer esta tendencia implica un reordenamiento fundamental de la formación y de la investigación agronómica. Implica también reconocer que los protagonistas de la investigación y de la creación de los nuevos productos (cultivares, razas o materiales de diagnóstico sanitario) se han extendido a las ciencias básicas y a la empresa de alta tecnología.

3. Identificados los rubros productivos capaces de absorber BTs con posibilidad de éxito, e identificadas las técnicas que son y serán relevantes al proceso de cambio en la manera de producir resultados biológicos con impacto agropecuario, se podría decir que existen tres situaciones, en Uruguay, que permiten la aplicación de BTs de manera inequívoca:

- a) la producción de cultivares resistentes a enfermedades específicas, o la adaptación de plantas y animales a condiciones ecofisiológicas propias (casos del trigo, cebada, arroz y papa);
- b) la producción, a través de BTs más "tradicionales" y relativamente baratas, de una oferta varietal ampliada, sana y adecuada a las exigencias cada vez mayores del mercado externo (casos de hortalizas, frutas y otros cultivos); y

- c) el desarrollo de razas animales y cultivares de plantas mejorados que ya cumplen un papel decisivo en los sistemas productivos actuales o que puedan llegar a cumplirlo, generando una agropecuaria moderna y una agroindustria dinámica (caso de forrajeras, lanares, lechería, y sus subproductos). Ni las empresas multinacionales, ni los proyectos académicos de otros países estarán abocados a estas exigencias particulares del sector agropecuario uruguayo.

4. El INIA, como articulador de las actividades en biotecnología necesarias para sus cometidos específicos, se propone a interactuar, por un lado, con los investigadores en BTs que ya dominan ciertas técnicas y, por otro, con las empresas que están al borde de la innovación de procesos o del lanzamiento al mercado de nuevos productos. Ello significa que, para encauzar adecuadamente la investigación hacia la resolución de los problemas relevantes a los rubros de importancia para el sector, el INIA debe poseer la capacidad para catalizar acciones conjuntas con otras instituciones de investigación, la visión para descubrir y apoyar el desarrollo de nuevas técnicas y nuevos rubros de producción, y la flexibilidad organizativa para capacitar a nivel nacional procesos de cambio técnico, muchos de los cuales deben ser generados en otros ámbitos.

5. Para un proceso progresivo de promoción de las BTs en el país es indispensable considerar los siguientes componentes:

- la capacitación de personal a todos los niveles requeridos de profundidad como para obtener la versatilidad necesaria en la investigación apropiada.
- el apoyo a proyectos de investigación y de desarrollo productivo que puedan derivar rápidamente en la solución de cuellos de botella o en la producción a escala intermedia de nuevos procesos o productos.
- una unidad de Informática moderna y ágil que permita estar al día con las oportunidades y con los descubrimientos que ocurren con una frecuencia vertiginosa.
- una estructura de apoyo, evaluación y consulta que permita darle al INIA los elementos justos para las decisiones que deberá tomar, especialmente en relación a la coordinación entre los protagonistas (Universidad, IIBCE, empresas, unidades del Ministerio de Agricultura).

La biotecnología en el concierto mundial

1.1 INTRODUCCION

La biotecnología es percibida hoy como uno de los sectores tecnológicos claves del desarrollo industrial contemporáneo. Ella se ubica en el origen de un nuevo ciclo largo de la economía occidental y en la génesis de una nueva era industrial.

La aplicación de la biotecnología en relación a cualquier organismo vivo genera posibilidades de uso en los más diversos campos, incluyendo la industria químico-farmacéutica, la energía, la agricultura y la ganadería, entre otros.

Si bien algunas de las expectativas se han cumplido, la explotación económica de la biotecnología no ha tenido aún el despegue esperado. También es incierto si ella dará lugar a un cambio importante en la estructura de la oferta de los sectores que más se beneficiarán con su uso, como son el farmacéutico y la agricultura.

El presente capítulo tiene por objetivo examinar los cambios que está generando la aplicación de la biotecnología en el sector agropecuario. Se plantean los futuros alcances de las nuevas biotecnologías para los próximos diez años y se analizan posibles impactos.

1.2 BIOTECNOLOGIAS MODERNAS

El punto de inflexión, entre la biotecnología tradicional y la nueva biotecnología, ocurrió en 1973. La primera se sustentó en la experiencia y búsqueda continua de capacidades desconocidas, en tanto que la segunda se fundamenta en el conocimiento e investigación científica. Esta dualidad ha generado confusiones y problemas al intentar evaluar el potencial de la nueva biotecnología, ya que no es sencillo establecer una clara separación entre ellas y menos aún con los constantes avances en la investigación, que amplían su campo y dificultan su limitación.

La biotecnología se integra por un amplio espectro de técnicas, entre las que se cuentan las de frontera y las tradicionales; destacan, por su importancia en el sector agropecuario, la ingeniería genética y el cultivo de tejidos.

El nivel actual de evolución de estas técnicas se encuentra aún en su etapa embrionaria; no obstante, el potencial que se vislumbra de su pleno desarrollo tiende a generar nuevas opciones para un gran número de problemas actuales, algunos de los cuales carecen de solución con las técnicas tradicionales, así como importantes oportunidades en la industria. Este estado de desarrollo de la nueva biotecnología la caracteriza como una actividad potencial de largo plazo.

En el corto plazo, sin embargo, los avances logrados en las diferentes tecnologías que integran la biotecnología, se han traducido en una ampliación y diversificación de las aplicaciones tradicionales, generando nuevas opciones para la industria actual en términos de nuevos procesos y productos específicos.

1.2.1 INGENIERIA GENETICA

La ingeniería genética representa, sin duda, la tecnología más importante y representativa de los desarrollos biológicos presentes y futuros. En esencia, constituye la programación funcional de seres vivos mediante la manipulación genética.

La ingeniería genética, conocida también como tecnología del ADN recombinante (reADN), consiste en el manejo de la información contenida en el ADN, a través de cortes e inserciones de pequeñas partes de la cadena proveniente de otros seres vivos o de tipo sintético en los que previamente se ha programado una nueva función. En la Figura 1-1 se ilustra la aplicación de esta técnica.

Respecto a su potencial en el sector agropecuario, las expectativas que ha generado la ingeniería genética se asocian a los grandes problemas de alimentación en el mundo. En el área pecuaria, el mejoramiento de razas, selección de sexos, la viabilidad de nuevas fuentes de alimentación y la nueva terapéutica, constituyen los principales factores del cambio. Su mayor potencial, sin embargo, se concentra en la agricultura, tanto en la dimensión del cambio como en los impactos económicos que conlleva. Aquí, la ampliación de la frontera agrícola constituye el objetivo estratégico, vía el mejoramiento, adaptación y selección de especies actuales y nuevas. Hoy existen 5000 especies vegetales con potencial para alimentación humana, de las que sólo se aprovechan 30. Este potencial, de concretarse, revolucionaría la agricultura actual y sus relaciones con la industria.

1.2.2 CULTIVO DE TEJIDOS

El cultivo de tejidos constituye la alternativa del hombre ante la naturaleza en el proceso de selección de especies animales y vegetales. A diferencia de ésta, el hombre ha centrado su atención al interior de las especies mismas, jerarquizando, a través de una rigurosa selección, el desarrollo de los seres con mayor potencial para atender sus necesidades básicas y con mayor capacidad de adaptación a su medio ambiente.

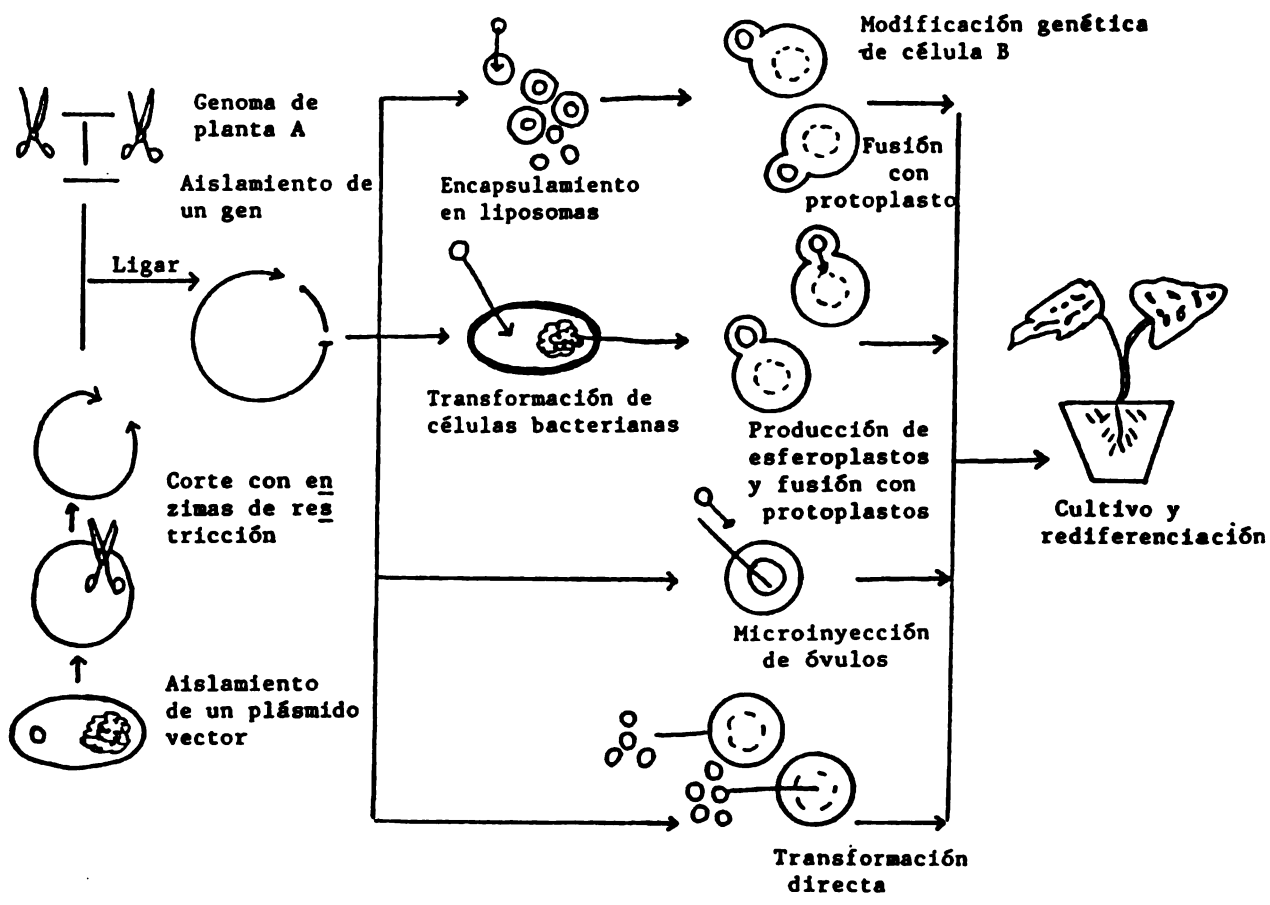


FIGURA 1-1

Introducción *in vitro* del ADN a célula receptora.

Se trata, en última instancia, de trasladar la agricultura al nivel de la fábrica, revolucionando la agricultura tradicional e introduciendo cambios dramáticos en sus relaciones con la industria, particularmente por el efecto sinérgico que significa la conjugación del potencial de esta técnica con el que ofrece la ingeniería genética. Aquí es donde reside el carácter estratégico del cultivo de tejidos y donde se explica la marcada prioridad que ha adquirido en la política de desarrollo de los países más importantes del mundo.

El escenario al que apuntan los objetivos de dichos países y los esfuerzos actuales, consiste en la creación de especies agrícolas con capacidad para fijar autónomamente sus propios requerimientos de fertilizantes a través de la fijación de nitrógeno, de combatir a los depredadores más comunes mediante la autogeneración de sus propios plaguicidas, de reproducirse masivamente en medios hostiles, con menores tiempos de maduración y desarrollo y en condiciones de alta rentabilidad y eficiencia.

Desde la perspectiva de la sociedad, la tecnología de cultivo de tejidos (Figura 1-2) constituye la alternativa con mayor potencial para dar respuesta en forma definitiva a sus necesidades de alimentación y para mantener el crítico equilibrio ecológico en su medio ambiente. Para la industria, en cambio, plantea oportunidades y riesgos, estos últimos concentrados básicamente en la rama de fertilizantes y semillas.

1.3. APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGIA AL SECTOR AGROPECUARIO

A continuación se presenta una descripción sintética de las aplicaciones de la biotecnología en las áreas de mayor actividad económica del sector agropecuario.

1.3.1 AGRICULTURA

Desde hace algún tiempo se utilizan productos y procesos biotecnológicos en la agricultura, pero sus impactos no han sido de consideración. Sin embargo, el acelerado avance que han tenido las ciencias biológicas aplicadas a la agricultura en los últimos años, ha generado enormes posibilidades en cuanto a los efectos que puedan tener los productos y procesos biotecnológicos en el incremento de la productividad agrícola, en la apertura de nuevas tierras al cultivo, en el mejoramiento de las características nutricionales de los productos agrícolas, en la reducción de insumos, etc. Conservadoramente se espera que las ventas mundiales de tales productos y procesos biotecnológicos alcancen entre 5.000 y 10.000 millones de dólares anuales a fines de siglo.

A continuación se identifican los productos y procesos biotecnológicos en desarrollo y/o en uso, que tendrán mayor importancia en los subsectores de producción primaria y de agroquímica en los próximos años.

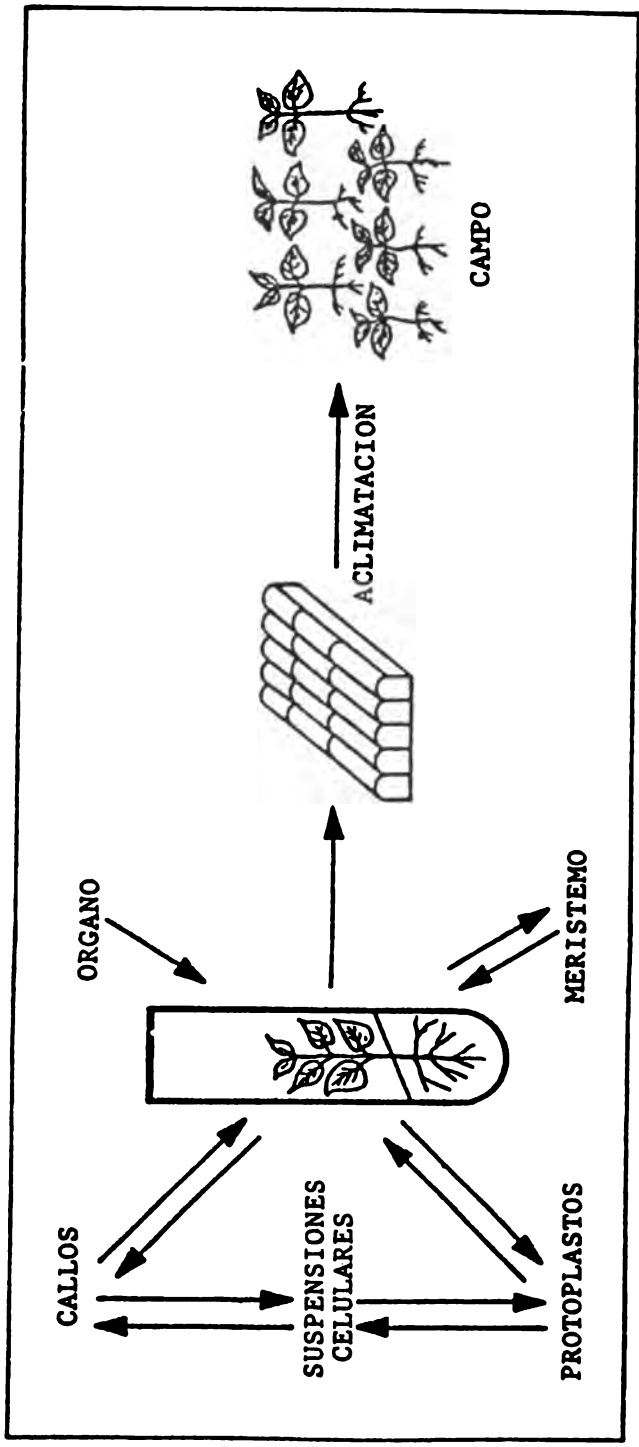


FIGURA 1-2

Micropropagación de vegetales.

a) Producción Primaria

Semillas Mejoradas. La aplicación de técnicas de ingeniería genética en la producción de semillas mejoradas representará uno de los mayores impactos. Actualmente es posible, mediante estas técnicas, obtener plantas con nuevas características que dependen de un solo gene; así se han obtenido plantas resistentes a stress ambiental y, a más largo plazo, plantas autosuficientes, es decir: capaces de fijar el nitrógeno del aire, con mayor eficiencia fotosintética, etc. Las ventas mundiales de semillas mejoradas por técnicas de ingeniería genética se espera alcancen 4.000 millones de dólares a principios de la próxima década. En el Cuadro 1-1 se presentan las plantas transgénicas que se están probando en el campo, sólo en los Estados Unidos.

b) Sistemas de Diagnóstico

Se espera que los nuevos sistemas de diagnóstico (anticuerpos monoclonales y sondas) desplacen en un 60 a 75% a los métodos de diagnóstico convencionales para el año 2000. Las razones de tal desplazamiento, entre otras, son: la mayor afinidad, especificidad, sensibilidad y rapidez de detección, aunadas a un menor costo que poseen estos nuevos sistemas versus los convencionales. Algunas de sus aplicaciones más importantes son: detección temprana de enfermedades, de resistencia a enfermedades, de residuos tóxicos, de características valiosas en plantas, etc.

c) Nuevos Sistemas de Producción

El cultivo de tejidos vegetales permite propagar masivamente un gran número de especies vegetales: ornamentales, forestales, frutales, de uso industrial, etc., libres de plagas y enfermedades, a un costo muy bajo. La multiplicación masiva de plantas por medio de cultivo *in vitro* ha tenido un gran impacto comercial en los últimos años. Así, en el período 1984-1986, las casas comerciales dedicadas a esta actividad en EE.UU. y Holanda se incrementaron de 64 a 270 y de 5 a 30 respectivamente.

El cultivo de células vegetales para la producción de metabolitos secundarios por su parte, permite independizar a la agricultura de su medio ambiente natural (suelo, clima, etc.). Estos nuevos sistemas de producción ya están siendo aplicados comercialmente, y en un futuro se espera que su utilización se extienda a un gran número de metabolitos de alto valor en el mercado para uso terapéutico, obtención de colorantes, aromas, etc.

d) Agroquímicos

A nivel internacional existe un gran interés en los insumos agrícolas de origen biotecnológico que puedan complementar y quizás reemplazar a los agroquímicos usados tradicionalmente, por los efectos laterales que su uso, muchas veces indiscriminado ha causado en la salud humana y animal así como en el medio ambiente.

**Cuadro 1-1 Plantas transgénicas liberadas al campo en Estados Unidos.
(Mayo de 1990)**

1

TABACO (Calgene Sandoz Iowa State University Rohm Haas Biotechnica Ciba-Geigy)	Tolerante a bromoxilino Tolerante a glifosato Tolerante a sulfonilurea Resistente a lepidópteros Marcador de antibióticos (clorafenicol) Dos genes (lepidóptero-marcador)
TOMATE (Monsanto Du Pont Calgene Agrigenetics Upjohn Canners Seed)	Tolerante a bromoxilino Tolerante a glifosato Tolerante a sulfonilurea Resistente a lepidópteros Resistente al virus del mosaico (tabaco) Resistente al virus del mosaico (alfalfa) Producto de quitinasa Gen antisentido de la endopoligalacturonasa Tolerante a glufosinato
MAIZ (Crop Genetics Biotechnica)	Resistente a lepidópteros Gene marcador
ALGODON (Agracetus Calgene Northrup King Du Pont)	Resistente a lepidópteros Tolerante a glifosato Tolerante a bromoxilino Dos genes (lepidópteros-glifosato) Tolerante a sulfonil urea
PAPA (Monsanto Depto. Agricultura E.U.)	Resistente a virus PV/X/Y/LRF gene marcador
SOYA (Monsanto)	Tolerante a glifosato
ALFALFA (Northrup King Pioneer)	Tolerante a glufosinato Resistente al virus del mosaico (alfalfa)
ARROZ (Crop Genetics)	Resistente a lepidópteros

(Continúa)

CUADRO 1-1 (Continuación)

ALAMO (Iowa State University)	Gene marcador
PEPINO (Depto. Agricultura de Nueva York)	Resistente al virus del mosaico (pepino)
NUEZ (Universidad de California)	Gene marcador
ARROZ (Universidad de Pensilvania Universidad de Louisiana)	Gene marcador
MELON (Upjohn)	Resistencia a virus del mosaico (pepino)
PAPAYA (Upjohn)	Resistencia a virus.

e) Fertilizantes

Las biotecnologías para fijación de nitrógeno, podrían eliminar a nivel mundial la necesidad de aplicación de 20.000 millones de dólares anuales de fertilizantes nitrogenados a mediano y largo plazos. Existen varios enfoques para lograrlo, que van desde el mejoramiento de los procesos de producción de inoculantes, hasta la producción por técnicas de ingeniería genética de plantas capaces de fijar por sí mismas el nitrógeno del aire (especialmente cereales).

f) Promotores del Crecimiento

Actualmente se usan productos de tipo tradicional como las giberelinas, pero a más largo plazo se emplearán entidades químicas diseñadas ad hoc, que regulen la expresión genética y permitan controlar el crecimiento y desarrollo de plantas en el tiempo deseado o alterar la composición de los productos agrícolas.

g) Control de Pestes y Plagas

Aunque la utilización ampliada del *B. Thuringiensis* es reciente y ha penetrado entre otras a las esferas de salud pública, ya se venía usando desde hace más de dos décadas. Algunas de las razones que han influido para incrementar su uso son: su especificidad a ciertas plagas que hace que no represente riesgos para la salud humana o para especies benéficas; el BT es biodegradable, se han descubierto nuevas cepas de BT que son efectivas en el control de plagas importantes para la salud pública; la efectividad del BT a plagas que han desarrollado resistencia a muchos insecticidas químicos, su bajo costo, etc. Recientemente se ha podido introducir la información genética que codifica para la toxina del BT en otras especies microbianas, lo que ha permitido extender el uso de la toxina a un mayor número de insectos, así como en plantas, con vistas a tener especies vegetales capaces de producir su propio insecticida.

1.3.2 GANADERIA

Las aplicaciones de la biotecnología en este sector son muy diversas y abarcan desde la medicina animal hasta la alimentación, pasando por las tecnologías de reproducción y los animales transgénicos.

a) Medicina Animal

La biotecnología moderna ha hecho posible el desarrollo de un gran número de vacunas y sistemas de diagnóstico de gran importancia en la prevención y cuidado de la salud animal. Estas vacunas son más efectivas y menos costosas que las convencionales. Asociadas a las vacunas por ingeniería genética se han desarrollado sistemas de diagnóstico que permiten diferenciar animales vacunados de animales infectados. Algunos de ellos ya se encuentran en el mercado (v.gr. sistemas de diagnóstico para pseudorrabia). Estos productos eliminan barreras en la comercialización y transporte de productos.

La biotecnología está haciendo posible también establecer una nueva medicina terapéutica animal basada en moléculas biológicas naturales (v.gr. interferón, linfoquina) que disminuirá riesgos para el humano en la utilización posterior del ganado en la cadena alimentaria. Lo anterior también se aplica a los promotores del crecimiento, ya que la biotecnología hace posible obtener hormonas naturales del crecimiento por fermentación, que representan menos riesgo que las obtenidas por métodos químicos. Algunos ejemplos son la hormona bovina del crecimiento para cerdos que mejora la eficiencia en la producción de carne magra.

b) Tecnología de Producción

En la última década se han realizado avances importantes en tecnología de reproducción animal. Una de las técnicas más difundidas es la transferencia de embriones, la cual se usa para incrementar la descendencia de hembras con características valiosas mediante la utilización de superovulación y transferencia de embriones a madres "sustitutas". Otra técnica útil es la fertilización *In vitro*. Asimismo han ocurrido avances en separar el esperma por sexos, lo que permite obtener el animal del sexo deseado.

c) Especies Transgénicas

La ingeniería genética en animales, incorporación de genes funcionales extraños en embriones, comenzó a realizarse exitosamente, desde principios de 1980. A partir del controvertido experimento del super-ratón (cuando se introdujeron copias múltiples de hormona del crecimiento en el embrión de un ratón) se ha seguido avanzando considerablemente en la ingeniería transgénica de animales, de tal suerte que actualmente es posible, por ejemplo, introducirle a un bovino, la información genética que codifique para una proteína humana. El potencial de esta técnica en la producción de metabolitos secundarios es muy grande.

1.4 LOS PROXIMOS DIEZ AÑOS

Durante la década de los noventa un gran número de productos derivados de la biotecnología se usaron cotidianamente en la producción y procesamiento de alimentos. Algunos productos que llegarán al mercado norteamericano en los próximos cinco años se encuentran en pruebas de campo o están cumpliendo con los requisitos del proceso de regulación vigente en ese país. La mayoría de los productos que se comercializarán en cinco años, provendrán de la clonación y del cultivo de células o bien de técnicas de ingeniería genética; entre ellos se encuentran las plantas transgénicas y productos derivados de los estudios de medicina humana sobre cáncer, SIDA y el sistema inmunológico etc. que se aplican a problemas agrícolas.

Las expectativas de mercado para 1992 son del orden de 350 millones de dólares, pero hacia finales de la década serán cercanos a 2000 millones de dólares. En términos de valor los productos dirigidos al sector pecuario superan a los agrícolas, en el mercado norteamericano. (Cuadro 1-2)

Cuadro 1-2 Mercado norteamericano. Ventas estimadas de productos biotecnológicos para el sector agropecuario, 1992 y 1997 (millones de dólares)

PRODUCTOS	1992	1997
Inmuno moduladores	40	100
Hormonas de Crecimiento		
• ganado bovino	50	180
• ganado porcino	30	120
• otros	20	100
SUBTOTAL	100	400
Vacunas		
• fiebre aftosa	20	70
• pseudorrabia	5	20
• diarrea	30	90
• otras	50	300
SUBTOTAL	105	480
Biología Agrícola		
• resistencia a la helada	10	70
• fijación de nitrógeno	5	20
• plantas transformadas genéticamente	50	390
• otras	25	190
SUBTOTAL	90	520
Otros	15	100
TOTAL	350	1.700

1.4.1 HORIZONTES DE LA BIOTECNOLOGIA AGRICOLA

Por el nivel de conocimiento que se tiene sobre la biología molecular de los principales vegetales es probable que a mediados de los noventa sólo lleguen al mercado unos cuantos productos. Entre estos se pueden identificar los siguientes:

a) control biológico (v.gr. bacterias, virus, hongos) aumentarán su demanda en virtud de la creciente preocupación por el efecto de pesticidas de origen petroquímico;

b) bioinsecticidas derivados de *Bacillus thuringiensis* de uso más amplio y posiblemente especies específicas;

c) plantas transgénicas, se comercializarán plantas y semillas transformadas por *Agrobacterium*. Entre los cultivos están tomate, papa, zanahoria, alfalfa, lechuga, remolacha, espárragos y muchas otras hortalizas. Cereales transgénicos aún tienen serios problemas técnicos y todavía hay dudas sobre su viabilidad comercial. Entre las características de las plantas transgénicas se incluyen la propiedad de producir su propio insecticida (toxina de *Bacillus thuringiensis*), resistencia a herbicidas, virus y hongos;

d) plantas con características que les confieren mayor valor agregado. Ejemplos de esto son vegetales con contenido de sólidos superior al de especies utilizadas actualmente por la industria, v.gr. tomate, papa y ajo. Otros casos se refieren al sabor, color, tiempo de almacenaje, velocidad de maduración, etc.;

e) semillas artificiales o encapsulamiento de embriones de plantas clonadas; empresas comerciales aplican estas técnicas a papa, nueces y dátiles;

f) plantas transformadas por transferencia múltiple de genes que pueden modificar diseño de las hojas, actividad fotosintética más efectiva, aumento en la retención de humedad o tolerancia a la humedad y a la temperatura, aumento en el rendimiento de los principales granos;

g) producción de drogas, fragancias, colores por cultivo *In vitro* de células vegetales transformadas;

h) obtención de especies mejoradas, con mayor contenido de aceites y composición de aminoácidos similares a los granos de mayor importancia y composición de almidones como maíz y arroz.

