

Desarrollo competitivo de un clúster biotecnológico: El Biopolo de Santiago

Volumen II

Competitividad nacional y regional para el desarrollo
de la industria de la biotecnología en Chile

Edgardo Santibáñez



NACIONES UNIDAS



Estudios Urbanos UC

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS
INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS Y TERRITORIALES

Este documento corresponde al segundo volumen de una serie de cuatro documentos del proyecto denominado "Desarrollo competitivo y gobernable de un cluster biotecnológico: el caso del Biopolo de Santiago de Chile" que se ha desarrollado en el marco de las actividades del convenio CEPAL/CONICYT, "Estudios de política y gestión de ciencia, tecnología e innovación 2006 (CNC/07/001)". Este estudio ha sido coordinado por Joseluis Samaniego, Director de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de CEPAL, y Ricardo Jordán, Oficial de Asuntos Económicos de la misma división.

El autor del documento, Edgardo Santibañez, agradece la valiosa colaboración de Lorena Farías, investigadora del proyecto, así como también de Margarita D'Etigny, Paula Uribe, Maximiliano Carbonetti y Felipe Livert, quienes se han desempeñado como investigadores asistentes del proyecto.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/W.297/Add.1

Copyright © Naciones Unidas, julio de 2010. Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

Índice

Resumen	9
I. Introducción	11
II. Competitividad nacional para el desarrollo de la industria de la biotecnología.....	13
A. Desempeño de la industria nacional de la biotecnología	13
1. Las empresas	13
2. Las universidades e instituciones de I+D.....	14
3. El sistema de valor de la industria de la biotecnología en Chile.....	16
4. Participación en el mercado mundial	18
5. Limitantes al desarrollo de la industria	18
6. Sectores clave y principales ámbitos de aplicación de la biotecnología en Chile	19
7. Condiciones de factores específicos por sectores de aplicación.....	20
III. La industria de la biotecnología en Chile: oportunidades de desarrollo en los principales sectores de aplicación	23
A. Biotecnología aplicada a la minería	23
1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada a la minería.....	23
2. Condiciones de factores para el desarrollo de la biotecnología aplicada a la minería en Chile	24
3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada a la minería.....	26
4. Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector de la minería.....	26
5. Principales líneas nacionales de investigación en biotecnología aplicada a la minería	27
B. Biotecnología aplicada al sector agrícola y agroindustrial.....	27
1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada al sector agrícola y agroindustrial.....	27
2. Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biotecnología aplicada al sector agrícola y agroalimentario.....	29
3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada al sector agrícola y agroindustrial.....	30

4.	Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector agroproductivo	33
5.	Principales líneas nacionales de investigación	34
C.	Biología aplicada al sector pecuario	35
1.	Desafíos tecnológicos estratégicos de la biología aplicada al sector pecuario	35
2.	Condiciones de factores para el desarrollo de la biología aplicada al sector pecuario.....	38
3.	Principales centros de investigación en biología aplicada al sector pecuario	39
4.	Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector pecuario	40
5.	Principales líneas nacionales de investigación en biología aplicadas a especies animales en el sector pecuario	40
D.	Biología aplicada al sector acuícola	41
1.	Desafíos tecnológicos estratégicos de la biología aplicada al sector acuícola.....	41
2.	Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biología aplicada al sector de la acuicultura	42
3.	Principales centros de investigación en biología aplicada a la acuicultura	43
4.	Principales líneas nacionales de investigación en biología aplicadas a la acuicultura	44
E.	Biología aplicada al sector forestal	46
1.	Desafíos tecnológicos estratégicos de la biología aplicada al sector forestal	46
2.	Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biología aplicada al sector forestal	47
3.	Principales centros de investigación en biología aplicada al sector forestal	48
4.	Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector forestal	50
5.	Principales líneas nacionales de investigación	50
F.	Biología aplicada al sector de energía	51
1.	Desafíos tecnológicos estratégicos de la biología aplicada al sector de la energía en Chile.....	51
2.	Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biología aplicada al sector de la energía	52
3.	Principales centros de investigación en bioenergía	54
G.	Biología aplicada al área medioambiental	55
1.	Desafíos tecnológicos estratégicos de la biología aplicada al área medioambiental en Chile.....	55
2.	Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biología aplicada al área medioambiental en Chile.....	56
3.	Principales centros de investigación en biología aplicada al área del medio ambiente	57
4.	Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el área del medioambiente	58
H.	Biomedicina.....	59
1.	Desafíos y desempeño de la investigación y desarrollo en biomedicina en Chile	59
2.	Condiciones de factores para el desarrollo de la biomedicina.....	60
3.	Principales centros de investigación en biomedicina.....	62
4.	Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector salud	63
5.	Principales líneas nacionales de investigación en biomedicina.....	64

IV. Análisis comparativo de la competitividad regional para el desarrollo de la industria de la biotecnología	69
A. Condiciones de factores regionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología	69
B. Condiciones de factores regionales específicas por sectores.....	71
C. Condiciones de demanda regionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología	75
D. Competitividad de la Región Metropolitana vs regiones.....	76
E. Análisis estratégico y definición de acciones a seguir para la RM	78
V. Propositiones estratégicas para el desarrollo del Biopolo de Santiago.....	85
Bibliografía.....	95
Anexo.....	97

Índice de cuadros

1	EMPRESAS CHILENAS DE BIOTECNOLOGÍA.....	14
2	EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE	14
3	PROGRAMAS DE FORMACIÓN 2006	15
4	POSTGRADOS ACREDITADOS POR CONAP QUE INCLUYEN BIOTECNOLOGÍA	15
5	CAPACIDADES DE I+D EN BIOTECNOLOGÍA EN CHILE, 2006. GRUPOS, ENTIDADES Y PERSONAL.....	16
6	CONDICIONES DE FACTORES EN BIOTECNOLOGÍA EN CHILE, 2006	17
7	INDICADORES CLAVE DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA, 2006	18
8	ATRACTIVO DE LA INDUSTRIA: SECTORES Y AMBITOS DE APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE.....	19
9	CAPACIDADES NACIONALES POR SECTOR DE APLICACIÓN, 2006.....	20
10	CAPACIDADES DE LA REGIÓN METROPOLITANA POR SECTOR DE APLICACIÓN, 2006	21
11	CAPACIDADES DE LA REGIÓN METROPOLITANA POR SECTOR DE APLICACIÓN, 2006	21
12	PRINCIPALES REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS EN LA INDUSTRIA DEL COBRE	24
13	BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA MINERÍA: DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS DE 2007.....	25
14	BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA MINERÍA: DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS DE 2007.....	25
15	PRINCIPALES CENTROS DE INVESTIGACIÓN	26
16	PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN EL SECTOR DE LA MINERÍA.....	27
17	DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES	30
18	DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES	30
19	GRUPOS CONSOLIDADOS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO	31
20	GRUPOS CONSOLIDADOS EN DIAGNÓSTICO MOLECULAR	31
21	GRUPOS CONSOLIDADOS EN AGREGACIÓN DE VALOR	32
22	PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS EN EL SECTOR AGROPRODUCTIVO.....	33
23	DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES	38
24	DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES	38
25	GRUPOS CONSOLIDADOS EN SALUD ANIMAL.....	39
26	GRUPOS CONSOLIDADOS EN GENÉTICA Y REPRODUCCIÓN ANIMAL	39
27	PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN EL SECTOR PECUARIO	40
28	DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA SEGÚN LA ETAPA EN EL CICLO DEL SALMÓN	41
29	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ACUÍCOLA DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007	42
30	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ACUÍCOLA DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007	43

31	PRINCIPALES INSTITUCIONES QUE REALIZAN I+D+I EN BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA ACUICULTURA EN CHILE.....	44
32	GRUPOS CONSOLIDADOS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO	44
33	GRUPOS CONSOLIDADOS EN SANIDAD.....	45
34	VENTAS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS PARA LA ACUICULTURA	45
35	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR FORESTAL DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS2007	48
36	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR FORESTAL DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007	49
37	GRUPOS CONSOLIDADOS EN GENÉTICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO EN EL SECTOR FORESTAL	49
38	GRUPOS CONSOLIDADOS EN SANIDAD FORESTAL	50
39	GRUPOS CONSOLIDADOS EN BIOPROCESOS EN EL SECTOR FORESTAL	50
40	PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN EL SECTOR FORESTAL	50
41	PERSPECTIVAS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN CHILE. ESTIMACIÓN PRELIMINAR, 2010.....	51
42	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ENERGÍA. DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007	53
43	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ENERGÍA DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007	54
44	PRINCIPALES CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN BIOENERGÍA.....	55
45	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL AREA DEL MEDIOAMBIENTE DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007	56
46	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL AREA DEL MEDIOAMBIENTE DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007	57
47	GRUPOS CONSOLIDADOS EN BIORREMEDIACIÓN.....	58
48	PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN EL SECTOR MEDIOAMBIENTE	58
49	DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007	61
50	BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR SALUD DISTRIBUCIÓN REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007	61
51	GRUPOS CONSOLIDADOS EN TERAPIAS	62
52	GRUPOS CONSOLIDADOS EN DIAGNÓSTICO.....	63
53	GRUPOS CONSOLIDADOS EN VACUNAS	63
54	PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN BIOMEDICINA	65
55	CAPACIDADES REGIONALES EN BIOTECNOLOGÍA, 2006.....	69
56	CAPACIDADES REGIONALES EN BIOTECNOLOGÍA 2006.....	70
57	PRINCIPALES REGIONES EN CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA 2006	70
58	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CAPACIDADES DE PRINCIPALES REGIONES EN BIOTECNOLOGÍA 2006.....	71
59	DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA ORDENADAS POR SECTOR Y REGIÓN, 2006.....	Error! Bookmark not defined.
60	DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA ORDENADAS POR REGIÓN Y SECTOR, 2006.....	Error! Bookmark not defined.
61	RANKING DE DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA, 2006.....	Error!
	Bookmark not defined.	
62	CONDICIONES DE DEMANDA REGIONALES.....	75
63	COMPETITIVIDAD REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA: CALIFICACIÓN DE CONDICIONES DE FACTORES ESPECÍFICOS Y DE DEMANDA.....	76
64	VENTAJA COMPETITIVA POR SECTORES DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA	77
65	VENTAJA COMPETITIVA POR SECTORES DE LA RM PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA CONSIDERANDO LA DEMANDA DE LAS REGIONES METROPOLITANA, V Y VI.....	78

66	ANÁLISIS DE LA VENTAJA COMPETITIVA DE LA REGIÓN METROPOLITANA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA	79
67	ANÁLISIS DEL ATRACTIVO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DE LA BIOTECNOLOGÍA	81
68	CADENA Y SISTEMA DE VALOR DE EMPRESAS E INSTITUCIONES NACIONALES DE BIOTECNOLOGÍA	82
69	SECTORES Y AMBITOS DE APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE	89
A-1	CENTROS O INSTITUCIONES QUE HACEN I+D Y FORMACIÓN DE POSTGRADO EN BIOTECNOLOGÍA	98

Índice de gráficos

1	SISTEMA DE VALOR DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE, 2006.....	17
---	---	----

Índice de recuadros

1	INICIATIVA GENOMA.....	32
2	PROGRAMA GENOMA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES	33
3	POTENCIALES MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA EN CHILE	52
4	BENEFICIOS POTENCIALES DE LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA PARA EL PAÍS.....	53

Resumen

En este trabajo se estudia la competitividad nacional y regional para el desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile. Para ello se analizan, caracterizan y comparan, atributos determinantes de la ventaja competitiva del país y las regiones, que permiten definir qué tan favorables o desfavorables son sus principales condiciones de entorno para el establecimiento y desarrollo de instituciones y empresas biotecnológicas.

