

Biotecnología en Chile. Investigación, Bioseguridad y Empresas

*Lionel Gil, **Utz Dorbenger y **Carlos Irrarrázabal M.

ICBM-Facultad de Medicina, Universidad de Chile

*CamBioTec-Chile

**Universidad de Leipzig, Alemania

Chile ocupa una superficie de 742.000 km², tiene una población de 14,9 millones y un analfabetismo de 4,5%. Su deuda externa el año 1999 fue de US\$ 33,95 billones y sus exportaciones alcanzaron a los US\$ 15,6 billones. La chilena es una de las economías con mayor crecimiento en la región; el crecimiento promedio en el período 1990-1999 fue de 6,4% por año para el Producto Interno Bruto (PIB) y un 6,9% por año para sus exportaciones. En el mismo período la desocupación promedio fue de 7,3% y la inflación de 10,8% por año.

I. INVESTIGACION DE LA BIOTECNOLOGIA EN CHILE

No obstante el notable crecimiento económico, la biotecnología en Chile no ha alcanzado los niveles de desarrollo como los de Argentina y Brasil.

La investigación en biotecnología se realiza principalmente en universidades e institutos. Las universidades de mayor desarrollo en el área son: la Universidad de Chile y la Pontificia Universidad Católica, en Santiago, y en regiones, la Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad Austral de Valdivia y Universidad Católica de Valparaíso. Las áreas principales de la biotecnología son: agricultura y silvicultura, minería, salud animal y humana, ingeniería de bioprocesos y acuicultura.

La investigación no universitaria se concentra en institutos tales como el INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) en biotecnología agrícola y el IFOP (Instituto de Fomento Pesquero) en acuicultura y biotecnología marina.

En salud humana, la investigación se orienta principalmente hacia el desarrollo de kits de diagnósticos (chagas, rotavirus, embarazo, sífilis, mutaciones genéticas) y vacunas (rabia, hepatitis B, meningitis). En cuanto a la salud animal, se han desarrollado vacunas para ganado, cerdo y pescado.

La investigación en biotecnología acuícola y marina se orienta hacia el cultivo de moluscos, peces y algas, así como también a diagnósticos, suplementos nutritivos y hormonas. Varios productos obtenidos desde especies marinas están ya en

etapa de producción, tales como: agar, colágenos, alginatos, bioadhesivos, quitina, quitosanos y proteínas de alta calidad. Chile es uno de los productores más grande en el ámbito mundial de harina de pescado y subproductos.

En agricultura y silvicultura, se trabaja en micropropagación, diagnóstico de patógenos, control biológico de enfermedades de plantas y diagnóstico genético de plantas cultivadas. En plantas transgénicas se trabaja en variedades de melones, vides y papas con resistencia a hongos y virus. En colaboración con instituciones y empresas de Canadá y Estados Unidos, se realizan estudios de campo con plantas transgénicas. En el área forestal las investigaciones están dirigidas a obtener variedades con mayor contenido de celulosa, menor cantidad de lignina, de crecimiento más rápido y resistentes a plagas, y en el sector industrial a mejorar los procesos de producción. La industria de celulosa chilena produce mediante biotecnología 1.500 toneladas de pulpa blanqueada por día.

La biotecnológica en el sector minero comenzó a desarrollarse en 1980, con una planta de biolixiviación bacteriana de cobre, y ha sido una de las experiencias más exitosas en biotecnología del país. Actualmente se estima que se han invertido sobre US\$ 600 millones en plantas de biolixiviación. Chile produce 385 mil toneladas de cobre mediante esta tecnología.

1.2. Fondos para la investigación en biotecnología

En cuanto al financiamiento estatal para investigación en biotecnología, no existe un fondo especial y los proyectos de esta área deben competir con proyectos de todas las otras áreas científicas. Los principales fondos para la investigación son:

El Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (FONDECYT), administrado por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). Creado en 1981, es un instrumento importante en el desarrollo científico-tecnológico, destinado a fortalecer y desarrollar la investigación, en todas las áreas del conocimiento, financiando Proyectos de Investigación de excelencia en concursos públicos.

El Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), administrado por CONICYT, fue iniciado en 1991 con el objetivo de contribuir, a través del fortalecimiento de capacidad científica y tecnológica nacional, al desarrollo de la competitividad de los principales sectores de la economía chilena. El propósito es vincular instituciones de I&D (universidades e institutos tecnológicos) y empresas.

Otras fuentes de financiamiento importantes son: el Fondo de Desarrollo de Tecnológico (FONTEC), el Fondo de Investigaciones Agropecuarias (FIA) y el Fondo de Desarrollo de la Innovación (FDI), administrado por la CORFO. Por otra parte, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) ha proporcionado recursos para investigación en esta área.

La Tabla 1 muestra el financiamiento de los diferentes fondos para investigación en Biotecnología en el período 1997-1999. En total se aprobaron 133 proyec-

tos con un financiamiento de US\$ 23,39 millones. El 16% del financiamiento estatal se destinó a I&D en empresas y el 84% para proyectos en 45 diferentes unidades de investigación en universidades e institutos tecnológicos. Llama la atención que las empresas invirtieron en I&D sólo US\$ 1,41 millones (alrededor del 5% del financiamiento estatal).

Tabla 1
FUENTES DE FINANCIAMIENTO DE LA INVESTIGACION
EN BIOTECNOLOGIA EN CHILE

Fondo	Proyectos	US\$ (millones)
FONDEF	24	9,21
FONDECYT	61	7,0
FONTEC	34	3,26
FDI	5	2,79
FIA	6	0,79
SAG	3	0,34
Total	133	23,39

II. NORMAS DE BIOSEGURIDAD EN BIOTECNOLOGIA

II.1. Normas y regulación para la liberación de especies vegetales transgénicas

El sistema regulatorio para productos biotecnológicos en Chile está en sus primeras etapas. Para los ensayos de campo de semillas genéticamente modificadas, el SAG sólo autoriza su entrada para multiplicación con fines de exportación. Esto opera bajo una resolución del SAG (Decreto Ley N° 3557/98), la cual exige además un período de cuarentena fitosanitaria.

Por otra parte, el SAG regula el Material Vegetal Transgénico, generado o desarrollado a nivel nacional (Ley de Semilla-Decreto Ley N° 1764/77). Además, este Servicio ha permitido mediante una resolución la utilización en el ámbito pecuario de maíz transgénico de tipo BT (maíz que contiene un gen del *Bacillus Thuringiensis*).

En 1993 el SAG creó un Comité (CALT) que apoya técnicamente a la institución en lo que se refiere a introducción y liberación al ambiente de productos transgénicos y cuyos miembros son designados por el Ministerio de Agricultura entre profesionales que trabajan en Centros de Investigación Agrícola y en Universidades; sin embargo, el Comité no tiene miembros del sector empresarial.

Tabla 2
ESPECIES TRANSGENICAS APROBADAS PARA REPRODUCCION EN CHILE

Cultivo	Rasgo
Maíz	Tolerancia a lepidóptero Tolerancia a glufosinato Tolerancia a bromoxynil Tolerancia a glifosato Alto contenido de lisina Sintetiza lipasa gástrica de perro
Soya	Tolerancia a glufosinato de amonio Tolerancia a glifosato
Canola (colza)	Contenido de ácido láurico Tolerancia a glufosinato de amonio Tolerancia a glifosato
Tomate	Poligalacturinasa Etileno Resistencia a insecto lepidóptero
Tabaco	Resistencia a pvy, raza necrótica
Melón	Etileno
Eucaliptus	Tolerancia a glifosato
Remolacha	Tolerancia a glufosinato de amonio Tolerancia a glifosato

En 1997 la superficie sembrada autorizada para variedades transgénicas fue de 7.152 hectáreas y en 1998 esta aumentó a 28.541 hectáreas, siendo los cultivos más importantes maíz, soya, canola y remolacha (Tabla 2). En 1999 Chile exportó más de US\$ 150 millones al año de semillas transgénicas, reproducidas en el país y luego reexportadas.

II.2. Comercialización y etiquetado de alimentos y productos transgénicos

De acuerdo al Artículo 109 del Código Sanitario, el Presidente de la República, por intermedio del Ministerio de Salud, puede establecer exigencias, requisitos, prohibiciones y condiciones en relación con la comercialización en el país de los alimentos y productos transgénicos que estén destinados al consumo humano.