1.4.2 HORIZONTES DE LA BIOTECNOLOGIA PECUARIA

Aún cuando el mercado potencial de la aplicación del sector pecuario es mayor que el agrícola, el número de productos es menor. Entre los principales se pueden citar a:

a) promotores del crecimiento, hormona para estudiar la producción de leche en ganado bovino (somatotropina), cuyo efecto principal consiste en aumentar la

producción de leche entre un 15 y 30%. Otras hormonas, como la somatotropina porcina (reduce el contenido de grasa en un tercio, aumenta la carne magra en un séptimo y reduce en un 25% el consumo de alimento por kilogramo de peso ganado en los últimos tres meses de crecimiento) tienen un enorme potencial.

b) la medicina pecuaria se verá fortalecida con la introducción de nuevas vacunas obtenidas por ingeniería genética. También el uso de anticuerpos monoclonales para el diagnóstico clínico o de contaminantes tendrá una amplia difusión.

c) productos similares a los desarrollados para humanos se empezarán a aplicar en el ganado, entre ellos están productos profilácticos antivirales, antibacterianos e inmunomodulares.

El Cuadro 1-3 presenta los principales productos de la biotecnología agropecuaria y las posibles fechas de introducción al mercado. Nótese la cercanía en tiempo entre la factibilidad técnica y la disponibilidad comercial; ésta es una de las razones principales por las cuales la diferencia entre los países industrializados y los de menor desarrollo relativo aumenta constantemente.

Cuadro 1-3. Fechas de factibilidad técnica y disponibilidad comercial de los principales productos de la biotecnología relacionados con el sector agropecuario.

PRODUCTOS	FACTIBILIDAD TECNICA	DISPONIBILIDAD COMERCIAL
Vacunas producidas por Ingeniería Genética	1987-89	1989-91
Hormonas de crecimiento animal	1986-87	1989-91
Anticuerpos monoclonales para diagnóstico de enfermedades animales o condiciones especiales	1986-87	1987-88
Interferones/Interleukinas	1987-88	1989-91
Sistemas de diagnóstico basados en sondas moleculares y otros sistemas biológicos	1986-87	1988-89
Modificación genética de animales (líneas somáticas)	1988-89	1993-94
Anticuerpos monoclonales para problemas de salud animal (en gran escala)	1988-89	1989-91
Nuevos aditivos alimentarios	1987-88	1989-91
Medicamentos, antibióticos	1987-88	1989-91
Plantas transformadas genéticamente	1985-89	1993-96
Nuevos biocidas para uso agrícola	1987-89	1990-92

1.5 CONCLUSIONES

La cercanía de la biotecnología con la ciencia y la novedad de la actividad, han generado expectativas en varios países en desarrollo respecto de las opciones de participar en los nuevos mercados que se generan. El éxito en aprovecharlas dependerá no sólo de la solidez científico-técnica de la infraestructura con que se cuente, sino de la velocidad de la respuesta y del carácter de las estrategias innovadoras y de comercialización que se sigan.

La perspectiva de participar en el mercado biotecnológico cuya dimensión probable es incierta, pero seguramente importante, dependerá también de las políticas que se sigan en cuanto a la protección de los resultados biotecnológicos. Dado que en este sector, como en otros de alta tecnología, esta última es la clave, no sorprenden los esfuerzos actuales por ampliar y reforzar las formas de apropiación de los inventos. Las patentes, en particular constituyen para las empresas líderes una herramienta de especial valor, sobre todo en vista de la posibilidad, ya reconocida al menos en los Estados Unidos, de patentar formas de vida complejas incluyendo plantas y animales.

Dadas las condiciones anteriores se puede afirmar que para Uruguay habrá oportunidades de participar y aprovechar el cambio tecnológico. Ello sin embargo requiere definiciones de estrategia, de selección de prioridades y de asignación de recursos, en los momentos adecuados. Pero también existen riesgos asociados que son principalmente de dos tipos: uno, que se equivoque la estrategia, la selección de prioridades o en la realización de las mismas y por lo tanto se desperdicien recursos y se reduzcan los márgenes de participación; el otro riesgo consiste en no participar o hacerlo demasiado tarde; esta situación es particularmente representativa de los países en vías de desarrollo que además de tener una toma de decisiones lenta, no cuentan con recursos suficientes para atacar problemas básicos que requieren de períodos largos de trabajo y de una organización tal que permita realizar proyectos de relevancia nacional.

Es conveniente que toda la estructura de que se dispone, se utilice de manera eficaz y exitosa. El país no podrá seguir dedicando recursos a la investigación de manera indiscriminada si ésta no le da resultados concretos.

Es urgente definir una política de biotecnología que responda a la necesidad manifiesta de dar mayor congruencia a los esfuerzos realizados en el país en este campo, con el fin de generar un desarrollo endógeno que responda a los requerimientos del país, así como de captar selectivamente las transferencias del exterior.

La escasez de recursos y las características de la producción de bienes, exige concertar actividades en algunas líneas o áreas de investigación en las que se conjugan prioridades por los resultados económicos y sociales esperados, y que precisan de infraestructura, recursos humanos, equipos, apoyos, estímulos y capital de riesgo.

El estado actual y el potencial de desarrollo del área biotecnológica en Uruguay

2.1 EL ESTADO ACTUAL

A partir de 1984 la comunidad científica e industrial uruguaya comenzó a advertir las repercusiones e implicancias que tendría para el país permanecer en el subdesarrollo de las biotecnologías modernas.

La creación en 1986 del Comité Nacional de Biotecnología (CNB), marcó el comienzo de una etapa de activa interacción entre personas e instituciones, y generó una serie de actividades a nivel nacional y regional que tuvieron una repercusión inmediata en el afianzamiento de un grupo promotor de políticas y de organización en el área biotecnológica.

Este grupo, formado con representantes de los tres sectores protagonistas claves, los laboratorios estatales, los universitarios y el sector privado, generaron a partir de su actividad una serie de documentos y conclusiones que facilitan ahora un diagnóstico del estado actual y las potencialidades de las BTs aplicadas al sector agropecuario. Sin embargo debemos hacer notar que la rápida evolución y la heterogeneidad de los sectores técnico-productivos involucrados hacen necesaria una evaluación particular de cada temática en el momento de la toma de decisiones.

2.1.1 EL COMITE NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA

El CNB -integrado por diez miembros- cuenta con representantes de cuatro Ministerios Públicos (Educación y Cultura, Ganadería Agricultura y Pesca, Salud Pública, e Industria y Energía), la Universidad de la República, el Instituto de Investigaciones Biológicas "Clemente Estable", el CONICYT y la Cámara de Industrias, tiene como uno de sus cometidos más relevantes el asesoramiento en todos los aspectos de política biotecnológica.

El Plan Nacional de Desarrollo que presentó el Comité a las autoridades pertinentes en diferentes instancias, tenía objetivos generales representativos de las

aspiraciones de los sectores involucrados sobre los que se ha avanzado desigualmente desde su formulación, y que así se pueden resumir:

a) Impulsar los procesos biotecnológicos que resulten a corto y mediano plazo en la producción de bienes y servicios útiles al país, sustituyendo importaciones y generando rubros de exportación.

b) Estimular y coordinar el desarrollo biotecnológico a través de tres actividades fundamentales:

- formación de personal científico de alta calificación,
- financiación de proyectos de investigación y desarrollo, y
- coordinación de actividades de los grupos de investigación con los sectores productivos.

c) Contribuir a instrumentar la integración subregional.

La generación de información primaria sobre el escenario nacional y la caracterización de los protagonistas actuales y potenciales en el terreno productivo y académico referido a estas tecnologías surgió como una necesidad previa a la instrumentación de las políticas de desarrollo de las biotecnologías en el país.

Durante el año 1987, el Comité impulsó y concretó la realización de un relevamiento nacional sobre un importante sector de unidades de investigación, desarrollo y producción, activas o potencialmente vinculadas al área de las biotecnologías modernas en Uruguay.

2.1.2 RELEVAMIENTO DIAGNOSTICO

Del relevamiento realizado se pueden concluir, en forma sucinta, algunas características fundamentales de la biotecnología en el país.

En el sector estatal, los institutos no universitarios, se revelaron como los poseedores del conjunto de laboratorios con más peso relativo, aunque con una distribución desigual de los recursos humanos y materiales, sin organismos planificadores y de evaluación a diferentes niveles.

El sector de laboratorios universitarios mostró contar con técnicos en todas las tecnologías de punta, y aunque con una muy baja inversión en investigación y desarrollo y una gran falta de equipamiento actualizado, inauguró -sin embargo- en 1986 una política de incentivo a la capacitación de técnicos y ajuste de su remuneración, así como nuevas formas

de interrelación con la empresa privada. Promovió también, una política de financiamiento externo orientada hacia el apoyo de programas específicos como forma de paliar las crecientes necesidades de formación y equipamiento.

En varias instancias de discusión y análisis se hizo notar que los laboratorios estatales podrían encontrar dificultades para una administración eficaz debido a la falta de normas adecuadas de interrelación, mientras que el sector de Laboratorios Universitarios se revelaba como el que estaría en mejores condiciones de hacer un aporte significativo en el área de biotecnología con personal altamente calificado y "know-how" específico.

La Empresa Privada Nacional (EPN), por su parte, mostró ser un sector en rápida evolución donde aproximadamente el 50% de las empresas relevadas fueron creadas desde 1975 como empresas medianas o pequeñas y directorios que provienen generalmente del sector académico. Es destacable que el esfuerzo de inversión de la EPN provenía casi íntegramente de recursos propios derivados a la I & D de productos seleccionados, sin fuentes financieras de capital para el financiamiento a corto y mediano plazo.

Otro hecho destacable es que la vinculación entre los tres sectores se estableció, desde un principio, en un plano informal apoyado en relaciones personales y en el fenómeno del pluriempleo sin normas institucionalizadas que facilitaron las tareas de intercambio y cooperación. Se concluía que el sector de EPN, aparecía momentáneamente como el más estructurado en su actividad productiva y comercial, estando en condiciones para participar en algunas empresas productivas comunes en el corto plazo.

Las empresas, por su lado -especialmente las vinculadas directamente al sector agropecuario- se constituyeron en 1987 en la Asociación Uruguaya de Empresas Biotecnológicas (AUDEBIO) y apoyaron, junto al CNB, el taller "Desarrollo de las Biotecnologías en Uruguay", con participación de un número importante de calificados técnicos en el área radicados en el exterior. Esta reunión, auspiciada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, enfatizó la necesidad de un rápido crecimiento de la infraestructura técnico-científica del área biológica como política esencial para el crecimiento de oportunidades en el área de las biotecnologías, e identificó el sector agropecuario como el prioritario para ser desarrollado en el país.

2.1.3 FACTORES LIMITANTES

La modificación del estado de estancamiento relativo de las BTs en el país requiere necesariamente enumerar una serie de limitaciones ya identificadas sobre las que es posible actuar en el diseño de una política de desarrollo. Estas restricciones del área de capacitación, de infraestructura, financieras y de interacción institucional, aunque se plantean en forma general, deben ser evaluadas para cada subárea específica.

En términos generales, estas son:

- a) Insuficiencia o inexistencia de personal calificado**
- b) Inadecuado equipamiento e infraestructura**
- c) Escasez de recursos para contratación de personal calificado**
- d) Carencias en el acceso a calificación en áreas específicas: Ingeniería Genética, Bioquímica, Microbiología y Biología Molecular**
- e) Ausencia de adecuada asistencia financiera en proyectos de riesgo**
- f) Muy escasa incorporación en tareas de investigación y desarrollo en la Empresa Privada en los sectores agroindustriales y sanitarios en general.**

A estas limitaciones se pueden agregar algunas características comunes a varios programas en ejecución o prospección en el área agropecuaria que influyen en su desarrollo inmediato.

La dirección de una parte importante de los proyectos de investigación en el terreno biotecnológico está concentrada en el ámbito estatal y se lleva a cabo por científicos y técnicos cuya formación se realizó en el entorno de las tecnologías previas a las biotecnologías modernas.

Por otro lado, la utilización de técnicas y procedimientos biotecnológicos modernos está presente sólo en una parte de los citados proyectos o es de muy reciente implantación.

Existe falta de articulación entre el sector que genera la tecnología y proyecta su desenvolvimiento a través de programas específicos, y aquel capaz de insertarla en el proceso productivo.

Las limitaciones de recursos humanos en áreas como ADN recombinante, Biología Molecular Vegetal, Microbiología y Virología, Cultivo de Células y Tejidos y otras, están condicionando la generación de proyectos en sectores productivos claves.

Otro de los hechos característicos de los proyectos biotecnológicos en el área agropecuaria, es que el tipo de proyectos generados y por lo tanto las áreas de desarrollo potencial, están siendo limitados por la combinación de: a) recursos humanos especializados en el país y b) la existencia de grupos establecidos con la suficiente infraestructura para llevar a cabo adecuadamente tareas de investigación y desarrollo.

La combinación de estos dos elementos limita las actuales posibilidades que se vislumbran como de efecto multiplicador y con expectativas productivas en el mediano y largo plazo (por ej.: transgénesis animal y vegetal).

En cierto número de casos -especialmente en el sector agrobiotecnológico- el acceso a la información primaria y a la capacitación en áreas tecnológicas específicas está todavía radicada en grupos provenientes de disciplinas básicas, alejados del conocimiento más inmediato de la realidad productiva nacional. *

Si bien por un lado esto asigna importancia al fomento del trabajo interdisciplinario y la coordinación interinstitucional, también advierte sobre la necesidad de redimensionar las modalidades de capacitación del personal idóneo por aquellas instituciones más directamente involucradas en la productividad nacional (INIA, Facultad de Agronomía, Facultad de Veterinaria, DILAVE, MGAP, etc.).

2.1.4 EL FINANCIAMIENTO

A partir de 1985 y con el advenimiento del gobierno democrático, se produjeron dos hechos concomitantes que influyeron en la aceleración de la actividad científico-técnica: por un lado el retorno al país de un número significativo de investigadores, y por otro la apertura de una importante oferta de fondos para financiación de I & D, fundamentalmente desde agencias gubernamentales europeas como C.E.E. y S.A.R.E.C., y J.I.C.A. del Japón.

El financiamiento externo a partir de estas agencias y otras organizaciones privadas del exterior se transformó en la fuente más frecuente de obtención de fondos para los programas de los principales grupos de investigación tanto en el sector universitario como estatal. Estos programas, con cifras globales superiores al millón de dólares anuales, ayudaron al reequipamiento y la capacitación en los grupos de Biología básica especialmente en la Facultad de Ciencias, la Facultad de Química y el Instituto de Investigaciones Biológicas "Clemente Estable" que iniciaron programas de investigación orientados a las áreas de Salud Humana, Sanidad Animal y Vegetal, y Producción Animal y Vegetal.

En general, esos programas aún se encuentran en ejecución y serán evaluados para su renovación entre los años 1991 y 1992. Sin embargo es necesario advertir sobre el peligro de que un eventual corte o disminución de estos fondos, condicione la continuidad de programas ya jerarquizados.

La Universidad de la República aportó por una vez de su propio presupuesto un monto aproximado a los 180 mil dólares para el financiamiento de 16 proyectos de investigación en el área de biotecnología.

* Ver comentarios sobre "Diagnóstico de las Agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe". Uruguay.

IICA, Coord. Nac., Dr. Walter Toledo. Nov. 1989. 8 págs.

El C.O.N.I.C.Y.T. también jerarquizó el área biotecnológica y ofreció becas para investigadores jóvenes, así como alguna financiación para proyectos específicos. Actualmente proyecta la financiación de programas biotecnológicos a través de la ejecución de un préstamo del BID por un monto aproximado a los 3 millones de dólares, en un período de cuatro años que se prevé tendrá una enorme repercusión en infraestructura y capacitación.

2.1.5 LOS PROYECTOS

La naturaleza de los proyectos en ejecución y la tecnología que utilizan se puede determinar en una enumeración no exhaustiva de algunos de los que están siendo llevados a cabo en este momento o han sido puestos a consideración en llamados públicos.

a) Producción Vegetal

- Simbiontes y producción de inoculantes. *Rhizobium* específicos: caracterización y selección de cepas. Evaluación de nuevos tipos de soportes. Bioquímica de *Rhizobium* nativos. Selección de micorrizas para cereales y forrajeras.
- Mejoramiento genético de cebada. Cultivo de órganos y tejidos de regeneración de plantas.
- Obtención de variedades de citrus libres de virus. Microinjerto *In vitro* e identificación varietal.
- Diagnóstico fitosanitario. Sondas para viroides de cítricos y desarrollo de mono y policlonales para virus y bacterias.
- Establecimiento de técnicas de RFLP (polimorfismos en fragmentos de ADN) para papa y arroz. Análisis de bancos de germoplasma.
- Transformación genética por *Agrobacterium tumefaciens* y regeneración de papa.
- Cultivo *In vitro* de células y tejidos vegetales y producción de plantas. Obtención de plantas de sanidad controlada por cultivos de meristemas y micropropagación *in vitro*.

b) Producción Animal

- Técnicas en reproducción animal. Banco de embriones de alto valor zootécnico. Congelación de semen de carneros e inseminación artificial. Microtécnicas y transferencia de embriones bovinos. Sexaje de embriones.

• **Sondas diagnósticas.** Diarrea Viral Bovina y Rinotraqueitis Infecciosa Bovina.

• **Desarrollo de técnicas inmunológicas.** LATEX, ELISA. Purificación por inmovilización.

• **Producción de reactivos de control para vacunas de Clostridios patógenos.** Producción de vacunas de anaerobios.

2.2 EL POTENCIAL DE DESARROLLO

2.2.1 TENDENCIAS ACTUALES DE DESARROLLO

Para una mejor percepción de la tendencia actual en el área, es necesario definir con cierta precisión el significado de la expresión "biotecnologías modernas". Vamos a considerarla en un sentido amplio, como el empleo de recursos y procedimientos de origen biológico como insumos para la actividad científica y tecnológico-productiva. Sin embargo, la expresión "biotecnologías modernas" adquiere su pleno significado cuando se comprende que la superación de la biotecnología tradicional no implica sólo alcanzar niveles de suficiencia en nuevas modalidades de investigación, sino tener la capacidad de manejar sus resultados en desarrollos productivos.

Teniendo esto en consideración se han incluido en el análisis programas que utilizan tecnologías que, aunque no son consideradas "de punta" (como micropropagación *In vitro*), su incorporación al escalamiento productivo, o aún de investigación, tendrá una gran repercusión económica.

El análisis de una buena parte de los proyectos enumerados y los grupos de trabajo que los llevan adelante, muestra un acelerado ritmo de cambios tanto en la concepción del papel que los grupos de investigación juegan en el desarrollo nacional, como en una serie de otros elementos -desde la incorporación de técnicas hasta nuevas modalidades de financiación e interrelación- que permiten hacer algunas estimaciones de las tendencias futuras.

Algunos indicadores de ese ritmo de transformación son los siguientes:

- a) La generación reciente de programas conteniendo tecnologías de punta.
- b) El reclutamiento de nuevos laboratorios que ingresan con tecnologías en este campo tanto en el sector estatal universitario como en la Empresa Privada Nacional.

c) La incorporación de nuevas tecnologías que se consideran esenciales para el desarrollo tanto del conocimiento básico como de aspectos productivos en relación a competitividad en el mercado regional e internacional.

d) La aparición de nuevas modalidades de trabajo y cooperación entre el sector académico y el productivo a partir de convenios que tratan de utilizar mejor los escasos recursos de personal calificado y las limitaciones de equipamiento e infraestructura.

e) La puesta en marcha de programas biotecnológicos que combinaban en forma sistemática tareas de investigación y producción.

f) La reformulación de los programas centrales de la mayor parte de los laboratorios involucrados en áreas prioritarias con la inclusión de metodologías modernas y objetivos a mediano y largo plazo tanto en el sector estatal como en el privado.

El relevamiento de proyectos llevados a cabo por el grupo asesor en el área biotecnológica del proyecto CONYCIT-BID, destacó justamente esta reformulación en los proyectos presentados vinculados al sector agrícola-ganadero, donde la Universidad de la República (Facultades de Agronomía y de Veterinaria) y las dependencias del MGAP (INIA, DILAVE, DGSV) presentaron programas que muestran una revaloración de las biotecnologías y su importancia en la obtención de resultados con mayor incidencia en sanidad y productividad.

La incorporación de tecnología vinculada a ADN recombinante, ingeniería genética, producción de anticuerpos monoclonales, etc. a los proyectos centrales demuestran un cambio fundamental en la concepción de la investigación y el futuro productivo en estas áreas. También el tipo de equipamiento solicitado es un buen indicador de las expectativas de transformación en los procedimientos de investigación y desarrollo que se están programando.

La disponibilidad de recursos genéticos (ceparios bacterianos y fúngicos, germoplasma animal y vegetal, genotecas y colecciones de genes específicos, etc.), se revela como un factor clave en el desarrollo biotecnológico del país y deberá requerir especial atención futura.

Se ha notado también una clara tendencia de los ejecutores del sector estatal, hacia la búsqueda de patrocinadores en el sector privado con proyectos que involucran productos finales y servicios comercializables. Sin embargo la empresa privada encuentra dificultades en la promoción de proyectos de desarrollo a corto plazo en laboratorios estatales.

Las expectativas producidas a nivel biotecnológico de las empresas privadas con fuerte componente profesional están cada vez más estrechamente ligadas a actividades de exportación especialmente al mercado regional.

Es indudable que este ritmo de desarrollo se mantendrá en el futuro próximo fundamentalmente a partir de la adquisición de mayor competencia en recursos humanos y el reequipamiento tecnológico.

2.2.2 EVOLUCION EN LA CAPACITACION DE RECURSOS HUMANOS

Estamos asistiendo a un cambio fundamental en las perspectivas de formación en el país de técnicos y profesionales capaces de actuar en el campo de las biotecnologías modernas.

La contribución más destacable se percibe a dos niveles; un nivel básico donde el Programa de Desarrollo de Ciencias Básicas (PEDECIBA) ofrece títulos de Maestría y Doctorado accesibles a todos los currículums universitarios de significación en el área agropecuaria; y un nivel de especialización (becas de Maestría y Doctorado en el exterior) donde la toma de conciencia de la necesidad de incorporación de biotecnologías ha canalizado el financiamiento proveniente de fuentes externas.

En relación al PEDECIBA, este programa ha permitido repatriar y reubicar un número interesante de científicos cuya actividad ha repercutido rápidamente en la generación de proyectos de investigación y desarrollo en el área de las BTs, así como en las disciplinas básicas que las sustentan y sus aspectos docentes.

La dedicación parcial o total remunerada, que este programa ha permitido a través de la financiación de los estudiantes en los laboratorios receptores, es uno de los factores más importantes en la contribución a la productividad científica y la formación de los investigadores jóvenes.

Es de destacar la todavía escasa participación en los campos de genética y biología molecular y celular de personal docente y de investigación de las facultades agropecuarias y otros institutos del MGAP, que estarían capacitados para incorporarse a ese esfuerzo docente.

El segundo nivel al que se hace referencia -becas en el exterior- incide sólo aleatoriamente en la generación de capacidad tecnológica adecuada ya que las áreas de especialización están todavía muy vinculadas a proyectos centrales sin contenidos biotecnológicos de punta.

Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos en la reorientación para la capacitación de recursos humanos, todavía no existen cursos de buen nivel en áreas como biología molecular vegetal, virología, ingeniería genética y biotecnologías específicas.

La formación de especialistas en agrobiotecnologías en el país está todavía por debajo del nivel internacional y aún regional, sin currícula específicos en la materia a nivel de post-graduados, por lo que se requerirá un esfuerzo inmediato en esta área.

Existen evidencias suficientes como para pronosticar que en los próximos cinco años aumentará la oferta de recursos humanos capacitados en el área.

Evolución reciente de la producción y tecnología agropecuaria en Uruguay

3.1 INTRODUCCION

Antes de abordar en los siguientes capítulos la selección de rubros más prioritarios, así como identificar las mayores técnicas biotecnológicas que permitirán remover sus restricciones productivas más relevantes, en este capítulo se reseñarán dos grandes condicionantes de las oportunidades que pueden presentar las biotecnologías (BTs) para el desarrollo del sector agropecuario del Uruguay:

- a) el tamaño económico de los diversos subsectores y
- b) su desarrollo tecnológico y competitividad.

3.2 DIMENSION Y VENTAJAS COMPARATIVAS DE LOS SECTORES, SUBSECTORES Y RUBROS

Cualquier proyecto de inversión en el desarrollo de BTs deberá valorar el tamaño actual de cada rubro, sus perspectivas, y las ventajas comparativas en función de los recursos naturales y tecnológicos disponibles. Esos factores serán determinantes del retorno económico, además de las oportunidades intrínsecas que tengan las BTs a desarrollar.

3.2.1 SECTORES Y SUBSECTORES

La economía uruguaya es altamente dependiente del sector agropecuario a pesar de su escasa participación en el PBI, ya que el sector industrial, y las exportaciones se sustentan en productos de ese origen.

Para cuantificar la importancia relativa de los principales productos de la economía uruguaya se elaboró un resumen del perfil de exportaciones a partir de la última información publicada por el Banco Central (Cuadro 3-1). Aunque se trate de una clasificación que asume ciertas imperfecciones, ilustra claramente la enorme participación del sector

agropecuario en el total de las exportaciones (87%), ya sea a través de materias primas como de productos elaborados. Por otra parte también se manifiesta la importancia de los productos de origen animal que quintuplican a los productos vegetales.

Cuadro 3-1. Resumen de exportaciones basadas en productos agropecuarios y pesqueros (millones de US\$). 1988 (Tomado de CENSI)

ORIGEN ANIMAL		ORIGEN VEGETAL	
Carnes y otros	274	Granos y otros	159
Grasas	5	Aceites	2
Industria Alimenticia	19	Industria Alimenticia	19
Pieles y Cueros	210	Madera	2
Textiles	492	Papel	14
Calzado	10		
Subtotal	1.009	Subtotal	199
Total Agropecuario y Pesca		1.208	
Total de Exportaciones		1.395	

Fuente: Banco Central del Uruguay

Queda así someramente caracterizado el perfil exportador actual del Uruguay. Si se entiende que las oportunidades de crecimiento más inmediatas vendrán por la competitividad de estos productos otorgada por las tecnologías de producción y procesamiento disponibles, la dimensión económica de las exportaciones constituye uno de los principales indicadores para la inversión en el desarrollo de BTs.

La fuerte participación de la producción animal basada en el recurso de las pasturas naturales y con escasa incorporación de tecnologías que mejoren la productividad, han signado un largo estancamiento del PBA. En el Cuadro 3-2, se observa su inestabilidad y escaso crecimiento de la producción durante la década de los 80. Tan pobre evolución ha merecido que se lo catalogara de "estancamiento histórico" pues, en el largo plazo, apenas supera las tasas de crecimiento poblacional.

US\$

3

1983	900.973
1984	931.432
1985	888.318
1986	988.480
1987	1.244.226
1988	1.284.026
1989	1.155.474

Cuadro 3-2

Evolución del valor bruto de la producción. En miles de US\$ (*)

(*) VBP a costo de factores.