El estudio se inicia con un análisis y caracterización de la industria nacional de la biotecnología. La evidencia muestra que, Chile es un participante muy menor en el mercado mundial, las empresas de la industria son en su mayoría pequeñas, tienen una débil posición competitiva internacional y en su conjunto no superaron en 2006, los US\$ 10 millones en ventas anuales de productos biotecnológicos.

El análisis de la competitividad nacional y regional comprende en lo principal la revisión de condiciones de factores y de demanda. Por una parte, se examina la disponibilidad de capital humano avanzado y de capital social por sectores y por regiones, y por otra, se identifica los ámbitos más promisorios de aplicación actual y potencial de la biotecnología en sectores clave del desarrollo. Así, la determinación de oportunidades, se realiza considerando los desafíos tecnológicos estratégicos sectoriales y las condiciones de factores existentes.

A continuación se hace un análisis comparativo de la competitividad de las regiones para el desarrollo de la industria de la biotecnología. En ello se consideran condiciones de factores específicas en biotecnología por sector de aplicación como son: el número de investigadores, el número de doctores, el número de unidades o centros de biotecnología de las instituciones de I+D+i y también, el número de empresas biotecnológicas y el número de doctores y empleados en esas empresas. El alcance de este análisis permite medir y determinar las ventajas competitivas de las regiones para el desarrollo de la industria de la biotecnología en cada sector. Se concluye que, la Región Metropolitana de Santiago tiene ventajas competitivas sustantivas con respecto a otras regiones de Chile, en la mayor parte de los ámbitos de aplicación de la biotecnología relevantes para el país.

En cuanto a condiciones de factores, es evidente que la competitividad nacional y regional para el desarrollo de la industria de la biotecnología depende fuertemente de un incremento sustantivo en el gasto e I+D+i y emprendimiento en el sector, así como del fortalecimiento y desarrollo de capital humano avanzado, capital social e infraestructura C&T especializada. Por otra parte se presentan buenas condiciones de demanda en importantes sectores productivos como minería, forestal, agropecuario y agroindustrial, acuícola y salud. En algunos de estos sectores, Chile es competidor de

clase mundial y existe un alto potencial de impacto económico positivo con la aplicación de la biotecnología. La conclusión estratégica es nuevamente de selectividad. En la toma de decisiones de inversión, pública o privada, esto implica por una parte, escoger dentro de los sectores, aquellos segmentos específicos de aplicación que presenten mayor atractivo y potencial y por otra orientarse a una alta especialización de capacidades y competencias.

I. Introducción

En este volumen, se presenta un estudio sobre la competitividad nacional y regional para el desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile. En él se analizan y caracterizan atributos determinantes de la ventaja competitiva del país y las regiones, que permiten evaluarlos comparativamente en cuanto a lo favorable o desfavorable que son algunas de sus principales condiciones de entorno para el establecimiento y desarrollo de instituciones y empresas biotecnológicas.

Este documento ha sido preparado sobre la base del informe final del proyecto de investigación denominado “Desarrollo competitivo y gobernable de un cluster biotecnológico: El caso del Biopolo de Santiago” de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de CEPAL. Este proyecto fue desarrollado en el marco del convenio denominado “Estudios de política y gestión de ciencia, tecnología e innovación 2006”, existente entre la Comisión Económica para América Latina y El Caribe CEPAL, y el Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología Kawax, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONICYT. El objetivo general del proyecto fue diseñar y evaluar estrategias y mecanismos institucionales de gestión para el desarrollo competitivo y gobernable de un cluster biotecnológico en el entorno del eje de Avenida Maratón en Santiago.

El primer capítulo comienza con una caracterización de la industria nacional de la biotecnología en términos cuantitativos y cualitativos, incluyendo las empresas, las universidades e instituciones de I+D, los principales ámbitos de aplicación, las capacidades de I+D en biotecnología por ámbito de aplicación, los programas de formación de capital humano avanzado, entre otros aspectos relevantes. En seguida, se describe el sistema de valor de la biotecnología en Chile y las condiciones de factores para el desarrollo del sector. A continuación se analiza su participación en el mercado mundial para luego plantear algunas de las principales limitantes para su desarrollo. Para revisar las condiciones de demanda, se identifica los principales ámbitos de aplicación de la biotecnología en sectores clave del desarrollo nacional. Finalmente, se analiza la disponibilidad de capital humano y capital social, condiciones de factores determinantes de la ventaja competitiva para el desarrollo de la industria biotecnológica, tanto por regiones como por sectores.

En el segundo capítulo se analiza las oportunidades de desarrollo para la industria de la biotecnología en los principales sectores de aplicación. Para cada uno de ellos, se realiza (i) un análisis de los desafíos tecnológicos estratégicos sectoriales que implican la aplicación de la biotecnología y (ii) un análisis del potencial de desarrollo de la industria de la biotecnología aplicada al sector a partir de las condiciones de factores locales. Para ello se caracterizan las capacidades por región, las principales líneas de investigación en biotecnología aplicada, los principales centros de investigación

y empresas en el área y se determina las áreas específicas donde existen oportunidades estratégicas de desarrollo para Chile con la aplicación de la biotecnología.

En el tercer capítulo, se hace un análisis comparativo de la competitividad nacional, regional y de la Región Metropolitana de Santiago para el desarrollo de la industria de la biotecnología. En él se aborda determinantes de la ventaja competitiva territorial analizando factores específicos de la industria de la biotecnología, como son las capacidades en biotecnología en términos de el número de investigadores, el número de doctores, el número de unidades de I+D+I en biotecnología (centros) de las instituciones de I+D+I y también, el número de empresas en biotecnología y el número de doctores y empleados en esas empresas.

El alcance de este análisis es regional y sectorial, de manera que permite medir y determinar las ventajas competitivas de las regiones para el desarrollo de la industria de la biotecnología en cada sector. Pero también, permite comparar la competitividad de la industria entre regiones. A partir de ello se realiza un ranking nacional de capacidades en biotecnología, que puede ser ordenado por regiones y por sector. A continuación y considerando las condiciones de factores específicos y las condiciones de demanda se determina las ventajas competitivas de la Región Metropolitana para el desarrollo de la industria de la biotecnología en comparación con las otras regiones del país. Los resultados se presentan en una tabla con un ranking de competitividad regional, a partir del cual se identifica aquellos sectores en los cuales Santiago tiene ventajas competitivas para su desarrollo. Así quedan definidos los ámbitos que presentan mayor potencial para el desarrollo del Biopolo.

Finalmente y considerando los antecedentes recabados en este estudio se hace un análisis estratégico desde tres perspectivas:

- Regional: análisis de la ventaja competitiva de la Región Metropolitana para el desarrollo de la industria de la biotecnología.
- Sectorial: análisis del atractivo de la industria nacional de la biotecnología.
- De la empresa: cadena y sistema de valor de empresas e instituciones nacionales de biotecnología.

Se tiene de esta manera un análisis de la competitividad de Santiago para la localización y desarrollo de la industria nacional de la biotecnología y para la atracción de empresas de biotecnología competidoras de clase mundial. Con todo ello se completa el diagnóstico y se define acciones a seguir orientadas al desarrollo competitivo de un Biopolo en la Región Metropolitana de Santiago. Lo cual es la base para proposición de una estrategia para el desarrollo de un parque tecnológico (Biopolo) en el entorno del eje de Avenida Maratón.

II. Competitividad nacional para el desarrollo de la industria de la biotecnología

A. Desempeño de la industria nacional de la biotecnología

1. Las empresas

La industria nacional de la biotecnología es pequeña pero creciente. Según antecedentes de un estudio financiado por CORFO, es posible contabilizar 30 empresas de biotecnología en Chile al año 2006¹, lo cual representa un crecimiento del 43% con respecto al año 2002 cuando había 19 empresas.

Se estima que el total de ingresos por ventas de las empresas de biotecnología en 2006 fue de US\$ 9,2 millones, un 30% más que en 2002² cuando las empresas existentes vendieron US\$7,07, según se presenta en el cuadro 2.

En estas 30 empresas nacionales de biotecnología, trabajan 420 empleados, 50 de los cuales (un 11,9%) tienen el grado de doctor.

Los productos, servicios y desarrollos comercializados por estas empresas han estado orientados a generar valor a partir de la mejora de la productividad y la competitividad en los principales sectores exportadores del país. Así, de acuerdo al mismo estudio de CORFO, un 42% de estas entidades se orienta a la agricultura y ganadería, un 22% a la biotecnología industrial, un 22% a salud humana y nutrición, un 8% a la industria de la pesca y un 6% al sector forestal. En todos estos sectores existe una fuerte competencia internacional. Entre los principales proveedores internacionales de biotecnología al mercado chileno están: Pioneer, Monsanto, Seminis, Genzyme, Rare Diseases Therapeutics, Davis University, University of Wisconsin, InterLink Associates, Silvagen Inc., Aqua Bounty Farms Inc., Ag-West Biotech, BioAtlantech, Agri-Food Technologies, AgrEvo Canada,

¹ www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007. Este estudio de CORFO contabiliza 58 “empresas manufactureras”, entre las cuales hay 28 que no lo son, puesto que se trata de empresas de servicios o de empresas que sólo comercializan productos biotecnológicos.

² Otro antecedente respecto a las ventas de la industria biotecnológica nacional, lo da la Asociación Chilena de Compañías de Biotecnología, formada el año 2005, cuyos 16 miembros, informan ventas anuales combinadas de aproximadamente US\$ 7 millones para el año 2005 de acuerdo a su presidente, Alfredo De Ioannes.

Microtek International, y otros. Se trata de empresas de clase mundial, que proveen un ambiente altamente competitivo para el desarrollo de la industria.

CUADRO 1 EMPRESAS CHILENAS DE BIOTECNOLOGÍA

1	Agrobiotec S.A.	16	BioSigma S.A.
2	Altalena S.A.	17	Biosonda Corporation
3	Apablaza y Santalices Ltda.	18	Bioteconlogías Antofagasta Ltda.
4	Astax S.A.	19	Biotecnor Ltda.
5	Austral Biotech S.A.	20	Diagnotec S.A.
6	Avance Biotechnologies, Chile Ltda.	21	Eco Tecnos S.A.
7	Bioagro S.A.	22	GenFor S.A.
8	BioAlgae S.A.	23	Industrias Grasas y Aceites Ltda.
9	Biodinámica S.A.	24	Laboratorio Centrovvet Ltda.
10	BioEquity S. A.	25	Laboratorio Linsan S.A.
11	Biogram S.A.	26	Mygoldex Chile Ltda.
12	Biohídrica, Biotechnologías del Agua Ltda.	27	Oncoblomed
13	Bioingemar Ltda.	28	Lucien Biotechnologies
14	Bio Insumos Nativa Ltda.	29	Patagonia Neuroactive
15	BiosChile Ingeniería Genética S.A.	30	Quitoquímica Ltda.

Fuente: Elaborado en base a www.corfo.cl, *Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007* Corfo 2007.

CUADRO 2 EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE

	1999	2002	2007
Número de Empresas	19	21	30
Ventas en Mill US\$ de cada año	7,33	7,07	9,20
Fuentes	(1)	(1)	(2), (3)

Fuente: CORFO, 2006(1) Gil, L; Martínez, V., Dornberger, U; 2002. Caracterización de la Industria Biotecnológica en Chile. *Cambiotech*. 108 p. (2) Validación Estudio de la Industria de la Biotecnología CORFO, 2006. (3) Estimación propia de ventas 2007.

