

Financiamiento de la investigación en Chile en biotecnología y en otras áreas relacionadas con el sector productivo

Support of research in Chile, in biotechnology and in other areas related to the productive sector

LIONEL GIL^{1, 4}, ALLAN WHITE² y EUGENIO CACERES³

¹ Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

² Departamento de Fisiología y Biofísica, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

³ Fundación Andes, Chile. ⁴ Casilla 70086, Santiago-7, Chile.

This study describes the financial support for research in Chile in different areas related to the productive sector including biotechnology. Four different sources which help research in the country through competitive research grants were analysed. These include: FONDECYT (National Fund for Research and Technology), Fondo de Desarrollo Productivo de CORFO (Fund for Productive Development), Fondo de Investigaciones Agropecuarias (Fund for Research in Agriculture and Livestock) and the IV Program for Technical Cooperation between the Chilean Government and UNDP. Biotechnology appears as one of the areas related to the productive sector having an important number of projects approved with a substantial financial support. Based in a survey, recommendations are made to improve the relationship between the productive and academic sector in biotechnology and other areas.

INTRODUCCION

La publicación de este volumen de los trabajos presentados en el Primer Congreso Nacional de Biotecnología permite obtener información sobre los grupos activos y el nivel de las investigaciones que ellos realizan. Este trabajo tiene por objeto analizar las principales fuentes de financiamiento que ha tenido la investigación en biotecnología en el país y compararla con la de otras áreas relacionadas con el sector productivo.

Los antecedentes que más adelante se exponen constituyen parte de un estudio encargado por la Fundación Andes para establecer las áreas que se deberían incluir en el segundo concurso de *proyectos de investigación para el desarrollo* que patrocina esa institución. Dicho Programa tiene como objetivo "fortalecer la vinculación entre las instituciones de educación superior y el sector productivo", con el propósito de contribuir al desarrollo científico-tecnológico del país.

En el primer concurso que con el mismo nombre convocó la Fundación en 1988, la postulación de proyectos se hizo en cinco

áreas. Estas áreas fueron elegidas por su relevancia para el desarrollo del sector productivo nacional y por las posibilidades de colaboración del sector de educación superior en la transferencia de conocimientos destinados a incrementar la innovación tecnológica. Dentro de cada área, y como referencia general no excluyente, se definieron líneas de investigación.

Las áreas de investigación establecidas fueron las siguientes:

- *Biotecnología.*
- *Recursos marinos renovables.*
- *Ciencia e ingeniería de materiales.*
- *Contaminación ambiental; y*
- *Sismología.*

METODOLOGÍA

Para la recopilación de la información y documentación necesarias se utilizó la siguiente metodología:

1. Se analizaron el número de proyectos aprobados y la asignación de recursos en diferentes concursos que financian proyectos de investigación en el país, en áreas del conocimiento relacionadas con el desarrollo científico y tecnológico.
2. Se reunió información sobre los avances y perspectivas de diferentes sectores de gran rele-

vancia para el desarrollo socioeconómico del país, con el objeto de orientar las investigaciones futuras hacia la mantención y mejoramiento de la competitividad de nuestros productos.

3. Se solicitó la opinión sobre el segundo concurso *proyectos de investigación para el desarrollo*, de la Fundación Andes, a instituciones relacionadas con la educación superior, el sector productivo, el sector académico, la cooperación internacional y organismos estatales de planificación, investigación y desarrollo. Estas opiniones se recogieron mediante entrevistas personales y un cuestionario que se entregó para ser respondido por escrito.

En lo que respecta al estudio de otros concursos que financian investigación en Chile, se analizaron los siguientes:

- i. *FONDECYT*. Se estudiaron los concursos FONDECYT de 1988 y 1989, considerando sólo aquellas áreas del conocimiento, ya sea básicas o tecnológicas, que tienen alguna relación con el sector productivo. Se incluyó, además, el área de contaminación ambiental por la magnitud que ha alcanzado este problema en el país. En los concursos de FONDECYT el aporte del sector productivo no es un requerimiento para participar.
- ii. *Fondo de desarrollo productivo de CORFO*. Esta investigación incluyó los once concursos del *Fondo de desarrollo productivo de CORFO* (FDP), realizados desde 1984 hasta agosto de 1989.
- iii. *Fondo de investigaciones agrícolas*. Se procesó la información de todos los concursos del *Fondo de investigaciones agrícolas* (FIA), realizados desde 1981 hasta agosto de 1989.
- iv. *PNCT-PNUD*. Se analizaron los resultados del IV Concurso del Programa Nacional de Cooperación Técnica, establecido entre el gobierno de Chile y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, proyectos que se ejecutan en el período 1987-1991 (PNCT-PNUD).

En los últimos tres concursos es un requisito para postular un compromiso de aporte del sector productivo.