Fuente: Banco Central

No obstante, en las dos últimas décadas se registra una significativa caída de los precios agropecuarios, por lo que el volumen de producción -y por ende la productividad- quizás hayan aumentado a un ritmo mayor de lo que se refleja en el lento crecimiento del PBA.

En el análisis de los distintos subsectores se apreciará que existen polos con un fuerte dinamismo, y que su crecimiento está altamente asociado a la generación y adopción de tecnologías.

Ese fenómeno se refleja hacia fines de la década de los 80 en los efectos de la apertura de la economía con participación creciente de rubros intensivos -no tradicionales- en las exportaciones (Cuadro 3-3). Los más importantes son la leche, el arroz, la cebada y los cítricos.

Año	Tradicionales	No Tradicionales
-----	---------------	------------------

Cuadro 3-3 Evolución de la exportación de productos tradicionales en los últimos años. (En millones de US\$)	1984	338,8	585,8
	1985	293,3	560,3
	1986	402,7	685,1
	1987	392,5	789,8
	1988	539,1	865,5
	1989	593,0	1.005,8
	1990	623,8	1.069,1

Hasta aquí se han identificado económicamente los grandes subsectores agropecuarios, pero para definir oportunidades específicas de las BTs hay que ingresar necesariamente a los rubros de producción. En este sentido la documentación más importante es el trabajo elaborado por el ISNAR para el INIA sobre definición de prioridades para la investigación.

3.2.2 RUBROS

Para definir los rubros a priorizar se optó por tomar en principio aquellos a los que el INIA en la actualidad destina recursos.

Resulta obvio que las BTs que se generen para rubros con un alto valor de la producción tengan una tendencia a reproducir mayores beneficios que las tecnologías para rubros de poco valor, pues el costo de la investigación es relativamente independiente del valor del producto (Cuadro 3-4).

Cuadro 3-4. Valor bruto de la producción de los principales productos agropecuarios. Promedio anual desde 1981 hasta 1985. En US\$

Bovinos de Carne	166318	Hortalizas	9078
Ovinos	147796	Citrus	8831
Bovinos de Leche	96214	Sorgo	8413
Trigo	47615	Cebada Cervecera	5665
Arroz	33378	Girasol	5084
Papa y Boniato	31611	Soja	4336
Vid	22585	Tomate	3794
Frutales de Hoja Caduca	19661	Lino	1575
Suinos	16568	Leguminosas para Grano	1122
Forrajes	15600	Frutilla	337
Maíz	11842	Maní	195

Fuente: Banco Central del Uruguay (tomados de ISNAR)

En los documentos de política tecnológica, es un denominador común la priorización de los rubros que generan y consumen divisas, pues su generación y ahorro es importante para el crecimiento del país. A su vez como el precio de estos productos no es tan afectado por el aumento de la producción, los beneficios directos tienden a permanecer en el sector rural. En el Cuadro 3-5 se presenta el volumen de exportaciones e importaciones para cada rubro considerado.

Las diferencias cuantitativas para esta variable son realmente importantes.

Cuadro 3-5. Comercio internacional de productos agropecuarios y derivados. Promedio anual del período 1982 hasta 1985. (Toneladas)

Ovinos	940197	Maíz	5043
Bovinos de Carne	879419	Lino	2756
Arroz	307869	Girasol	2546
Bovinos de Leche	89618	Suinos	1140
Trigo	52457	Forrajes	920
Citrus	50618	Maní	258
Cebada Cervecera	35790	Vid	152
Sorgo	18455	Hortalizas	32
Frutales de Hoja Caduca	15560	Leguminosas para Grano	3
Soja	11109	Tomate	0
Papa y Boniato	9093	Frutilla	0

Fuente: Banco Central del Uruguay (tomados de ISNAR)

3.3 AGROINDUSTRIA

El área agroindustrial en su sentido más amplio es quizás más rica en posibilidades biotecnológicas que el propio proceso de producción de materias primas agropecuarias, tanto en el procesamiento de ellas como en la industria de los insumos del proceso productivo.

Dado que el MGAP, y el INIA (como contraparte institucional de generación de tecnologías), no tienen un cometido explícito en la generación de tecnologías de procesos industriales, aunque eventualmente actúen como promotores, las oportunidades agroindustriales que aquí se analizarán son las de los insumos agroindustriales del proceso productivo. De hecho, ellos constituyen las opciones biotecnológicas para mejorar la productividad y calidad de los rubros de producción, pero también pueden ser un producto en sí mismos que el país exporte como insumo agropecuario para otros países; vg. semillas, inoculantes, vacunas, etc.

Es difícil pensar que existan alternativas para el desarrollo biotecnológico de insumos sin una demanda clara para resolver problemas del proceso productivo agropecuario del país, y que se orienten exclusivamente a un mercado externo. Por lo tanto, en este trabajo, se prioriza la identificación de las oportunidades para los sistemas de producción vigentes o potenciales en el país. El eventual mercado de esos insumos biotecnológicos en un ámbito regional o internacional es considerado en forma secundaria.

3.4 EVOLUCION TECNOLOGICA EN LOS ULTIMOS AÑOS

Se ha intentado dar en este capítulo una caracterización somera de la relevancia económica y productiva de los sectores, subsectores y rubros que componen la agropecuaria del Uruguay. Ahora corresponde adentrarse en la problemática tecnológica para discutir las características de los avances en tres grandes sectores de producción. No resulta fácil resumir conceptualmente esta información, pues se trata de una realidad compleja.

Casi la totalidad de las actividades que se realizan en el país en materia de generación de tecnología para el sector agropecuario se encuentran en la órbita de las instituciones oficiales. Domina entonces una orientación hacia la obtención de productos tecnológicos con escasas oportunidades de apropiación privada. Se trata en general de la obtención de conocimientos tecnológicos acerca del empleo de los recursos naturales, el manejo de otros insumos, y la optimización de los mismos en los grandes sistemas de producción predominantes en los diversos rubros.

Pueden distinguirse tres grandes áreas de actividad en materia de generación de tecnología para el sector agropecuario.

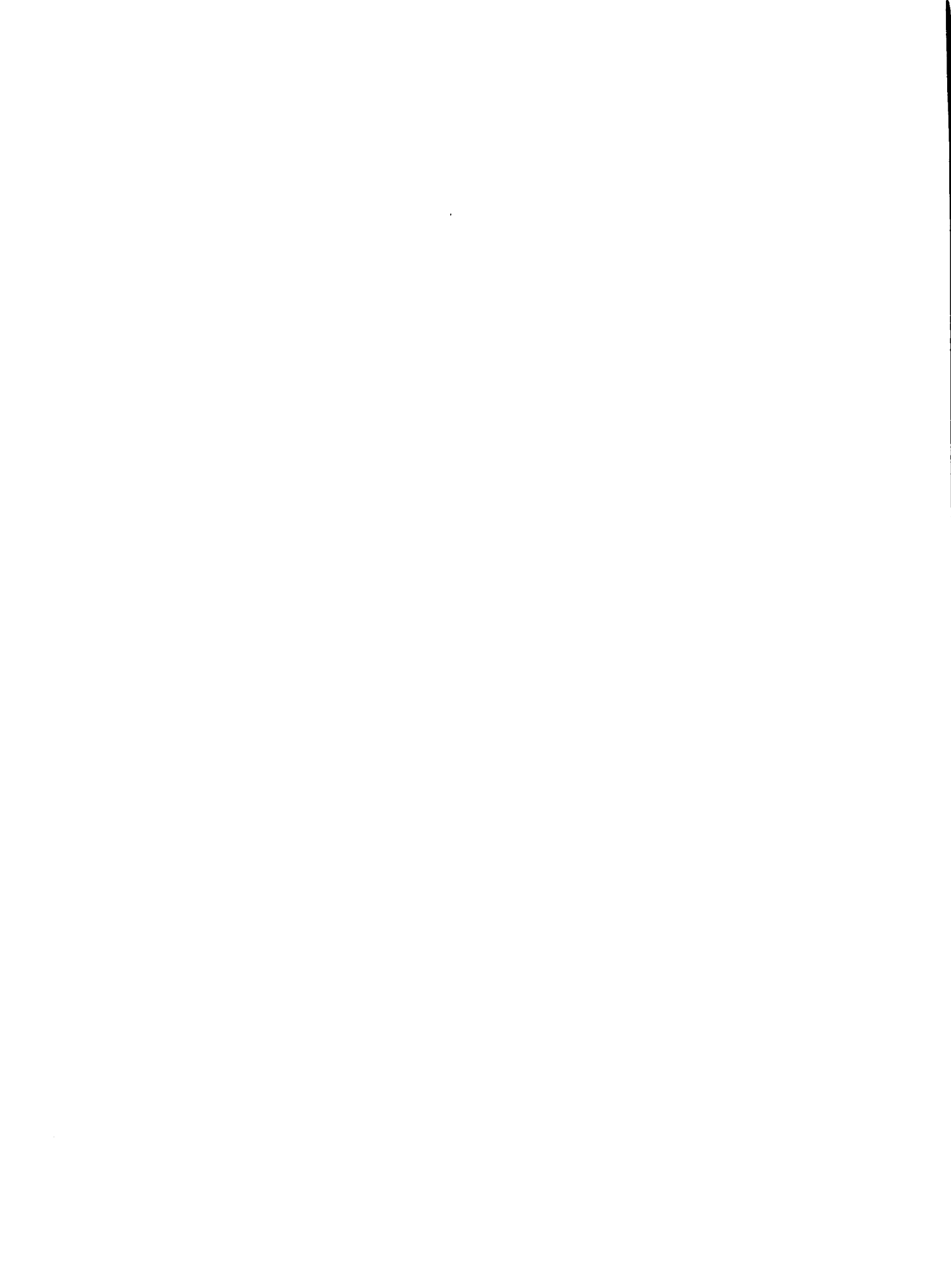
En primer lugar, la de los rubros pecuarios exportadores tradicionales. Allí la escasa oferta tecnológica que logró acumularse mediante la investigación de aproximadamente dos décadas, no fue suficiente para sobrellevar el acelerado deterioro de los términos de intercambio con que se comercializan dichos productos en el mercado internacional. La consecuencia más inmediata es que se ha sostenido la competitividad mediante una fuerte

disminución no sólo de los ingresos del sector, sino de toda la sociedad. La mayor parte de las actuales actividades de investigación se orientan a satisfacer la demanda de la región con aptitud agrícola- ganadera, ya que solamente allí parecen ser viables los paquetes tecnológicos disponibles para aumentar la productividad pecuaria. El desarrollo de tecnologías dirigido a aumentar la productividad de la región centro y norte basada en pasturas naturales, plantea la necesidad de un ambicioso esfuerzo en el que deberán contemplarse cambios estructurales para viabilizar nuevos sistemas de producción.

En segundo lugar se agrupa la investigación en aquellos rubros agrícolas que están orientados a satisfacer la demanda interna. Presentan restricciones tecnológicas que son propias de un país con escaso territorio. Existe muy escasa variación de suelos y clima, para localizar las diversas producciones explorando los mejores ambientes, y maximizar así las ventajas comparativas de los recursos naturales. Se definen entonces condiciones de marginalidad productiva que obligan a mayores esfuerzos en generación de tecnología. Sin embargo, la pequeña dimensión económica del país no confiere economías de escala a las inversiones extraordinarias que habría que realizar en investigación. Aparece aquí, como un elemento dominante, la necesidad de dar prioridad a aquellos rubros que están cerca de tener competitividad externa.

Por último, merecen una consideración especial aquellos productos agropecuarios que en los últimos años han manifestado un significativo incremento en su participación en las exportaciones, contribuyendo con un considerable monto de divisas generadas por la exportación de productos "no tradicionales". Su perfil de competitividad tecnológica debe ser analizado porque marca un auspicioso camino de posibilidades de crecimiento.

Los rubros más relevantes en ese proceso (lechería, citrus y arroz) presentan fuerte concentración agroindustrial que facilita la transferencia y adopción de tecnología. Ha sido tanto más rápido su crecimiento que la oferta de nuevas prácticas tecnológicas, que se están viendo agotadas sus posibilidades de desarrollo por la vía de mayor productividad, pues ya prácticamente no existe ninguna brecha a explorar entre la mejor tecnología que se ofrece a nivel experimental y la empleada por el conjunto de los mejores productores.



Selección de rubros prioritarios

4.1 INTRODUCCION

Se ha visto en los capítulos anteriores que la inserción de las biotecnologías (BTs) en la investigación agronómica lejos de representar una cuestión de conveniencia coyuntural, significa adoptar una opción metodológica inevitable. Esto es así tanto por el alcance científico que algunas BTs ya han probado poseer, como por el amplio rango de aplicación productiva que seguramente están llamadas a representar y cuyo impacto se comienza a percibir. Es justamente por estos motivos que surge la necesidad de focalizar y acotar el tema biotecnológico a los rubros y las técnicas de mayor relevancia. En otras palabras, si bien parecería incuestionable el papel que algunas BTs están jugando en las ciencias agronómicas, no se desprende de ello que su impacto será de equivalente profundidad a lo largo de los variados complejos productivos del agro nacional.

Teniendo en cuenta la necesidad de focalizar y acotar el tema a la situación de mayor relevancia se estableció una priorización. Para ello se ha adoptado una metodología para seleccionar rubros y técnicas. Aunque pueda no ser perfecta, dicha metodología es suficientemente clara y coherente con el grado de conocimiento de los criterios empleados como para otorgarle utilidad al ejercicio global.

Se han consultado diversas fuentes, entre ellas, el documento del ISNAR sobre la "Definición de Prioridades para la Investigación Agropecuaria", encomendado por el INIA. Esto ha sido importante en las consideraciones sobre los criterios empleados y constituyó un ejemplo sumamente claro de una metodología bastante típica para definir la distribución de recursos en la investigación. Es interesante resaltar que, si bien la "biotecnología" no es mencionada a lo largo de todo el documento, las disciplinas de "Protección Vegetal" y de "Mejoramiento de Plantas" (ambas muy sujetas a cambios constantes provocados por ciertas BTs modernas) aparecen como prioridades 1a. y 3a. de rango general (la 2a. prioridad es la "Agroclimatología"). Debido a su actual primacía en el mundo de las oportunidades comerciales para la empresa de base biotecnológica, la literatura sobre prioridades es afortunadamente abundante. Los artículos sobre el estado del arte son frecuentes. R.

Quintero contribuyó con casos específicos de priorizaciones en el tema realizadas para otros países y empresas, con el uso de una metodología de rondas de selección-eliminación secuencial de rubros, en base a criterios definidos a priori, que fue, en definitiva, por la que se optó y aplicó aquí.

4.2 SELECCION DE RUBROS

El primer ensayo de priorización de rubros consistió en el cruce de rubros de la producción por los criterios definidos. Se incluyeron todos los rubros productivos con excepción de la pesca, 22 de los cuales figuran en el documento del ISNAR, con agregados relacionados a otros sectores productivos o agroindustriales típicamente objetos susceptibles de innovaciones biotecnológicas, como el caso de los "simbiontes", o de los "bio-insecticidas". La lista de 31 rubros se compone, por lo tanto, de 22 de estos típicamente "agrícolas" (incluyendo a las "forrajeras"), 4 "ganaderos", y 5 de corte "agroindustrial", entre los cuales uno de ellos engloba varios productos y procesos para la transformación de productos agrícolas primarios, entre los cuales las enzimas (como productos) y la fermentación (como proceso) ocupan lugares destacados. La decisión de incluir este "rubro" cumple el objetivo de alertar al MGAP-INIA sobre los alcances y oportunidades que algunas BTs pueden tener sobre la agroindustria nacional, y de cómo una capacidad en el manejo de aquellas podría o debería coordinarse con el organismo directamente involucrado en éstas, que es el LATU.

4.2.1 CRITERIOS DE SELECCION

Los criterios utilizados fueron los siguientes:

a) Impacto Posible

Un análisis del impacto posible que las BTs podrían ejercer sobre cada rubro, y si existe ya o se vislumbra como meramente potencial. Si existe, se le asigna un puntaje "2", y si es potencial "1". Se consideró que la mayor parte de los rubros están sufriendo ya un impacto real, es decir, cambios en la manera de producir y-o de mantener variabilidad genética, lo que está significando una oferta varietal ampliada. No es así en algunos cultivos energéticos (la caña de azúcar), en maní, y en la producción de alimentos balanceados, porque ha resultado difícil, o debido a que no ha habido líneas de investigación específicas.

b) Mercado

Un análisis del mercado, en el cual se distinguieron seis componentes la **demanda local**, si es creciente, estable, o decreciente; lo mismo en relación a la **oferta**; una consideración similar en relación a la **exportación**; si existen **países competidores** en la producción de cada rubro; una consideración sobre la tendencia futura del rubro en relación a los **sustitutos que puedan existir o aparecer**; y la **importancia de la competitividad**, o sea de la ventaja comparativa en la producción de cada uno. Un puntaje alto en estos considerandos aparece ligado a los rubros que el país produce ventajosamente y exporta con estabilidad, pero también conectados a otros que pueden aumentar sin problemas su participación en la oferta.

c) Política Tecnológica

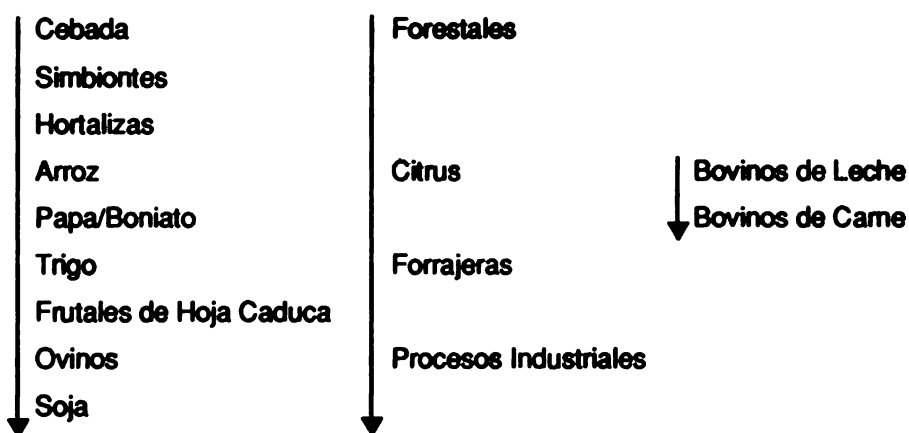
Un análisis de cuatro elementos que pueden tener relevancia en la política tecnológica del país en relación al tema y que son: i) la capacidad instalada en términos de la producción de conocimientos sobre el rubro en un sentido amplio, que va desde campos experimentales y laboratorios de experimentación y análisis, a la existencia de bancos de germoplasma de cierto relieve; ii) el efecto multiplicador que puede tener la elección del desarrollo biotecnológico en determinado rubro, sobre otros; iii) el componente biotecnológico "moderno" en términos de las técnicas usadas, otorgando mayor puntaje cuanto más avanzada sea la tecnología, en el entendido -muy general, por cierto- de que existe una relación directa entre el grado de profundidad de las técnicas y el tipo de conocimiento obtenido, y por lo tanto, en el impacto esperable; iv) y por último, si el rubro está dentro de lo que podría llamarse una "prioridad nacional" o si es de escasa importancia en la atención que viene mereciendo por parte de las autoridades del sector.

d) Viabilidad Tecnológica

Un análisis muy somero de la viabilidad técnico-económica que, en términos de costos y tiempo, podría insumir la aplicación de BTs en los diversos rubros, categorizados por la inversión necesaria (p. ej., si sería menor de US\$500.000, entre US\$500.000 y US\$2.000.000, o mayor de dos millones de dólares); el tiempo (menor de dos años, entre dos y cuatro años, y mayor de cuatro); el costo de producir determinados rubros, una vez obtenida la tecnología de producción a escala experimental (**scaling up**) (si hasta US\$250.000; si entre US\$250.000 y 1:000.000; o si mayor de un millón); y, finalmente, el riesgo que implica para la inversión asumida o proyectada embarcarse en el desarrollo biotecnológico del rubro en cuestión (si bajo, mediano, o alto).

4.2.2 RESULTADOS

La aplicación de los criterios mencionados sobre los 31 rubros (realizada en forma secuencial y estableciendo niveles de puntaje mínimos) se expresa en la siguiente escala de rubros, en orden descendente:



Los demás rubros no alcanzaron el puntaje definido como para componer la lista.

Esta lista resultante no es muy diferente de la lista final obtenida en el documento del ISNAR; el orden relativo de los rubros es bastante diferenciado. Si las diferencias pueden asignarse al hecho de que en este ejercicio el punto de vista proviene desde las oportunidades en BTs no es tan significativo como el hecho de que la mayor parte de los rubros es la misma. La aparición de los rubros forestal, de simbiontes, y de los procesos industriales es, sin lugar a dudas, consecuencia directa del enfoque biotecnológico sumado a las potencialidades manifiestas y necesidades expresas de dichos rubros en el país durante los últimos cinco años. Por "potencialidades manifiestas" se incluyen demostraciones palpables (en inversión real) de interés y de desarrollo productivo incipiente pero suficientemente exitoso como para merecer atención continuada.

Un ejercicio similar empleando la misma metodología de rondas de selección-eliminación secuencial, pero utilizando los criterios ponderados definidos en el documento del ISNAR nos dejaría una lista de rubros mucho más restringida, y de la cual, debido fundamentalmente al peso que posee el concepto "número de predios afectados al rubro" cuando se emplea como criterio filtro, desaparecerían el arroz y el trigo, y quedarían incluidas la vid y el maíz. Aunque se reconozca que las BTs tienen mucho para aportar en los casos de la vid y del maíz, en el enfoque ejemplarizado aquí el tema de la demanda y del mercado merecieron un tratamiento de mayor privilegio que otros criterios.

El número de ejercicios de priorización posibles de realizar es virtualmente infinito y las listas de rubros priorizados es también inagotable. Un ejercicio exhaustivo en este sentido requeriría una profundización de datos y una amplitud de estudio que nuestro esfuerzo de 60 días carece. Independientemente de ello, vale la pena interrogarse sobre la validez general de una lista priorizada de rubros supuestamente capaces de absorber desarrollo biotecnológico con posibilidad de éxito. La existencia de una lista de rubros expresa algo respecto a qué tipo de esfuerzo en BTs hay que realizar: el hecho de que la cebada, los forestales y los simbiontes hayan obtenido un puntaje mayor que los ovinos y los procesos industriales nos enfrenta a la diversidad de técnicas que están en juego y, por lo tanto, al necesario espectro de capacidades y especialidades que se deben adquirir y quién debería adquirirlas a nivel institucional.

4.3 LAS GRANDES TECNICAS Y LAS INSTITUCIONES

El Cuadro 4-1 presenta una clasificación tentativa de las BTs que se propone deben ser consideradas en cualquier esfuerzo de priorización y estrategia, de acuerdo a los plazos dentro de los que se podrían esperar resultados concretos en términos de productos reales (cultivares o variedades nuevas, por ejemplo). La explotación de las técnicas I (superación de barreras reproductivas) que ya cuenta con una base razonable de personal calificado y capacidad instalada en el país, parecería merecer el apoyo necesario como para la obtención de resultados en el plazo más corto. Por ejemplo, de la lista de rubros mencionados en 4.2.2, la cebada, las plantas forestales, las hortalizas, el citrus y la papa son todos productos que admiten un tratamiento intensivo de BTs I que actuarían sobre una estructura diferente de cero y que en algunos casos está integrada a programas de mejoramiento en marcha.

En relación a las BTs II y III surge la interrogante sobre si es efectivamente el MGAP-INIA quien debe aspirar a liderar la investigación en estas técnicas. Algunas consideraciones deben ser analizadas antes de responder la interrogante. En primer lugar es útil reconocer que ella surge porque la investigación de aplicación agronómica o biológica relacionada con la agronomía ha sido también ámbito de trabajo de otras instituciones además del INIA y con las cuales ha mantenido una relación de coordinación o de cooperación de intensidad variable a lo largo del tiempo. En el caso de las BTs II y III en particular, el INIA hereda del CIAAB prácticamente nada más que escaso personal calificado o en proceso de capacitación y alguna consultoría ya realizada. En segundo lugar, es el IIBCE quien ha jugado un rol protagónico en el desarrollo de las técnicas BTs III, siendo que las técnicas BTs II parecerían actualmente ser orientadas a partir de la Facultad de Agronomía y del IIBCE. En tercer lugar, la interrogante sobre atribuciones del desarrollo de las BTs depende en gran medida de los objetivos concretos que animen la investigación y la problemática concreta en cada rubro; es diferente, por ejemplo, pensar en la producción acelerada de plantas de pino, que en la

Cuadro 4-1. Clasificación de las principales técnicas en el área biotecnológica

BIOTEC. I	Superación de Barreras Reproductivas Micropropagación Plantas libres de virus Rescate de embriones Haploides Selección de mutantes Prod. Metabolitos secundario Fusión de Proplastos	corto plazo 5 años
BIOTEC. II	Transferencia, integración y expresión de genes (ing. gen.) Vectores, plásmidos, sondas diagnósticas Electroporación/Polietileno glicol Microinyección/Partículas aceleradas Transformación Inmunodiagnóstico	plazo medio 5-10 años
BIOTEC. III	Estructura, función/expresión (en el genoma) Identificación/control/integración/ubicación RFLP & PCR Anti-sentido (supresión) Genes sintéticos & "targetting"	futuro más de 10 años
PROD. ANIMAL	Transferencia de embriones Sexaje Métodos de diagnóstico & vacunas (+ Biotec.III)	

caracterización de los genes responsables de la resistencia a *Fusarium* en el trigo o de la composición proteica del grano de cebada.

Son algunas divisiones del IIBCE (Citogenética, Biología Molecular, Bioquímica) y los grupos de la Facultad de Humanidades y Ciencias los que han asumido la investigación más "básica", incluyendo técnicas de vectores plásmidos y sondas diagnósticas, aunque en un estado inicial todavía no relacionado a programas concretos de mejoramiento en el área agrícola ganadera. Esto es lógico: las BTs vienen de investigaciones en organismos "sencillos" como bacterias, hongos y levaduras; su aplicación a plantas superiores y animales exige y exigirá capacidades y conocimientos que todavía no existen, que se deben investigar y en los cuales deberán participar, necesariamente, todas las instituciones mencionadas, en forma coordinada, cada una contribuyendo con lo que mejor maneja.

Queda pues, profundizar en la problemática específica de cada rubro y tratar de dilucidar cuáles técnicas BTs serán las más apropiadas y necesarias para obtener avances y vencer las limitaciones.



Oportunidades de las biotecnologías

5.1 ENFOQUE GENERAL

El capítulo anterior es resultado de un ejercicio metodológico que permitió priorizar una serie de rubros o temas del sector agropecuario cuyo posible desarrollo futuro seguramente estará asociado a avances biotecnológicos. Para avanzar en la discriminación de los temas relevantes se ha optado por hacer una calificación de la problemática agronómica del país en base a cuellos de botella productivos reales y posibilidades de progreso técnico en relación a ellos. Esta es una opción válida para el caso del MGAP-INIA, cuyas responsabilidades pasan por la generación de tecnologías apropiadas o adecuadas a la producción concreta de tal o cual rubro, en contraste con las responsabilidades de otras instituciones públicas (Universidad, Institutos de investigación, Escuelas Técnicas) con cometidos más diversos.

Es importante enfatizar que la opción adoptada es una de las posibles; el avance de las BTs en sí puede, a veces, proporcionar el orden de prioridades, en cuyo caso se optaría por dejar que los avances científicos determinen el ritmo de nuestra atención en la investigación. Lo que se ha adoptado aquí es un enfoque de la investigación denominado comúnmente como *mission oriented*, o sea, basado en problemas específicos del sector o de determinados rubros. Como existen en el país instituciones que adoptan otros criterios de priorización, se puede concluir que el nivel nacional se ve enriquecido y complementado por -siempre que las haya- interacciones y coordinaciones adecuadas en sus objetivos.