2. Las universidades e instituciones de I+D

En Chile hay 61 instituciones científico-tecnológicas que se desempeñan en el ámbito de la biotecnología. Estas incluyen universidades como institutos tecnológicos y fundaciones dedicadas a la I+D. Al interior de ellas hay 107 unidades de investigación y desarrollo en biotecnología en las cuales trabaja un total de 884 investigadores en biotecnología, 396 de los cuales (un 44,8%) tienen el grado de doctor (PhD).

Las principales universidades chilenas que hacen I+D y formación de postgrado en biotecnología son: Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Santiago de Chile, Universidad Nacional Andrés Bello, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de Talca, Universidad de Concepción y la Universidad Austral de Chile.

Al año 2006 existían en Chile 48 programas de pregrado que enseñan biotecnología, 17 programas de Magíster y 14 programas de doctorado en biotecnología acreditados. Estos representaron el 12,8% de los 109 programas de doctorado acreditados.

**CUADRO 3
PROGRAMAS DE FORMACIÓN 2006**

Tipo de programa	Número
Programas de Pregrado que enseñan biotecnología	48
Programas de MSc que se enfocan en biotecnología	17
Programas de PhD en biotecnología	14

Fuente: Anuario Estadístico del CRUCH 2006.

**CUADRO 4
POSTGRADOS ACREDITADOS POR CONAP QUE INCLUYEN BIOTECNOLOGÍA^a**

UNIVERSIDAD DE CHILE
Doctorado en Bioquímica
Doctorado en Ciencias m/Biología Molecular, Celular y Neurociencias
Doctorado en Ciencias m/Microbiología (conjunto con USACH)
Doctorado en Ciencias Biomédicas
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
Doctorado en Ciencias Biológicas m/Biología Celular y Molecular
Doctorado en Ciencias Biológicas m/Ciencias Fisiológicas
Doctorado en Ciencias Biológicas m/Genética Molecular y Microbiología
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
Doctorado en Ciencias m/Microbiología (conjunto con UCH)
Doctorado en Biotecnología
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
Doctorado en Ciencias Biológicas, área de especialización Biología Celular y Molecular
UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
Doctorado en Ciencias m/Biología Celular y Molecular
UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
Doctorado en Biotecnología PUCV/UTFSM
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO
Doctorado en Ciencias de la Ingeniería m/Ingeniería Bioquímica
Doctorado en Biotecnología UTFSM/PUCV
UNIVERSIDAD DE TALCA
Doctorado en Ciencias mención Ingeniería Genética Vegetal
UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA
Doctorado en Ciencias Biológicas
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
Doctorado en Ciencias m/Biología Celular y Molecular Aplicada
UNIVERSIDAD ANDRES BELLO
Doctorado en Biotecnología

Fuente: www.cse.cl.

^a Actualizado a septiembre del 2006.

La actividad de I+D+i de las universidades e instituciones C&T ha ido dando lugar a importante stock de conocimientos, tecnologías y paquetes tecnológicos, que ha tenido dificultades para su transferencia y comercialización. La capacidad de generar valor a partir de los resultados de la actividad de I+D+i es una de las principales debilidades del sistema de valor Universidades-Empresas biotecnológicas.

En el cuadro 5 se presenta la distribución de las capacidades de I+D de las entidades C&T³ en Chile por ámbito de la biotecnología. En ella se ha utilizado la clasificación por colores de la biotecnología que segmenta esta disciplina en función de sus áreas de aplicación.

CUADRO 5
CAPACIDADES DE I+D EN BIOTECNOLOGÍA EN CHILE, 2006.
GRUPOS, ENTIDADES Y PERSONAL

Ámbito-color	Ámbito de la Biotecnología	Grupos N°	Grupos %	Entidades ^a	Personal con MSc	Personal con PhD
Biotecnología Roja	Salud, Diagnóstico Médico	57	26,5	2	96	172
Biotecnología Amarilla	Biotecnología alimentaria y nutricional	8	8,4	13	26	40
Biotecnología Azul	Acuicultura, biotecnología marina	16	7,4	12	37	68
Biotecnología Verde	Agrobiotecnología, biotecnología ambiental, biocombustibles, biofer-tilizantes, biorremediación	88	40,9	42	120	160
Biotecnología Café	Biotecnología de zonas áridas	9	4,2	7	13	20
Biotecnología Blanca	Bioindustrias basadas en genes	7	3,3	7	5	64
Biotecnología Dorada	Bioninformática, nanobiotecnología	11	5,1	9	17	25
Biotecnología Grs	Fermentaciones clásicas y tecnologías de bioprocesos	9	4,2	7	16	37
Total		215		61		

Fuente: Corfo, Subdirección de Programas en Biotecnología, “Biotecnología para su Empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Marzo 2007.

^a Se considera como una entidad a cada una de las facultades o centros en el caso de universidades o cada una de las sedes regionales (en el caso de otras instituciones). Muchas instituciones mantienen grupos de trabajo en más de un ámbito de la biotecnología. Sin embargo, este valor total considera al conjunto de instituciones sin repetir las.

3. El sistema de valor de la industria de la biotecnología en Chile

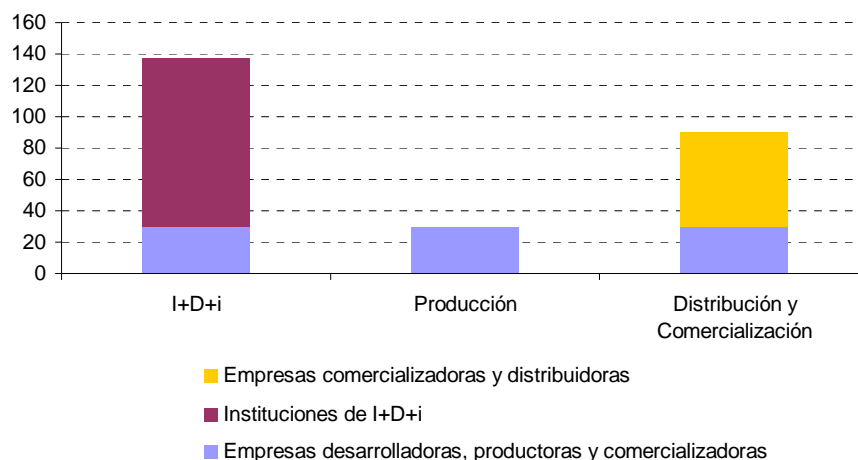
Si se considera las actividades de I+D+I, producción, distribución y comercialización el sistema de valor de la biotecnología en Chile tiene una estructura en términos de número de entidades, como la que se presenta en el gráfico 1.

De manera que:

- En I+D+i se cuentan 30 empresas y 107 unidades al interior de 61 instituciones de I+D+i en biotecnología. Esto hace un total de 137 unidades en actividades de I+D+I en biotecnología en Chile.
- En producción, se cuentan las mismas 30 empresas.
- En distribución y comercialización se suma un total de 92 empresas. Las mismas 30 empresas que realizan I+D+i y producción más otras 62 dedicadas a la importación distribución y comercialización de productos biotecnológicos en el mercado nacional.

³ Universidades, institutos tecnológicos, centros C&T, otros.

GRÁFICO 1
SISTEMA DE VALOR DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE, 2006
(Número)



Fuente; Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

El total de la industria nacional de la biotecnología emplea a 446 PhD, lo que representa el 7,2% del total nacional de doctores.

Una síntesis de condiciones de factores para el desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile se presenta en el cuadro 6.

De acuerdo a antecedentes del Departamento de Propiedad Industrial, la productividad de las empresas e instituciones de I+D+I en términos de patentes en biotecnología solicitadas en Chile por residentes en lo que va de la década alcanza un promedio de nueve por año. En cuanto a patentes concedidas en el ámbito de la biotecnología el promedio nacional es inferior a una patente otorgada por año a residentes. Entre los veinte primeros titulares nacionales en presentación de solicitudes de patentes de invención en el período 2000-2007 se encuentran dos empresas nacionales de biotecnología, Biosigma SA con 14 solicitudes y Fundación Ciencia para la Vida con 13 solicitudes. Esto niveles de productividad, están muy por debajo de los alcanzados por la industria a nivel internacional, más aún si se considera que la tasa de presentación de solicitudes de patentes en la USPTO es inferior.

CUADRO 6
CONDICIONES DE FACTORES EN BIOTECNOLOGÍA EN CHILE, 2006
(Número)

Región	Total país
Instituciones de I+D en biotecnología	61
Unidades de I+D en biotecnología en universidades e instituciones de I+D	107
PhD en instituciones de I+D en biotecnología	396
Investigadores en instituciones de I+D en biotecnología	884
Programas de Doctorado	16
Empresas de biotecnología	30
PhD en empresas de biotecnología	50
Empleados de Empresas de biotecnología	420
Total PhDs instituciones+empresas	446

Fuente: Elaboración propia en base a: www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile.

4. Participación en el mercado mundial

Chile es un participante muy pequeño en el mercado mundial de la biotecnología. Según el reporte 2007 de la industria de la biotecnología de Ernst&Young, las ventas totales mundiales de las empresas transadas públicamente alcanzaron los US\$ 73,478 millones el año 2006. Como se señaló anteriormente, ese mismo año las empresas chilenas de biotecnología en su conjunto vendieron US\$ 9,2 millones, un 0,01% de ese total. El mismo reporte contabilizaba un total de 4,275 empresas en el mundo, de manera que las 30 empresas chilenas en el sector representan el 0,7% a nivel global. El tamaño de la industria nacional de la biotecnología es comparable al de Noruega en términos de número de empresas y número de empleados, pero nueve veces más pequeño en términos de ingresos por ventas. Muchas de las empresas nacionales sostienen en parte su operación en base a subsidios públicos a la I+D+i.

CUADRO 7
INDICADORES CLAVE DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA, 2006
(En millones de US\$ y número)

Indicador	EE.UU.	Reino Unido	Suecia	Noruega	Bélgica	Israel	Chile	Santiago
Ingresos por ventas (<i>US\$ Millones</i>)	55 458	4297	1 563	81	299	101	9	7,8
Número de Empleados (<i>Número</i>)	130 600	14 730	4 790	430	1 960	2 880	420	348
Número Total de Empresas (<i>Número</i>)	4 275	258	115	32	42	139	30	18

Fuente: Ernst&Young 2006, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

5. Limitantes al desarrollo de la industria

Entre las principales limitantes al desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile, a partir de las capacidades nacionales se encuentran:

- La baja disponibilidad de financiamiento al escalamiento y aplicación.
- Los incentivos no están orientados a materializar la innovación: Los subsidios del estado a la I+D son un orden de magnitud superiores que los subsidios a la transferencia, escalamiento y aplicación (cientos de miles de pesos vs decenas de miles de pesos). A ello se suma un incipiente desarrollo de la industria de capital de riesgo.
- La baja actividad de patentamiento nacional e internacional tanto de las instituciones de I+D+i como de las empresas en términos comparativos internacionales y considerando el potencial existente.
- La baja visibilidad y posicionamiento internacional de los desarrollos nacionales. El bajo acceso a los mercados relevantes, en particular de los productos biomédicos.
- El bajo porcentaje comparativo (11,9%) de empleados con PhD en las empresas de biotecnología.
- Limitaciones regulatorias al uso de los organismos genéticamente modificados.
- La baja inversión en I+D+i de las empresas nacionales potenciales usuarias de biotecnología.