El análisis de estos concursos de investigación permitió establecer:

1. La capacidad del sector académico para generar proyectos de calidad dentro de las diferentes áreas consideradas.
2. Las instituciones y los investigadores que desarrollan proyectos en las diferentes áreas.
3. Las empresas que contribuyen a realizar investigación científico-tecnológica.
4. El interés del sector productivo en apoyar proyectos de investigación.
5. El financiamiento total asignado, hasta ahora, a las diferentes áreas y los montos promedio por proyecto en los diferentes concursos.
6. Las áreas con mayor grado de desarrollo y las áreas deficitarias.

Considerando la información obtenida en el análisis de los concursos de investigación previamente mencionados, la opinión de las instituciones y personas encuestadas y los antecedentes recogidos sobre avances y perspectivas económicas de sectores de importancia para el desarrollo del país, en este trabajo se clasificaron los proyectos en las siguientes áreas:

- I. *Biotechnología*.
- II. *Recursos hidrobiológicos renovables y acuicultura*.
- III. *Recursos forestales y su hábitat*.
- IV. *Recursos hortofrutícolas y su agroindustria*.
- V. *Recursos agrícolas*.
- VI. *Recursos pecuarios*.
- VII. *Ciencia e ingeniería de materiales*.
- VIII. *Contaminación ambiental*.
- IX. *Desarrollo de equipos, instrumental, maquinaria y software*.
- X. *Estrategias económicas relacionadas con el sector productivo y las medidas legislativas para apoyar la producción y la conservación del medio ambiente*.

Proyectos cuyas actividades permitían incluirlos en más de unas de las áreas seleccionadas se clasificaron sólo en la de mayor significación, de acuerdo a sus objetivos.

Un antecedente de importancia en la selección de algunas áreas o sectores lo constituyó el cuadro sectorial de exportaciones chilenas en 1988 y 1989 (Tabla I).

TABLA I
Exportaciones chilenas en 1988 y 1989

Sector	Millones de dólares			
	1988		1989	
Minero	3.848,3	(54,6)	4.021,4	(49,8)
Forestal	736,1	(10,4)	777,2	(9,6)
Pesquero	815,3	(11,6)	900,8	(11,1)
Frutícola	662,4	(9,4)	652,8	(8,1)
Otros	989,7	(14,0)	1.727,8	(21,4)
Total	7.051,8	(100,0)	8.080,0	(100,0)

Fuente: Banco Central de Chile, Indicadores de Comercio Exterior, diciembre 1989; Boletín Mensual, Banco Central de Chile, número 745, marzo 1990.

* Las cifras entre paréntesis indican el % con respecto al total de exportaciones del año.

Del total de las exportaciones chilenas, el 86% en 1988 y el 78,6% en 1990 se distribuyeron en cuatro sectores: pesquero, forestal, frutícola y minero.

La encuesta mediante la cual se solicitó su opinión a diferentes personas e instituciones contenía las siguientes preguntas:

1. ¿Introduciría usted modificaciones a las áreas o líneas de investigación establecidas en el primer concurso de "Investigación para el Desarrollo" de la Fundación Andes? Si su respuesta es afirmativa, señale las áreas o líneas de investigación que deberían incluirse en el segundo concurso y cuáles eliminarse.
2. ¿Qué áreas y líneas de investigación son consideradas prioritarias para el sector que usted representa?
3. ¿Cree usted aconsejable introducir modificaciones a las bases del concurso?
4. Además del concurso de investigación, ¿qué otras acciones podrían establecerse para vincular el sector productivo con el sector académico?
5. ¿Cuáles cree usted que son las principales limitantes que han tenido estos vínculos?
6. ¿De qué modo el sector que usted representa puede contribuir a mejorar estos vínculos?
7. ¿Desea usted entregar alguna sugerencia adicional?

Todas las respuestas a la encuesta (30) fueron analizadas. Las instituciones consultadas fueron las siguientes: Biotécnica de Chile, Comisión de Energía, CONAF, CONICYT, CORFO, CORMA, CORPESCA, División de Educación Superior del Ministerio de Educación, Fundación Chile, ICSU, IFOP, INIA, Instituto Antártico Chileno, Instituto de Chile, Instituto Forestal, ODEPLAN, SOFOFA, SNA, SONAMI.

La información sobre los concursos de investigación fue proporcionada por: Mary Rose Mackenzie (FONDECYT), Ana María Pérez (FIA), José Carballal (FDP), Estela de Singh (PNUD).

FINANCIAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

La Tabla II muestra el número de proyectos de investigación y el financiamiento que ha obtenido el área de biotecnología en los concursos 1988 y 1989 de FONDECYT,

en los once concursos del Fondo de Desarrollo Productivo de CORFO, en los concursos de FIA y en el IV concurso PNCT-PNUD.