¿Cuáles son, entonces, las grandes áreas problema o áreas avance del agro nacional? Vale repasar aquí algunas de las preocupaciones productivas más reiteradas en los últimos tiempos, observadas desde una óptica biotecnológica.

5.1.1 PRODUCCION VEGETAL

a) Campo Natural

La carencia de una visión completa y dinámica de la evolución del campo natural bajo condiciones de pastoreo, en la que priman consideraciones de manejo, sujeta

a grandes variaciones y oscilaciones climáticas y ecológicas que dificultan la definición y resolución de problemas específicos. En este sentido las BTs pueden ayudar, en el largo plazo, a resolver problemas de la oferta varietal forrajera disponible y su adaptación ecológica específica.

b) Pradera Cultivada

Algo similar puede vislumbrarse en relación a la pradera cultivada, en la que la oferta de forrajeras para condiciones de demanda nutricional y de adaptación al manejo es igualmente específica y particularmente sensible. Temas relacionados a la calidad nutritiva, aspectos de persistencia, adaptación a suelos y simbiotes, estacionalidad de la producción, aptitud para silo-henificación serán de gran importancia en la medida que la intensificación de la producción sea deseable.

c) Cultivos Extensivos

El mejoramiento genético de los cultivos extensivos (cereales y oleaginosos) ha sido en las dos últimas décadas un área de gran dinamismo en el país. Esto es acompañado por un sector productivo que demanda y adopta cambios técnicos con rapidez: las evoluciones de las productividades del arroz y del trigo son ejemplos elocuentes de ello. Aumentar la oferta varietal a través de la generación de cultivares resistentes a enfermedades y plagas, así como de mayor adaptación a las condiciones de suelos y clima del Uruguay, y de mejor calidad, es de crucial importancia para continuar los avances obtenidos y consolidarlos. Las BTs en esto son de capital trascendencia.

d) Hortifruticultura

Si bien las posibilidades productivas y exportadoras de los rubros hortifrutícolas están condicionadas por la alta variabilidad climática y por la carencia de una agroindustria vigorosa, se trata de un campo con posibilidades de mejorar la calidad de los productos y de satisfacer segmentos de demanda especializados, especialmente a través de técnicas de fácil implementación y con capacidad ya instalada en el país.

e) Forestal

La producción forestal está llamada a desempeñar un nuevo horizonte económico que demandará un esfuerzo tecnológico a todos los niveles, incluso los relacionados a las BTs de aplicación inmediata (en la producción masiva y rápida de plantas) y de largo aliento (en la identificación de caracteres económicos a nivel génico y su posible incorporación a genotipos adaptados en forma rápida).

f) Adaptación Ambiental

Todos los temas anteriores contienen una gran interrogante relativa a la adecuación adaptativa de las plantas al medio en el que se deben desarrollar, crecer y reproducir. El tema de la "adaptación al ambiente" se puede desmembrar, y normalmente se obtiene más éxito cuando así se hace, en adaptaciones a situaciones de "stress" específicas, como ser: condiciones climáticas especiales (excesiva humedad o sequía), condiciones del suelo (poca materia orgánica, poco fósforo disponible, estructura inadecuada), y condiciones de competencia extrema en otros sistemas biológicos (malezas, enfermedades, plagas). Es lógico pensar que una comprensión cabal de los fenómenos mencionados pasa por entender cada vez mejor la fisiología de la adaptación o para decirlo de otro modo, difícilmente haya progreso significativo en la oferta varietal eventual hasta que no se incluyan en los programas de mejoramiento caracteres específicos que les confieran a los nuevos cultivares las capacidades deseables. Aquí las BTs se están mostrando, en el mediano a largo plazo, sumamente efectivas.

5.1.2 PRODUCCION ANIMAL

a) Tratamiento de Forrajes

En condiciones de producción mayormente pastoriles, incluso en los casos de mayor intensividad, parecería difícil vislumbrar oportunidades para la aplicación de técnicas biotecnológicas en la nutrición de los rodeos y majadas. Con todo, es útil mencionar técnicas de tratamiento de forrajes basadas en la inoculación y la fermentación con el propósito de mejorar su utilización o aprovechamiento y las oportunidades que pueden existir en este campo y en el de las raciones a nivel agroindustrial.

b) Reproducción

La optimización del manejo reproductivo especialmente en ovinos y bovinos de carne, no tanto en lo ligado a la parte estrictamente nutritiva, sino en lo que tiene que ver con los aspectos más fisiológicos y hormonales de la respuesta al clima y al manejo, y sus efectos en la fertilidad y tasas de procreo constituyen los grandes temas en la productividad pecuaria. La irrupción de las BTs en producción animal tendrá, en el largo plazo, una importancia grande en la resolución a nivel bioquímico de varias de estas interrogantes. En relación a ello, técnicas de manejo de embriones, de cultivos de células animales, y de transformación animal, serán muy relevantes.

c) Calidad de Productos

La calidad del producto animal obtenido, sea leche, carne, lana, cueros o pelambres debe tener un lugar preponderante. Estos productos están llamados a continuar representando una importante fuente de ocupación y divisas para el país, y su mejoramiento con técnicas de avanzada puede significar, en algunos casos, la supervivencia exitosa o la extinción lenta de industrias enteras.

d) Sanidad

El tema sanitario constituye el otro gran polo de dificultades a superar y, por lo tanto, de oportunidades para la actividad científica (y económica) de importancia. Aquí, dependiendo muy estrechamente de la enfermedad específica (viral, bacteriana, de parásitos internos) tendrá que haber evolución en los sistemas de diagnóstico a través de sondas y de anticuerpos poli/monoclonales, y podrá haber desarrollo de sistemas de prevención por medio de vacunas (mastitis, foot-rot). Importa señalar que el país ya cuenta con capacidad intelectual preparada en estos campos, y que también existe capacidad de planta instalada para la producción de específicos zooterápicos.

5.2 ESTADO ACTUAL DE APLICACION DE LA BIOTECNOLOGIA PARA LOS RUBROS DE INTERES

El Cuadro 5-1 anota por un lado los rubros principales y por otro agrupa técnicas básicas o procedimientos tecnológicos bien establecidos que proveen los instrumentos de análisis o producción relevantes a cada problemática.

El análisis no es exhaustivo y sólo trata de sistematizar algunos de los principales núcleos de conocimiento científico-técnico que actualmente conducen la investigación y generación de productos y servicios.

5.2.1 MARCADORES DE ADN Y RFLP'S

Estas técnicas, que se incluyen más adelante entre las que llamamos Biotecnologías III, involucran la generación de mapas genéticos basados en la asignación de fragmentos de ADN cromosómico a grupos de ligamiento y cromosomas específicos. La construcción de mapas saturados está muy avanzada en tomate, papa, arroz, maíz, soja y se encuentra adelantada en trigo, cebada y centeno. La técnica de determinación de polimorfismo en fragmentos de restricción, posibilita la identificación temprana de genomas



Cuadro 5-1. Oportunidades de aplicación de BTs en los rubros seleccionados

Metodologías y Temas	Mixturas de ADN (RFLP)	ADN Recombinante y Transgénico		Sondas de ADN e Inmunodiagnóstico	ADN Recombinante Fementación	ADN Rec. pto Transgénico	Microbrianas y Transplante de Embriões	Micropropagación	Cultivos de Organos y Tejidos Vegetales	Simbiontes e Inoculantes
Productos	Caracteres Mono y Multiplicativos (OTL)	Caracteres Microbrianas Inoculos Virus Proteicos		Sistemas Diagnosticos	Vacunas	Harmonas y Proteinas	Transgénicos Multiplicación y Mejoramiento	Multiplicación y Mejoramiento Semillas y Plantulas	Multiplicación Mejoramiento Regeneración	Fijación de Nitrógeno
CEBADA	X								X	
FORESTALES	X							X	X	
SIMBIONTES										X
HORTALIZAS	X							X	X	X
ARROZ	X	X	X	X	X			X	X	
CITRICOS			X	X				X	X	
LECHE				X		X	X			
PAPA	X	X	X	X				X	X	
FORRAJES	X	X							X	
BOVINOS CARNE				X	X		X			
TRIGO	X	X	X	X	X				X	
OVINOS				X	X		X			
SOJA	X	X	X	X	X				X	
FRUTALES				X				X	X	

recombinantes y por tanto la selección asistida por marcadores tanto de QTLs (caracteres cuantitativos), como genes mayores. Permite acelerar la transferencia por retrocruzas, es un método útil en la predicción de heterosis y en la identificación y protección varietal, así como en la evaluación de recursos genéticos en bancos de germoplasma.

Técnicas modernas de amplificación de fragmentos de ADN (PCR) y la simplificación de los métodos clásicos para RFLPs, están permitiendo su rápida incorporación a los programas de mejoramiento. Algunos mapas y clones están a disposición en centros Internacionales o son de libre acceso a través de fundaciones (v.gr. marcadores de arroz de Rockefeller Foundation).

La incorporación de estos nuevos marcadores a programas de mejoramiento se está dando a un ritmo más acelerado que el estimado en principio y los avances en mapeo de genes específicos incidirán francamente en la velocidad del mejoramiento vegetal en los próximos años.

La División Citogenética del IIBCE, ha montado esta tecnología para papa y arroz y cuenta con marcadores mapeados. Este laboratorio intenta ofrecer esta metodología, la capacitación y transferencia de la misma como servicio a la comunidad.

5.2.2 LA TRANSFERENCIA GENICA

Desde las primeras plantas transgénicas obtenidas en 1984, a la fecha, se han ensayado diversos procedimientos que aún están en evolución.

Algunos conforman métodos estandarizados en algunos sistemas vegetales, especialmente la transformación vía *Agrobacterium* en Dicotiledoneas, la transformación directa de protoplastos y la microinyección seguidas de regeneración en cereales que es todavía problemática, ha tenido éxitos recientes en maíz y arroz y es de un enorme potencial. En el Capítulo 1 se han listado algunos transgénicos que se encuentran en pruebas de campo. Se espera un aumento importante en el número de especies y cultivares en ensayo en los próximos años. La adecuación a normas internacionales en materia de liberación, al ambiente de organismos genéticamente modificados, puede brindar posibilidades para el ensayo de productividad, resistencia, etc. de cultivares en los campos experimentales (ver Cap. 4).

La Facultad de Agronomía, en su Laboratorio de Biotecnología, con colaboración del IIBCE (Div. Citogenética), ensayó exitosamente la transformación y regenera-

ción experimental vía *Agrobacterium* de plantas de tabaco con genes marcadores y cuenta con potencial para estandarizarlos. Sin embargo deberá hacer un esfuerzo en capacitación de recursos humanos e infraestructura en análisis de ácidos nucleicos y Biología Molecular de vegetales para acelerar la adquisición de estas tecnologías.

La transferencia en animales domésticos es todavía más problemática y a largo plazo. No hay protocolos estandarizados de eficiencia confiable y todavía falta información en relación a eficiencia en la expresión y regulación de los genes a integrar, así como a otros efectos sistémicos en relación a cada proteína particular.

Aunque en Uruguay están en desarrollo técnicas modernas de reproducción animal (Facultad de Veterinaria), sólo el IIBCE ha presentado una propuesta general para montar un servicio de transgénicos (Div. Biología Molecular), que plantea capacitación de personal y puede ser una referencia para dar seguimiento al desarrollo de esta temática a nivel internacional.

5.2.3 SISTEMAS DIAGNOSTICOS

La generación de sistemas diagnósticos rápidos basados en inmunotécnicas y sondas de ADN, es un tema importante en diversos rubros (ver Cuadro 5-1). La producción de poli y monoclonales para diagnóstico y el desarrollo de nuevos sistemas adaptados al mercado nacional y regional (v.gr. Latex), ya ha comenzado en forma sistemática en la Facultad de Química (Cat. de Inmunología), y la Dirección de Sanidad Vegetal. La interacción de estos grupos y su potenciación, puede brindar una respuesta a corto plazo en rubros como cítricos y vid.

La generación de sondas diagnósticas de ADN para virus o bacterias es una tecnología probadamente accesible en nuestro medio. El adelanto en los proyectos del IIBCE (Div. Biología Molecular), con Sanidad vegetal (sondas para PLVR de papa y exocortis y caquecisia de cítricos) y DILAVE (diarrea viral y traqueitis infecciosa bovinas), son una prueba de ello.

Sin embargo es necesario afianzar los aspectos concernientes a desarrollo y evaluación de "kits" diagnóstico, más allá de la construcción e identificación de las sondas adecuadas. Este es uno de los sectores metodológicos con más perspectivas en el corto y mediano plazo en diversos rubros económicamente importantes.

5.2.4 VACUNAS POR ADN RECOMBINANTE

En el sector vacunas para ovinos y bovinos existen oportunidades para el desarrollo de inmunoterápicos de importancia regional, si están basados en la recolección, identificación y aislamiento con criterios epidemiológicos de cepas bacterianas o virales que afecten nuestros rodeos. La creciente tendencia a la regionalización de la producción para aumentar la eficacia de protección, es una ventaja relativa que puede ser explotable en el mediano plazo.

La Facultad de Veterinaria (Cátedra de Enfermedades Infecciosas), está haciendo un esfuerzo de sistematización en la obtención e identificación de cepas patógenas y proyecta la puesta en marcha de un programa de producción de inmunógenos y reactivos diagnósticos para contralor de vacunas. El Instituto de Higiene de la Facultad de Medicina junto con otras cátedras universitarias ha iniciado el trabajo de una Unidad de Biología de Parásitos que involucra tanto el desarrollo de "kits" diagnósticos como de vacunas por métodos de ingeniería genética en varias zoonosis y puede jugar un papel activo en el desarrollo futuro de zooterápicos. El IIBCE por su lado, mantiene un programa para el desarrollo de una vacuna recombinada para combatir la podredumbre de la pezuña (foot-root) ovina.

El avance en estos aspectos con metodologías accesibles y establecidas, está fundamentalmente limitado por la falta de financiación para proyectos de riesgo que no siempre pueden ser solventados por empresas establecidas.

5.2.5 MICROTECNICAS DE REPRODUCCION ANIMAL

Estas técnicas tienen gran significación en el mantenimiento y reproducción de germoplasma de alto valor zootécnico e inciden directamente en la velocidad de multiplicación y mejoramiento genético de los stocks laneros (hacia lanas finas) y lechero (hacia proteínas) están siendo desarrolladas en la Facultad de Veterinaria (Cátedra de Teriogenología) y DILAVE. La Facultad cuenta ya con equipamiento y personal como para progresar en estos aspectos, incluyendo el sexaje de embriones. Estos grupos deberían acrecentar también su capacitación en transgénesis animal en el mediano y largo plazo.

5.2.6 MICROPROPAGACION Y CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES

Estas metodologías, subordinadas al mejoramiento y propagación de la mayoría de los rubros que se han seleccionado y su escalamiento industrial, está íntimamente

asociado al éxito de programas ya jerarquizados (v.gr. papa semilla, forestación, cítricos y varios rubros hortícolas). En el mediano y largo plazo estas metodologías y el manejo de la diferenciación tisular, estarán asociadas al éxito en regeneración y propagación de plantas transgénicas. Existe en el país una base adecuada tanto en infraestructura de equipamiento como en recursos humanos, como para iniciar una fase de desarrollo acelerado. Estos laboratorios están fundamentalmente a nivel privado (Santa Rosa, Biosur), aunque los del MGAP (Las Brujas y Dirección de los Servicios de Protección Agrícola), tienen plena capacidad tecnológica y metodologías maduras como para enfrentar los requerimientos de los programas propuestos.

5.2.7 FIJACION DE NITROGENO

Los programas de investigación en esta área involucran en Uruguay laboratorios en diversas instituciones con programas actuales y diferentes grados de financiación, desde los temas básicos de la simbiosis *Rhizobium* -leguminosas, la selección y adaptación de nuevas cepas, hasta la producción de inoculantes por diferentes metodologías. Esta área parece contar con el mayor número de personal calificado y experiencia en el escalamiento productivo y comercialización.

5.3 PERSPECTIVAS DE APLICACION DE BIOTECNOLOGIAS

El inventario anterior es una rápida enumeración de la problemática que se puede percibir en el sector agropecuario. No es ni exhaustiva ni profunda; cubre la intención de acercarnos, ahora sí, a los rubros definidos en el Capítulo IV, y en base a los problemas específicos para cada uno de ellos, tratar de ver qué es lo que las BTs pueden ofrecer y en qué plazos previsibles podrán hacerlo para poder distinguir algún tipo de estrategia de acción.

El Cuadro 5-2 constituye justamente este intento. En él se identifican, al costado de cada rubro definido en el Capítulo anterior, y en orden descendente de puntaje obtenido, las grandes limitantes productivas o necesidades percibidas por la producción; a su lado, qué tipo de técnicas de las BTs podrán emplearse para ayudar o complementar en las soluciones. De aquí es que deberían sugerirse, casi en forma automática, los planteos de estrategia para las BTs en el sector.

Cuadro 5 - 2. Técnicas relevantes para la solución de restricciones tecnológicas

Rubro	Limitante de importancia	Técnicas relevantes a la solución	
Cebada	1. Respuesta al fertilizante nitrogenado en relación al vuelco y calidad cervecera del grano.	Identificación, Secuenciación, Clonaje y Expresión de genes relevantes a las características deseadas; Regeneración de plantas; Vectores; Ingen. Genética, RFLP's	
	2. Enfermedades	Genética de la relac. huésped-patógeno; Sist. diagnóstico.	
<hr/>			
Forestal	3. Productividad de celulosa/tasas de crecimiento	Identificación de genes relevantes..... ... RFLP's; Ver 1.	
	4. Enfermedades	Ver 2.	
	5. Tolerancia a sequía o zonas más secas	Ver 1.	
	6. Métodos de propagación rápida	Técnicas micropropagación (oorto plazo) Semillas artificiales	
	<hr/>		
	Simbiontes		
	7. Selección de cepas más fijadoras	Técnicas existentes - Manipulación de Plasmidos	
	8. Soportes para la Producción de Inoculantes	Fisiología de Rhizobium/Fuentes de energía/Proteína	
	9. Bioquímica del rizobio nativo (de la simbiosis)	Ver 7. Genética del metabolismo/requerimientos	
	10. Micorrizas en plantas de interés económico	Identificación y Caracterización-Electroforesis	

Rubro	Limitante de importancia	Técnicas relevantes a la solución
	11. Azoospirillum en cereales	Idem.
Hortalizas	12. Enfermedades	Ver 2.
	13. Piagas	Incorporación de genes de <i>B. thuringiensis</i> /Micotoxinas
	14. Producción de semillas/caracteriz. varietal	Identificación de caracteres; Ver 6./ Electroforesis
Arroz	15. Calidad del grano	Ver 1.
	16. Enfermedades	Ver 2.
	17. Competencia de malezas	Experimentación con plantas tolerantes a glifosato y otros
Citrus	18. Limpieza de stocks/Sanidad	Ver 6. Micropropagación, cultivo de tejidos
	19. Identificación & Oferta varietal	Idem Microinjertos
	20. Fisiología Post-Cosecha	Ver 1.
Bovinos		
Leche	21. Sanidad (Mastitis)	Sondas/Diagnóstico/Vacunas
	22. Calidad de la leche	Genética y Zootecnia/Genes de la proteína y otros
	23. Fisiología Reproductiva	Sexaje. Bioquímica & Genética de hormonas

(Continúa)

Cuadro 5 - 2 (Continuación)

Rubro	Limitante de importancia	Técnicas relevantes a la solución
Papa/ Boniato	24. Semilla sana (libre de virus)	Técnicas micro, ver 6.
	25. Nutrición Vegetal	Técnicas de identificación génica - Metabolismo nutrientes
	26. Plagas	Ver 13.
<hr style="border: 1px dashed black;"/>		
Bovinos Carne	27. Fisiología de la Digestión	Bioquímica/Genética de microorganismos del rumen. (Ver 7.)
	28. Aspectos Reproductivos	Ver 23.
	29. Sanidad	Ver 21.
<hr style="border: 1px dashed black;"/>		
Trigo	30. Enfermedades provocadas por hongos y bacterias	(Ver 2.) Genética de la Relación huésped/patógeno, esp. <i>Fusarium</i>
	31. Plagas	Ver 13.
	32. Bajos rendimientos en condiciones de stress hídrico	Ver 1. Identificación de genes/genotipos
	33. Competencia de malezas	Ver 17.
	34. Calidad panadera	Ver 1. Para genes de proteínas de alma- cenamiento.
<hr style="border: 1px dashed black;"/>		
Forrajeras	35. Factores de la persistencia: enfermedades/ nutrición/rizosfera	Ver 2. Ver 7.

Rubro	Limitante de importancia	Técnicas relevantes a la solución
	36. Competencia de malezas	Ver 17.
	37. Calidad nutritiva (digestibilidad, contenido proteico)	Ver 1.
	38. Factores de estacionalidad - Fisiología del crecimiento	Ver 1.
<hr/>		
F.H. Cad	39. Enfermedades y Plagas	Ver 2., 13. Técnicas micro (Ver 6.)
	40. Calidad de la fruta (fisiología post- cosecha)	Ver 1.
<hr/>		
Ovinos	41. Sanidad (p.ej. foot-rot; parásitos)	Ver 21.
	42. Fertilidad (factores genéticos)	Ver 23.
	43. Calidad de la lana	Ver 1.
	44. Aspectos reproductivos	Ver 23.
<hr/>		
Procesos Industriales	45. Propiedades de las plantas nativas (p.ej. aceites, alcaloides)	Química orgánica y Bioquímica/Técnicas analíticas
	46. Calidad subproductos agrícolas	Técnicas analíticas finas (composición proteica)
	47. Producción de soportes/medios de cultivo	Concentración y Estabilización de medios de cultivo

(Continúa)

Cuadro 5 - 2 (Continuación)

Rubro	Limitante de importancia	Técnicas relevantes a la solución
	48. Técnicas de fermentación	Cultivos celulares/Fermentación aeróbica /filtración
Soja	49. Plagas	Ver 13.
	50. Competencia de Malezas	Ver 17.
	51. Tolerancia a sequía	Ver 1.

La observación del Cuadro 5-2 sirve para distinguir la cantidad de técnicas biotecnológicas que se repiten para los sucesivos rubros. En efecto, se mencionan 54 tipos de técnicas para enfrentar las 51 limitantes o problemas enumerados, y aquellas pueden agruparse de la siguiente forma:

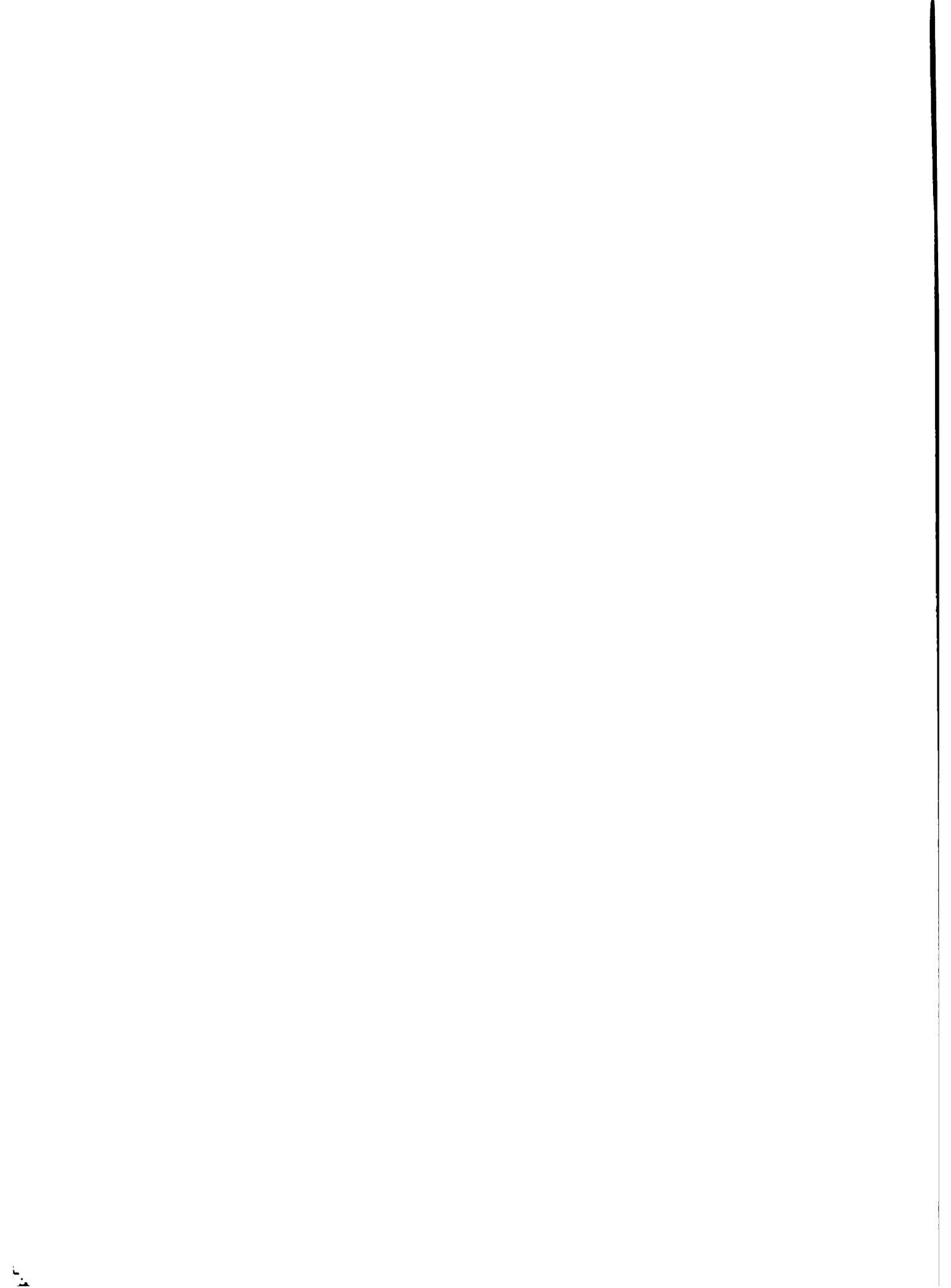
- 13 veces la "Identificación, secuenciación, clonaje, y expresión de genes relevantes".
- 7 veces la "Genética de la relación huésped-patógeno y su identificación".
- 6 veces la "Micropropagación", en lo que debemos incluir también el cultivo de tejidos y técnicas afines.
- 5 veces la "Incorporación de genes de *B. thuringiensis* y el estudio de genes afines para generar plantas transgénicas resistentes a plagas".
- 4 veces las siguientes dos técnicas:
 - "Técnicas existentes de análisis génico/bioquímico para la selección de cepas y razas de organismos por caracteres metabólicos".
 - "Experimentación con y evaluación de cultivares resistentes a herbicidas como el glifosato (ya transformadas)".

Esto tiene algunas implicancias de estrategia general muy sobresalientes respecto a la aplicación inmediata de las BTs al sector agropecuario, especialmente sobre los plazos de impacto esperado. **Salvo las técnicas que tienen que ver con la micropropagación, y con el análisis génico tradicional, las técnicas más mencionadas -si bien de práctica rutinaria actual- son técnicas de impacto a largo plazo.** Es decir, tanto la identificación exacta de genes que afectan caracteres multigénicos, como las precisiones a nivel de genes específicos en las relaciones huésped-patógeno requerirán mucho tiempo de investigación empleando técnicas "finas" de genética molecular antes de ofrecer las alternativas esperadas.

En otras palabras, la aparición o construcción de nuevos genotipos más adaptados, más rendidores, o más resistentes a diversas enfermedades deberá esperar un "ciclo general" de identificación -inclusión de los genotipos existentes vía transformación (o mejoramiento tradicional) - evaluación- que no es rápido. Muchas veces se ha confundido el potencial de la genética molecular con su aplicación inmediata; el potencial como herramienta de análisis y de ingeniería genética es, efectivamente, inmenso; sus posibles aplicaciones a la agronomía real son todavía pequeñas, aunque debido a la cantidad de esfuerzo científico específico, resultan constantemente crecientes.