6. Sectores clave y principales ámbitos de aplicación de la biotecnología en Chile

Chile presenta buenas condiciones de demanda para el desarrollo de la industria de la biotecnología en nichos específicos de los sectores de la minería del cobre, forestal primario e industrial, salmoneicultura, producción de cerdos y producción de uva. La mayor parte de ellos están asociados a los sectores clave definidos por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. Se trata de sectores competidores de clase mundial con gran volumen de exportación, alta tasa de crecimiento y alto nivel de exigencia con sus proveedores. En todos ellos, las universidades, institutos de investigación y empresas que conforman la industria nacional de la biotecnología han desarrollado actividades de investigación, desarrollo innovación y aplicación de biotecnologías. Por otra parte, la CORFO y el Ministerio de Salud han estado desarrollando un entorno favorable de incentivos y regulatorio para el desarrollo de la industria de las pruebas clínicas en Chile.

En el cuadro 8 se presenta los sectores económicos con mayor potencial de aplicación de la biotecnología en Chile.

CUADRO 8
ATRACTIVO DE LA INDUSTRIA: SECTORES Y AMBITOS DE
APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE

Sectores	Principales ámbitos de aplicación en Chile
Minería: minería del cobre y otros	Biominería, biolixiviación.
Industria de los alimentos Agrícola y Agroindustrial Fruticultura de exportación Horticultura Alimentos procesados Industria del vino	Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares. Diagnóstico molecular. Agregación de valor y diferenciación con el uso de biotecnologías. Bioprocesos.
Industria de los alimentos Pecuario Aves Cerdos Ovino Bovino Leche Acuicultura Salmoneicultura	Salud animal: vacunas, inmunoestimulantes, otros. Genética y reproducción. Alimentación animal.
Forestal: plantaciones forestales e industria de la celulosa	Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares. Control de plagas y enfermedades. Bioprocesos.
Energía	Energías renovables no convencionales basadas en el uso de biomasa.
Medio ambiente	Biorremediación. Tratamiento de RILES.
Salud	Estudio de patologías de mayor prevalencia en Chile en términos de las terapias. Diagnóstico molecular, y Vacunas.

Fuente: Elaboración propia.

La biotecnología tiene también un alto potencial de contribución a los objetivos de sustentabilidad de los sectores de energía y medio ambiente a través de las energías renovables no convencionales basadas en el uso de biomasa y del tecnologías eficientes y económicas para el

tratamiento de Riles y biorremediación. En el sector salud existen grandes potencialidades de desarrollo no explotadas, siendo el más grande de la industria biotecnológica a nivel nacional en términos de número de investigadores y doctores.

La demanda potencial de estos sectores en los ámbitos de aplicación de la biotecnología constituye un elemento favorable tanto para el desarrollo de empresas nacionales de biotecnología como para la instalación de empresas extranjeras de biotecnología en Chile. Veremos más adelante, que hay regiones en Chile que pueden constituirse en una buena base para el desarrollo de empresas de biotecnología en ámbitos específicos, considerando las condiciones de demanda y de factores presentes. En particular, la Región Metropolitana.

7. Condiciones de factores específicos por sectores de aplicación

A continuación se presenta un análisis de las condiciones de factores específicos para el desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile por regiones y por sectores de aplicación. La revisión incluye, (i) el número de investigadores, doctores y unidades de I+D+i en biotecnología (centros) de las instituciones de I+D+I y (ii) el número de empresas en biotecnología y el número de doctores y empleados en esas empresas. De esta manera se cubre el capital humano avanzado, que es un factor crítico en el desarrollo de esta industria y el capital social o institucional, a través del número de entidades dedicadas a biotecnología en Chile.

La distribución de las capacidades nacionales por sector de aplicación se presenta en el cuadro 9.

CUADRO 9
CAPACIDADES NACIONALES POR SECTOR DE APLICACIÓN, 2006
(Número)

Sector	Minería	Forestal	Agrícola	Pecuario	Acuícola	Energía	Medio Ambiente	Salud
Instituciones de I+D								
PhD	11	35	129	37	68	31	12	195
Investigadores	35	74	275	75	150	73	35	437
Centros	9	12	36	17	14	15	9	28
Empresas								
PhD	19	9	9	8	7	2		16
Empleados	111	42	66	88	139	16	18	108
Empresas	3	6	9	6	6	4	3	7
Total PhD	30	44	138	45	75	33	12	211

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

Claramente los sectores donde existen mayores capacidades en términos de número de investigadores, doctores, centros de investigación y empresas son Salud y Agrícola. Le siguen la acuicultura y la minería. Al dividir sectorialmente, se observa también, el bajo número de PhDs en las empresas por sector de aplicación, para cinco de los ocho sectores se cuenta con menos de 46 doctores en total (considerando los de las instituciones de I+D+i y de las empresas). De manera que el logro de ventajas competitivas en biotecnología en Chile requiere de una mayor disponibilidad de capital humano avanzado y de su concentración selectiva en áreas específicas.

Así también, según se presenta en los cuadros siguientes, la región donde se concentra la mayor proporción de las capacidades de la industria de la biotecnología nacional es la Región Metropolitana de Santiago.

Finalmente, se observa que, los sectores de aplicación de la biotecnología en los que la Región Metropolitana presenta mayores fortalezas a nivel nacional son minería, agrícola, pecuario, acuícola y salud.

CUADRO 10
CAPACIDADES DE LA REGIÓN METROPOLITANA POR SECTOR DE APLICACIÓN, 2006
(Número)

Sector	Minería	Forestal	Agrícola	Pecuario	Acuícola	Energía	Medio Ambiente	Salud
Instituciones de I+D								
PhD	7	4	43	16	26	8	2	122
Investigadores	14	14	113	34	51	22	9	302
Centros	4	3	10	6	4	6	3	18
Empresas								
PhD	15	4	6	4	4	1		12
Empleados	100	25	44	85	112	6	15	97
Empresas	1	3	6	4	3	2	1	5
Total PhD	22	8	49	20	30	9	2	134

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

CUADRO 11
CAPACIDADES DE LA REGIÓN METROPOLITANA POR SECTOR DE APLICACIÓN, 2006
(En porcentajes)

Sector	Minería	Forestal	Agrícola	Pecuario	Acuícola	Energía	Medio Ambiente	Salud
Instituciones de I+D								
PhD	64	11	33	43	38	26	17	63
Investigadores	40	19	41	45	34	30	26	69
Centros	44	25	28	35	29	40	33	64
Empresas								
PhD	79	44	67	50	57	50		75
Empleados	90	60	67	97	81	38	83	90
Empresas	33	50	67	67	50	50	33	71
Total PhD	73	18	36	44	40	27	17	64

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

III. La industria de la biotecnología en Chile: oportunidades de desarrollo en los principales sectores de aplicación

A. Biotecnología aplicada a la minería

1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada a la minería

Según el Estudio de Competitividad en Cluster de la Economía Chilena encargado por el Consejo de Innovación al Boston Consulting Group los principales desafíos del sector minero para los próximos años son:

- Disminución de las leyes.
- Profundidad de los yacimientos.
- Crecientes costos de operación.
- Acceso y utilización de recursos hídricos.
- Crecientes exigencias medioambientales.
- Inversión en I+D aplicada y colaborativa.

El mismo estudio, determina en forma general, un conjunto de requerimientos tecnológicos asociados a estos desafíos que serán clave para la competitividad de la industria de la minería del cobre. Las principales oportunidades para la biotecnología en la minería del cobre están en la biolixiviación y las aplicaciones medioambientales.

Los principales desarrollos asociados a la biotecnología en la industria minera pueden clasificarse (según Lawrence y Poulin, 1995) en aplicaciones para:

- Extracción de metales (cobre, oro, entre otros).
- Recuperación de metales desde soluciones.
- Control ambiental.

- Aplicaciones en la bioconversión de manganeso y la lixiviación de aluminio.
- Aplicaciones para el beneficio de minerales industriales.
- Producción de reactivos microbiológicos para ser aplicados en procesos mineros.

CUADRO 12

PRINCIPALES REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS EN LA INDUSTRIA DEL COBRE

Principales requerimientos tecnológicos en la industria del cobre	
Planificación y desarrollo	Técnicas avanzadas de caracterización del mineral. Técnicas avanzadas de minería subterránea.
Extracción	Camiones autónomos. Aumento de tamaño de camiones. Diagnóstico a distancia. Telemanejo. Automatización. Minería continua.
Procesamiento	Automatización de procesos. Lixiviación de concentrados. Lixiviación in situ. Biolixiviación.
Sustentabilidad	Confinamiento y disposición de residuos arsenicados. Utilización de los recursos hídricos existentes. Disposición de relaves espesados. Eficiencia en el uso del agua.

Fuente: The Boston Consulting Group.

Cabe destacar que el uso industrial efectivo de microorganismos en operaciones mineras, como lixiviación bacteriana y biominería, es reciente y sólo durante los últimos años se han aplicado herramientas de otros campos como la biología molecular o la Geomicrobiología.

Del mismo modo, se encuentran en etapas muy incipientes estudios sobre los posibles efectos y aprovechamiento de la capacidad de microorganismos que se encuentran en ambientes naturales para solubilizar y lixiviar metales de minas minerales y rocas insolubles.

Una de las principales ventajas de la Biotecnología aplicada a la Minería son sus beneficios hacia la conservación del medio ambiente y la mitigación de impactos. Considerando que la liberación incontrolada de metales y ácidos es un problema recurrente y de larga data en operaciones mineras, la biolixiviación controlada puede dar como resultado tanto la recuperación de metales valiosos, como la protección del ambiente de esta fuente de polución.

2. Condiciones de factores para el desarrollo de la biotecnología aplicada a la minería en Chile

Actualmente existen tres empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos para la minería. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Se trata de empresas relativamente nuevas que fueron creadas en los últimos diez años. Estas empresas emplean un total de 111 personas, 19 de las cuales son PhD.

La más importante empresa de biominería es Biosigma SA. En ella participan la principal empresa minera chilena Codelco y Nippon Mining de Japón. Esta empresa está localizada en Santiago

y emplea a 100 personas, 15 de las cuales tienen un PhD. El vínculo de Biosigma con Codelco, representa una integración vertical que define fuertemente la estructura y dinámica del mercado y la actividad. Entre 2000 y 2007, Biosigma presentó 14 solicitudes nacionales de patente, ubicándose entre las 20 entidades nacionales que más solicitudes presentaron en dicho período.

Por otra parte, en Chile existen diez centros o unidades de investigación y desarrollo activos en biominería, los que cuentan en su conjunto con un total de 35 investigadores. De estos 11 son PhD (31,4%). En este sector, el capital humano avanzado se concentra fuertemente en las empresas. De los 30 PhD, 11 (36,7%) trabajan en instituciones de I+D+I y 19 (63,3%) en empresas.