El 13 de enero del año 2000 se publicó en el Diario Oficial una modificación del Decreto N° 977 de 1996, del Código Sanitario de los Alimentos que establece: "La producción, distribución y comercialización de los alimentos y materias primas

transgénicos, deberán ceñirse, para su autorización, a las normas técnicas que dicte sobre la materia el Ministerio de Salud. La autorización será otorgada mediante resolución por el Servicio de Salud Competente". (Ver artículo M. Urrutia, pág. 113).

En cuanto a la rotulación de alimentos, el Ministerio de Salud ha elaborado una resolución sobre etiquetado obligatorio para productos obtenidos de organismos genéticamente modificados, la cual está en vías de publicarse en el Diario Oficial para ser aplicada el 2001.

Esta resolución establece:

- a) Rotulación para no transgénicos: se exige la certificación de ausencia de componentes transgénicos en productos alimenticios.
- b) Rotulación para transgénicos: aquellos alimentos que son o contengan organismos transgénicos o productos derivados de ellos deberán obligatoriamente señalar esta condición en el rótulo.

II.3. Normas y manuales de bioseguridad en la experimentación biotecnológica

CONICYT elaboró en 1992 el manual de recomendaciones sobre bioseguridad en la experimentación biotecnológica. Todos los proyectos que se presenten a los concursos de financiamiento de la investigación que dependen de CONICYT deben contar con la declaración del investigador de aplicar las recomendaciones ahí establecidas. Por otra parte, todos los proyectos que involucren experimentos en humanos deben ser aprobados por el Comité de Ética de la institución a la cual pertenece el investigador.

III. PERCEPCION PUBLICA

No existe una acción coordinada entre el Estado, las universidades y los empresarios para informar al público sobre los riesgos y beneficios de la biotecnología. No obstante, los grupos ecologistas antibiotecnología están incrementando notablemente su actividad en Chile, lo cual puede dificultar el desarrollo de esta disciplina en el país.

CambioTec ha realizado un estudio piloto sobre la percepción pública de la biotecnología y los alimentos transgénicos en Chile, cuyos resultados se presentan en este libro (Gil y col. pág. 233).

IV. EMPRESAS BIOTECNOLOGICAS EN CHILE

El número de empresas biotecnológicas en Chile es relativamente pequeño y entre ellas hay distintos niveles de desarrollo. Hemos realizado una encuesta en 64 empresas a las cuales se les solicitó información sobre: tecnologías empleadas, productos y servicios que ofrecen o que requieren, ventas (nacionales e inter-

nacionales), inversión en investigación y desarrollo, número de empleados, origen de su capital (nacional o extranjero), etc.

Utilizando los datos obtenidos y con el objeto de conocer el nivel de desarrollo de las empresas biotecnológicas chilenas, las hemos clasificado en tres categorías. Esta clasificación está basada en las siguientes definiciones:

Biotechnología: Es la aplicación de la ciencia y la ingeniería en el uso directo o indirecto de organismos vivos o partes de ellos, en sus formas naturales o modificadas, en forma innovadora para la producción de bienes y servicios o para la mejora de procesos existentes (Ernest & Young, BioteCanada). En esta definición se incluyen varias herramientas biotecnológicas modernas, tales como las tecnologías basadas en ADN, bioquímica, inmunológica y una serie de tecnologías avanzadas de bioprocesamiento.

Empresa o industria biotecnológica: Aquella que utiliza técnicas biológicas modernas (no convencionales) para desarrollar productos comerciales o tecnológicos. No cumplen esta condición: empresas de fermentación tradicionales (producción de cerveza, vino, queso, levadura, cecinas, etc.), salvo aquellas que incorporan biotecnología moderna en el proceso (Ernst & Young y BioteCanada).

De acuerdo con las definiciones antes señaladas, los tres niveles de empresas son los siguientes:

- *Nivel 1.*
Empresa o industria que ha desarrollado productos y/o procesos biotecnológicos avanzados, que realiza I&D y comercializa productos y/o procesos biotecnológicos propios y desarrollados por otras empresas.
- *Nivel 2.*
Empresa o industria que posee fondos para realizar I&D, incorporar y/o adaptar procesos biotecnológicos en su cadena de producción y que aún no comercializa sus productos biotecnológicos.
- *Nivel 3.*
Empresa o industria distribuidora de productos biotecnológicos.