También hay que tomar en cuenta que muchas de estas técnicas **se nutren y se relacionan entre sí**; es decir, en el ciclo general mencionado en el párrafo anterior para la generación de genotipos no son sólo las técnicas de análisis molecular que priman, ellas deben combinarse con una capacidad alta en las técnicas de regeneración de protoplastos, en la mecánica de los sistemas de transformación, vectores, y otras. Esto es particularmente claro en el caso de la manipulación a nivel de animales, en los que las diferencias entre especies o razas pueden ser motivo de obstáculos inesperados. Esto constituye la explicación del actual auge de las técnicas de identificación (RFLPs) y de amplificación génica (PCRs), así como el afinamiento de los sistemas de electroforesis.

En definitiva, parecería que el progreso en la oferta de alternativas **varietales, tradicional dominio de la fitotecnia asociada muchas veces a la fitopatología y otras disciplinas de manejo agronómico, está siendo efectivamente revolucionado por las posibilidades consecuentes de avances reales en los conocimientos básicos de la genética molecular.** Lo importante es darse cuenta que los nuevos genotipos de organismos útiles a la agricultura y la pecuaria -sean cultivares de trigo o de arroz, sean bacterias simbióticas de la rizosfera o del rumen, sean vacas lecheras transgénicas para la producción de leches especiales en su composición- serán producidos a través de una combinación de técnicas muy finas con otras muy tradicionales. Queda por analizar los plazos en los cuales cada grupo de técnicas podrá impactar, y quienes, a nivel institucional, podrán contribuir en cada una de ellas para que en el país se genere la investigación adecuada que resulte en nuevas oportunidades productivas.



Propuestas de acciones estratégicas y operativas

6.1 PROPUESTAS DE ACCIONES ESTRATEGICAS

6.1.1 LINEAMIENTOS GENERALES

Para identificar los requisitos de políticas, organización, recursos, etc. para el desarrollo e incorporación exitosos de las BTs en Uruguay, mediante el accionar del MGAP y el INIA, es necesaria una claridad acerca de las peculiaridades del país en este terreno.

El país asiste a una oferta biotecnológica creciente que en su mayor parte es desarrollada y protegida por empresas internacionales que invierten importantes recursos para el desarrollo de algunos de esos productos. La escasa masa de recursos científicos y financieros del país haría pensar en primera instancia que existirían pocas posibilidades de éxito. Sin embargo, se pueden identificar tres grandes áreas donde éstas se muestran interesantes: a) la adaptación de componentes biotecnológicos a los insumos y condiciones locales; b) aquellas BTs que no requieren altas inversiones en su desarrollo; c) aquellas que afectan los escasos rubros de significativo tamaño económico y que pueden justificar inversiones de porte en proyectos de largo plazo.

Esta clasificación, aunque arbitraria, resume tres grandes segmentos en donde el éxito puede ser mayor por su competitividad con la oferta externa.

La identificación de prioridades cobra en el caso uruguayo especial significación ya que el reducido tamaño de su producción y los escasos recursos científicos que cuenta obligan a ser muy selectivo, y eso en términos reales significa que hay que dejar de lado muchas acciones de menor importancia, y tener pocos emprendimientos con razonable viabilidad de éxito.

Un elemento estratégico de gran importancia, y que se encuentra de alguna manera implícito en el objetivo del presente trabajo, es que la inversión de recursos para la generación de BTs se realizará con un carácter orientado. Será la demanda para la solución de problemas tecnológicos específicos de nuestros sistemas de producción, la figura dominante en la selección de las oportunidades de inversión en BTs. No se trata entonces

de generar inicialmente una capacidad tecnológica -mediante los clásicos proyectos de fortalecimiento- y que sean los resultados de ese proceso de investigación los que revelen las oportunidades para el desarrollo de BTs. Aunque seguramente, como consecuencia del desarrollo de BTs específicas, surgirán situaciones no planeadas que justificarán nuevos emprendimientos con uso eficiente de esa capacidad instalada.

Que las prioridades de uso de las BTs propuestas en este trabajo se lancen con un carácter orientado, está en la esencia misma de los cometidos del INIA, ya que se trata de una organización que se fundamenta en la generación de tecnologías aplicadas a la demanda de los procesos productivos del sector agropecuario.

Como consecuencia inmediata de ese enfoque de naturaleza pragmática o utilitaria, se deriva la necesidad de evaluar las oportunidades en función de sus costos y beneficios potenciales asumiendo riesgos razonables.

6.1.2 TRANSFERENCIA Y DESARROLLO DE BTS

El reducido tamaño del país aunado al escaso volumen de recursos físicos y humanos destinados a la actividad científica, determinan que se deban jerarquizar los mecanismos de transferencia horizontal de tecnologías y complementación en la investigación.

En ese sentido pueden reconocerse tres niveles de intercambio y complementación técnica que deberán fortalecerse.

a) La Captación de BTs de la Comunidad Científica Internacional

Se trata de un universo de posibilidades que crecerán a un ritmo muy acelerado en los próximos años, y si bien existe un acceso muy restringido a los conocimientos y productos biotecnológicos de las grandes empresas privadas, también existe abundante disponibilidad de conocimientos en los institutos oficiales y universidades. El único requisito necesario para obtener estos últimos es estar informado, y es precisamente la informática en BT un tema de mayor relevancia.

Dentro de esa comunidad científica, un grupo de especial significación en BT para el INIA son los Centros Internacionales por el fuerte y tradicional relacionamiento en el campo de mejoramiento genético que se ha desarrollado, y porque en los últimos años estos institutos han sido compelidos por los países donantes a través del Consultive Group for International Agricultural Research (CGIAR) a incrementar su accionar biotecnológico en los programas de mejoramiento genético. Los productos que allí se generen podrán ser los de más fácil acceso para los programas nacionales de mejoramiento.

En conclusión, se propone: a. priorizar los mecanismos de captación de BTs a través de los centros internacionales en aquellos rubros a los que asisten, y

b. fortalecer los mecanismos de informática en relación a la comunidad científica internacional, ya que es una estrategia de bajo costo y alta eficacia para tecnologías extrapolables.

6

b) La Transferencia y Desarrollo Horizontal de BTs en el Ambito Regional

Las múltiples características del ambiente agroecológico así como de la estructura de producción determina que grandes regiones del Cono Sur de América Latina tengan problemas tecnológicos comunes, que justifican también un desarrollo conjunto de tecnologías para superarlos. El éxito de un programa como el PROCISUR que durante 10 años ha logrado significativos progresos de integración, principalmente en el campo del mejoramiento genético, es muy auspicioso para incorporar las BTs al intercambio horizontal y a los emprendimientos conjuntos.

Con dicho propósito, ya existe un proyecto específico -en el que participa Uruguay a través del INIA- que será necesario promover.

Es también en el ámbito regional donde existen las mejores posibilidades para que algunos de los insumos con biotecnología incorporada, que hayan sido desarrollados para la producción nacional, puedan encontrar un mercado regional por la similitud de problemas agronómicos.

c) La Complementación Interinstitucional en el País

Los relevamientos sobre recursos afectados a investigación en BT indican una escasa masa crítica originada en: los pocos investigadores afectados al tema, la carencia de formación específica en metodologías de BT, y la pobre articulación interinstitucional, tanto a nivel oficial, como de este sector con el privado.

Una encuesta de diagnóstico de las BTs en Uruguay, en relación a la complementación interinstitucional, realizada por el Comité Nacional de Biotecnología en 1986-87, revela mediante la opinión de 14 expertos que las mayores limitaciones "para el aprovechamiento productivo de los resultados de la investigación, y las capacidades técnicas en agrobiotecnologías, quedan claramente identificadas en la falta de articulación entre el sector que genera la tecnología y aquel capaz de insertarlo en el proceso productivo". En segundo orden identifica como restricción a "la carencia de programas nacionales de investigación que abarquen la totalidad del proceso productivo".

Comité de Consulta

Para superar esa problemática en el tema biotecnológico habrá que considerar en primer lugar instrumentar mecanismos formales de coordinación, que invo-

lucen al sector oficial y también al privado. Con ese objetivo, en la órbita del Ministerio de Educación y Cultura, funciona el Comité Nacional de Biotecnología que con alcance muy general trasciende las agrobiotecnologías.

Dada la gran responsabilidad del INIA en la generación de tecnologías agropecuarias, se aconseja su participación directa en dicho Comité, y se propone también se propicie la formación de un grupo de trabajo sectorial con representación de las principales instituciones involucradas para actuar como comité de consulta para la formulación de los emprendimientos agrobiotecnológicos.

No se propone aquí que este grupo de trabajo tenga una misión rectora y fiscalizadora del desarrollo de las BTs, sino que esencialmente sea un ámbito de deliberación. Por consiguiente se proponen los siguientes cometidos:

- Ser un ámbito de deliberación y referencia informática de lo que acontece en las diversas instituciones para catalizar la complementación entre ellas, y orientar la toma de decisiones por las direcciones.
- La discusión y elaboración de propuestas acerca del marco legal y normativo que rija para el desarrollo de las agrobiotecnologías.
- Actuar como consultor de OPP y OPYPA para la coordinación y canalización de la cooperación internacional.

Convenios

La complementación entre instituciones muchas veces no es duradera porque además del impulso voluntario para realizarla también es necesario contar con instrumentos efectivos, para que existan compromisos estables y se evalúen los resultados. En este sentido resulta innovadora y muy promisorio la posibilidad de que el INIA cuente con recursos específicos para esa tarea (Fondo Nacional de Promoción de la Tecnología), y que sin competir con la demanda interna para sus propios cometidos, pueda financiar proyectos a desarrollar con otras instituciones.

En el área de las biotecnologías de punta como la transferencia genética, dicho mecanismo posibilita definiciones estratégicas de la institución, ya que puede optar por no crear inmediatamente un nuevo departamento con ese cometido, sino acordar proyectos con algunos equipos ya existentes en el IIBCE y la Universidad de la República. No obstante, urge incorporar o generar cierta capacidad propia de la institución para realizar el enlace entre los programas de mejoramiento genético convencional y las BTs. El INIA por esa vía está en condiciones de hacer efectiva una demanda orientada para resolver los problemas técnicos de la producción nacional.

Se recomienda que para canalizar esta complementación se implementen convenios principalmente de carácter bilateral.

Es deseable que también las otras instituciones involucradas cuenten con mecanismos y recursos de coordinación de modo que existan diversas vías de complementación, y ésta no se oriente en un solo sentido. Así por ejemplo su actual capacidad de infraestructura -y eventualmente de recursos humanos- para el cultivo y multiplicación de tejidos libres de enfermedades, o para pruebas de campo, puede ser contratada por instituciones que lideren otros proyectos.

6.1.3 RELACIONAMIENTO DE LOS SECTORES PUBLICO Y PRIVADO

Las técnicas biotecnológicas tienen en la mayoría de las situaciones como resultado un producto final físico con posibilidades de apropiación privada, a diferencia del conocimiento técnico que normalmente es de uso público y de difícil apropiación. Es por ello que el sector privado tiene un alto interés y resulta muy competitivo.

A nivel nacional resulta claro que el sector privado no tiene la capacidad de infraestructura y de recursos humanos entrenados en investigación y ve muy atractiva la posibilidad de emplear esa capacidad de los institutos oficiales, que en muchas oportunidades se encuentra parcialmente ociosa. Así con inversiones mucho menores que las requeridas para generar una infraestructura de investigación propia, puede obtener muy buenos resultados siempre que esté en condiciones de implementar acuerdos que le aseguren el uso de las innovaciones.

Por otra parte desde el sector oficial resulta muy difícil obtener un beneficio económico de una innovación biotecnológica, ya que no se cuenta con una estructura institucional para el desarrollo y mercadeo directos. La experiencia indica que cuando se quiso ingresar en este terreno no se lograron beneficios económicos consistentes y, en general, no se tiene continuidad en la tarea. Estos elementos auspician los acuerdos o emprendimientos conjuntos que en cada caso obligarán a compromisos de diversa naturaleza.

Al igual que entre instituciones de investigación se entiende que habrá que implementar convenios de carácter bilateral para hacer efectivos los acuerdos mencionados.

El acuerdo más frecuente involucrará la participación en los royalties que se devengan del producto y uno de los aspectos más polémicos es acerca de la participación directa de los investigadores en los beneficios de esas innovaciones. Diversas instituciones oficiales o para-estatales, como es el caso del INIA, de otros países dan participación a sus investigadores en los beneficios por royalties o patentes. Más allá del estímulo que tienen

estos premios, ellos se justifican también por razones estratégicas de retención de esos científicos de modo que no sean capturados por otras empresas, llevándose así el conocimiento para desarrollar esas innovaciones tecnológicas.

Dado el actual marco laboral del Uruguay, se recomienda levantar las restricciones administrativas de las instituciones oficiales que limitan las retribuciones extraordinarias a los técnicos involucrados en emprendimientos por convenios, ya que la discriminación entre técnicos, por esos pagos complementarios, en ocasiones, puede generar algunos conflictos internos entre los grupos de trabajo. Se recomienda estudiar y dar normas al respecto en los convenios.

6.1.4 COOPERACION INTERNACIONAL

Desde la apertura democrática la cooperación internacional en el campo científico se ha incrementado notablemente, y se aprecia una preocupación creciente de los donantes en incorporar a los países menos desarrollados a las posibilidades que ofrecen las BTs.

Esta cooperación viene orientada a fortalecer directamente los diversos grupos e instituciones del quehacer científico o al desarrollo tecnológico de rubros de producción. En ambos casos es muy conveniente canalizar esta cooperación internacional de un modo orgánico dando participación a diversas instituciones en la prosecución de los resultados de cada proyecto. No sólo es esa la manera de incrementar la masa crítica en esta temática sino que se alientan ampliaciones y nuevos proyectos, pues ese tipo de accionar es altamente valorado por las agencias de cooperación.

La captación de BTs de la comunidad científica internacional se ve ampliamente facilitada por los proyectos de cooperación, ya que mediante las consultorías o la captación en centros desarrollados es que se crean los vínculos para el acceso, no sólo a la información, sino muchas veces a los propios productos o instrumentos biotecnológicos.

6.1.5 ACCIONES EN EL MARCO LEGAL

a) Bioseguridad

La irrupción de los nuevos productos biológicos, resultantes de la manipulación genética, ha originado discusiones sobre riesgo potencial y oportunidad comercial.

Es indispensable que los riesgos eventuales sean claramente percibidos y prevenidos, y se desarrollen a la brevedad los estudios tendientes a establecer las pautas y protocolos para la liberación al ambiente de organismos y microorganismos modificados, así como la seguridad de operarios e investigadores en laboratorios y bioindustrias que lo requieran.

La generación de esta normativa es indispensable para que el INIA y otras instituciones puedan ofrecer servicios de evaluación de cultivares en estaciones adaptadas a tales propósitos. Este tipo de servicios en el comercio internacional tomará un crecimiento acelerado a raíz de los estrictos controles en la contaminación de los productos agrícolas que plantean las sociedades desarrolladas.

b) Patentes y Royalties

El marco legal del país en este tema se muestra muy obsoleto y requerirá una adecuación a esta nueva y dinámica realidad de la oferta biotecnológica, el cual podría ser un tema en la competencia de un Comité de consulta como el propuesto.

6.1.6 RECURSOS HUMANOS

La capacitación de recursos humanos es seguramente uno de los puntos más altos en el planeamiento estratégico del desarrollo de las BTs en el país. Se ha propuesto desarrollar proyectos con carácter orientado en función de las prioridades tecnológicas del INIA, lo que puede representar un conflicto, pues es difícil pensar que los proyectos de corto y mediano plazo puedan justificar la capacitación a alto nivel que requieren las ciencias básicas que soportan las BTs. Por consiguiente, se recomienda que los proyectos de fortalecimiento den prioridad a la capacitación de largo plazo.

6.1.7 INFORMATICA

En varios pasajes de este informe se pueden identificar comentarios que revelan la enorme importancia estratégica de la información para la obtención eficiente y eficaz de BTs. Ello es así esencialmente por dos circunstancias: a) la importante proliferación de publicaciones y artículos técnicos que crecen con una tasa exponencial de oferta, y b) porque existe otro segmento de la información que no es de uso público, y es de difícil acceso, ya que lo protegen las empresas que tienen intereses creados en los productos resultantes.

La informática en toda la temática científica y tecnológica debe ser revalorizada y rediseñada en función de las eficiencias y economías que los nuevos servicios cibernéticos ofrecen. Las BTs - por tratarse de metodologías y tecnologías de punta- son disciplinas exigentes en información muy actualizada.

El INIA, a través del proyecto BID, está fortaleciendo notablemente sus colecciones bibliográficas y de referencia, los operativos de búsqueda, y la capacidad de comunicación interna y externa. Se dispondrá así de un servicio notablemente avanzado a nivel nacional que deberá ver facilitada su capacidad de interconexión con otras bibliotecas y redes de información del país.

El país debe contar con una representación planificada de especialistas nacionales en los seminarios, simposios y principalmente ferias biotecnológicas, pues allí se accede muchas veces al conocimiento más estratégico y de mayor significación para el desarrollo y adopción de los nuevos productos. Actualmente sólo participan en forma muy eventual algunos especialistas. Es necesario no sólo incrementar esa participación, sino que se integren especialistas en rubros para identificar oportunidades para nuestros sistemas de producción.

6.2 PROPUESTA OPERATIVA DE CORTO PLAZO

Una estrategia de impulso al desarrollo de las oportunidades de BT, debe contar con un conjunto de acciones específicas. Desde el año 1985, en la oportunidad de creación del Comité Nacional de Biotecnología, se ha venido trabajando en este sentido, fundamentalmente a través de propuestas globales al Gobierno.

Las acciones específicas deben asegurar el máximo retorno de la inversión, lo cual es difícil de medir (retorno, ¿en qué término?), y de cuantificar a priori. El camino a seguir debe, por lo tanto, tomar en cuenta los rubros considerados prioritarios en conjunto con las técnicas que se juzguen apropiadas para avanzar en ellos. Por ejemplo, para el caso de la micropropagación, se podría considerar que los rubros afectados o pasibles de absorber tecnología de ese tipo, son varios. Hoy se está trabajando en cítrus, cebada y eucaliptus.

Se vislumbran, además de las propuestas de estrategia ya mencionadas en este Capítulo, tres grandes grupos de acciones de promoción y captación de oportunidades:

- a) la capacitación (becas, cursos, pasantías),
- b) el apoyo a proyectos específicos (de investigación y de desarrollo industrial),
- c) la información confiable y rápida de los desarrollos científico-técnicos vigentes a nivel internacional.

El modo de avanzar, por lo tanto, podría ser el de llamar o promover, de la forma que el INIA considere más conveniente dentro de su cometido articulador, a solicitudes o candidaturas para las acciones previstas en el numeral anterior. Se entiende que, tanto a nivel institucional como empresarial, habrá interés sobrado en algunos rubros-técnicas, como para presentar solicitudes de apoyo, contrataciones temporarias, candidaturas a cursos y, en ciertos casos, propuestas de desarrollo de productos determinados con vistas a la comercialización (cultivares, cepas, procesos).

El alcance y dimensión que se propone, asume que el INIA se encuentra en una fase de iniciación o lanzamiento de los emprendimientos biotecnológicos en articulación con otras instituciones y empresas. Por lo tanto, se trata de una propuesta cautelosa que prioriza acciones y emprendimientos que deberán expandirse en el futuro a programas de mayor porte y duración.

Una estimativa muy superficial de la inversión anual en estas tres acciones asciende a la suma de US\$ 410.000, de los cuales el 78% se dedicaría a proyectos, un 17% a capacitación (la dedicación de diez personas a cursos de diversa duración, dentro y fuera del país), y el resto, unos US\$ 18.500 a la actualización de la información a través de viajes específicos y el acceso corriente a buenas bases de datos. (Cuadro 6-1).

El Cuadro 6-2 expresa el armado de un programa operativo en grandes líneas, relacionando técnicas, rubros y modos de acción. Debe vislumbrarse la creación de espacios explotables, en el sector. Caben en él, por ejemplo, proyectos del siguiente tipo:

1. El aumento de la oferta varietal de Eucaliptus presentado, a modo de ejemplo, por una empresa del sector conjuntamente con la Facultad de Agronomía.
2. Modos de estudiar los mecanismos determinantes de la finura de la lana, presentado por el propio INIA en colaboración con el SUL.
3. Determinación de cepas superfijadoras de N para las leguminosas forrajeras de mayor importancia, a ser desarrollado en forma conjunta por el IIBCE y una empresa de inoculantes.

Cuadro 6 - 1. Presupuesto anual de las actividades a desarrollar

Capacitación			
Becas Nacionales	US\$ 300/mes = 3600 año	5 año	US\$ 18000
Becas al Exterior	20000 año	2 año	US\$ 40000
Cursos Cortos (15 a 90 días)	4500/curso	3 año	US\$ 13500
Proyectos			
de Investigación	30000 c/u	4 año	US\$ 120000
de Desarrollo	40000 c/u	4 año	US\$ 200000
Información			
Costos operativos de red por año			US\$ 6000
Viajes a eventos específicos	2500 c/u	5 año	US\$ 12500
TOTAL ANUAL			US\$ 410000

Lo más importante de la estrategia general sugerida es, precisamente, su poli-modalidad y su flexibilidad institucional. Esto es así por necesidad: las BTs son tan variadas y afectan a tantos organismos diversos que es imposible diseñar una estrategia basada en un solo accionar (por ejemplo, "sólo capacitación"), o en una sola institución (por ejemplo, "toda la investigación la hace la Facultad"). Urge encontrar los mecanismos que, tomando en cuenta esta realidad tan diversa, puedan potencializar rápidamente algunos de los sistemas productivos que estén en condiciones de absorber tecnología y generar resultados fructíferos.

Cuadro 6 - 2. Técnicas, rubros y modos de acción en el plan operativo

Técnicas	Rubros afectados	Capacitación			Proyectos		Info.
		B.M.	B.E.	C.C.	I.	D.I.	
Micropropagación (B.I.)	Casi todos			X		X	X
CVS. Libres de virus	Hort./FHC/Papa		X		X		
Sist. Diagnóstico Veget.	FHC, Citrus, Cereales	X				X	
Ing. Genética (B.II)	Papa, Leg. Forrajeras simbriones		X		X		X
B.III (Estructura general)	Modelos experimentales a elegir			X	X		X
De aplicación animal	Lechería Ovinos			X		X	

B.N. Becas nacionales

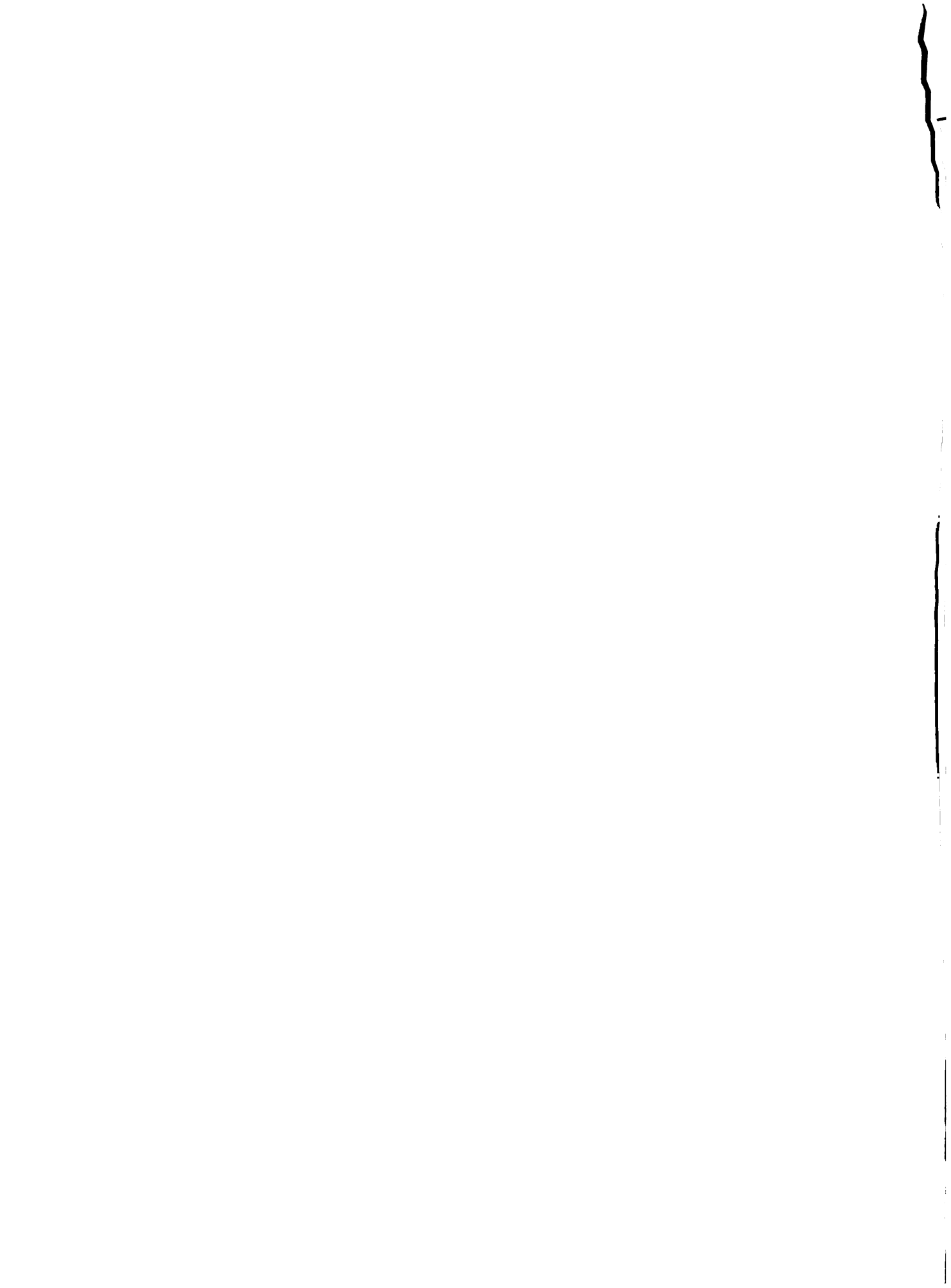
B.E. Becas al exterior

C.C. Cursos Cortos (15-90 días)