CUADRO 13
BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA MINERÍA: DISTRIBUCIÓN REGIONAL
DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS DE 2007

Región	II	III	V	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D						
PhD	3		1	7	11	64
Investigadores	14	3	4	14	35	40
Centros	4	1	1	4	10	40
Empresas						
PhD	4			15	19	79
Empleados	11			100	111	90
Empresas	2			1	3	33
Total PhD	7		1	22	30	73

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

CUADRO 14
BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA MINERÍA: DISTRIBUCIÓN REGIONAL
DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS DE 2007
(En porcentajes)

Región	II	III	V	RM	Total
Instituciones de I+D					
PhD	27,3		9,1	63,6	100
Investigadores	40,0	8,6	11,4	40,0	100
Centros	40,0	10,0	10,0	40,0	100
Empresas					
PhD	21,1			78,9	100
Empleados	9,9			90,1	100
Empresas	66,7			33,3	100
Total PhD	23,3		3,3	73,3	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- Una alta concentración del capital humano avanzado en la RM con un 73,3%.
- Una alta concentración de los empleados de las empresas en la Región Metropolitana con un 90,3%.
- Una alta concentración de las instituciones de I+D+I y de los investigadores de centros en las regiones Metropolitana (40%) y II (40%).
- Dos de las empresas se localizan en la II Región y una en la Región Metropolitana.

Con ello, las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la biominería estarían localizadas en la Región Metropolitana. La II Región también presenta buenas condiciones relativas.

3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada a la minería

Los principales siete centros de investigación que desarrollan trabajos en el área de la biotecnología aplicada a la minería en Chile son los siguientes.

**CUADRO 15
PRINCIPALES CENTROS DE INVESTIGACIÓN**

Institución		Líneas de investigación
Núcleos Científicos Milenio	Fundación Ciencia para la Vida	Biolixiviación. Biología del genoma de microorganismos biolixiviantes. Genómica comparativa y metagenómica.
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Facultad de Ciencias Básicas y Matemáticas; Instituto de Química	Biocorrosión. Evaluación bioquímica de las interacciones metal-microorganismos.
Universidad Católica del Norte	Centro de Investigación Científico y Tecnológico de la Minería, CICITEM	Biominería. Ingeniería de procesos (obtención de cobre, molibdeno, oro, plata y minerales industriales).
Universidad Católica del Norte	Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas	Biolixiviación. Uso de ozono para purificación de aguas crudas.
Universidad de Antofagasta	Centro de Investigación Científico y Tecnológico de la Minería, CICITEM	Biominería. Ingeniería de procesos (obtención de cobre, molibdeno, oro, plata y minerales industriales).
Universidad de Atacama	Instituto Investigaciones Científicas y Tecnológicas (IDICTEC)	Biolixiviación.
Universidad de Chile	Facultad de Ciencias	Biolixiviación. Fisiología biofísica. Microbiología celular y molecular de microorganismos en ambientes extremos.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

4. Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector de la minería

En el cuadro 16 se presenta información de las tres principales empresas desarrolladoras y comercializadoras de productos y tecnologías en el ámbito de la biotecnología.

CUADRO 16
PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN
EN EL SECTOR DE LA MINERÍA

Nombre empresa	Productos/Servicios	Web
BioSigma S.A.	Tecnología de biolixiviación, biominería	www.biosigma.cl
Biotecnor Ltda.	Test de biolixiviación, geomicrobiología	www.lmt.cl
Sociedad Biotecnologías Antofagasta Ltda.	Biorremediación para recuperación de suelos, fondo marino y aguas contaminadas por hidrocarburos, tratamiento de aguas.	www.biotecnologiasantofagasta.cl

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

Además existe un conjunto de otras siete empresas que comercializan productos y ofrecen servicios en las líneas de tecnología de biolixiviación, biominería, geomicrobiología, biorremediación, cultivos microbiales, servicios de ecotoxicología, biorremediación de aguas, bioblanqueamiento y biohidrometalúrgica.

5. Principales líneas nacionales de investigación en biotecnología aplicada a la minería

Las principales líneas de investigación desarrolladas en los centros investigación nacionales dicen relación con:

- Biolixiviación.
- Biología del genoma de microorganismos biolixiviantes.
- Genómica comparativa y metagenómica.
- Biocorrosión.
- Evaluación bioquímica de las interacciones metal-microorganismos.
- Ingeniería de procesos (obtención de cobre, molibdeno, oro, plata y minerales industriales).
- Uso de ozono para purificación de aguas crudas.

De estas, el área donde se ha identificado las mayores oportunidades estratégicas para Chile, es la biolixiviación.

B. Biotecnología aplicada al sector agrícola y agroindustrial

1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada al sector agrícola y agroindustrial

Estudios recientes del Ministerio de Economía, de CORFO (Programa de Atracción de Inversiones Extranjeras y Comité Innova Chile) y de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) han podido identificar los principales desafíos y brechas tecnológicas que se presentan en los sistemas agroproductivos del país. En lo que respecta a las biotecnologías se pueden visualizar los siguientes campos de aplicación:

- Desarrollo y evaluación de variedades.
- Control de plagas y enfermedades.
- Manejo de estrés biótico.

- Disminución de costos.
- Sustentabilidad ambiental y producción limpia.
- Calidad e inocuidad.
- Agregación de valor y diferenciación.

1.1 Desarrollo y evaluación de variedades

Se requiere trabajar sostenidamente en mejoramiento genético local de variedades y portainjertos: uso de marcadores moleculares y transgenia para mejoramiento genético de especies de interés económico para el país, desarrollo de productos estratégicos como promotores, marcadores de selección, prospección de material genético de interés ya existente en huertos frutales, entre otros.

A su vez, la introducción de material genético extranjero para su evaluación en diferentes zonas del país es de suma importancia. Si bien este aspecto ha sido un componente del trabajo de diversificación de variedades frutícolas en Chile, en muchas especies no ha sido permanente y en otras ha sido inexistente.

1.2 Control de plagas y enfermedades

En relación a la prevención y control se requiere trabajar en el desarrollo de programas de control plagas y enfermedades: saneamiento de material vegetal, uso de biopesticidas que controlen plagas y enfermedades de importancia en estas especies, sistemas de diagnóstico de virus en viveros, uso de kits de diagnóstico de patógenos en huerto, uso de envases con kits de diagnóstico de enfermedades, madurez, gases, entre otros.

1.3 Manejo de estrés biótico

Los rendimientos de las especies vegetales se ven afectados por fenómenos climáticos recurrentes como granizo, primaveras frías, sequías y altas temperaturas de verano, al mismo tiempo que daños por golpe de sol y polvo en la fruta, entre otros. Para abordar estas dificultades se vislumbra el uso de productos de origen biotecnológico o desarrollo de programas de mejoramiento genético que disminuyan el impacto negativo de estos fenómenos sobre los rendimientos. A su vez, se destaca la importancia del uso de herramientas biotecnológicas para mejorar el entendimiento de los efectos que estos fenómenos generan sobre estas especies, de manera que los investigadores identifiquen puntos de intervención y aproximaciones eficientes para mitigarlos por medios genéticos, microbiológicos o por medio de técnicas de manejo tradicional.

1.4 Disminución de costos

La creciente incidencia de los costos de producción en la disminución de la eficiencia de los sistemas productivos plantea la necesidad de disminuir los costos de producción asociados al uso de insumos de origen biotecnológico que reemplacen insumos tradicionales a igual o mayor eficacia, con mayor eficiencia. El uso de estos productos también apunta a disminuir el uso de insecticidas organofosforados en la producción de fruta, tendiendo así a una producción limpia.

1.5 Sustentabilidad ambiental y producción limpia

Existe una alta carga de residuos químicos en R.I.L.E.S., donde existe un gran espacio para introducir tecnologías de manejo de los residuos en agroindustrias (ej: industria aceitera). Para esto se vislumbra el manejo de residuos con biotecnologías y el reemplazo de químicos por productos bioorgánicos.

1.6 Calidad e inocuidad

La creciente demanda de los mercados internacional por mantener las características naturales de los alimentos, preservar su calidad por mayor tiempo, otorgar mayor funcionalidad, asegurar su inocuidad y satisfacer necesidades de salud y modas dietéticas, requiere del mejoramiento y sistemas de aseguramiento de la calidad de las plantas de vivero (certificación de autenticidad varietal), mejoramiento de la calidad sanitaria y de inocuidad de los productos hortícolas y frutícolas (mejoramiento de procesos, aseguramiento y control de calidad de productos frescos y provenientes de la agroindustria) y caracterización de la calidad de nutricional de los productos (por ejemplo los aceites de oliva).

1.7 Agregación de valor y diferenciación

Desde un punto de vista comercial, la industria de productos alimentarios de origen agrícola tiene la necesidad de ofrecer a los mercados externos productos con mayor valor agregado y de diferenciarlos a través del uso de atributos que permitan aumentar sus precios, abrir nuevos mercados o mantenerse competitivamente en ellos. Así también, se requiere trabajar en la aplicación de tecnologías de postcosecha y proceso de productos procesados obtenidos a partir de fruta y hortalizas (a través del uso de microorganismos, enzimas y químicos finos, tecnologías especializadas en liofilización de alimentos, entre otras), ampliar el trabajo en el desarrollo de alimentos funcionales (desarrollar nuevos estudios acerca de los beneficios del consumo de las diferentes frutas y hortalizas producidas en Chile en la salud de las personas).

2. Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biotecnología aplicada al sector agrícola y agroalimentario

Actualmente existen nueve empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos para el sector agrícola y agroindustrial. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Se trata de empresas relativamente nuevas que en su mayoría fueron creadas en los últimos diez años. Estas empresas emplean un total de 66 personas, nueve de las cuales son PhD.

Por otra parte, en Chile existen 36 centros o unidades de investigación y desarrollo activos biotecnología para el sector agrícola y agroindustrial, los que cuentan en su conjunto con un total de 275 investigadores, de los cuales 129 son PhD (46,9%).

En este sector, el capital humano avanzado se concentra fuertemente en los centros o unidades de investigación y desarrollo. De los 138 PhD que trabajan en el sector, 129 (93,5%) trabajan en instituciones de I+D+I y sólo nueve (6,5%) en empresas.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- Una alta concentración del capital humano avanzado en la Región Metropolitana con un 35,5% del total de los PhD y un 41,1% de los investigadores de los centros.
- Una buena concentración comparativa de investigadores en centros de las regiones IX con un 16%, X con un 10,5%, VII con un 9,8% y VIII con un 9,8%.
- Una alta concentración de los empleados de las empresas y de las empresas en la Región Metropolitana con un 66,7%.

Con ello las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la biotecnología para el sector agrícola y agroindustrial estarían localizadas en la Región Metropolitana. También presentan buenas condiciones las regiones IX, X, VII y VIII.

CUADRO 17
DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES
(Número)

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D															
PhD	1		3	7		18	19	24	14				43	129	33
Investigadores	8		6	21		27	27	44	29				113	275	41
Centros	1		2	4		4	6	5	4				10	36	28
Empresas															
PhD					1	1	1						6	9	67
Empleados					3	14	5						44	66	67
Empresas					1	1	1						6	9	67
Total PhD	1		3	8		19	20	24	14				49	138	36

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

CUADRO 18
DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES
(En porcentajes)

Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM	Total
Instituciones de I+D														
PhD	0,8	0,0	0,0	2,3	5,4	0,0	14,0	14,7	18,6	10,9	0,0	0,0	33,3	100,0
Investigadores	2,9	0,0	0,0	2,2	7,6	0,0	9,8	9,8	16,0	10,5	0,0	0,0	41,1	100,0
Centros	2,8	0,0	0,0	5,6	11,1	0,0	11,1	16,7	13,9	11,1	0,0	0,0	27,8	100,0
Empresas														
PhD	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	11,1	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	100,0
Empleados	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	21,2	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	100,0
Empresas	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	11,1	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	66,7	100,0
Total PhD	0,7	0,0	0,0	2,2	5,8	0,0	13,8	14,5	17,4	10,1	0,0	0,0	35,5	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada al sector agrícola y agroindustrial

A continuación se presentan algunos grupos dedicados a desarrollar investigaciones en biotecnología aplicada al sector agrícola y que presentan un alto grado de consolidación en términos de sus capacidades en capital humano y de infraestructura física, trayectoria de investigación y las relaciones con entidades extranjeras de I+D+i en el área.