Con respecto al total de los proyectos aprobados en todas las áreas incluidas en el presente estudio, los porcentajes de trabajos aprobados en biotecnología fluctuaron entre un 4,1% (FIA) y un 16,3% (PNCT-PNUD) (Tabla III).

Concursos FONDECYT, 1988, 1989

En el concurso FONDECYT 1988 se aprobaron 383 proyectos, asignándose \$ 1.462,8 millones. Los proyectos relacionados con el sector productivo fueron 129 (33,68%) con un financiamiento de \$ 553,6 millones (37,75%). De los 129 proyectos aprobados, un 10,1% fueron del área de biotecnología. Por otra parte, en el concurso 1989 se aprobaron 502 proyectos por un valor total de \$ 1.891,2 millones. Los proyectos relacionados con el sector productivo fueron 142 (28,3%), asignándose \$ 664 millones (35,1%); de éstos, un 11,3% eran de biotecnología.

En el concurso de 1988 el financiamiento promedio por proyecto fue de \$ 6.065.500 (Tabla IV), el más alto de todas las áreas consideradas en este estudio y en 1989 fue de \$ 5.278.200 (Tabla V).

Las áreas del conocimiento que abarcan ambos concursos incluyen bioquímica, botánica, microbiología, ingeniería química, agronomía, medicina, biología molecular, biología marina, fisiología vegetal e ingeniería sanitaria.

TABLA II

Proyectos del área de biotecnología financiados por FONDECYT, FPD, FIA y IV PNCT-PNUD

	Nº de proyectos financiados	Financiamiento		
		S.P.	F.F.	Total
FONDECYT 1988	13	—	78.851,0	78.851,0
FONDECYT 1989	16	—	84.451,0	84.451,0
FDP	13	80.012,1*	80.597,3*	160.609,4*
FIA	2	36.769,0*	207.629,0*	244.398,0*
IV PNCT-PNUD	7 ^a	322,0**	1.363,4**	1.729,8**

* Miles de pesos (no corregidos por IPC).

** Miles de dólares.

S.P. Sector productivo.

F.F. Fuente de financiamiento.

^a El financiamiento total del IV PNCT-PNUD incluye, además, un aporte del gobierno.

TABLA III

Proyectos aprobados en los concursos de FONDECYT, CORFO (FDP), FIA y PNCT-PNUD

	FONDECYT 1988		FONDECYT 1989		CORFO FDP		FIA		PNCT-PNUD	
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)
Biotecnología	13	(10,1)	16	(11,3)	13	(6,7)	2	(4,1)	7	(16,3)
Rec. Hidrobiológicos	16	(12,4)	19	(13,4)	30	(15,4)	—	—	8	(18,6)
Rec. Forestales	9	(7,0)	7	(4,9)	16	(8,2)	7	(14,2)	4	(9,3)
Rec. Hortofrutícolas	5	(3,9)	9	(6,4)	37	(18,9)	10	(20,4)	3	(7,0)
Rec. Agrícolas	12	(9,3)	23	(16,2)	13	(6,7)	14	(28,6)	1	(2,3)
Rec. Pecuarios	12	(9,3)	9	(6,4)	11	(5,6)	10	(20,4)	1	(2,3)
Ciencia e Ingeniería	43	(33,3)	35	(24,6)	37	(19,0)	—	—	13	(30,2)
Contam. Ambiental	4	(3,1)	8	(5,6)	—	—	2	(4,1)	—	—
Desarrollo de Equipos	9	(7,0)	7	(4,9)	37	(19,0)	—	—	—	—
Estrategias Económicas	6	(4,6)	9	(6,3)	1	(0,5)	2	(4,1)	3	(7,0)
Total	129	(100,0)	142	(100,0)	195	(100,0)	49	(100,0)*	43	(100,0)**

* Existen dos proyectos relacionados con el sector productivo, no clasificados dentro de estas áreas.

** Existen tres proyectos relacionados con el sector productivo, no clasificados dentro de estas áreas.

Los títulos de algunos de los proyectos aprobados son los siguientes:

- Caracterización estructural y bioquímica del sistema de modificación-restricción de *Bacillus stearothermophilus* V.
- Sondas de DNA específicas para identificar ovas responsables de la transmisión vertical de enfermedades infecciosas en salmonídeos.
- Producción de biorreactor de biomasa en la microalga *Nannochloropsis SP* para su utilización como suplemento alimenticio rico en el ácido graso W-3 eicosapentanoico.
- Control biológico de *Rhizoctonia solani* en papas mediante bacterias antagónicas.
- Producción por fermentación e inmovilización de lactasa de levadura para la industria láctica.
- Micropropagación clonal en algas agarófitas marinas: *Gracilaria SPP* (pelillo) y *Gelidium SPP* (chasca).
- Adherencia de *Thiobacillus ferrooxidans* a minerales de cobre. Análisis del rol del LPS y proteínas de membrana externa en el anclaje bacteriano.
- Antígenos espermáticos involucrados en la interacción de gametos: Estudio por medio de genotecas de expresión.
- Identificación, purificación y caracterización de células de hongos nativos.
- Genes de proteínas de membrana externa de *Salmonella tiphimurium* y *Sal-*

monella tphi, regulados anaeróbicamente.