I. Investigación

D.I. Desarrollo Industrial

X Énfasis en esa acción



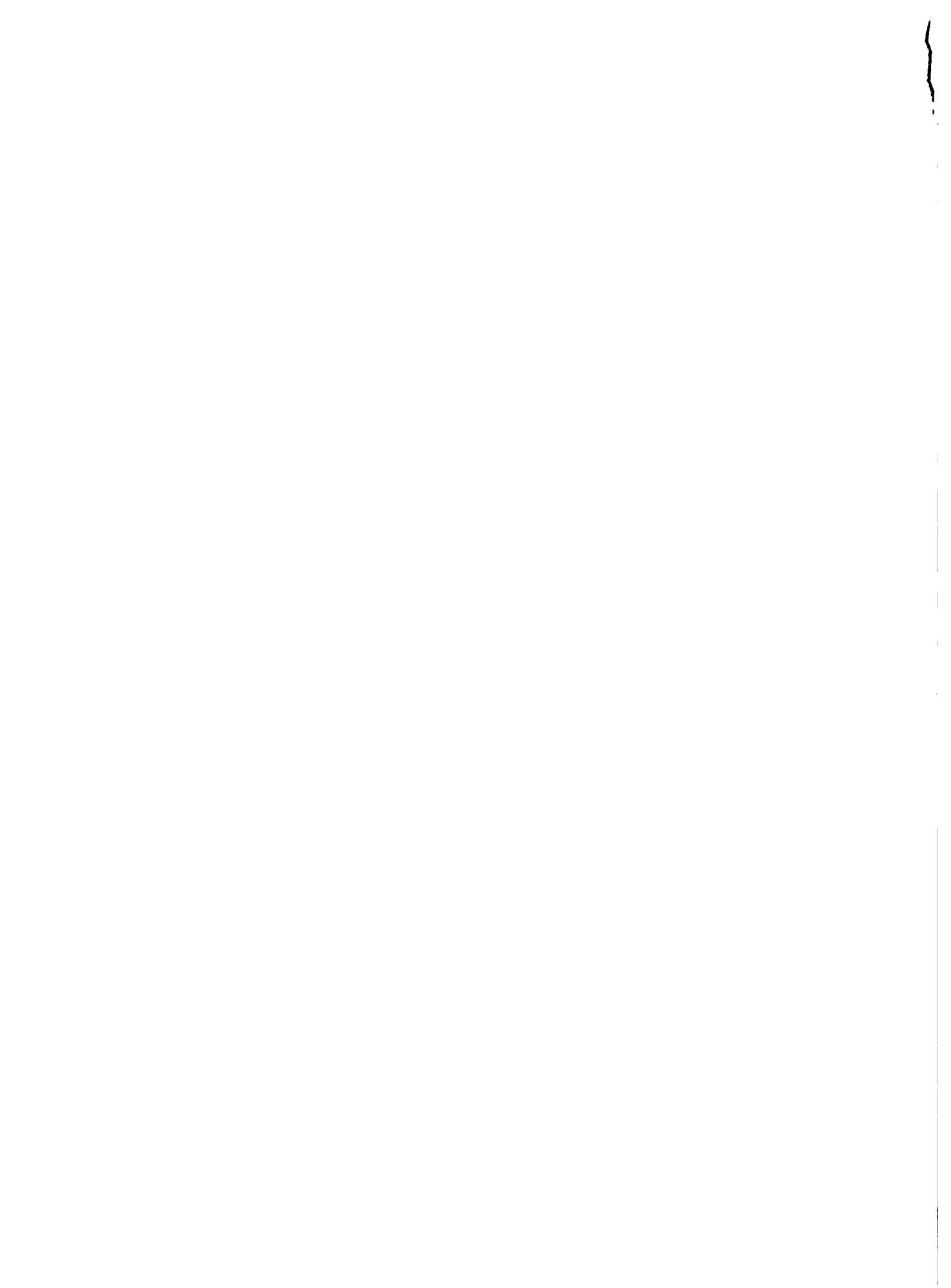
Referencias

- BUCKWELL, A.; MOXEY, A. 1989. *Biotechnology and Agriculture. Food Policy.* (s.l.). 1989:44-56.
- CENSI. 1989. *Importación-Exportación 1988: Uruguay, s.l.*, 405 p.
- DAY, S. 1989. *Switching off genes with antisense. New Scientist.* (s.l.). Oct. 1989: 50-55.
- DE YOUNG, H.G. 1987. *Dawn of the Biotech Farm, High Technology, (s.l.) Ag.* 1987: 34-38.
- ESTADOS UNIDOS. OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT (OTA). 1984. *Commercial Biotechnology: an International Assessment.* Washington, D.C. (EE.UU.). s.p.
- GASSER, C.S.; FRALEY, R.T. 1989. *Genetically engineered plants for crop improvement. Science.* (s.l.) 244:1293-1299.
- GONZALEZ, R.L.; QUINTERO, R. 1986. *La Biotecnología y sus Impactos: el caso de los nuevos edulcorantes. Biogenética y Agricultura.* (Méx). 1986. 2. s.p.
- HAYENGA, M.L. *Biotechnology in the Food and Agriculture Sector: Issues and Implications for the 1990's, California (EE.UU.), University of California, s.p. (UC AIC Issues Paper No. 88-5)*
- IICA. 1989. *Diagnóstico de las Agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe: país Uruguay. s.l., s.p.*
- 1989. *Tabulación de los resultados de la encuesta del diagnóstico de las agrobiotecnologías en América Latina y el Caribe.* Montevideo (Uru.), s.p.
- 1990. *Declaración del Grupo de Estudio Interamericano de las Nuevas Biotecnologías.* Brasilia (Bra.), 3 p.
- ISNAR. 1990. *Definición de Prioridades para la Investigación Agropecuaria del INIA.* s.l. 49 p.
- MEDLEY, T. 1990. *Regulation of Biotechnology in the United States. Presentado en: Reunión Interamericana del Grupo de Estudios sobre las Nuevas Biotecnologías en Agricultura y Salud (2, 1990, Brasilia, Bra.) s.p.*

- PORZECANSKI I.; DIAZ R. 1986. Acerca de la Problemática Tecnológica en el Uruguay. Montevideo, (Uru.). MEC; CINVE. p. 373-401.**
- POTRYKUS, I. 1990. Gene Transfer to Cereals: an Assessment. Biotechnology. (s.l.) 10:535-542.**
- QUINTERO, R. 1985. Prospectiva de la Biotecnología en México. México, D.F., Fundación Javier Barros Sierra; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. s.p.**
- 1988. La Agricultura y el Cambio Tecnológico: Desarrollo y Dependencia. IN Seminario de Economía Agrícola (6., 1988, México, D.F., Méx.). /Informe/, México, D.F., UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas. s.p.**
- RHODES, C.A.; PIERCE, D.A.; METTLER, I.J.; MASCARENHAS, D.; DETMER, J.J. 1989. Genetically transformed maize plants from protoplasts. Science. (s.l.) 240:204-207**
- SASSON, A. 1988. Biotechnologies and Development. París (Fr.), UNESCO/CTA. s.p.**
- SNYDER, J. 1989. Biotechnology: Threat or Opportunity for small seedsmen? Seed World. (s.l.) 1989:30-38**
- SWAMINATAHN, M. 1982. Biotechnology Research and Third World Agriculture. Science. (s.l.) 218:967-972.**
- VAN BRUNT, J. 1988. Molecular Farming: Transgenic Animals as Bioreactors. Biotechnology. (s.l.) 6(10): 1149-1154.**
- VASIL, I.K. 1990. The realities and Challenges of Plant Biotechnology. Biotechnology. (s.l.) 8:296-301.**
- CNB. Relevamiento del Potencial Científico Técnico Vinculado al Área de las Biotecnologías. en Informe de resultados del Comité Nacional de Biotecnología. (Mimeo), 32 pp, 1985.**
- CNB. Perfil Tentativo de un Plan Nacional para el Desarrollo Biotecnológico. 20 pp, 1987.**

SEGUNDA PARTE

Bases para un plan de acción de largo
plazo de desarrollo de la
agrobiotecnología en Uruguay



RESUMEN

Bases para un plan de acción

1. La propuesta del plan de acción está diseñada de acuerdo con la política del gobierno uruguayo; es decir, hace referencia a una acción del Estado como orientador y promotor, procurando crear condiciones favorables para la entrada del sector privado y posibilitar a corto plazo una integración institucional efectiva, tanto a nivel local como regional e internacional.

Sus objetivos principales son:

- Promover la consolidación de una infraestructura sectorial fuerte y adecuada para el desarrollo de las agrobiotecnologías y proporcionar una interacción institucional procurando privilegiar los mecanismos de transferencia horizontal de tecnologías.
- Crear un concepto claro de "marketing" biotecnológico interinstitucional.
- Identificar y remover los principales obstáculos que impiden el desarrollo de las agrobiotecnologías en lo que se refiere al abastecimiento adecuado de servicios, insumos básicos y equipamiento.

2. Se comentan acciones específicas y los productos esperados de la implementación de esas acciones.

Los puntos más destacados en esta propuesta están relacionados con:

- a) capacitación de la comunidad científica del Uruguay, de sus centros de investigación y desarrollo, procurando crear un ambiente favorable de trabajo, posibilitando la participación de los investigadores en los resultados de sus inventos;
- b) implementar líneas específicas de financiación y fortalecer el Fondo Nacional de Promoción de la Tecnología para paliar la reducción de presupuestos en el área de ciencia y tecnología que pueden traer resultados desastrosos a corto y mediano plazo;
- c) reformulación y promulgación de marcos legales relativos a la propiedad intelectual, adaptando también a los nuevos productos y procesos biotecnológicos las normativas relacionadas a la certificación de plantas y semillas y al control de calidad;

- d) **creación de mecanismos adecuados para ejercer una coordinación fuerte en todo el proceso, procurando implementar un sistema integrado de biotecnología contemplando todos los componentes para posibilitar una transferencia exitosa de tecnología al sector productivo.**

3. Para el Comité de Consulta comentado en la propuesta como producto de acciones específicas se sugiere un total de 4 miembros, siendo uno representante del sector privado (AUDEBIO); un representante a ser elegido entre el INIA, DILAVE y DGSV; dos representantes del sector académico a ser elegidos entre la Universidad de la República, IIBCE y el Comité Nacional de Biotecnología.

4. En biotecnología, a diferencia de lo que ocurre en otras ramas del conocimiento, estamos muy próximos a implementar una semblanza de política sectorial, lo que no es casual: el tema, por su propio dinamismo, lo exige. Hay antecedentes auspiciosos de coordinación (las actividades del Comité Nacional) y perspectivas (proyecto BID-Comité Nacional de Biotecnología) a potencializar; pero lo que es más importante, existe una conciencia a nivel de los tres sectores cruciales, el académico, el gubernamental y el empresarial (con algunas experiencias conjuntas exitosas en su favor), de que urge invertir y trabajar en las acciones mencionadas porque los resultados son próximos, posibles y de impacto.

5. Finalmente la propuesta del plan de acción estima los requerimientos financieros eventuales en un total de US\$ 6,9 millones para 4 años, con 63% de esos recursos destinados a las diferentes líneas de crédito para financiación de proyectos y 25% de ellos destinados a capacitación de personal.

Introducción

En la Primera Parte se han examinado varios aspectos de las agrobiotecnologías desde su contexto en el escenario mundial hasta una propuesta estratégica para su desarrollo en Uruguay, un plan de acción de corto plazo. De ella se pueden extraer algunas conclusiones:

- Ocurrió un avance considerable en el mundo en las nuevas biotecnologías, representado por prácticas innovadoras en la escala industrial con el uso de organismos vivos o de sus componentes.
- La agropecuaria uruguaya constituye el sector que sostiene el comercio de exportación del país, donde casi el 80% de los envíos corresponden a bienes de ese origen sean estos industrializados o en forma natural.
- Los cambios tecnológicos más significativos en el Uruguay se realizaron en la industria cerealera, donde se identifican tendencias de crecimiento sostenido en arroz, en tanto cebada y trigo también presentan cambios significativos. La cítricultura y lechería asimismo registran procesos de expansión en el marco del estancamiento sectorial. No han existido avances claros en la oferta y adopción de nuevas tecnologías para el sector de ganadería extensiva de carne vacuna.
- El desarrollo biotecnológico en Uruguay, centrado principalmente en el sector estatal, muestra una evolución hasta cierto punto rápida de la Empresa Privada Nacional (EPN) y presenta una serie de limitaciones identificadas en las áreas de capacitación, infraestructura, financiera, de interacción institucional y marcos legales.
- Con la aplicación de criterios específicos se identificó para el país, en la Primera Parte de este estudio, una escala prioritaria de 14 diferentes rubros: cebada, forestales, simbiotes, hortalizas, arroz, citrus, bovinos de leche, papa, trigo, forrajeras, bovinos de carne, frutales de hoja caduca (FHC), ovinos y soja. Para estos rubros principales se agruparon técnicas básicas o procedimientos

tecnológicos con identificación de los núcleos científicos que conducen la investigación en el país.

En el Capítulo 6 de la Primera Parte se sugieren propuestas estratégicas para implementación de las biotecnologías para el sector agropecuario del país.

Adicionalmente, se propone en esta Segunda Parte una atención prioritaria a los puntos que se mencionan a continuación:

- Líneas específicas de crédito en complemento a los presupuestos para el área de ciencia y tecnología. La insuficiencia de fondos puede tener resultados negativos a corto y mediano plazo. El fortalecimiento del Fondo Nacional de Promoción de la Tecnología, la reglamentación del Artículo 444 de la Ley de Rendición de Cuentas de 1989 (para adquisición de equipamientos de investigación) y otras medidas específicas, son de gran importancia para incentivar la inversión del sector privado en esta área.
- La certificación de semillas y plantas, el control de calidad y del comercio de los nuevos productos biotecnológicos y la correcta información del público sobre el uso de esos nuevos productos.

En esta propuesta, se valora el rol del gobierno, tal como ocurre en países desarrollados, en las diferentes fases del desarrollo de las nuevas tecnologías y/o tecnologías de punta como es el caso de las agrobiotecnologías.

Resulta, sin embargo, interesante destacar en Uruguay la ausencia de grandes empresas o consorcios, tanto nacionales como transnacionales, en los pasos iniciales de las agrobiotecnologías. Estos grupos económicos sólo empiezan a entrar en el nuevo campo agroindustrial una vez que se han sentado las bases para lograr beneficios económicos importantes mediante la introducción en el mercado de productos y/o procesos nuevos.

Dentro de este contexto y con lo que fue discutido en la Primera Parte, se recomienda que el gobierno uruguayo siga adoptando un papel orientador y promotor, con el objetivo de crear condiciones para la entrada del sector privado y posibilitar a corto plazo una integración institucional bastante efectiva, en lo local, regional e internacional.

El rol importante del Estado está relacionado con:

- a) el establecimiento de medidas reguladoras y de estandarización, incluyéndose aquellas de promoción y financiamiento de la investigación, y desarrollo de proyectos específicos de producción para atender el mercado nacional y el aprovechamiento de oportunidades en el mercado mundial;

- b) los sistemas de protección o de propiedad intelectual;
- c) las medidas reguladoras de control y preservación del medio ambiente, y otras normas legales para sistemas de asesoramiento y de asistencia técnica, formación de empresas de riesgo compartido (Joint ventures); y
- d) capacitación de personal tanto a nivel académico y de posgrado, como de mano de obra técnica especializada.

La promoción e incentivo de la integración institucional local e internacional, es también un punto de gran importancia.

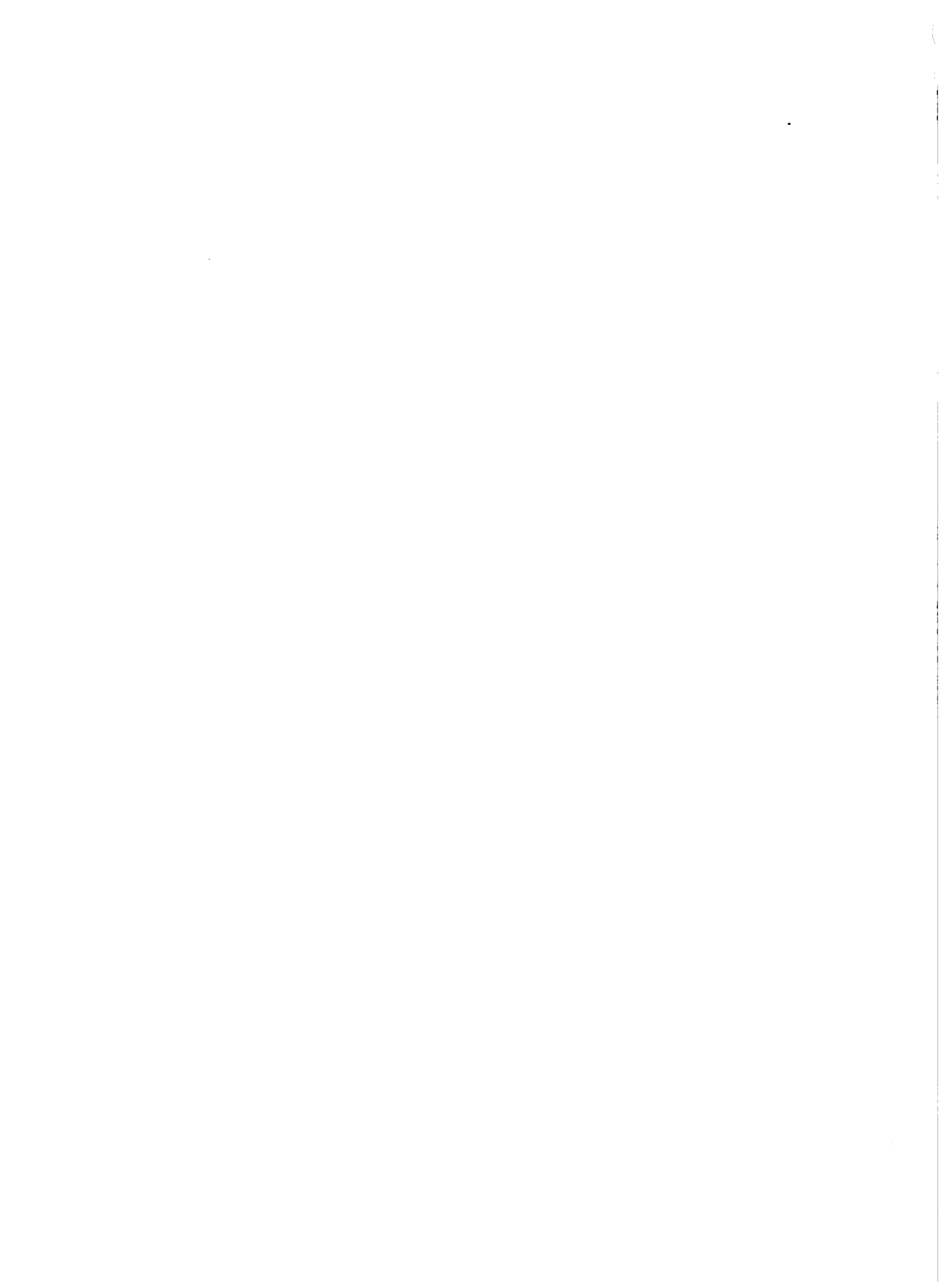
Se trata de establecer mecanismos mediante los cuales los resultados obtenidos en los centros de investigación se transfieran al sector productivo. Esta fase es una de las más cruciales y difíciles de manejar; el proceso de transferencia, desde los generadores de tecnología a quienes la aplican, no es simple o automático, ni siquiera en los países más desarrollados. El proceso de transferencia es probablemente una de las fallas más evidentes en la situación de la biotecnología en América Latina.

Se incluye en este punto la adquisición y transferencia de tecnología desde centros de investigación y desarrollo de países desarrollados.

Objetivos

Un efectivo plan de acción para el desarrollo agropecuario en Uruguay basado en el gran potencial de las agrobiotecnologías, tendría los siguientes principales objetivos:

- Promover la consolidación de una infraestructura sectorial fuerte y adecuada para el desarrollo de las agrobiotecnologías y proporcionar una interacción institucional, a nivel nacional e internacional, procurando privilegiar los mecanismos de transferencia horizontal de tecnologías.
- Crear un concepto claro de marketing biotecnológico interinstitucional en todos los niveles, relacionado a las prioridades, necesidades de los mercados interno y externo, oportunidades sectoriales y estadio de desarrollo.
- Identificar y remover los principales obstáculos que impiden el desarrollo de las agrobiotecnologías en lo que se refiere al abastecimiento adecuado de servicios, insumos básicos, equipamiento y, principalmente, a la capacitación de recursos humanos.



Propuesta de acciones y actividades específicas

Con independencia de los procesos de adquisición, desarrollo y transferencia de nuevas agrobiotecnologías, es perfectamente claro que el grado de su utilización en el país depende de la capacidad de adopción de los productores y de su voluntad de transformarse en empresarios de vanguardia.

En verdad, el punto básico es si el sector productivo está preparado para recibir estas nuevas tecnologías y si existe una demanda real. En ese sentido, el factor limitante es la demanda de nuevas tecnologías, por cuanto en varias áreas productivas ya existen tecnologías avanzadas a disposición del productor agropecuario.

Con esta percepción, se comentan aquí algunas acciones y actividades específicas que son recomendables para su implementación en el país.

Algunas de esas acciones -cuyos resultados esperados se comentan- podrán causar cambios importantes en el actual sistema uruguayo de relación Gobierno-Universidad-Empresa, y como tales exigirán una coordinación decidida para alcanzar la voluntad política necesaria.

3.1 INCENTIVAR LA CREACION Y/O REVISION DE NORMATIVAS LEGALES PARA PRODUCTOS Y PROCESOS EN EL AREA DE LAS BIOTECNOLOGIAS EN GENERAL

3.1.1 RELATIVO A LA PROPIEDAD INTELECTUAL

El asunto de protección y propiedad intelectual es bastante complejo y requerirá un esfuerzo muy grande de parte del gobierno. El MGAP debe tener una participación activa en estas discusiones, tanto internamente como en los organismos internacionales, con el objetivo de defender un sistema que atienda a los intereses nacionales sin perjudicar la relación con otros países.

Por otro lado para que Uruguay pueda convivir e interrelacionarse con la comunidad empresarial y científica de los países desarrollados, deberá respetar reglas que ya están acordadas y otros acuerdos que serán establecidos.

El país necesita estar preparado para adaptarse a las condiciones interdisciplinarias y de intensidad científica así como al acelerado ritmo de innovación que caracterizan a las tecnologías avanzadas en general y a la biotecnología en particular, donde se plantean problemas específicos que tienen que ver con la propiedad de organismos y microorganismos vivos.

Existen en realidad dos visiones diferentes u opciones para el sistema internacional de inventos en biotecnologías.

La primera viene de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) que defiende un sistema de patentes similar al existente para productos y procesos industriales tradicionales. A efectos de protección, este sistema considera como inventos, plantas, animales y microorganismos modificados. Estados Unidos ya está protegiendo plantas, líneas puras, genes y nuevos procesos relacionados al mejoramiento genético por el sistema de patentes. El sistema OMPI está subordinado a las Reglas de la Convención de París para la protección de propiedad industrial que está firmado por cerca de 100 países. Asociado al mismo, está el Tratado de Budapest que establece reglas para el depósito de microorganismos (ningún país latinoamericano es signatario de este tratado).

El otro sistema es el de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Esta sigla se deriva del nombre francés de la organización, que es: Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales. Esta organización tiene 17 países miembros (Alemania, Bélgica, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Francia, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Países Bajos, Reino Unido, Suecia, Sudáfrica y Suiza). Checoslovaquia y Canadá también firmarán la Convención.

La base de la UPOV es el Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales - Convención de París - firmado el 2 de diciembre de 1961 y revisado dos veces, remontándose la última a 1978 (5). En este sistema el derecho de propiedad es asegurado mediante el recibo de un royalty de todos aquellos que utilizan el producto o el proceso conforme a las condiciones establecidas en el reglamento del UPOV.

OMPI y UPOV ya tuvieron diversas reuniones conjuntas para aproximar los puntos de vista e ideas sobre la protección de productos biotecnológicos; la última remontáse a febrero de 1990. El objetivo del UPOV es extender la protección (hoy aplicada

solamente a nuevas variedades de plantas) para los productos y procesos de la biotecnología.

Es evidente la diferencia entre los dos sistemas. En el de la OMPI, quien posee la patente o invento goza de autoridad ilimitada para su uso, pudiendo mantenerla en exclusiva o en un ámbito restringido. Es la base para el monopolio, defendida naturalmente por los países desarrollados más poderosos en tecnología científica y también por las grandes empresas multinacionales.

En el sistema UPOV se garantiza al inventor o creador de una nueva variedad un derecho exclusivo respecto a la producción comercial sin cercenar el uso por otras empresas, mediante una compensación financiera de acuerdo con reglas establecidas por cada país.

Igual que ocurre con los inventos con características de producción cerradas (pasibles de patentes como algunos productos industriales), la gran mayoría de los adelantos promovidos por la biotecnología se encuadran como productos copiables: nuevos microorganismos bioingenierados, nuevas variedades modificadas por técnicas microbiológicas, etc.

Por consiguiente es natural que los países en desarrollo y aquellos menos desarrollados, vean en el sistema UPOV la única forma de evitar el monopolio en la biotecnología que ha ocurrido en las áreas mecánicas, eléctrica, química y, más recientemente, en la electrónica.

Uruguay tiene una ley de patentes del 12 de diciembre de 1941 que define formas, materiales susceptibles y condiciones para la protección, requisitos de depósito de material biológico y derechos conferidos (limitaciones y duración). Este documento legal requiere ser revisado, ya que está siendo aplicado a procedimientos o procesos de origen biotecnológico de una forma posiblemente inadecuada. Empresas como GENENTECH, ORGANON, BIOGEN y PFIZER, entre otras, ya tienen procesos patentados en Uruguay para algunas áreas de la agrobiotecnología.

La protección para nuevas variedades de plantas también existe en Uruguay y se encuentra incluida en la legislación de semillas de 1981. Su reglamentación (1983) abarca un número importante de artículos, estando totalmente normalizada y en ejecución la entrega de Títulos en trigo. Para el cultivo de cebada está prácticamente pronta, y en soja se requiere aún realizar algún trabajo. (1)

Es necesario que expertos debatan este tema para involucrar los productos y procesos biotecnológicos aplicados al sector agropecuario del Uruguay.

Con referencia a este punto, se indican a continuación los resultados esperados de esta acción, consistente en un estudio técnico-jurídico sobre propiedad intelectual, en consulta y amplia discusión con participación de todos los sectores vinculados a la agrobiotecnología en Uruguay

- Necesidad de revisión de Ley de patentes y Ley de protección de obtenciones vegetales.
- Estudio comparativo entre sistema de patentes de invención (OMPI), sistema de protección de obtenciones vegetales y su aplicación en productos de origen biotecnológico.
- Propiedad intelectual de productos de propagación sexuada y propagación asexuada.
- Propiedad intelectual a través de los dos sistemas en conjunto; prohibición de la doble protección.
- Propiedad intelectual de genes que ocurren en la naturaleza.
- Estudio detallado del Tratado de Budapest sobre depósito de microorganismos.
- Propiedad intelectual de genes sintéticos.
- Propiedad intelectual de callus, células de plantas, progenies de células o partes de células, hongos, bacterias e híbridos de 1a. generación.
- Propiedad intelectual para crear o reproducir material vivo.
- Examen técnico oficial del producto o proceso biotecnológico para concesión de la propiedad intelectual.
- Los productos o procesos biotecnológicos deben ser objeto de protección con uno de los dos sistemas existentes, dependiendo del tipo de producto o proceso. También el plazo de la protección debe ser ajustado por tipo de producto o proceso.
- El uso de cDNA y mRNA como sondas para exámenes y disputas legales.

- La utilización de productos y procesos desarrollados por organismos internacionales de investigación científica, como por ejemplo, el CIAT.

- El uso de material genético para trabajos científicos y de investigación.

- Especies que ocurren en la naturaleza o nativas: con el advenimiento de la biotecnología, el interés por las especies nativas va a aumentar en razón de la posibilidad de realizar cruza interespecíficas. Tres áreas son muy atractivas: cultivos alimentarios en general, plantas ornamentales, y plantas medicinales. Como los países de América Latina son ricos en especies naturales, es necesario un examen detallado en esta situación.

- Las legislaciones sobre propiedad intelectual deben ser consistentes con la biología: los científicos deberán ser involucrados en las discusiones para un intercambio amplio y claro de informaciones.

- Análisis del proceso para introducción de un gene: pueda o no ser patentado.

- El cambio de germoplasma o material genético entre países.

- Protección para inventos extranjeros en Uruguay.

- Certificados para los perfeccionamientos apostados a un invento, que es objeto de una protección vigente.

- Concesión de protección precautoria.

- Derechos conferidos, limitaciones y reciprocidad.

3.1.2 RELATIVO A OTRAS NORMAS LEGALES

Los productos originarios de tecnologías tradicionales y principalmente aquellos que provienen de las nuevas tecnologías no tendrán aplicación práctica efectiva si no existen marcos legales que disciplinen su entrada en el mercado.