Esta clasificación en conjunto con la información de las encuestas nos permitió identificar 21 empresas del nivel 1, 23 empresas del nivel 2 y más de 20 del nivel 3. No se incluye a las empresas del sector minero que utilizan biotecnología ya que éstas prefieren declararse como empresas mineras. Las empresas más importantes en los niveles 1 y 2 son:

- *Empresa nivel 1*
ALGISA S.A., BIOS-CHILE S.A., BIOSONDA S.A., BIOCH S.A., BIOGENETICS S.A., BIOPOL S.A., BIOHIDRICA LTDA., DIAGNOTEC S.A., GENFOR S.A., LINSAN S.A., PROBICAL S.A., SDA, TECNOLOGIC FARM S.A., NATURAL RESPONSE S.A., VALTEK S.A., XILEMA S.A., BIOFOREST S.A., BIOTEC CHILE S.A., CPF S.A., TEPUAL S.A., ULTRATECH S.A. (21 empresas).

- *Empresa nivel 2*

Las empresas más importantes de este nivel son: ANASAC, BIOSAN S.A., BIOTAMB S.A., DICTUC S.A., FORESTAL MININCO S.A., HORTIFRUT S.A., REQUINOA S.A., LABORATORIO RIMAT, etc. (otras 15 empresas).

La Tabla 3 muestra información relevante de algunas empresas biotecnológicas del nivel 1, claramente la industria de la biotecnología en Chile tiene un débil desarrollo en comparación con otros países latinoamericanos (Brasil y Argentina). Las áreas de diagnóstico y químicos/reactivos/enzimas representan el 53% de las empresas, el 68% de personal, el 84% de las ventas, el 87% de las exportaciones y el 70% de la inversión empresarial en I&D y han introducido al mercado productos biotecnológicos avanzados que en su mayoría están relacionados con biotecnología marina y acuicultura.

Tabla 3
INFORMACION RELEVANTE DE ALGUNAS EMPRESAS BIOTECNOLOGICAS DEL NIVEL 1

Actividad principal	Empresas	Empleados	I&D (1999) Millones US\$	Ventas (1999) Millones US\$	Export. (1999) Millones US\$
Diagnóstico médico y veterinario	5	95	0,82	4,45	0,7
Enzimas y químicos finos	5	68	0,16	1,72	0,41
Biofertilizantes y biopesticidas	2	16	0,14	1,0	0,17
Aplicaciones biotecnológicas en el sector forestal	1	31	0,16	ND	0
Biotecnología ambiental	1	3	0,02	0,01	0
Control biológico de plagas	2	22	0,11	0,15	0
<i>Genetic engineering</i> de plantas	3	3	0	0	0
Total	19	238	1,41	7,33	1,28

^a Fuente: Propia investigación.
ND: No hay datos.

Si clasificamos las empresas en relación a los volúmenes de ventas, podemos encontrar dos empresas grandes (Bios-Chile S.A. y Tepual S.A.), doce compañías son PYMES y cinco microempresas. Las características (ventas, exportaciones, etc.) del rubro (véase Tabla 3) muestran claramente que la industria biotecnológica chilena está débilmente desarrollada en comparación con otros países latinoamericanos (Brasil, Argentina). La mayoría de las empresas son activas en el área de diagnósticos o en la producción de enzimas y de productos químicos finos (generalmente utilizan recursos naturales) (Tabla 4).

Tabla 4
PRODUCTOS BIOTECNOLOGICOS GENERADOS EN EMPRESAS CHILENAS^a

Sector	Producto	Empresa
Diagnóstico médico	Kits de diagnóstico: enfermedad de Chagas, embarazo, Helicobacter pylori y otras	Bios-Chile S.A.
Diagnóstico de enfermedades en peces	Tecnología de PCR para la detección de enfermedades virales, kits de detección de toxinas en algas	Diagnotec S.A. Tepual S.A.
Producción de enzimas y proteínas	Blue Carrier Papaína proteínas recombinantes	Biosonda S.A. Tecnologic Farm S.A. Bios-Chile S.A.
Biofertilizantes y biopesticidas	Fertilizantes a base de extractos de algas, biopesticida a base de quitosan	Probical S.A. Actigen S.A.