- Desarrollo de sistemas de micropropagación *in vitro* de especies frutícolas a través de cultivos inespecíficos.
- Utilización integral del kril antártico (*Euphasia superba*).
- Participación de bacterias lácticas y levaduras en la producción de ácido acético en fermentaciones lentas.
- Aislamiento y caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium frankia*): inicio de cepario.
- Aprovechamiento energético de los relleños sanitarios por la industria.
- Fermentaciones y germinación de leguminosas de consumo tradicional. Efectos nutricionales y organolépticos.
- Mecanismos sensoriales y adaptativos de las bacterias. Aspectos de la quimiotaxis y respuesta al stress ambiental.
- Mecanismos bioquímicos de respuestas de plantas superiores a la infección por microorganismos patógenos.
- Expresión genética para la termotolerancia y resistencia a la injuria en dos árboles chilenos. *Prosopis chilensis* y *Araucaria araucana*.
- Desarrollo e implementación de tecnología de inmunoquímica moderna para la detección de moléculas de importancia biomédica. Aplicación al diagnóstico de la enfermedad de Chagas y de la tuberculosis.

- Degradación bacteriana de lignina. Identificación de las enzimas que catalizan ruptura de enlaces intermonoméricos y clonamiento de los genes que las codifican.
- Efecto de la anaerobiosis en la expresión de las porinas de *Salmonella tphi*.
- Desarrollo de sondas moleculares no radiactivas para el diagnóstico rápido de virus y bacterias patógenas.
- Estudio sobre la expresión de genes de RNA ribosomal de *Thiobacillus ferro-oxidans*.
- Estudio micromorfológico y bioquímico del palo podrido. Un proceso natural de biopulpaje.
- Procesos de lixiviación bacteriana aplicados a la recuperación de cobre desde minerales de calcopirita.
- Mantenición y evaluación de germoplasma chileno de papas.
- En la búsqueda de genes de la resistencia al frío en vegetales superiores.
- Biotecnología aplicada al estudio de la brucella y brucelosis. Creación de un centro de referencia, capacitación y planta piloto productora de vacunas y antígenos para diagnóstico.

TABLA IV

Financiamiento de los proyectos aprobados en el concurso de FONDECYT 1988

	Nº de proyectos	Total*	% de los fondos**	Financiamiento promedio*
Biotechnología	13	78.851,0	14,2	6.065,5
Rec. Hidrobiológicos	16	76.827,1	13,9	4.801,7
Rec. Forestales	9	42.690,2	7,7	4.743,4
Rec. Hortofrutícolas	5	19.674,9	3,5	3.935,0
Rec. Agrícolas	12	54.162,6	9,8	4.513,6
Rec. Pecuarios	12	53.670,2	9,7	4.472,5
Ciencia e Ingeniería	43	154.191,9	27,9	3.585,9
Contamin. Ambiental	4	18.304,4	3,3	4.576,1
Desarrollo de Equipos	9	38.291,3	6,9	4.254,6
Estrategias Económicas	6	16.923,3	3,1	2.820,6
Total	129	553.586,9	100,0	4.291,4

* Miles de pesos (enero 1988).

** Porcentaje de los fondos asignados a proyectos relacionados con el sector productivo.

TABLA V

Financiamiento de los proyectos aprobados en el concurso de FONDECYT 1989

	Nº de proyectos	Total*	% de los fondos**	Financiamiento promedio*
Biotechnología	16	84.451,0	12,7	5.278,2
Rec. Hidrobiológicos	19	105.167,0	15,8	5.535,1
Rec. Forestales	7	22.965,0	3,4	3.280,7
Rec. Hortofrutícolas	9	42.367,0	6,4	4.707,4
Rec. Agrícolas	23	86.126,0	13,0	3.744,6
Rec. Pecuarios	9	45.023,0	6,8	5.002,6
Ciencia e Ingeniería	35	182.529,0	27,6	5.215,1
Contamin. Ambiental	8	30.384,0	4,6	3.798,0
Desarrollo de Equipos	7	42.525,0	6,4	6.075,0
Estrategias Económicas	9	22.423,0	3,3	2.491,4
Total	142	663.960,0	100,0	4.675,8

* Miles de pesos (enero 1989).