Referencia a este hecho son las normativas legales para certificación de semillas, certificación de plantas de propagación vegetativa, control de sanidad animal y vegetal, control de calidad en la producción de vacunas y otros productos de origen agropecuario que ya existen en el país. La importancia de esos instrumentos legales puede ser medida como ejemplo para el caso de mudas de citrus. La liberación de plantas exentas de virus y otras enfermedades no es válida para el sector si no existen condiciones y reglas para hacer el control de las etapas, indexación de plantas obtenidas por el sector de

investigación, programa de registro de plantas madres y producción comercial de estas plantas por los viveristas privados.

Con el advenimiento de las biotecnologías y la producción de nuevas plantas con características genéticas modificadas por microorganismos, plantas y animales transgénicos y vacunas de última generación, es necesario crear condiciones legales para prevenir el daño ambiental.

En relación a las normas legales existentes en el país para certificación y control de los productos de origen agropecuario, es necesario analizarlos convenientemente para aquellos de origen biotecnológico que puedan llegar a ser comercializados en condiciones de presentación diferentes de las que existen para productos originarios de métodos tradicionales de producción.

Con referencia al tema de seguridad y control ambiental, es reconocido por todas las personas involucradas en la biotecnología que se trata de una materia un poco compleja y susceptible de actitudes poco realistas que necesitan atención de las autoridades.

En realidad, no se tiene ninguna evidencia hasta hoy de la existencia de riesgos con el uso de la tecnología de ADN recombinante y transferencia de genes entre organismos independientes (transgénicos). Algunos puntos básicos deben ser discutidos para identificar con claridad si los productos agrobiotecnológicos ofrecen mayores riesgos para el medio ambiente que aquellos que se están usando hoy en la agropecuaria, o acaso, si ofrecen en realidad una mayor protección.

La bibliografía sobre el tema indica que ya han sido realizados algunos millares de ensayos en el mundo sobre ADN recombinante, sin ninguna indicación segura de algún desastre genético serio. Se torna cada vez más evidente que la decisión más acertada es tratar los productos de origen biotecnológico de la misma manera que los demás rubros convencionales. (5) Es posible que los reglamentos que existen hoy para los de origen tradicional sean suficientes para eliminar aquellos biotecnológicos considerados no recomendables para comercialización.

Existe evidencia de algunos debates realizados en el mundo de que es en los productos biotecnológicos volcados a la agricultura que los legisladores-gobiernos van a tener mayores dificultades. El Dr. Martin Alexander, de la Universidad de Cornell (4) afirma que los organismos bioingenierados ofrecen una gama muy grande de peligros. Su presencia en el medio ambiente puede causar un desequilibrio; multiplicarse de una manera incontrolable y así transformarse en plagas o malezas; ser dispersados por áreas diferentes a aquellas en las que son utilizados; producir efectos no deseables; y transferir las fracciones de ADN recombinante para otros organismos en el campo.

Lo que se debe tener en mente es que muchos de estos problemas no son típicos solamente de organismos bioingenierados. Un tomate con 1 o 2 genes diferentes vía ingeniería genética no va a causar ningún mal diferente que un tomate modificado vía mejoramiento genético tradicional. Es poco probable que una planta modificada genéticamente para resistencia a un determinado herbicida ocasione la transferencia de ese gen para una maleza cualquiera, tornándola también resistente. Aunque esto suceda, parece que no va a causar ningún daño más serio.

El riesgo de un desastre ecológico en verdad es muy pequeño, pero naturalmente aumenta con la ampliación del número de productos originarios de la ingeniería genética.

De todas formas, es bueno recordar la afirmación del Dr. Alexander: "Las consecuencias de esta probabilidad baja, pueden ser muy significativas."

Es esperable la realización de estudios para evaluar la relación entre el marco legal y los productos y procesos biotecnológicos, con el objetivo de identificar problemas que puedan perjudicar su comercio y distribución.

Entre otros, los puntos identificados a continuación, deben ser analizados:

- Ley de semillas
- Certificación de semillas, frutales y otros productos
- Control de sanidad vegetal y animal
- Control de calidad de vacunas
- Control de calidad de productos para exportación

Elaboración de un estudio técnico-jurídico sobre la legislación de seguridad y control de productos y procesos biotecnológicos, con participación de la comunidad científica nacional y especialistas externos.

El referido estudio deberá cubrir varios aspectos, entre los que se destacan:

- La reglamentación básica para productos biotecnológicos, estableciendo criterios y midiendo riesgos posibles de ser identificados para cada producto, área geográfica y ecosistema.

- Establecer padrones, prácticas científicamente aceptadas para investigación agropecuaria e implantar medidas de seguridad de acuerdo con normas de instituciones internacionales, por ejemplo UNEP (United Nations Environmental Program).

- Fijar alternativas para uso de métodos biológicos de menor riesgo, como cuarentena y control físico.

- Crear sistemas interligados para la obtención de datos sobre pruebas de productos biotecnológicos.

- Crear un rubro de financiación para estudios de efectos de los productos o procesos biotecnológicos.

- Identificar rubros específicos en proyectos de investigación y desarrollo para posibilitar al científico el uso adecuado de métodos más seguros de investigación y desarrollo.

Con base en los comentarios acerca de estos marcos legales, es recomendable que el gobierno uruguayo a través del MGAP-INIA tenga una participación activa en las discusiones que están siendo desarrolladas principalmente en los temas de propiedad intelectual y seguridad del medio ambiente.

Para el tema relacionado a la propiedad intelectual, Uruguay debe hacer un esfuerzo grande junto a los países de América Latina con el objetivo de que se preparen legislaciones armonizadas.

La participación en debates sobre el tema de seguridad ambiental es importante con vistas a la elaboración de un marco legal adecuado a las condiciones existentes en el país, evitando también que los campos uruguayos se transformen en lugares de prueba para empresas transnacionales.

3.2 ANALIZAR LA BIOTECNOLOGIA APLICADA AL SECTOR AGROPECUARIO

La biotecnología es una ciencia multidisciplinaria, con una evolución constante, innovadora, con avances tecnológicos de gran impacto y de variadas posibilidades de aplicación. Corresponde acompañar permanentemente su desarrollo, las oportunidades existentes, determinar las prioridades sectoriales a través de modelos de análisis de sensibilidad, sus aspectos económicos relacionados a productos, y características del mercado.

Los grandes avances tecnológicos empiezan muchas veces con una intuición de un investigador aislado. La transferencia de su descubrimiento o nueva tecnología para el sector privado o productivo está expuesto a ser afectado por una serie de factores externos que puedan convertir al nuevo producto o nueva tecnología en no utilizable por la sociedad. Esos factores externos son tan importantes para el progreso científico como las tecnologías usadas para la obtención de un producto o proceso. Por ejemplo, la transferencia pura y simple de una nueva tecnología o nuevo producto de la investigación para la producción ha sido responsable de la mayor parte de la sobrevaloración y euforia que sucedió en la biotecnología, con consecuencias negativas en varias empresas y desperdicios en aplicación de recursos muchas veces de origen público.

En la Figura 3-1 se ilustra todo este complejo camino de un producto o proceso tecnológico hasta el público consumidor.

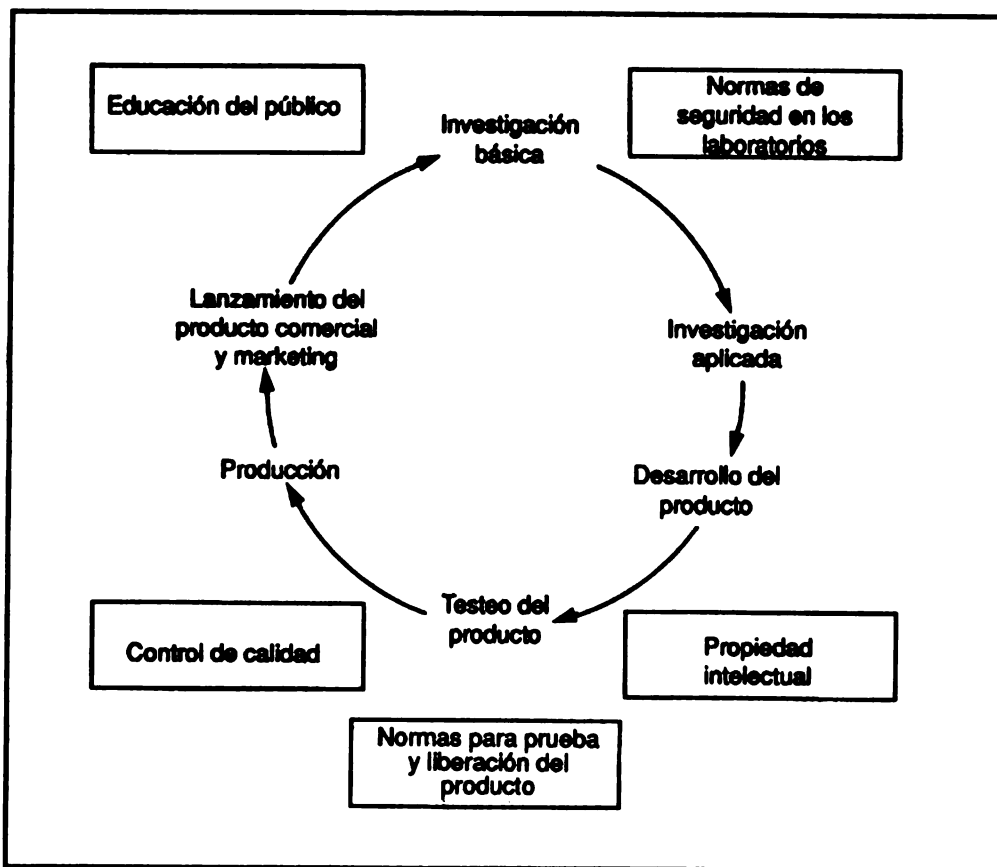


Figura 3-1 *Ciclo completo de una innovación en área de biotecnología y factores externos que la afectan (3)*

3.2.1 PRODUCTOS ESPERADOS

Los productos indicadores de la implementación de esas acciones son:

- a) Disponer, por lo menos una vez al año, del relevamiento sobre las agrobiotecnologías en el Uruguay y revisar áreas prioritarias para proyectos de investigación y desarrollo.
- b) Tener informadas a las instituciones participantes del programa de las agrobiotecnologías, con datos sobre la evolución tecnológica, oportunidades de mercado e infraestructura nacional disponible para uso en el sector privado.
- c) Instalar proyectos pilotos para la producción comercial de un producto o aplicación de un proceso biotecnológico, en aquellas áreas donde el sector privado todavía no mostró interés en participar, vinculando el producto a alguna oportunidad de mercado interno o externo.

3.3 ESTIMULAR LA FORMACION DE UN SISTEMA INTEGRADO DE BIOTECNOLOGIA (SIB) POSIBILITANDO LA CREACION DE CONSORCIOS O "POOL" DE EMPRESAS

En países con carencia de recursos, como son los casos de Uruguay y de la gran mayoría de los países de América Latina, el progreso tecnológico solamente es posible con una integración efectiva de todas las instituciones locales con actividad en sectores relacionados a las agrobiotecnologías.

Al MGAP-INIA se sugiere tener como prioridad la implementación de un sistema integrado, con participación de todos los sectores que puedan contribuir para el desarrollo tecnológico del país. Dicha integración debe considerar todos los organismos e instituciones que de alguna forma tienen influencia en actividades relacionadas a cualquier etapa de las que se mencionan en la Figura 3-1.

La riqueza de una nación y de las empresas que hacen parte de la misma, que en el pasado se determinaba por las materias primas, más tarde por el dominio de las técnicas de producción, está a punto de ser definida actualmente por la calidad de los centros de investigación y desarrollo que dispone. Además, esos centros solamente son rentables en toda su plenitud en un régimen de libre tránsito de informaciones e ideas.

Por esta razón es que un país debe tener un sistema de integración abierto y transparente con oportunidad para todos. Corresponde al INIA, en articulación con otras

instituciones, implementar reglas claves para formación de estructuras operacionales con participación de Empresa Nacional - Universidad - Centros de Investigación y Desarrollo.

3.3.1 PRODUCTOS ESPERADOS

Los productos característicos de las referidas actividades como esas son:

a) Disponer de criterios para la formación de "consorcios de empresas" para proyectos de I & D. A primera vista, parece difícil estimular la participación de más de una empresa, principalmente cuando están involucradas empresas que pueden competir entre sí. Sin embargo, esto es posible cuando el producto o proceso que resulta del proyecto se encuentra en una fase "pre comercial". El resultado de la investigación es entonces repasado por todas las empresas involucradas en el proyecto. Hay ejemplos de este tipo de integración en varios países. En Inglaterra, en 1987, existió un proyecto de I & D denominado "Plant Genetic Tool" por un valor de 3 millones de libras y tres años de plazo, involucrando 11 empresas, 2 universidades y 2 centro de investigación, con el objetivo de desarrollar un método de rutina para la transferencia de genes en vegetales. Este tipo de proyecto podrá constituirse en una herramienta útil para que cada una de las empresas que participan del consorcio desarrollen un producto de diferentes aplicaciones comerciales.

b) Disponer de criterios para formación de asociaciones de I & D (pool de empresas). Este tipo de asociación puede ser usada para proyectos de investigación que tienen una previsión de maduración mucho más larga. La ejecución de proyectos de investigación básica para empresas o grupos de empresas, representa costos enormes. Una alternativa sería que las empresas formaran un "pool", que podría operar como un club cerrado de I & D, con una institución de investigación básica cuya obligación sería producir informes sobre el "estado de arte" de un determinado asunto. Las empresas pagarán una contribución periódica a la institución de investigación (cada 3, 4 o 6 meses).

c) Disponer de criterios para la formación de empresas de riesgo tecnológico compartido (joint ventures), involucrando bancos oficiales, empresa extranjera detentora de la tecnología y empresas privadas nacionales. El objetivo principal es traer al Uruguay tecnologías avanzadas.

La participación podría ser distribuida como se indica a continuación:

- 33% - Bancos oficiales y/o la Corporación para el Desarrollo
- 33% - Empresa extranjera en posesión de la tecnología
- 33% - Empresa privada nacional

En estos casos, la participación de la empresa nacional podría ser concretada con el uso de beneficios fiscales, por ejemplo, con una deducción de un porcentaje de lo que se pagará para el impuesto a la renta anualmente u otro mecanismo de financiamiento.

Un SIB para tener una base sólida necesita contar con algunas tareas complementarias como las que se comentan a continuación:

- Se recomienda que las actividades de investigación consideradas básicas para el desarrollo de las agrobiotecnologías se deben concentrar en los centros más avanzados tecnológicamente. Las agrobiotecnologías son dependientes de investigaciones básicas que requieren personal altamente calificado, instalaciones y equipamientos costosos y gastos operacionales elevados. Es por tanto recomendable al INIA concentrar estas actividades en centros especializados identificados como centros de excelencia.

Una separación clara entre lo que es investigación básica e investigación aplicada (desarrollo) es difícil para algunas áreas. No se puede definir dónde termina la investigación básica y dónde empieza la investigación aplicada para todas las etapas de la ciencia.

Para evitar superposiciones, es recomendable que el INIA identifique mecanismos de articulación y complementación con aquellas instituciones en las cuales el rol dominante sea la investigación básica.

Se requiere que dichas instituciones tengan condiciones para establecer relaciones con centros de otros países con el objetivo de buscar nuevas tecnologías y productos. Algunas veces, es más económico identificar y transferir tecnologías del exterior, que desarrollar las mismas localmente.

- Promover y divulgar ampliamente la biotecnología al nivel institucional y del público en general, en universidades, centros de investigación, parlamento nacional, cooperativas agropecuarias, agroindustria, asociaciones, sindicatos y entidades financieras. Dentro de este tema el punto básico es procurar concientizar al público en general sobre lo que es biotecnología, cuáles son los beneficios que ella representa para la sociedad, así como cuáles son los riesgos que trae. El INIA tendrá que utilizar todos los medios de comunicación disponibles en el país para llevar al público un mensaje sobre la biotecnología aplicada al sector agropecuario, incluyéndose las escuelas, empresas, universidad, órganos públicos en general y otros.

- Elaborar un catastro completo de todos los insumos y equipamientos utilizados en las agrobiotecnologías en Uruguay, con identificación de su origen.

Prácticamente todas las materias primas y equipamientos usados en el país por empresas, centros de investigación y universidades son importados. La importación es

realizada sin muchos problemas burocráticos. Un conocimiento más detallado de la cantidad de productos nobles consumidos (enzimas, reagentes, productos químicos puros) y equipamientos utilizados podrá ser útil para negociaciones de posibles acuerdos comerciales, servicios de manutención y piezas de reposición así como servir de orientación para inversiones privadas locales.

3.3.2 PRODUCTOS ESPERADOS DE TAREAS COMPLEMENTARIAS

Como parte integrante del SIB las tareas complementarias referidas generarán los siguientes productos:

a) Disponer de mecanismos institucionales, con centros de excelencia con un rol predominantemente de conducción de investigación considerada como básica. Los centros de investigación en Uruguay más habilitados para esto son: IIBCE; Facultad de Agronomía; Facultad de Veterinaria - DILAVE; Facultad de Humanidades y Ciencias

b) Realización de por lo menos un Seminario-Taller por año, con duración de una semana, durante los próximos cuatro años, con participación de 2 - 4 consultores internacionales de centros de excelencia, destinados a la comunidad científica del Uruguay.

c) Realización de reuniones con el parlamento nacional, para discutir las aplicaciones prácticas de las biotecnologías y su importancia para el desarrollo uruguayo. La Comisión Conjunta de Ciencia y Tecnología en la Cámara de Industrias, la Comisión Conjunta Poder Ejecutivo - Universidad de la República y AUDEBIO podrían estar directamente involucradas en esta acción.

d) Publicación periódica tipo "Newsletter" sobre el desarrollo de las agrobiotecnologías en el mundo y en Uruguay, mencionando aspectos relacionados a los avances tecnológicos, oportunidades comerciales, reglamentación y otros asuntos. Para ello se podría buscar cooperación de instituciones como AUDEBIO y otras.

e) Elaboración de videos que cubran diferentes áreas de las agrobiotecnologías, para presentación en escuelas, facultades, etc. Es deseable la cooperación de otras instituciones.

f) Disposición de un esquema de divulgación ágil, utilizando la prensa nacional y valijas directas, destinado al sector empresarial uruguayo, sobre las oportunidades comerciales concretas existentes en los mercados interno y externo.

g) Realización de un relevamiento nacional a nivel de cada institución para determinar el consumo anual de materias primas o insumos básicos, así como de la necesidad de equipamientos y piezas de reposición.

h) Formación de "pool de empresas" para facilitar la importación de insumos básicos y piezas de equipamientos de origen externo.

3.4 CREAR UN AMBIENTE FAVORABLE PARA EL DESARROLLO DE LAS AGROBIOTECNOLOGIAS A NIVEL NACIONAL

La calidad de los centros de investigación y desarrollo de un país es un punto clave para el éxito de la productividad intelectual. Por su parte la productividad intelectual está relacionada con la creatividad del científico que está determinada en buena medida por el ambiente de trabajo existente.

Si bien el ambiente de trabajo puede ser influenciado por factores como la estructura física disponible, un aspecto importante está relacionado con la remuneración profesional.

Al realizar un análisis sobre la remuneración de las personas involucradas en este sector, principalmente para aquellas instituciones de investigación y desarrollo, de enseñanza y control vinculadas al gobierno, es evidente la importancia de una mejora significativa de esta situación para asegurar la dedicación exclusiva de los profesionales involucrados en el desarrollo tecnológico.

Este ha sido un factor responsable por la salida de técnicos uruguayos especializados al exterior. La Universidad y los Centros de investigación del sector público son las bases para el desarrollo científico de un país. Un punto favorable para la solución parcial de este problema fue la reciente creación del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

Para el sector privado un ambiente favorable está asociado a normas legales, mecanismos de financiación y otros puntos que serán mencionados en otras secciones de este trabajo.

3.4.1 PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION

a) Propuesta concreta para permitir a los investigadores de los centros de investigación y universidades la participación en los beneficios financieros de la producción intelectual - productos o procesos y servicios - transferidos al sector productivo.

Algunos mecanismos usados por centros de investigación de otros países incluyen:

- El invento - producto o proceso - es propiedad de la institución que está empleando al investigador y su equipo responsable del descubrimiento.

• Cuando por alguna razón el producto o proceso no puede ser patentado, la institución puede hacer contratos especiales de producción con empresas privadas con participación en la venta final, por ejemplo, en torno de 1 a 5% del precio del producto. Los recursos así obtenidos podrían ser divididos entre la institución y el investigador.

• Ante la posibilidad de patentar u obtener un título de propiedad para el nuevo producto o proceso, la patente o el título de propiedad pertenecen a la institución. Sin embargo, existen varias formas de retribuir al investigador que ha actuado como inventor.

Con el pedido de propiedad intelectual, la institución puede firmar contratos de licencia con el sector productivo. El cobro de "royalties" puede entonces ser dividido entre la institución y el investigador, conforme a criterios como el mencionado a continuación:

Para los primeros US\$ 20.000. - 50% Institución
50% Investigador/es

Para los siguientes US\$ 20.000.-60% Institución
40% Investigador/es

Para los siguientes US\$ 20.000.-70% Institución
30% Investigador/es

Para la aplicación de criterios de esta naturaleza, se recomienda deducir primero todos los gastos de la institución para obtener el registro de propiedad. Es recomendable también, prever la aplicación de un porcentaje de los recursos obtenidos por la institución en proyectos de investigación y desarrollo del departamento o sector que generó el nuevo producto o nueva tecnología.

• En proyectos de investigación básica o desarrollo, conducidos en interacción con el sector privado nacional o externo, el investigador podrá tener una complementación de su sueldo, limitado al valor líquido que recibe de la institución. Las bases de este mecanismo pueden ser negociadas en cada caso entre la institución, el investigador y la empresa privada participante.

b) Relevamientos anuales para identificación de los puntos fuertes o débiles, a nivel nacional, en la agrobiotecnología con relación a: Legislación, Financiación, Integración con la Universidad y Centros de investigación, Transferencia de tecnología, Reglamentación, y Asociaciones de clase-cooperativas.

3.5 CAPACITAR PERSONAL EN TODOS LOS NIVELES

Se observa que Uruguay tiene una insuficiente masa crítica, principalmente en las áreas de ingeniería genética, biología celular, bioquímica, microbiología celular, bioquímica, microbiología y virología y cultivo de células, para dar apoyo a avances en las agrobiotecnologías en el país.

Se estima que el país posee una media de 400 investigadores científicos por cada millón de habitantes, trabajando en tiempo integral en ciencia y tecnología. Aquí se hace referencia a todos los campos de la ciencia. De acuerdo con datos de 1982, Brasil tiene cerca de 240/millón, Estados Unidos más de 3 mil, Japón 2.800 y Argentina tiene también 400. Otros datos actuales indican que Japón posee 2 PhDs por cada 1.000 habitantes, Estados Unidos tiene 1 PhD/1000 habitantes e IBM en el mundo tiene 20 PhD por cada 1.000 empleados. Brasil tiene 0,3 PhD/1000 habitantes y para Uruguay no se tienen datos, pero el número no debe ser superior al de Brasil.

Estudios recientes indicaban que en los Estados Unidos el 63% del personal que trabajaba en las empresas de biotecnología era de científicos y técnicos asociados a áreas de investigación y desarrollo, y este número debería crecer varias veces en los próximos años. En el Reino Unido se estima que se requerirían 1.000 científicos y técnicos y 4.000 técnicos de apoyo adicionales en los próximos 10 años (3).

Si analizamos estos indicadores solamente para el área de las agrobiotecnologías, la situación se presenta más precaria. Para revertir esta situación, Uruguay necesitaría por lo menos duplicar el número de científicos que trabaja en ciencia y tecnología, ya en esta década, ejecutando un programa agresivo de entrenamiento local y en el exterior y mejorando las condiciones de trabajo interno para atraer científicos uruguayos del exterior. La capacitación de personal calificado para desempeño de actividades técnicas de laboratorio es también un componente importante. Programas de cursos rápidos podrán hacerse en las Facultades de Agronomía, Veterinaria, de Química y de Humanidades y Ciencias.

La actividad de capacitación de personal deberá generar resultados específicos, identificados a continuación.

3.5.1 PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION

a) Elaboración de un plan de acción agresivo para un período de 4 años para capacitación de personal a nivel de posgrado y visitas científicas en el país y al exterior con concesión de becas para las siguientes áreas identificadas, cuyas prioridades por tema se estiman en el Cuadro 3-1.

Cuadro 3-1.

Capacitación externa nivel PhD o Posdoctor

Biología Molecular e Ingeniería Genética	2	72
Biología Celular	2	72
Bioquímica	3	108
Microbiología	3	108
Total	10	360

Capacitación Interna-Nivel MSc.

Fisiología Vegetal	4	96
Fisiología Animal	4	96
Sanidad Vegetal	4	96
Sanidad Animal	4	96
Micropropagación	4	96
Total	20	480

Viajes de Estudios (Visitas a centros de excelencia en el exterior)

Biología Molecular e Ingeniería Genética	2	8
Microbiología	2	8
Total	4	16

b) Elaboración de un plan de acción para capacitación de personal técnico a través de cursos cortos en el país. Se estima la realización de 2 cursos anuales en áreas o locales a identificar. El número de participantes en cada curso no debe ser mayor de 15 y el período de duración de cada curso entre 15 y 90 días.

Es necesario efectuar un relevamiento detallado en las facultades existentes en el Uruguay para determinar las posibilidades de cada una para capacitación de personal en áreas de interés de las agrobiotecnologías.

3.6 CREAR LINEAS ESPECIFICAS DE CREDITO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS EN AGROBIOTECNOLOGIAS

Medidas innovadoras que complementan la creación del INIA como el reciente Fondo Nacional de Promoción de la Tecnología, formado por la recaudación del 4% sobre los precios de venta de los productos de origen agropecuario (al nivel del productor) con la recomendación de invertir 10% de este total en la financiación de proyectos de investigación y desarrollo incluyendo el sector privado, así como, la existencia de medidas como el Artículo 444 de la Ley de Rendición de Cuentas 1989 para adquisición de equipamiento de investigación, son acciones que deberán acelerar la actividad tecnológica en el país.

La reducción de presupuestos en ciencia y tecnología, principalmente las nuevas tecnologías (las agrobiotecnologías) puede tener resultados desastrosos a mediano y largo plazo. Ninguno de los países industrializados ha invertido menos de 2,0% del PBI en ciencia y tecnología. En comparación, Argentina, Brasil y México invirtieron menos de 0,7% en este sector en la primera mitad de la década del 80 y continúan manteniendo niveles próximos a éste porcentaje. Existen evidencias que en Uruguay la inversión en ciencia y tecnología se encuentra por debajo del 0,5% del PBI.

Líneas de crédito para compañías privadas de agrobiotecnologías abarcando desde proyectos para la producción de un bien específico con uso de tecnología ya dominada hasta proyectos de investigación y desarrollo, podrían tener un lapso variado de desembolso y amortización, incluyéndose períodos de gracia así como plazos largos. Sería importante que el país dispusiera de mecanismos de cofinanciación en el área de inversiones de riesgo tecnológico.

Acciones relacionadas al incentivo fiscal y recaudación de impuestos en general podrán también ser utilizadas para actividades tecnológicas sin incluir subsidios proteccionistas.

3.6.1 PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION

Los productos más importantes de implementación de acciones o medidas de esa naturaleza incluyen:

a) Fortalecer el Fondo Nacional de Promoción de la Tecnología con entrada de nuevos recursos de origen interno o externo vinculando su aplicación a proyectos de las agrobiotecnologías.

b) Preparar a corto plazo la reglamentación del Artículo 444 de la Ley de Rendición de Cuentas 1989 y del Fondo Nacional de Promoción de la Tecnología del INIA.

c) Creación de líneas de crédito específicas para:

- Formación de nuevas compañías con uso de tecnología adecuada.