^a Fuente: propia investigación.

La industria biotecnológica en Chile es relativamente joven. Dos tercios de las empresas fueron fundadas en los últimos 10 años. El 26% de ellas fueron creadas por empleados de las universidades y el resto por privados. Algunas (cuatro de ellas) utilizaron un subsidio nacional para su formación, a través de proyectos de I&D financiados parcialmente por FONTEC. Los créditos de bancos no desempeñaron un papel substancial en el establecimiento de las mismas. Sólo tres cuentan con capital extranjero. La gran mayoría de ellas se encuentra en Santiago y sólo cinco en regiones. Dos tercios de las empresas crecieron en los tres últimos años (en volumen de ventas y empleados). Debido a la edad relativamente breve de la

mayoría de estas sociedades y de la ausencia de datos es demasiado temprano hablar de una tendencia general del crecimiento en la industria biotecnológica en Chile.

LAS ESTRATEGIAS DEL CRECIMIENTO DE LAS EMPRESAS DE LA BIOTECNOLOGIA EN CHILE

Las empresas biotecnológicas en Chile tienen diversas estrategias de crecimiento (Tabla 5).

ESTRATEGIA ENTRADA RAPIDA AL MERCADO

Debido a la falta de una política de fomento nacional para el establecimiento de sociedades biotecnológicas y por la ausencia de fuentes financieras privadas para empresas innovadoras en Chile, éstas no pueden realizar una fase larga de I&D. Por lo tanto, se ven obligadas a una entrada rápida al mercado. Este proceso ocurre generalmente sobre la base de tecnologías extranjeras, ya sea mediante la representación legal de industrias extranjeras o por la integración de una tecnología en la oferta de servicio de la empresa.

Bios-Chile S.A. es la industria líder en el área y un representante típico de una mezcla de estrategias, que incluye el desarrollo y comercialización de productos propios y la producción y/o de la comercialización de productos extranjeros de la biotecnología. El negocio central de la empresa se sitúa en el desarrollo y comercialización de kits de diagnóstico médico así como la producción de anticuerpos y proteínas recombinantes. Bios-Chile S.A. tiene una compañía subsidiaria (Biologicals Austral) en California que es responsable para la comercialización de estos productos en EE.UU., Europa y Japón. Además la empresa ofrece servicios especiales en el mercado chileno, tales como síntesis de oligonucleótidos y producción de anticuerpos. Debido a una colaboración estrecha con Chiron Inc. (EE.UU.) (Chiron tiene 20% de las acciones de Bios-Chile) se pueden vender los productos de esta empresa exclusivamente en Chile. También con otras empresas extranjeras en el área de la biotecnología existen acuerdos de representación. Respondiendo a la planificación de la empresa de expandirse hacia el área farmacéutica y cosmética Bios-Chile S.A. adquirió la totalidad del capital accionario de Laboratorios Prater en 1992 (Yudelevich, 1999). A través de Laboratorios Prater la empresa comercializa una línea completa de cosméticos y productos farmacéuticos.

Tabla 5
ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE EMPRESAS BIOTECNOLOGICAS

Estrategias de crecimiento	Características	Empresas	Características
Estrategia mixta	<ul style="list-style-type: none"> - desarrollo y comercialización de productos propios - comercialización de tecnología extranjera - oferta de servicios 	Bios-Chile S.A., Biosonda S.A.	capacidades altas I&D orientadas a la exportación
Imitación	Integración y adaptación rápida más comercialización de una tecnología extranjera	Biogenetics S.A., Genfor S.A., Xilema S.A.	capacidades bajas de I&D poca exportación
Especialización	Especialización al desarrollo de un producto o servicio que se puede comercializar rápidamente en el mercado	Diagnotec S.A., Actígen S.A.	capacidades parcialmente altas de I&D en parte orientadas a la exportación
Diversificación	empresas grandes que quieren ampliar su oferta de productos	Tepual S.A.	capacidades parcialmente altas de I&D orientadas a la exportación

ESTRATEGIA DE IMITACION

La estrategia de imitación se basa en la transferencia rápida de una tecnología extranjera, esta situación ocurre en la mayoría de las empresas encuestadas. Esto permite una entrada rápida en el mercado sin tener que invertir capital y tiempo en I&D. Esta estrategia es muy común en la economía chilena y ha resultado exitosa en sistemas de producción dinámicos, por ejemplo: en el cultivo y exportación de fruta o en el caso de la producción de salmones. Estas empresas biotecnológicas se limitan generalmente al mercado chileno.