** Porcentaje de los fondos asignados a proyectos relacionados con el sector productivo.

La Tabla VI muestra las instituciones ejecutoras y el número de proyectos de FONDECYT que desarrollan.

Concursos del Fondo de Desarrollo Productivo de CORFO

Se financió el 6,7% del total de los proyectos aprobados en los concursos, con un promedio de financiamiento de \$ 12.354.600 (uno de los más alto de todas las áreas consideradas en este estudio) (Tabla VII), en el cual los patrocinantes aportaron \$ 6.154.800 y el FDP \$ 6.199.800.

Los estudios comprenden aspectos tales como:

- Fijación simbiótica de nitrógeno e inoculación de praderas.
- Desarrollo de germoplasma de alfalfa.
- Tipificación de serotipos de virus.
- Uso de efluente de biodigestor como abono.
- Hidrólisis de permeato.
- Obtención de hidrolizados proteicos.
- Lixiviación para producción de abonos y para depurar carbones.

TABLA VI

Instituciones ejecutoras de proyectos de biotecnología financiados en los concursos de FONDECYT, FDP, FIA y IV PNCT-PNUD

Institución	Nº de proyectos				Total
	FONDECYT (88-89)	FDP	FIA	IV PNCT-PNUD	
U. de Chile	7	—	—	—	7
Pontificia U. Católica	6	3	—	2	11
U. de Santiago	1	—	—	—	1
U. Cat. Valparaíso	2	1	—	1	4
U. de Valparaíso	2	—	—	—	2
U. de Talca	2	—	—	—	2
U. Austral	4	1	—	1	6
U. de Concepción	1	—	1	1	3
U. de Antofagasta	—	—	—	1	1
INTEC	—	2	—	1	3
INIA	—	—	1	—	1
Liceo Agrícola de Molina	—	1	—	—	1
BIOSCHILE	—	2	—	—	2
LEFERSA	—	1	—	—	1
Otros	—	2	—	—	2

TABLA VII

Financiamiento de los proyectos aprobados en los concursos del Fondo de Desarrollo Productivo de CORFO (FDP)

	Aportes totales			Financiamiento promedio*
	Nº de proyectos	Total*	% de los fondos	
Biotecnología	13	160.609,4	8,0	12.354,6
Rec. Hidrobiológicos	30	335.054,7	16,8	11.168,5
Rec. Forestales	16	151.141,2	7,6	9.446,3
Rec. Hortofrutícolas	37	416.960,2	20,9	11.269,2
Rec. Agrícolas	13	102.355,7	5,2	7.873,5
Rec. Pecuarios	11	128.328,9	6,4	11.666,3
Ciencia e Ingeniería	37	263.573,6	13,2	7.123,6
Contamin. Ambiental	—	—	—	—
Desarrollo de Equipos	37	411.215,0	20,6	11.113,9
Estrategias Económicas	1	26.586,4	1,3	26.586,4
Total	195	1.995.825,1	100,0	10.235,0

* Miles de pesos (agosto 1989).

Equivalencia al 1º de agosto de 1989, 1 US\$ = \$ 261,78.

- Diseño de fermentador para la obtención de ácido giberélico.
- Producción de kits para la determinación de hormona.
- Uso de meristemas para la propagación de plantas.
- Desarrollo de vacuna contra la hepatitis B.

La Tabla VI muestra las instituciones ejecutoras y el número de proyectos del FDP que desarrollan.

Concursos del Fondo de Investigaciones Agropecuarias

Entre los proyectos aprobados en los concursos del FIA, un 4,1% corresponden al área de biotecnología, con un promedio de financiamiento de \$ 122.199.000 (Tabla VIII), en el cual los patrocinantes aportaron \$ 18.384.500, mientras que el FIA colaboró con \$ 103.814.500.

Los estudios integran aspectos tales como:

- Fitomejoramiento de papas.
- Factores que influyen en la fijación del nitrógeno y en la producción del frejol.

En la Tabla VI se muestran las instituciones ejecutoras y el número de proyectos del FIA que desarrollan.

IV concurso PNCT-PNUD

En el IV concurso PNCT-PNUD 16,3% de los proyectos aprobados corresponden a biotecnología, con un financiamiento promedio de US\$ 247.108,3 (uno de los más alto de todas las áreas consideradas en este estudio) (Tabla IX). La contribución de las empresas fue de US\$ 46.000 (18,6%); del gobierno US\$ 6.340; y del PNUD US\$ 194.768,3.

Entre las empresas que aportan a los proyectos figuran: CODELCO, Exportadores de Productos Marinos, Servicio Agrícola y Ganadero, Pesquera Guanaye, CMPC, Exportadores Sierra, Neva, Monte Aguila, Stiftung Vol y Celulosa Arauco.