Planes de acción típicos, incluirían:

- Límite de financiación: US\$ 500.000 cubriendo hasta el 60% del costo del proyecto

- Condiciones básicas del préstamo: para compañías nacionales, con hasta 2 (dos) años de plazo de gracia y hasta 8 (ocho) años para amortización, con interés de 6 al 10% al año, más corrección de la moneda.

● Financiación de proyectos cuyo objetivo sea la producción de un bien o servicio con tecnología conocida y dominada por la empresa interesada. Planes de acción típicos incluirían:

- Límite de financiación: US\$ 100.000.

- Condiciones básicas del préstamo: para compañías nacionales, con hasta 2 (dos) años para amortización y período de gracia de 4 meses, con interés variable.

● Financiación de proyectos de investigación y desarrollo para empresas privadas con el objetivo de obtener un producto o proceso para aplicación comercial. Deben cubrir proyectos con maduración prevista entre 3 y 4 años con participación en hasta el 50% del costo total. Planes de acción típicos incluirían:

- Límite de financiación: US\$ 250.000.

- Condiciones básicas del préstamo: para empresas nacionales, con período de gracia de 18 meses, plazo de amortización de hasta 6 años, con interés de 6 al 10% al año, más corrección de la moneda.

- **Financiación de proyectos de I & D (investigación y desarrollo) conducidos en sistema de integración con la Universidad y Centros de investigación y Empresa Privada Nacional.** La financiación podrá cubrir hasta 70% de los costos con límite de US\$ 250.000, período de gracia de hasta 3 años y amortización en 8 años. Este financiamiento podrá tener la participación de más de una empresa -un consorcio de I & D-. Detalles sobre consorcios son dados más adelante.

- **Uso de mecanismos de incentivos fiscales para inversión en proyectos de I & D.** Las empresas nacionales podrán ser estimuladas a invertir hasta el 15% del valor debido del impuesto a la renta (limitado a US\$ 50.000/ año), en proyectos con universidades o centros de investigación. Estos proyectos tendrán una maduración entre 3 y 4 años. Después de este plazo, el préstamo podrá ser considerado a fondo perdido o reembolsable, dependiendo del producto o proceso obtenido (comercial o no comercial).

3.7 PROMOVER ACCESO A INFORMACIONES BASICAS PARA LA INSTALACION, ORGANIZACION Y OPERACION DE LABORATORIOS Y OTRAS UNIDADES

Una acción de gran importancia para el desarrollo de las agrobiotecnologías es la obtención de informaciones técnicas capaces de orientar al inversor así como a los científicos que están conduciendo proyectos de investigación y desarrollo.

Existen muchas oportunidades a través de la utilización de nuevas técnicas en el campo de las agrobiotecnologías que podrán atraer la inversión privada en el Uruguay, donde el sector con interés en esta área todavía está formado por un pequeño grupo de empresas con un volumen bajo de facturación. El potencial que existe en el sector empresarial parece significativo.

Así es que el gobierno en su función promotora podría prepararse para dar estímulos adecuados para inducir la inversión en esta área.

Para ello sería necesaria la creación de un sistema integrado de bioinformática con vistas a coordinar el almacenamiento de informaciones y colecciones de microorganismos de interés.

En esta materia es probable que los centros de investigación internacionales vinculados al CGIAR (Consultive Group for International Agricultural Research) puedan ser el puente entre el sector público uruguayo y los países desarrollados.

El intercambio internacional es de extrema importancia para el desarrollo interno y el gobierno uruguayo podrá accionar una serie de mecanismos específicos para asegurarlo, como se puede visualizar a través de algunos productos que están siendo indicados.

3.7.1 PRODUCTOS ESPERADOS DE ESTA ACCION

Los productos esperados son:

a) La creación, a través del INIA, de un esquema de consultoría especializada en agrobiotecnología aplicada con el objetivo básico de atender las solicitudes del empresariado nacional. Este esquema de consultoría podrá contar con participación de consultores nacionales e internacionales.

b) Crear, junto al INIA, un sector específico para desarrollo de tecnologías comerciales para atender al empresariado nacional. El objetivo de este mecanismo es acortar la distancia entre el sector académico y el empresarial. A través de acuerdos comerciales, el investigador del INIA podrá recibir la capacitación en compañías de países desarrollados, con el objetivo de aprender los secretos industriales de aplicación de las agrobiotecnologías.

c) Creación de un sistema integrado de bioinformática junto al INIA, para almacenamiento de informaciones sobre germoplasma, microorganismos, enzimas de restricción, genes, vectores y otros. Existen en el mundo, instituciones especializadas en proveer estas informaciones mediante una tasa anual y otros costos, de acuerdo con el número de consultas que son hechas, como por ejemplo el "Stanford Research Institute" (USA, California).

Una integración regional con la participación de institutos u organizaciones internacionales de desarrollo es recomendado para mejor racionalización.

d) Definición de áreas específicas en el campo de las agrobiotecnologías para firma de acuerdos y convenios, con centros de investigación nacional y empresas privadas. Esta cooperación puede existir en tres niveles: investigación básica; transferencia de tecnología - comercialización; y desarrollo de líneas de política cooperativa.

La estructura organizativa

El estudio sobre las oportunidades agrobiotecnológicas mencionadas en la Primera Parte hace referencia al Comité Nacional de Biotecnología (CNB), integrado por diez miembros con representación de varios ministerios públicos y del sector privado, con la finalidad de asesorar y proponer acciones del gobierno y del sector privado para el desarrollo de las biotecnologías en el país.

El Comité impulsó y concretó la realización de un relevamiento nacional, un taller sobre el desarrollo del sector biotecnológico en Uruguay y algunas otras acciones que culminaron con la organización de la Asociación Uruguaya de Empresas Biotecnológicas (AUDEBIO). Parece ser evidente que el CNB no está teniendo ahora una acción de coordinación más efectiva, sea por falta de gerencia de recursos para ser aplicados en proyectos de Agrobiotecnologías, o por razones inherentes a su propia organización.

En base a estas reflexiones, es recomendable que el INIA haga sugerencias al gobierno para transformar el CNB en un Comité realmente nacional con vinculación directa a la Oficina de Planeamiento y Presupuesto de la Presidencia de la República (OPP) y con presupuesto propio.

Con el objetivo de implementar las medidas propuestas, el MGAP crearía una coordinación nacional sectorial representada por un Grupo Consultivo (o Comité de Consulta como está referido en el Capítulo 6 de la Primera Parte) y una Secretaría Ejecutiva.

Este Comité Consultivo tendría representantes de sectores con actuación en las agrobiotecnología, reconocido conocimiento en áreas de investigación básica y aplicada, así como evaluación de proyectos.

El Comité deberá tener un máximo de 5 miembros, de los sectores identificados seguidamente:

- a) Un representante del MGAP, como Director del Comité;
- b) Un representante del sector empresarial (AUDEBIO);
- c) Un representante a ser elegido de las instituciones INIA, DILAVE o DGSV;

d) Dos representantes del sector académico a ser elegidos de las instituciones IIBCE, Universidad de la República y el Comité Nacional de Biotecnología.

El Secretario Ejecutivo no debe ser miembro del Comité sino de una institución con vinculación al MGAP-INIA. Es recomendable que la designación del Secretario Ejecutivo pase por una apreciación del Comité Consultivo.

Hay que definir con claridad las responsabilidades del Comité Consultivo. Se trata de un Comité con responsabilidades de asesoramiento al MGAP-INIA. Se mencionan a continuación algunos ejemplos:

Proponer al MGAP-INIA:

- a) Asesoramiento en la elaboración de la política nacional de agrobiotecnologías y en la elaboración de normas, reglamentos, leyes y otros marcos legales importantes.
- b) Las prioridades que deben ser observadas en el Plan Nacional de Agrobiotecnología.
- c) Las acciones relacionadas al desarrollo del Plan Nacional de Agrobiotecnología.
- d) Las directrices básicas a ser observadas en la elaboración, ejecución y evaluación de planes, programas y proyectos para la agrobiotecnología.
- e) Las directrices básicas a tener en cuenta para la concesión de becas así como en la selección del participante.

Con relación al aspecto operacional, el Comité Consultivo tendrá un presupuesto que podrá ser administrado por el INIA. El aporte de recursos para los gastos operacionales del Comité Consultivo y la Secretaría Ejecutiva deben tener origen en el propio sector gubernamental.

De una forma sumaria la estructura organizacional está indicada en el Cuadro 4-1.

En la Fig. 4-1 se muestra también el interrelacionamiento entre los componentes del programa.

Todo este conjunto deberá formar el Sistema Integrado de Agrobiotecnología para solucionar uno de los factores limitantes que han sido señalados en estudios recientes, que es la falta de coordinación.

Se identifica como un punto básico para impulsar el proceso la formación del Comité Consultivo, el presupuesto propio que puede ser administrado por el INIA.

Una vez creado, la primera tarea del Comité Consultivo será preparar un ensayo tentativo para determinar para cada una de las tareas referidas en la Sección IV de este documento, cuáles son los organismos/instituciones encargadas de las etapas de todo el proceso definidas a continuación:

- a) Formulación/Proposición
- b) Estudios y Análisis
- c) Aprobación
- d) Implementación

Cuadro 4-1. Síntesis de la Estructura Organizativa del Programa Nacional de Agrobiotecnologías

INSTITUCIÓN	ACTIVIDADES/RESPONSABILIDADES
MGAP	Definición de Políticas/Estrategias/Formulación del Programa
GRUPO CONSULTIVO Y SECRETARIA EJECUTIVA	Asesoramiento/Análisis Coordinación/Supervisión/Evaluación
INSTITUCIONES DE INVESTIGACION Y DESARROLLO/SECTOR PRODUCTIVO EMPRESARIAL	Elaboración/Presentación e Implementación de Proyectos Investigación Básica y Aplicada Producción de Bienes o Servicios

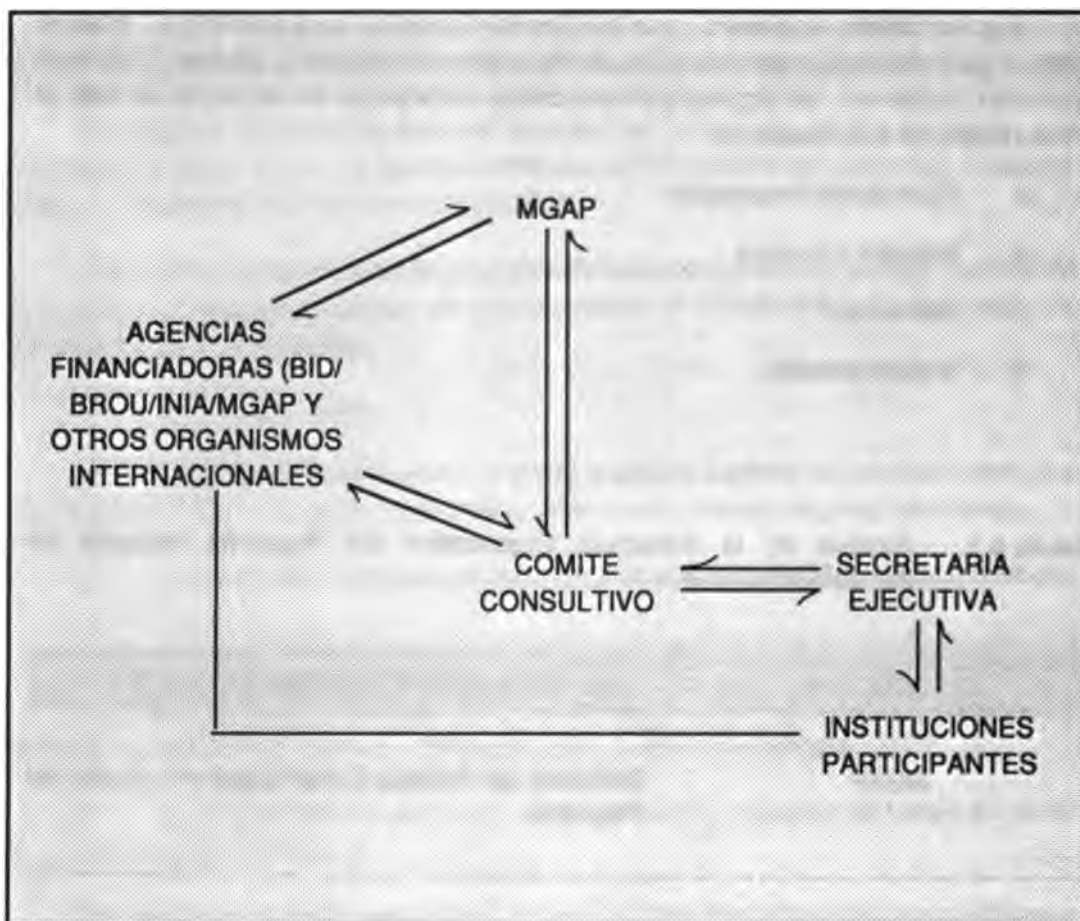


Figura 4-1 *Interrelacionamiento entre los componentes del Programa Nacional de Agrobiotecnología*

Requerimientos financieros

En el Cuadro 5-1 se presentan los requerimientos financieros por diferentes rubros de acuerdo con las acciones sugeridas en este documento. El rubro más significativo es el referente a las líneas de crédito. Estos valores están calculados en base al valor máximo que puede ser financiado tomándose como referencia un determinado número de empresas para cada una de esas líneas. Los valores referidos pueden ser negociados con organismos internacionales y/o fondos nacionales existentes o que vayan a ser creados. Sobre el total del requerimiento financiero presentado en dicho cuadro, el rubro "Líneas de Crédito" representa el 63%. El segundo rubro más importante es la "Capacitación del Personal", que representa 25% del total.

Cuadro 5-1. Requerimientos financieros.

RUBROS	En US\$/000				TOTAL
	I	II	III	IV	
1. PRESUPUESTO GC	35,9	35,9	35,9	35,9	143,6
1.1. Viáticos y Honorarios 240 h/año x 100,00	24,0	24,0	24,0	24,0	96,0
1.2. Secretaria Ejecutiva (Secretaria + Secretaria)					
US\$ 400,00 x 12	4,8	4,8	4,8	4,8	19,2
US\$ 200,00 x 12	2,4	2,4	2,4	2,4	9,6
1.3. Gastos Generales (15%)	4,7	4,7	4,7	4,7	18,8

(Continúa)

Cuadro 5-1 (continuación)

En US\$/000

RUBROS	AÑO				TOTAL
	I	II	III	IV	
2. OTROS RUBROS	<u>436.5</u>	<u>436.5</u>	<u>436.5</u>	<u>436.5</u>	<u>1746.0</u>
2.1. Relevamiento sobre Puntos Fuertes/Débiles Institucional					
1 Consultor local x 1m x 2000,00/año	2,0	2,0	2,0	2,0	8,0
2.2. Capacitación					
a. Becas Exterior					
360 mesesx4100,00/m:4	369,0	369,0	369,0	369,0	1476,0
b. Becas Nacionales					
480 mesesx300,00/m:4	36,0	36,0	36,0	36,0	144,0
c. Viaje de Estudio					
16 mesesx4000/m:4	16,0	16,0	16,0	16,0	64,0
d. Cursos Cortos					
3/añox4500	13,5	13,5	13,5	13,5	54,0
3. LINEAS DE CREDITO /FINANCIACION	<u>1350.0</u>	<u>850.0</u>	<u>1350.0</u>	<u>850.0</u>	<u>4400.0</u>
3.1. Nuevas Compañías					
1 cada 2 años	500,0	-	500,0	-	1000,0
3.2. Proyectos Aplicados					
2/año x US\$ 100.000,00	200,0	200,0	200,0	200,0	800,0
3.3. Proyectos I & D					
1/año x US\$ 250.000,00	250,0	250,0	250,0	250,0	1000,0
3.4. Proyectos I & D c/EPN e Institución Pública					
1/año x US\$ 250.000,00	250,0	250,0	250,0	250,0	1000,0

En US\$/000

RUBROS	AÑO				TOTAL
	I	II	III	IV	
3.5. Incentivos Fiscales					
- Impuesto Renta 3/año x US\$50.000,00	150,0	150,0	150,0	150,0	600,0
4. PLAN ACCION DESARROLLO TECNOLOGIA COMERCIAL					
2 viajes/año x 4.000,00	8,0	8,0	8,0	8,0	32,0
5. SISTEMA INTEGRADO BIOINFORMATICA					
US\$ 30.000 / año	30,0	30,0	30,0	30,0	120,0
6. PROPIEDAD INTELECTUAL	48,0	==	==	==	48,0
6.1. Consultores Externos					
1mesx6.000,00	6,0	-	-	-	6,0
6.2. Consultores Locales					
2x3mx2.000,00	4,0	-	-	-	4,0
7. OTRAS NORMAS LEGALES	22,0	12,0	==	==	34,0
7.1. Consultores Externos					
1mesx6.000,00	6,0	-	-	-	6,0
7.2. Consultores Locales					
2mesx2.000,00	4,0	-	-	-	4,0
7.3. SEGURIDAD					
Consultores Externos 4meses/6.000,00:2	12,0	12,0	-	-	24,0
8. RELEVAMIENTO-REVISION					
Consultores Locales 2mesesx2x2000,00	8,0	8,0	8,0	8,0	32,0
9. PROYECTOS PILOTO					
1 proyecto/añox40.000,00	40,0	40,0	40,0	40,0	160,0

(Continúa)

Cuadro 5-1 (continuación)

En US\$/000

RUBROS	AÑO				TOTAL
	I	II	III	IV	
10. SEMINARIOS CIENTIFICOS 1/año - 7 días	<u>23,5</u>	<u>23,5</u>	<u>23,5</u>	<u>23,5</u>	<u>94,0</u>
10.1. Consultores Externos 3x7x500,00	10,5	10,5	10,5	10,5	42,0
10.2. Pasaje Internacional 3x3.000,00/año	9,0	9,0	9,0	9,0	36,0
10.3. Gastos Generales 4.000/año	4,0	4,0	4,0	4,0	16,0
11. REUNIONES PARLAMENTO Consultores Locales 12h x 100,00	<u>1,2</u>	<u>1,2</u>	<u>1,2</u>	<u>1,2</u>	<u>4,8</u>
12. NEWSLETTER 500 un. x 2,60 un.	<u>1,3</u>	<u>1,3</u>	<u>1,3</u>	<u>1,3</u>	<u>5,2</u>
13. VIDEO - 10.000 x año	<u>10,0</u>	<u>10,0</u>	<u>10,0</u>	<u>10,0</u>	<u>40,0</u>
14. GASTOS GENERALES Courier, Comunicaciones Otros Impresos, etc. 5,0% Rubros 2+6+7+8+10+11+12+13)	<u>30,0</u>	<u>24,6</u>	<u>23,5</u>	<u>34,0</u>	<u>105,1</u>
	<u>1.044,4</u>	<u>1.481,0</u>	<u>1.970,9</u>	<u>1.468,4</u>	<u>6.964,7</u>

Apéndice - Ejemplos de propuesta de proyectos específicos

Se indican en este Capítulo algunos proyectos de producción, investigación aplicada y desarrollo e investigación básica que podrán ser conducidos por instituciones uruguayas. Se hace referencia también al programa de financiación BID-CONICYT.

6.1 PROYECTOS DE PRODUCCION

a) Producción de papa semilla clase básica libre de virus. Proyecto binacional en integración con INIA y Asociación de Productores de Semillas del Estado de Santa Catarina (APROSESC). Plantilla "in vitro" de las variedades en uso en el Estado de S. Catarina serían transferidas para multiplicación controlada al campo en áreas donde la incidencia de áfidos infectados con virus es baja. Las plantillas deberán pasar por una fase de multiplicación rápida en invernaderos a prueba de virus.

b) Producción de mudas de vid y FHC (Frutales de Hojas Caducas) libres de virus para el mercado interno y mercado brasileño (Rio Grande Do Sul, Santa Catarina y Paraná). Proyecto binacional integrado con EPN de micropropagación y empresa brasileña o cooperativa del Estado de Rio Grande do Sul. Material de cultivares usados en Brasil deberá ser recolectado en la región vinícola de aquel país para trabajos de indexación y limpieza en Uruguay. Las mudas serían producidas en Uruguay en ambientes controlados y multiplicadas en viveros libres de virus.

c) Producción de híbridos de tomate industrial. Proyecto binacional, con empresas uruguayas y brasileñas procesadoras de tomate.

6.2 PROYECTOS DE DESARROLLO/INVESTIGACION APLICADA

a) Proyecto de desarrollo para producción de kits para diagnósticos de enfermedades de papa causadas por virus y bacterias. Proyecto integrado entre EPN, INIA, DGSV, IIBCE para atender los mercados interno y latinoamericano.

b) Proyecto de desarrollo para mejorar las técnicas de fermentación en el proceso de ensilaje. Integración con la Facultad de Química y EPN con cooperación tecnológica del Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de San Paulo. Cooperación binacional Brasil-Uruguay.

c) Proyecto de desarrollo para control biológico de plagas con Baculovirus y caracterización de líneas de hongos Metharizium, Beauveria y Nomurea y de la bacteria Bacillus aphaericus. Proyecto en cooperación con EMBRAPA- CENARGEN, CNP Soya, INIA y Facultad de Agronomía con IIBCE. Cooperación binacional Brasil-Uruguay.

d) Evaluación de las mejores estirpes de Rhizobium japonicum loti y desarrollo de técnicas de producción industrial y control de calidad con el objetivo de mejorar su eficiencia en el campo. Proyecto integrado por Fac. de Agronomía, IIBCE y empresa privada.

6.3 PROYECTOS DE INVESTIGACION BASICA

a) Relevamiento y catalogación de hongos micorrizicos en Uruguay y formación de un banco con diferentes cepas. Proyecto de investigación básica para identificar las cepas existentes en Uruguay y su aplicación en cítricos, forestales y frutales de hojas caducas. Integración entre IIBCE, Fac. Agronomía y EPN.

b) Investigación básica para identificación de fuentes de resistencia a bacteria causadora del cancro cítrico. Proyecto conducido por el IIBCE y Facultad de Agronomía.

c) Investigación básica para identificar posibles ácaros predadores en cítricos y hortalizas. Proyecto de integración entre Fac. de Agronomía e IIBCE. Posibilidad también de integración con EMBRAPA-BRASIL.

6.4 PROYECTOS DEL BID-CONICYT

Los proyectos identificados a continuación están en proceso final de evaluación por el BID-CONICYT.

a) Inmunología básica de la hidatidosis, con el objetivo de producción de un kit de diagnóstico. Proyecto a ser desarrollado por la Facultad de Química.

b) Biología molecular de Echinococcus granulosus, proyecto de investigación básica orientada y servicios, conducido por la Fac. de Humanidades y Ciencias/Departamento de Bioquímica, con una sugerencia para crear un Servicio Nacional de síntesis de oligonucleótidos que servirá a todos los grupos involucrados en clonaje y secuenciación de genes, así como diagnósticos diversos, con utilización de sondas moleculares de ADN.

c) Investigación aplicada en la Facultad de Veterinaria, para el desarrollo de reactivos para evaluación de Clostridiosis y Producción de vacunas de Anaerobios.

d) Investigación aplicada de microtécnicas y transferencia de embriones combinadas con desarrollo de técnicas avanzadas en producción animal. Proyecto integrado entre Fac. de Veterinaria y DILAVE.

e) Proyecto fijación biológica de Nitrógeno presentado por la División de Bioquímica del IIBCE, con sugerencia para integrarlo con los Proyectos de la Facultad de Agronomía. Sobre mecanismos de la regulación de la expresión génica en el establecimiento de una simbiosis efectiva, mejoramiento genético de *Rhizobium loti* y mejoramiento de la fijación biológica de nitrógeno por leguminosas en suelos con bajo estado nutricional. Este proyecto deberá ser integrado con la industria productora de inoculantes.

f) Proyecto de investigación aplicada y servicios, por la División Neuroquímica del IIBCE con sugerencia de creación de una unidad de análisis de proteínas como servicio nacional, que servirá para proveer a otros grupos de investigación del país en lo que se refiere al uso de péptidos para fines de diagnóstico y/o investigación.

g) Proyecto de RFLP en diagnóstico genómico, básico orientado y de servicios, del IIBCE con sugerencia para integración con Semillas Santa Rosa S.A., para desarrollar resistencia a pedicularia en arroz y con el INIA para determinación de genotipos en relación a proteínas de leche.

h) Proyecto de desarrollo de métodos no convencionales de mejoramiento genético en cebada, de la Facultad de Agronomía, con sugerencia de que puede generar un polo de capacitación y desarrollo de infraestructura en materias centrales como fisiología vegetal, genética molecular, bioquímica básica y biológica. La interacción con grupos del IIBCE, Facultad de Ciencias e INIA puede servir de punto de partida para la capacitación rápida de personal.

i) Proyectos de la Facultad de Agronomía en sus diferentes laboratorios, tales como:

- Técnicas biotecnológicas para obtención de papa resistente al virus PLRV
- Formación de un banco de variedades de citrus libre de virus
- Caracterización de portainjertos de cítricos.

j) Proyecto integrado IIBCE y Santa Elena S.A. para desarrollo experimental de una vacuna para "foot root" ovino.

k) Proyecto de desarrollo de diagnóstico fitosanitario en integración con IIBCE y MGAP-DGSV destinado a diagnóstico en frutales.

l) Proyecto para desarrollar la implementación de incubadoras de empresas de RTA Consultores Asociados, con sugerencia de que la incubadora debe estar orientada a un campo bien amplio de desarrollo.

m) Proyecto de desarrollo experimental para producción de material de propegación de alta calidad genético-sanitaria de cultivares hortícolas, como papas y frutilla. Incluye también forestales. Proyecto en asociación de BIOSUR S.R.L., Fac. de Agronomía e INIA.

n) Investigación aplicada para el desarrollo de cepas mejoradas de levaduras para la industria vinícola, de la empresa Juan Carrau S.A., con sugerencia para ser desarrollado con el Departamento de Microbiología de la Facultad de Ciencias y con el Departamento de Biofísica de la Facultad de Medicina.

o) Proyecto aplicado para desarrollo de técnicas avanzadas en inmunología y técnicas biotecnológicas diagnósticas en Salud Animal, del DILAVE.

p) Proyecto de desarrollo de la Facultad de Agronomía, Cátedra de Microbiología para ingeniería genética de leguminosas nativas en Uruguay.

q) Proyecto de investigación básica orientada y servicios de la División de Biología Molecular del IIBCE para estudios de transferencia génica, con sugerencia de que sirva de punto de referencia a todos los proyectos en donde están involucrados clonaje molecular, secuenciación, vectores de expresión, etc.

Valor Total Estimado de Financiación para estos proyectos:

US\$ 3:450.000,00

Plazo de Ejecución: 4 años (91-94)

Referencias

- 1) **ALADI. 1990. Diagnóstico Normativo e Institucional de los regímenes nacionales de semillas de los países miembros de la ALADI. s.p., s.l.**
- 2) **BID (EE.UU.). 1988. Progreso Económico y Social en América Latina: Informe 1988, Tema especial Ciencia y Tecnología. Washington, D.C. (EE.UU.), s.p.**
- 3) **Cohen, J. 1988. Strengthening Collaboration in Biotechnology: International Agricultural Research and the Private Sector. Washington, D.C. (EE.UU.), USAID. Bureau for Science and Technology. s.p.**
- 4) **Survey Biotechnology. The Economist. 30 April 1988. s.p., s.l.**
- 5) **Thiele-Wittig, M.H. 1987. Acontecimientos recientes en la UPOV originados por los debates sobre Biotecnología. Montevideo, (Uru.), Dirección Nacional de Granos. s.p. Resumen del XII Seminario Panamericano de Semillas (1987)**

FECHA DE DEVOLUCION			

IICA
E14
1596
Autor

Título **Oportunidades de las agrobiotecnologías en Uruguay**

Fecha Devolución	Nombre del solicitante

Esta publicación tiene un
ciudad de Montevideo

Co

Ley 13.349.