LAS ESTRATEGIAS DE INNOVACION

Para la caracterización de las estrategias de innovación de las empresas (nivel 1 y 2) se encuestaron cinco indicadores (duración de la actividad de innovación, inversión

en I&D, organización de I&D, fuentes de los conocimientos tecnológicos, capacidad de cooperación). Las empresas muy innovadoras tienen generalmente gastos relativamente altos de I&D (> 10% de las ventas) y especialistas de alto nivel (doctores en ciencia, Ph.D.). Ellas buscan la coordinación entre las fuentes de información externa, los conocimientos técnicos (universidades) y las fuentes de financiamiento externo para financiar los gastos de I&D. En contraste, las empresas poco innovadoras realizan actividades temporales de transferencia informal de conocimientos tecnológicos para la imitación rápida de métodos y productos.

Un 25% de las empresas examinadas sigue una estrategia de innovación, cuyo objetivo es el mejoramiento permanente o el nuevo desarrollo de productos o procesos para ocupar nichos en el mercado nacional e internacional. Debido a la complejidad de las tecnologías aplicadas, existe solamente un número pequeño de competidores que tiene actividades en estos nichos de mercado disponibles en Chile y América Latina. Como casos especiales también deben ser incluidas en este grupo, dos empresas o centros tecnológicos universitarios (Dictuc S.A. de la Universidad Católica de Chile y UDT de la Universidad de Concepción), las que están implicadas en el desarrollo y la comercialización de productos biotecnológicos, utilizando principalmente la infraestructura universitaria.

Un análisis de las patentes internacionales de empresas chilenas, en los últimos tres años, indica que solamente tres patentes que corresponden al área de la biotecnología fueron presentadas ante las autoridades americanas y europeas. Estas pertenecen a empresas del grupo 1.

FINANCIAMIENTO DE I&D EN LAS EMPRESAS

Las empresas biotecnológicas invirtieron en total aproximadamente US\$ 1,4 millones en el financiamiento para I&D (Tabla 3) y obtuvieron de otras fuentes US\$ 1,8 millones. Del total de US\$ 3,2 millones un 33% fue financiado por FONTEC y SAG.

El aporte del sector financiero privado al financiamiento de las empresas de biotecnología es aún muy limitado. Sólo cuatro de las empresas biotecnológicas examinadas han podido obtener un crédito bancario para su fundación. La administradora de fondos privados Estrella Americana S.A. comenzó en 1999 un proyecto para la instalación de un fondo de capital de riesgo especialmente para las industrias biotecnológicas. Uno de los problemas para el manejo del fondo de capital de riesgo es la ausencia de una masa crítica de empresas biotecnológicas de alto poder innovador.

COOPERACION EN I&D

Menos de la mitad de las empresas tienen cooperación en I&D con otras entidades. Los socios son normalmente chilenos o de los EE.UU. y Canadá. En contraste

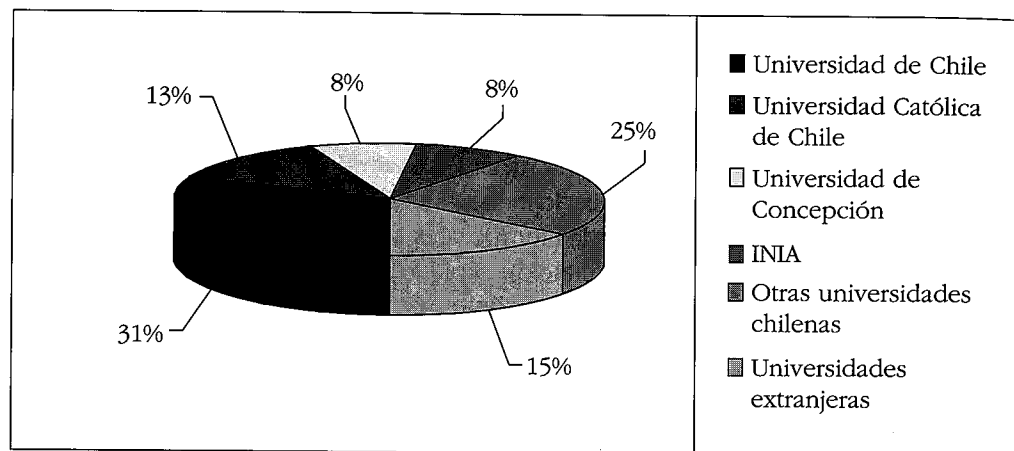


Figura 1. Participación de las instituciones en I&D.