CUADRO 19
GRUPOS CONSOLIDADOS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO

Nombre institución		Líneas de investigación
Instituto de Investigaciones Agropecuarias	CRI-La Platina	Biotecnología y genética vegetal, cultivo de tejidos, marcadores moleculares, post-cosecha, fitopatología molecular.
Consortio tecnológico de la industria hortofrutícola de exportación: “Programa de Investigación, Desarrollo e Innovación en Fruticultura”.	ASOEX, FDF, Pontificia Universidad Católica de Chile, 27 empresas, University of Nevada	Bioinformática, biología celular y molecular, genética y mejoramiento genético, proteómica y genómica.
Consortio Tecnológico Empresarial de Investigación en el Ámbito Frutícola: Innovación biotecnológica en la producción de nuevas variedades de vides y frutales de carozos.	Universidad de Chile, Universidad Nacional Andrés Bello, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de Talca, Fundación Chile, Cornell Foundation (E.U.A.), FEDEFRUTA y empresas.	Bioinformática, biología celular y molecular, genética y mejoramiento genético, proteómica y genómica.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

CUADRO 20
GRUPOS CONSOLIDADOS EN DIAGNÓSTICO MOLECULAR

Nombre institución		Líneas de investigación
Núcleos Científicos Milenio	Fundación Ciencia para la Vida	Genómica molecular, bioinformática, patógenos vegetales y animales, biotecnología forestal, virología.
Universidad Nacional Andrés Bello	Facultad de Ecología y Recursos Naturales	Genómica funcional en frutales, biología celular y molecular vegetal, bioinformática.
Consortio tecnológico de la industria hortofrutícola de exportación: “Programa de Investigación, Desarrollo e Innovación en Fruticultura”.	ASOEX, FDF, Pontificia Universidad Católica de Chile, 27 empresas, University of Nevada	Bioinformática, biología celular y molecular, genética y mejoramiento genético, proteómica y genómica.
Consortio Tecnológico Empresarial de Investigación en el Ámbito Frutícola: Innovación biotecnológica en la producción de nuevas variedades de vides y frutales de carozos.	Universidad de Chile, Universidad Nacional Andrés Bello, Universidad Técnica Federico Santa María, Universidad de Talca, Fundación Chile, Cornell Foundation (E.U.A.), FEDEFRUTA y empresas	Bioinformática, biología celular y molecular, genética y mejoramiento genético, proteómica y genómica.
Instituto de Investigaciones Agropecuarias	CRI-La Platina	Biotecnología y genética vegetal, cultivo de tejidos, marcadores moleculares, post-cosecha, fitopatología molecular.
Universidad de Chile	Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos	Metabolismo, bioquímica de alimentos, alimentos funcionales, enfermedades nutricionales, epidemiología genética.
Austral Biotech S.A.		Biosensores para detectar la presencia de etil-fenoles y etil-guayacoles en las barricas de las viñas, ya que dichas sustancias afectan el sabor y olor de los vinos Premium.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

CUADRO 21
GRUPOS CONSOLIDADOS EN AGREGACIÓN DE VALOR

Nombre institución		Líneas de investigación
Pontificia Universidad Católica de Chile	Facultad de Ingeniería	Biotecnología de procesos, aromas
Universidad de Talca	Instituto de Química de Recursos Naturales	Química de plantas medicinales, metabolitos secundarios, biotransformaciones.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

Cabe mencionar la existencia de importantes capacidades en genómica aplicada al sector frutícola, las cuales iniciaron su desarrollo en el país con el Programa Genoma en Recursos Naturales financiado parcialmente por el Comité Innova Chile de CORFO y CONICYT. Estas capacidades desarrollaron tres proyectos: Genómica funcional en nectarines, Estudios genómicos y de expresión génica en vides: respuesta a la infección viral y desarrollo de sistemas de diagnóstico, y Plataforma científica - tecnológica para el desarrollo de la genómica vegetal en Chile, Etapa I: genómica funcional en vid. Las instituciones vinculadas a estos proyectos son las siguientes: Universidad de Chile, Universidad Católica de Chile, ASOEX, Fundación Chile, Fundación Ciencia para la Vida, INIA y Universidad Técnica Federico Santa María.

Actualmente existen tres consorcios tecnológicos empresariales de investigación que se desarrollan en el ámbito de la fruticultura y vitivinicultura, los cuales abordan entre otros temas, genómica y mejoramiento genético de carozos, vides (de mesa y viníferas) y manzanos. Estos consorcios continúan las líneas de investigación iniciadas en el marco del Programa Genoma de Recursos Naturales, que marcó el comienzo de los trabajos de genómica en esta área a nivel nacional el año 2002.

RECUADRO 1
INICIATIVA GENOMA

Esta iniciativa nació en el marco del Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Gobierno de Chile 2001- 2005. De esta manera, en sus inicios fue financiado en parte con recursos provenientes del BID y dirigido por un comité formado por representantes del Ministerio de Economía, CORFO (FDI), Ministerio de Agricultura (FIA) y CONICYT, organismo al que le corresponde la gestión general del Programa.

La iniciativa Genoma Chile se creó con el propósito de incorporar al país, masiva y sistemáticamente, en el desarrollo mundial de la genómica, proteómica y bioinformática en áreas relevantes de la economía nacional. Su objetivo es que estas disciplinas contribuyan a potenciar actuales desarrollos y establecer estrategias efectivas y eficientes en la identificación y solución de problemas y en el aprovechamiento de oportunidades que el país requiere para mantener y aumentar su competitividad mundial.

El programa financia, a través de concursos públicos, proyectos de investigación y desarrollo en dos áreas principales: Recursos Naturales Renovables y Biominería. También considera la formación de científicos jóvenes en los proyectos adjudicados, especializándose en técnicas y manejos científicos que nunca antes estuvieron disponibles en Chile.

Fuente: CONICYT.

RECUADRO 2 PROGRAMA GENOMA DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

El propósito del programa es aprovechar oportunidades o resolver problemas de impacto económico nacional en los ámbitos agropecuario, forestal y acuícola, a través del desarrollo de capacidades, de conocimiento y de tecnologías basadas en genómica, bioinformática, proteómica y metabolómica.

Concurso para proyectos de investigación y desarrollo, orientado concretamente a propuestas relativas a la "Sanidad, Productividad, y Competitividad de variedades nuevas o mejoradas de vides o carozos de exportación" Este concurso busca contribuir al desarrollo de variedades mejoradas de uvas o carozos de exportación, apoyando a iniciativas de mejoramiento genético.

En la línea de Genoma en Recursos Naturales Renovables, se ha adjudicado alrededor de tres y medio millones dólares en conjunto, para la constitución de la primera Red Genómica Vegetal de nuestro país.

Gracias al uso de capacidades ya instaladas y probadas en otros países que contaban con este tipo de proyectos (Brasil y Estados Unidos), nuestro país ha logrado avanzar rápidamente en la implementación de proyectos con enfoque genómico. Actualmente, los tres proyectos adjudicados, han permitido que el programa haya alcanzado resultados genómicos de gran relevancia, por ejemplo:

- El establecimiento de una plataforma genómica para analizar 120.000 ESTs (marcas de secuenciación expresadas) de *Vitis vinífera* que permitirán estudiar las bases de la Apirenia y la Botritis.
- La generación de una plataforma genómica para estudiar 80.000 ESTs de nectarines para ver los daños más frecuentes por almacenamiento en frío.

El establecimiento de una plataforma genómica, una base de datos nacional con genomas de virus locales que infectan *Vitis vinífera* y el desarrollo de kits diagnóstico específicos.

Fuente: CONICYT.

4. Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector agroproductivo

A continuación se listan algunas de las principales empresas que trabajan en el sector agroproductivo en Chile y sus productos y servicios, junto a información sobre la web de cada una de ellas:

**CUADRO 22
PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS EN EL SECTOR AGROPRODUCTIVO**

Nombre empresa	Web	Productos/Servicios
Bioingemar Ltda.	www.biogram.cl	Biocontroladores, biofertilizantes.
BiosChile Ingeniería Genética S.A.	www.bioschile.cl	Citoquininas (plantas).
Bioteología Agroforestal S.A.		Micropropagación, plantas libres de virus.
Apablaza y Santalices Ltda.	www.ayslab.cl	Servicios de diagnóstico y analíticos en fitopatología, alimentación animal, cultivo in vitro, bioprocesos.
Austral Biotech S.A.		Kits de detección para control de calidad, biofiltros, biosensores.
Avance Biotechnologies, Chile Ltda.	www.avancebiotechnologies.com	Biopesticidas
Bioagro S.A.		Biopesticidas
Bio Insumos Nativa Ltda.	www.bionativa.cl	Biofungicidas

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

5. Principales líneas nacionales de investigación

Las principales líneas de investigación que se están desarrollando en las instituciones y centros de investigación del país son biotecnologías aplicadas a especies vegetales, biotecnología alimentaria y nutricional y fermentaciones clásicas - tecnologías de bioprocesos.

5.1 Biotecnologías aplicadas a especies vegetales

Dentro del ámbito de las biotecnologías aplicadas a especies vegetales sobre las cuales se está trabajando en el ámbito de la investigación con mayor énfasis cabe destacar las siguientes:

- mejoramiento genético de frutales, hortalizas y flores (incluyendo especies nativas) mediante el uso de herramientas biotecnológicas,
- estudios de diversidad genética,
- caracterización de las adaptaciones ecológicas de las plantas a ambientes áridos salinos,
- desarrollo de herramientas biotecnológicas para el diagnóstico y control de enfermedades virales en diversas especies,
- estudio de flujo génico entre especies cultivadas y relativos silvestres y el análisis de detección y cuantificación de organismos genéticamente modificados,
- estudios de propagación de especies frutales, hortícolas y ornamentales (incluyendo especies nativas), así como de especies endémicas,
- desarrollo de herramientas bioinformáticas en el área vegetal, por ejemplo en problemas de postcosecha de frutas y hortalizas y,
- genómica y proteómica.

5.2 Biotecnología alimentaria y nutricional

Dentro del ámbito de las biotecnologías aplicadas al área alimentaria y nutricional sobre las cuales se está trabajando en el ámbito de la investigación con mayor énfasis cabe destacar las siguientes:

- inocuidad alimentaria,
- desarrollo de procesos de separación en el ámbito de productos alimenticios,
- alteración del metabolismo de los carbohidratos en plantas,
- estudio de genes relacionados con la maduración y genética de la calidad reológica del trigo.

5.3 Fermentaciones clásicas - Tecnologías de bioprocesos

Dentro del ámbito de las biotecnologías aplicadas a fermentaciones clásicas - tecnologías de bioprocesos sobre las cuales se está trabajando en el ámbito de la investigación con mayor énfasis cabe destacar las siguientes:

- ingeniería de fermentaciones y optimización de bioprocesos,
- fermentaciones en sustrato sólido,
- fermentación para la obtención de productos naturales,
- producción masiva de bioplaguicidas,
- tecnologías enzimáticas y separación.