Los proyectos incluyen estudios sobre:

- Lixiviación bacteriana de minerales.
- Recuperación de aguas servidas.
- Producción de antígeno y vacuna contra la brucelosis.
- Producción de beta-caroteno a partir de microalga.
- Procesos biológicos en la industria de la celulosa.
- Micropropagación vegetal.
- Obtención de esteroides por biotransformación.

La Tabla VI muestra las instituciones ejecutoras y el número de proyectos del IV concurso PNCT-PNUD que desarrollan.

TABLA VIII

Financiamiento de los proyectos aprobados en los concursos del Fondo de Investigaciones Agropecuarias (FIA)

	Aportes totales			
	Nº de proyectos	Total*	% de los fondos	Financiamiento promedio*
Biotechnología	2	244.398,0	9,3	122.199,0
Rec. Hidrobiológicos	—	—	—	—
Rec. Forestales	7	87.308,0	3,3	12.472,6
Rec. Hortofrutícolas	7	219.475,0	8,4	31.353,6
Rec. Agrícolas	14	1.293.748,0	49,4	92.410,6
Rec. Pecuarios	10	513.299,0	19,6	51.329,9
Ciencia e Ingeniería	—	—	—	—
Contam. Ambiental	2	155.865,0	5,9	77.932,5
Desarrollo de Equipos	—	—	—	—
Estrategias Económicas	2	40.799,0	1,6	20.399,5
Sin clasificar	2	65.633,0	2,5	32.816,5
Total	46**	2.620.525,0	100,0	56.968,0

* Miles de pesos (agosto 1989).

** A otros 3 proyectos aprobados no les había sido asignado financiamiento en agosto de 1989. Equivalencia al 1º de agosto de 1989, 1 US\$ = \$ 261,78.

TABLA IX

Financiamiento de los proyectos aprobados en el IV concurso del PNCT-PNUD

	Aportes totales			Financiamiento promedio US(\$)
	Nº de proyectos	Total US(\$)	% de los fondos	
Biología	7	1.729.758,0	16,9	247.108,3
Rec. Hidrobiológicos	8	1.496.317,0	14,6	187.039,6
Rec. Forestales	4	711.040,0	7,0	177.760,0
Rec. Hortofrutícolas	3	609.769,0	5,9	203.256,3
Rec. Agrícolas	1	969.460,0	9,4	969.460,0
Rec. Pecuarios	1	69.500,0	0,7	69.500,0
Ciencia e Ingeniería	13	3.204.934,0	31,2	246.533,4
Contamin. Ambiental	—	—	—	—
Desarrollo de Equipos	—	—	—	—
Estrategias Económicas	3	780.702,0	7,6	260.234,0
Sin clasificar	3	688.520,0	6,7	229.506,7
Total	43	10.260.000,0	100,0	238.604,7

Relación entre el sector productivo y el académico

No ha sido el objetivo principal de este estudio analizar los problemas que ha tenido en el país la relación entre el sector productivo y el académico. No obstante, en la encuesta se han recogido los comentarios de diversas personas e instituciones que pueden ser de interés para mejorar estas relaciones en el área de Biotecnología.

Algunas preguntas y sus respuestas fueron las siguientes:

Además del concurso de *investigación para el desarrollo* de la Fundación Andes, ¿qué otras acciones podrían establecerse para vincular el sector productivo y el académico?

Respuestas:

- Realizar seminarios, talleres y cursos con participación conjunta de los dos sectores.
- Promover el desarrollo de tesis de pre y postgrado en problemas relacionados con la producción.
- Promover la estadía de profesionales de las industrias en los centros de investigación universitarios.
- Dictar charlas de difusión en las empresas, por parte de los académicos.

¿Cuáles cree usted que son las principales limitantes que han tenido estos vínculos?

Respuestas:

- Falta de comunicación.
- Carencia de información.
- Diferencia de formación.

¿De qué modo el sector que usted representa puede contribuir a mejorar estos vínculos?

Respuestas:

- Mencionaron: facilidades para organizar cursos, simposios, reuniones y seminarios.

De las respuestas y opiniones recogidas se concluye que es indudable que para producir un acercamiento entre el sector productivo y el sector académico en esta área se requiere un conocimiento de las capacidades y limitaciones de ambos sectores. Al mismo tiempo, son necesarios algunos cambios de mentalidad que permitan crear, en las universidades, estructuras dinámicas, al servicio de los investigadores, exentas de burocracia y con capacidad gerencial.

De este modo sería recomendable la existencia en las universidades de oficinas que dispongan de:

- Conocimiento e información técnica sobre las investigaciones que se realizan en la institución y sus posibles aplicaciones en el sector productivo.

- Capacidad para contactar al investigador con el sector productivo.
- Experiencia para establecer perfiles de factibilidad técnico-económica.
- Información de mercado y de patentes.
- Habilidad para negociar contratos.
- Capacidad para resolver conflictos.