con esto más del 80% de las empresas examinadas tiene una alianza formal con una unidad de I&D en las universidades o institutos tecnológicos. La Universidad de Chile es la que tiene el mayor porcentaje de interacción en I&D. Las instituciones de I&D extranjeras todavía no juegan un papel importante en la cooperación (Figura 1). El 40% de las empresas utilizan las universidades chilenas para el entrenamiento técnico de sus empleados.

PROBLEMAS EN I&D

El 90% de las empresas examinadas considera la falta de capital como el principal problema para la realización de I&D. En Chile los costos para un proyecto I&D en biotecnología se aproximan a US\$ 300.000. Esto significa especialmente para las PYMES una alta carga financiera. Por otro lado, las empresas grandes declaran no tener problemas para financiar I&D (Forestal Mininco, Forestal Arauco y su compañía subsidiaria Bioforest). La carencia de especialistas calificados fue mencionado por un 40% de las empresas como una gran limitante en I&D. Solamente 10% de las empresas tienen problemas serios en la cooperación de I&D con las universidades o los institutos tecnológicos.

CONCLUSIONES

La biotecnología es una importante herramienta para aumentar la eficiencia y competitividad de la economía chilena. Las siguientes recomendaciones debieran ser tomadas en cuenta para impulsar la biotecnología en Chile:

- a) Estimular la incorporación de esta tecnología en las áreas prioritarias para el desarrollo del país.
- b) La estrategia de desarrollo debe estar basada en una acción coordinada entre el Estado, las universidades e institutos de investigación con el sector empresarial.
- c) Todos los actores biotecnológicos deben participar en un programa de educación a la comunidad, considerando que la percepción pública juega un papel fundamental en el desarrollo de la biotecnología.
- d) El Estado debe:
 - incrementar el número de becas y favorecer los programas de doctorados en disciplinas relacionadas con la biotecnología.
 - favorecer núcleos de investigación en universidades regionales que aborden los problemas de la región, especialmente en caracterización, manejo y conservación de recursos genéticos nativos.
 - aumentar los fondos concursables de investigación e implementar un programa de equipamiento.
 - elaborar políticas regulatorias sostenibles para la biotecnología incluyendo la bioseguridad y propiedad industrial.
 - establecer mecanismos para la disponibilidad de capital de riesgo.

Por otra parte, es importante implementar mecanismos que favorezcan la inversión extranjera en biotecnología. Para esto se requiere establecer reglas precisas para la inversión en el área que garanticen la propiedad intelectual.

REFERENCIAS

- Biología en Chile. *Oportunidades de Innovación Tecnológica*. Eds L. Gil and C. Irarrázabal, pp. 120, Editorial Universitaria, ISBN 956-288-209-8, 1999.
- Biotechnology in Chile. L. Gil and C. Irarrázabal. In: *Biotechnology in the Developing World and Countries in Economic Transition*. Eds: G.T. Tzotzos, K. G. Skryabin, CABI Publishing UK. ISBN 0 85199331 1, pp. 57-60, 2000.
- Biosafety information management systems. A comparative analysis of the regulatory systems in Canada, Argentina, and Chile. J. Flint, L. Gil, J. Verástegui, C. Irarrázabal, J. Dellacha. *Electronic Journal of Biotechnology* (2000), Vol. 3, Nº 1, Issue of April 15, 1-22.
- Organismos genéticamente modificados (OGM): ¿Todo o nada? L. Gil, J. Verástegui y C. Irarrázabal. *Revista Ambiente y Desarrollo* (2000), Vol. XVI, Nº 1 y 2, pp. 56-59 (ISBN 0716-1476).
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. www.conicyt.cl