Por otro lado, se están estudiando procesos basados en la nanotecnología para aplicarla en los polímeros, familia de compuestos a la que pertenecen los plásticos que se utilizan en las más diversas aplicaciones. En esta área se trabaja en materiales bioinspirados.

5.4 Oportunidades con la biotecnología aplicada a los sectores agrícola y agroindustrial

Las tres principales áreas donde se han identificado oportunidades estratégicas para Chile son:

- mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares,
- diagnóstico molecular,
- agregación de valor y diferenciación.

C. Biotecnología aplicada al sector pecuario

1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada al sector pecuario

En estudios recientes del Ministerio de Economía, CORFO (Programa de Atracción de Inversiones Extranjeras y Comité Innova Chile) y FIA se identifica los principales desafíos y brechas tecnológicas que se presentan en los sistemas pecuarios del país. En lo que respecta a las biotecnologías se pueden visualizar los siguientes campos de aplicación:

- desarrollo tecnológico,
- incremento de los niveles de productividad:
 - praderas,
 - alimentación y nutrición,
 - salud animal,
 - reproducción,
 - genética.
- desarrollo de mercado.

1.1 Desarrollo tecnológico

Se han priorizado una serie de ámbitos dentro de los cuales existen oportunidades de desarrollo tecnológico que deben apuntar a elevar la competitividad en los distintos niveles de la cadena y a generar nuevas oportunidades de negocio. Entre los principales están:

- recursos naturales,
- desarrollo de insumos eficientes y de bajo costo,
- calidad de materia prima,
- técnicas analíticas,
- medio ambiente y producción limpia.

1.2 Incremento de los niveles de productividad

El crecimiento de la producción pecuaria debe sustentarse principalmente en incrementos de la productividad, considerando que en la actualidad existe un amplio margen para incrementar la producción por hectárea de forraje, lo que permitiría duplicar con facilidad la actual producción y sostener el aumento de la masa ganadera.

Los ámbitos prioritarios en los cuales existen oportunidades de incorporar tecnologías para mejorar los resultados productivos y económicos dentro de este eje son los siguientes:

Praderas

- Mejoramiento de la fertilidad de suelos.
- Mejoramiento de praderas que se adapten a las condiciones de los sistemas productivos (Desarrollo de variedades forrajeras, con mejores aptitudes de pastoreo, composición y otros, mejoramiento de especies forrajeras a través de la selección de genes antiestrés).

Alimentación y Nutrición

- Alimentos (Evaluación de composición de nutrientes, mejorar calidad de los alimentos, mejorar digestibilidad de los forrajes, especialmente de los subproductos de cultivos).
- Proceso (Aumento de la eficiencia de conversión de alimentos para el ganado, Conservación de forrajes).
- Otros (Desarrollo de prebióticos: una dieta especial rica en sustancias prebióticas puede modificar la microflora intestinal de algunos animales, disminuyendo el crecimiento de patógenos y activando el desarrollo de microorganismos benéficos que mejoran el proceso digestivo e incrementan la ganancia de peso, Kit de evaluación de calidad y composición).

Salud animal

- Uno de los grandes desafíos que tiene la industria pecuaria nacional es mantener el estatus zoonosanitario de nuestro ganado. En este ámbito la biotecnología puede ser un gran aporte para permitir acelerar los procesos de diagnóstico precoz de enfermedades.
- Inducción y potenciamiento de los sistemas inmunitarios, mediante el uso de Probióticos. Estos se perfilan como la alternativa más destacada ante la utilización de los antibióticos en animales y como una solución promotora de la calidad y seguridad. A nivel nacional su uso es aun escaso. Las estrategias de manejo deben ir encaminadas a reducir la incidencia de enfermedades en los animales, de forma que se evite tanto la disminución de los niveles productivos ocasionada por las mismas como el uso de antibióticos con fines terapéuticos.
- Diagnóstico y prevención:
 - desarrollo y validación de métodos de diagnóstico a nivel de laboratorio,
 - desarrollo y validación de métodos de diagnóstico a nivel predial,
 - desarrollo y validación de métodos de monitoreo de enfermedades.
- Control de enfermedades:
 - Desarrollo de vacunas: las vacunas preparadas con métodos tradicionales han tenido un gran efecto en el control de la fiebre aftosa, la peste bovina y otras enfermedades víricas epidémicas que afectan al ganado. Pero han fallado los intentos por preparar vacunas contra muchas otras enfermedades importantes, particularmente las parasitarias.

- Medicamentos:
 - Erradicación de enfermedades: tuberculosis, leucosis, brucelosis.

Reproducción

- Las técnicas de inseminación artificial (IA), el trasplante y la producción de embriones (TE) y la crioconservación de embriones han sido mecanismos tradicionales para acelerar el proceso de reproducción con objeto de facilitar la cría de los animales que son portadores de las características que tienen valor para los productores ganaderos.
- Técnicas de reproducción. En este sentido se debe apuntar a:
 - Transplante de embriones (bajar costos): permite incrementar y acelerar el mejoramiento genético ya que a diferencia de la IA, no solo realiza mejoramiento vía paterna sino que también vía materna. Además permite desarrollar núcleos genéticos que ayuden al mejoramiento genético.
 - Sexaje de embriones (bajar costos): técnica que permite por una parte posibilitar un aumento de masa o bien de oferta en función de los requerimientos de los productores. Su masificación permitiría avanzar en objetivos de la cadena, de los productores y país.

Genética

- En el caso de la producción bovina, la producción nacional se ha caracterizado históricamente por privilegiar las razas de doble propósito, para leche y carne, como son el Overo Negro y el Overo Colorado. En las últimas dos décadas, dado los resultados del negocio lechero, aumentó significativamente la incorporación de genética Holstein para mejorar la producción de leche. Se estima que solo un 20 a 30% de la masa ganadera nacional es de razas de carne, predominando el Hereford, el Angus y luego el resto. En este sentido, la falta de incorporación de genética especializada, implica que los esfuerzos en producción de carne, no se puedan maximizar, así como mejorar los rendimientos, aumentar la eficiencia y por ende la productividad potencial de los sistemas productivos y su rentabilidad. Adicionalmente, la incorporación importante de genética lechera ha llevado en general a una menor calidad de la oferta en términos de conformación, relación músculo/grasa, precocidad, rendimiento de la canal, presentación de cortes, etc.
- Desarrollo y validación de germoplasma:
 - Evaluación reproductores.
 - Mejoramiento propiamente tal (hibridismo, nuevas razas).
- Otros:
 - Trazabilidad: a través del uso de marcadores moleculares específicos que permitan establecer una huella genética bovina que sirva de garantía a los sistemas de trazabilidad convencionales, así como de utilidad para los programas de mejoramiento genético.

1.3 Desarrollo de mercado

Considerando que Chile es un origen poco conocido para los productos pecuarios, el desarrollo de una estrategia exportadora requiere de una alta inversión de recursos en la búsqueda y penetración de los mercados externos, donde en el futuro se estima necesario incursionar en la identificación de nichos para productos de especialidad.

2. Condiciones de factores para el desarrollo de la biotecnología aplicada al sector pecuario

Actualmente existen seis empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos para el sector pecuario. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Se trata de empresas relativamente nuevas que en su mayoría fueron creadas en los últimos diez años. Estas empresas emplean un total de 88 personas, ocho de las cuales son PhD.

Por otra parte, en Chile existen 17 centros o unidades de investigación y desarrollo activos biotecnología para el sector pecuario, los que cuentan en su conjunto con un total de 75 investigadores, de los cuales 37 son PhD (49,3%).

En este sector, el capital humano avanzado se concentra fuertemente en los centros o unidades de investigación y desarrollo. De los 45 PhD que trabajan en el sector, 37 (82,2%) trabajan en instituciones de I+D+i y sólo ocho (17,8%) en empresas.

CUADRO 23
DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES
(Unidades)

Región	V	VII	VIII	IX	X	XII	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D									
PhD	1	2	8	6	3	1	16	37	43
Investigadores	3	5	14	8	6	5	34	75	45
Centros		1	4	3	2	1	6	17	35
Empresas									
PhD	1		3				4	8	50
Empleados	3						85	88	97
Empresas	1		1				4	6	67
Total PhD	2	2	11	6	3	1	20	45	44

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

CUADRO 24
DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPACIDADES POR REGIONES
(En porcentajes)

Región	V	VII	VIII	IX	X	XII	RM	Total
Instituciones de I+D								
PhD	2,7	5,4	21,6	16,2	8,1	2,7	43,2	100
Investigadores	4,0	6,7	18,7	10,7	8,0	6,7	45,3	100
Centros		5,9	23,5	17,6	11,8	5,9	35,3	100
Empresas								
PhD	12,5		37,5				50,0	100
Empleados	3,4						96,6	100
Empresas	16,7		16,7				66,7	100
Total PhD	4,4	4,4	24,4	13,3	6,7	2,2	44,4	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, 2007.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- Una alta concentración del capital humano avanzado en la Región Metropolitana con un 44,4% del total de los PhD y un 45,3% de los investigadores de los centros.
- Una buena concentración comparativa de investigadores en centros de las regiones VIII con un 18,7% y IX con un 10,7%.
- Una alta concentración de los centros de I+D en la Región Metropolitana con un 35,3%.
- Una buena concentración comparativa de los centros en las regiones VIII con un 23,5%, IX con un 17,6% y X con un 11,8%.
- Una alta concentración en la Región Metropolitana, de los empleados de las empresas con un 96,6% y de las empresas con un 66,7%.

Con ello las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la biotecnología para el sector pecuario estarían localizadas en la Región Metropolitana. También presentan buenas condiciones las regiones VIII, IX y X.

3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada al sector pecuario

A continuación se presentan los grupos dedicados a desarrollar investigaciones en esta área que presentan un alto grado de consolidación en términos de sus capacidades humanas y de infraestructura física, trayectoria de investigación y las relaciones con entidades extranjeras de I+D+i en el área.

CUADRO 25
GRUPOS CONSOLIDADOS EN SALUD ANIMAL

Nombre institución		Líneas de investigación
Consortio salud animal: Bioanimal Corp S.A.	Diagnotec, Centrovét, USACH, Finbiotec	Tratamientos en base a principios activos de origen vegetal y marino. Banco de productos naturales para uso animal.
Instituto de Investigaciones Agropecuarias	CRI-Carillanca	Trazabilidad y marcadores moleculares animales, diagnóstico de enfermedades animales.
Laboratorio Centrovét Ltda.		Sanidad y farmacéutica animal
Universidad de Chile	Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias	Mejoramiento genético, fisiología reproductiva y animal, nutrición y alimentación, diagnóstico molecular, materiales bio-inspirados.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

CUADRO 26
GRUPOS CONSOLIDADOS EN GENÉTICA Y REPRODUCCIÓN ANIMAL

Nombre institución		Líneas de investigación
Instituto de Investigaciones Agropecuarias	CRI-Carillanca	Trazabilidad y marcadores moleculares animales, diagnóstico de enfermedades animales.
Universidad Austral de Chile	Facultad de Cs. Veterinarias	Producción de embriones, inseminación artificial.
Universidad de Chile	Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias	Mejoramiento genético, fisiología reproductiva y animal, nutrición y alimentación, diagnóstico molecular, materiales bio-inspirados.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

4. Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector pecuario

A continuación se listan las cinco principales empresas que trabajan en el sector pecuario en Chile y sus productos y servicios, junto a información web de cada una de ellas.