Algunas iniciativas de éxito en otros países han sido:

- La instalación en la universidad de “incubadoras de empresas”.
- La creación dentro de la universidad de instituciones del sector privado destinadas a investigación y desarrollo (Parques de Ciencia e Investigación).

Por otra parte, el sector productivo debe comprender que es necesario el desarrollo tecnológico para mantener y mejorar la competitividad de los productos chilenos en los mercados internacionales. Al mismo tiempo, debe conocer la capacidad de los recursos humanos y la infraestructura que posee el sector académico. Para promover la relación entre las empresas y las universidades sería importante que las empresas creen “departamentos técnicos”, dedicados a investigación y desarrollo.

Es necesario señalar que el sector productivo chileno dispone de excelentes revistas técnicas en las cuales los científicos podrían escribir artículos de difusión.

Entre éstas se pueden mencionar:

- Revista *Industria* (Sociedad de Fomento Fabril).
- *Boletín Informativo* (Corporación Chilena de la Madera).
- *Chile Pesquero* (Corpesca).
- *Boletín Económico y de Mercado* (Sociedad Nacional de Agricultura).
- *Revista del Campo* (Sociedad Nacional de Agricultura).

Otras recomendaciones surgidas de este estudio son:

1. Promover la confección de un directorio

Con el objeto de facilitar los contactos y mejorar la información debería promoverse la confección de un directorio de investiga-

dores y de empresas en biotecnología y en otras áreas relacionadas con el desarrollo científico-tecnológico del país.

2. Clasificación nacional de áreas de investigación relacionadas con la producción

Uno de los principales problemas para la búsqueda de información en este estudio fue la ausencia en el país de una clasificación por áreas de investigación relacionadas con el sector productivo. CONICYT utiliza, con algunas modificaciones, la clasificación de UNESCO por disciplinas científicas y tecnológicas. En esa clasificación no figura, por ejemplo, la biotecnología. La clasificación tecnológica es insuficiente para establecer una relación adecuada con las áreas productivas del país.

Por esta razón sería recomendable que se promoviera una iniciativa nacional para definir una clasificación por áreas de investigación relacionadas con el sector productivo chileno y que esta clasificación sea utilizada en todos los concursos de investigación del país. Además, para facilitar la búsqueda de información sobre la naturaleza de los proyectos, sería importante introducir en los formularios de todos los concursos de investigación del país el uso de “palabras claves”.

3. Intercambio de información entre las instituciones que patrocinan concursos de investigación

Se debería promover el intercambio de información entre los diferentes concursos que apoyan la investigación en el país. Esto ayudaría en la toma de decisiones y evitaría la duplicación de esfuerzos. Incluso, sería aconsejable que en los consejos que resuelven estos concursos hubiera representantes de otras instituciones que financian proyectos de investigación, por ejemplo, sería útil la presencia de representantes de FONDECYT en los consejos de FDP y FIA, y viceversa.

Como resultado del estudio efectuado se sugirió la inclusión del área de biotecnología en el segundo concurso de “Investiga-

ción para el Desarrollo" de la Fundación Andes, en base a las siguientes consideraciones:

1. El país dispone en la mayor parte de sus regiones de abundantes desechos, de recursos renovables y no renovables, que pueden ser utilizados como materia prima para ser transformados por biotecnología en productos con mejor valor agregado.
2. La biotecnología puede contribuir a mejorar el nivel de la salud humana y animal, mejorar la productividad agrícola, introducir nuevas variedades animales y vegetales adaptadas a las condiciones climáticas del país, bajar los costos de producción de algunos minerales, descontaminar el medio ambiente, etc.
3. El sector privado ha mostrado interés por la investigación y desarrollo biotecnológico, materializado en financiamiento de proyectos con participación conjunta de los sectores productivo y académico.
4. Existen organizaciones como el Comité Nacional con sede en CONICYT que promueven el desarrollo de la biotecnología. Este comité tiene entre sus tareas el proponer un Programa Nacional de Biotecnología a nivel gubernamental con participación del sector académico y el sector empresarial. Además, se está creando una organización que agrupará a los empresarios y que se asociará con instituciones de empresarios de biotecnología de otros países latinoamericanos.
5. Chile dispone de infraestructura y recursos humanos capacitados para hacer investigación con el fin de desarrollar, adaptar e incorporar nuevas técnicas utilizadas en la obtención de productos por biotecnología.
6. El sector académico ha demostrado capacidad para generar proyectos de calidad con participación del sector privado.
7. Existe la necesidad de realizar investigación de carácter multidisciplinario que contribuya a mejorar áreas del conocimiento deficitarias en el país, tales como: la microbiología, la inmunología, etc.

8. Se estima que el apoyo a la investigación en biotecnología contribuiría al desarrollo de las universidades regionales y a fomentar su interacción.
9. Hay una alta probabilidad de que las investigaciones realizadas tengan un impacto en la transferencia al sector productivo de nuevas tecnologías que favorezcan el desarrollo de productos, ya sea destinados a la exportación o a sustituir importaciones.
10. Es muy probable que las investigaciones que se efectúen en biotecnología ayuden al conocimiento de problemas de gran relevancia para el país, relacionados o no con el sector productivo (ej.: descontaminación del medio ambiente).
11. La biotecnología podría estimular en Chile, al igual como ha ocurrido en otros países, el desarrollo de microempresas de alta tecnología y de gran rentabilidad.

De acuerdo a las sugerencias recogidas y a las áreas de relevancia que ha definido el Comité Nacional de Biotecnología, se recomendaron las siguientes líneas de investigación para ser incluidas en biotecnología, en el segundo concurso de *investigación para el desarrollo* de la Fundación Andes:

- Lixiviación bacteriana de minerales, incluyendo metales preciosos.
- Fijación biológica de nitrógeno.
- Cultivo de tejidos vegetales.
- Degradación anaeróbica de residuos biológicos.
- Reactivos de diagnóstico para enfermedades: humanas, de animales y plantas.
- Cultivo masivo de microalgas.
- Residuos lignocelulósicos agrícolas y forestales.
- Biotecnología de enzimas industriales.
- Biotecnología de manipulación de embriones animales.
- Biotecnología marina.

CONCLUSIONES

Al comparar los diversos concursos que financian investigación en el país se puede concluir que el área de biotecnología es una de las áreas relacionadas con el sector productivo que ha obtenido un buen número

ro de proyectos aprobados y que ha captado importantes recursos. Las investigaciones en esta área son aplicables en los sectores minero, pesquero, forestal y hortofrutícola que contribuyen en un porcentaje superior al 78% de las exportaciones. Por otra parte, las investigaciones en esta área también son de relevancia para el sector agropecuario y para la salud humana y animal.

En general, en los proyectos aprobados en los diferentes concursos, con excepción de los de FONDECYT, se observa que en la mayoría de ellos no se aplican las técnicas más recientes de ingeniería genética y biología molecular. Esto es particularmente notorio en proyectos que tienen su origen en grupos de investigación no directamente relacionados con estas disciplinas, especialmente los aprobados en el FDP y el FIA. Una solución para estimular la biotecnología de DNA recombinante sería el programar cursos de entrenamiento de carácter experimental, dirigidos a investigadores jóvenes que participan en proyectos de biotecnología orientados al campo de la salud, al sector agrícola, forestal, de recursos hidrobiológicos y minero.

Un desarrollo acelerado de la biotecnología en el país tendría efecto multiplicador en diversas áreas del conocimiento y posiblemente un impacto en el sector productivo, de ahí la necesidad de formular un plan nacional de desarrollo en esta área. La biotecnología es, tal vez, el área que ofrece mejores posibilidades de interacción entre académicos y empresarios. Sin embargo, para que estos contactos sean fructíferos, se requiere incrementar los recursos humanos y fomentar las investigaciones en las empresas, las universidades e institutos de investigación tecnológica.

Como se ha señalado, el desarrollo económico y social de Chile requiere de una fuerte inversión en ciencia y tecnología. Muchas de las ventajas comparativas que nos han permitido incrementar las exportaciones principalmente con productos poco elaborados, pueden desaparecer con los avances tecnológicos. Es necesario que el país utilice ciencia y tecnología para dar valor agregado a sus productos. Esta tarea no es fácil, requiere tiempo e inversión. Chile en 1988 invirtió un 0,46% del PGB en investigación y desarrollo en todas las áreas del conocimiento. En cambio, en países como Francia, Alemania, Japón y Estados Unidos se invirtió en porcentajes comprendidos entre 2,41 y 2,78 (Indicadores Científicos y Tecnológicos, 1990, CONICYT). En ese mismo año, el porcentaje de investigadores que trabajaban en empresas con respecto al total nacional de investigadores para esos mismos países varió entre 43,3 y 74,1 (Main Science and Technology Indicators, OECD, 1989-1); en cambio, en Chile fue de sólo 5,7%. Más grave aún, apenas 16 investigadores que trabajan en las empresas en Chile han obtenido títulos de postgrado (Indicadores Científicos y Tecnológicos, 1990, CONICYT). Estas cifras ilustran la distancia que nos separa de los países desarrollados, y nos proporcionan un gran desafío a futuro, que es disminuir la brecha que nos separa de ellos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por Fundación Andes, Proyecto FONDECYT 0863/88 y por la Organización de Estados Americanos, Proyecto de Biotecnología. También agradecemos a todas las personas e instituciones que facilitaron la información utilizada en este trabajo.