CUADRO 27
PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN EL SECTOR PECUARIO

Nombre empresa	Web	Productos/Servicios
BiosChile Ingeniería Genética S.A.	www.bioschile.cl	Citoquininas (plantas).
Apablaza y Santalices Ltda.	www.ayslab.cl	Servicios de diagnóstico y analíticos en fitopatología, alimentación animal, cultivo in vitro, bioprocesos.
Austral Biotech S.A.		Kits de detección para control de calidad, biofiltros, biosensores.
Criadero Nueva Suiza Ltda.		Suero y plasma equino y bovino.
Laboratorio Centrovét Ltda.	www.centrovét.com	Sanidad y farmacéutica animal

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

5. Principales líneas nacionales de investigación en biotecnologías aplicadas a especies animales en el sector pecuario

En este ámbito, las principales líneas nacionales de investigación son:

- mejoramiento genético mediante el uso de herramientas biotecnológicas,
- producción de embriones in vivo e in vitro,
- transformación genética de animales y clonación,
- desarrollo de metodologías de diagnóstico de enfermedades,
- búsqueda de genes de valor adaptativo.

Las principales áreas donde se han identificado oportunidades estratégicas para Chile en relación a las tendencias mundiales son:

- Salud animal: vacunas sintéticas, métodos de diagnóstico, obtención y fabricación de nuevos medicamentos, control y tratamiento de enfermedades hereditarias, selección contra enfermedades, aplicables a la producción de cerdos, bovinos, aves y ovinos.
- Genética y reproducción: trasplante de embriones, superovulación, sincronización de celos, control neuroendocrino de la reproducción, sexaje, diagnóstico precoz de la gestación, fertilización in vitro.
- Dentro de la producción porcina la biotecnología puede ser usada para mejorar el desempeño y composición de los cerdos, procesos con valor agregado, diagnósticos de enfermedades, vacunas, entre otros. Las tres herramientas biotecnológicas más utilizadas en la actualidad son: la somatotropina porcina, agentes reorientadores e ingeniería genética.

D. Biotecnología aplicada al sector acuícola

1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada al sector acuícola

Según el Estudio de Competitividad en Cluster de la Economía Chilena encargado por el Consejo de Innovación al Boston Consulting Group los desafíos principales del sector acuícola para los próximos años son:

- desarrollo de alimentos para salmones que sean costo-eficientes y de calidad,
- gestión de sanidad animal para controlar mortalidad,
- desarrollo de nuevas especies,
- resolución de potenciales problemas medioambientales y comunitarios,
- optimización en manejo de concesiones para aumento de producción.

En el cuadro 28 se presentan los desafíos de la industria según la etapa en el ciclo del salmón del punto de vista de una de las principales empresas del sector.

CUADRO 28
DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA SEGÚN LA ETAPA EN EL CICLO DEL SALMÓN

Etapa en el ciclo	Desafíos
Agua dulce	Dependencia De Ovas Importadas Enfermedades Transporte de Smolts al Mar.
Agua mar	Engorda Aumentar factor de conversión Crecimiento de la industria hacia el sur Cosecha Problemas de calidad Clima Lejanía de los centros.
Proceso y comercialización	Lejanía a los mercados Chile en los mercados Exigencias del consumidor Escasez de mano de obra Barreras comerciales.
Logística y cadena de frío Insumos	Creciente aumento de costos de materia prima Aumento en precio del petróleo.

Fuente: AquaChile. Emprender para Avanzar, Industria del Salmón, ENELA 2007, Alfonso Márquez de la Plata Gerente General Empresas AquaChile S.A., viernes 29 de junio de 2007.

Chile ha logrado una posición estratégica en el sector de la salmonicultura, lo que le permite abocarse hoy a la superación de desafíos de “segunda generación”, como la necesidad de crear tecnología en el país y desarrollar la genética y la biotecnología asociadas a esta industria.

Entre los principales desafíos tecnológicos que hoy enfrenta esta industria en Chile se cuentan la selección de peces con características genéticas adecuadas a las condiciones ambientales del país, en particular peces de alto rendimiento en aguas frías, peces resistentes a las enfermedades de mayor impacto, peces capaces de consumir dietas ricas en insumos vegetales, peces que generen productos

de alto nivel de calidad de carne; y el desarrollo de vacunas y fármacos inocuos, que permitan mejorar el status sanitario de esta industria, de modo que pueda responder a las crecientes exigencias y regulaciones de los países importadores, mediante la introducción y optimización de vacunas, probióticos, metabolitos bloqueadores, inmunoestimulantes y fármacos inocuos formulados en base a sustancias naturales, para la prevención, control y erradicación de las enfermedades infecto-contagiosas.

2. Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biotecnología aplicada al sector de la acuicultura

A partir de la información un estudio de Corfo⁴ es posible identificar seis empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos aplicados al sector acuícola. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Se trata de empresas relativamente nuevas que fueron creadas en los últimos diez años. Estas empresas emplean un total de 139 personas, siete de las cuales son PhD (5%).

CUADRO 29
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ACUÍCOLA DISTRIBUCIÓN
REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007
(Unidades)

Región	I	II	III	IV	V	VIII	X	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D										
PhD	3	2		4	7	9	17	26	68	38
Investigadores	12	6		11	15	12	43	51	150	34
Centros	1	2	1	1	1	1	3	4	14	29
Empresas										
PhD		1				2		4	7	57
Empleados		15				12		112	139	81
Empresas		1				2		3	6	50
Total PhD	3	3		4	7	11	17	30	75	40

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

Por otra parte, existen en Chile 14 centros o unidades de investigación y desarrollo activos en biotecnología aplicada al sector acuicola, los que cuentan en su conjunto con un total de 150 investigadores, 68 de los cuales son PhD (45,3%).

En este sector, el capital humano avanzado se concentra fuertemente en las instituciones de I+D+I. De los 30 PhD, 26 (86,7%) trabajan en instituciones de I+D+I y cuatro (13,3%) en empresas.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- Una alta concentración del capital humano avanzado en la Región Metropolitana con el 40% y en la X Región (10 y 14) con un 22,7%.
- Las seis empresas consideradas tres (50%) se localizan en la Región Metropolitana, dos (33%) en la VIII Región y una (16,7%) en la II Región. En cuanto a los empleados de las

⁴ www.corfo.cl: Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007.

empresas un 80,6% se concentra en la Región Metropolitana y un 10,8% en la II Región y 7,6% en la VIII Región.

- El 28,6% de los centros de I+D+I en biotecnología para la acuicultura se concentra en la Región Metropolitana. Le siguen la X Región con un 21,4% y la II con el 14,3% (2 centros). Las regiones I, II, IV, V y VIII participan con un centro cada una (7,1%).
- En cuanto a los investigadores de los centros, estos se concentran en un 34% en la Región Metropolitana, 28,7% en la X Región (10 y 14) el resto se distribuye en las regiones I, II, IV, V y VIII.

Considerando estos criterios, las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología aplicada al sector acuícola estarían en las regiones Metropolitana y X.

CUADRO 30
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ACUÍCOLA DISTRIBUCIÓN
REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007
(En porcentajes)

Región	I	II	III	IV	V	VIII	X	RM	Total
Instituciones de I+D									
PhD	4,4	2,9		5,9	10,3	13,2	25,0	38,2	100
Investigadores	8,0	4,0		7,3	10,0	8,0	28,7	34,0	100
Centros	7,1	14,3	7,1	7,1	7,1	7,1	21,4	28,6	100
Empresas									
PhD		14,3				28,6		57,1	100
Empleados		10,8				8,6		80,6	100
Empresas		16,7				33,3		50,0	100
Total PhD	4,0	4,0		5,3	9,3	14,7	22,7	40,0	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, 2007.

3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada a la acuicultura

En nuestro país existen alrededor de 70 centros de investigación que trabajan en temas de pesca y acuicultura, distribuidos entre la I y XII regiones del país. Aproximadamente 28 de estos centros trabajan en especies acuícolas, y en el cuadro 31 se listan aquellos que lo hacen usando herramientas de la biotecnología.

En el cuadro 32 se presentan los grupos dedicados a desarrollar investigaciones en esta área que presentan un alto grado de consolidación en términos de sus capacidades humanas y de infraestructura física, trayectoria de investigación y las relaciones con entidades extranjeras de I+D+i en el área.

CUADRO 31
PRINCIPALES INSTITUCIONES QUE REALIZAN I+D+I EN BIOTECNOLOGÍA
APLICADA A LA ACUICULTURA EN CHILE

Nombre institución	
Instituto de Fomento Pesquero	División de Investigación en Acuicultura
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Facultad de Recursos Naturales
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Laboratorio de Genética e Inmunología Molecular del Instituto de Biología
Universidad Arturo Prat	Instituto de Ciencias y Tecnologías de Puerto Montt
Universidad Católica del Norte	Facultad de Ciencias del Mar
Universidad de Antofagasta	Facultad de Recursos del Mar
Universidad de Chile	Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Chile	Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias
Universidad de Concepción	Centro de Biotecnología
Universidad de Los Lagos	Departamento de Ciencias Básicas
Universidad de Santiago de Chile	Facultad de Química y Biología
Universidad de Valparaíso	Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Naturales
Universidad Austral de Chile	Facultad de Ciencias Veterinarias
Fundación Ciencia para la Vida	

Fuente: Elaboración propia, 2008.

CUADRO 32
GRUPOS CONSOLIDADOS EN MEJORAMIENTO GENÉTICO

Nombre institución		Líneas de investigación	Grado de consolidación
Consortio AquaInnovo	AquaChile, Universidad de Chile y Aquatic Health	Genómica mejoramiento genético marcadores moleculares.	Alto
Universidad de Chile	Facultad de Medicina Veterinaria	Mejoramiento genético, fisiología reproductiva y animal, nutrición y alimentación, diagnóstico molecular, Genómica.	Medio

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

4. Principales líneas nacionales de investigación en biotecnologías aplicadas a la acuicultura

Las dos principales áreas donde se han identificado oportunidades estratégicas para Chile en la biotecnología aplicada a la acuicultura son mejoramiento genético y sanidad. Otro ámbito importante es nutrición y alimentación.

El total de dosis de vacunas aplicadas en la industria nacional el año 2005 fue de unas 233 millones, para prevenir enfermedades como IPN, Piscirickettsiosis, Vibriosis, Furunculosis, Flaviobacteriosis, Estreptococosis, Yersiniosis y Heteroloba BKB.

El consumo de antibióticos por la industria salmonera se estimaba en 100 toneladas en 1998 (Fuente: Terra Australis). Esta cifra proyectada a los actuales niveles de producción y suponiendo un consumo de tres kilos por tonelada de salmón producido significa total de 197 toneladas de antibiótico al año 2005, para toda la industria salmonera.

CUADRO 33
GRUPOS CONSOLIDADOS EN SANIDAD

Nombre institución		Líneas de investigación	Grado de consolidación
Consortio salud animal: Bioanimal Corp S.A.	Diagnotec, Centrovvet, USACH, Finbiotec	Tratamientos en base a principios activos de origen vegetal y marino. Banco de productos naturales para uso animal.	Alto
Consortio AquaInnovo	AquaChile, Universidad de Chile y Aquatic Health	Genómica, mejoramiento genético, marcadores moleculares.	Alto
Fundación Ciencia para la Vida		Vacunas.	Alto
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Laboratorio de Genética e Inmunología Molecular del Instituto de Biología	Marcadores inmunogenéticos de resistencia y susceptibilidad de <i>Piscirickettsia Salmonis</i> (P.s) en especies salmoneídas en cultivo.	Alto
Universidad de Chile	Facultad de Medicina Veterinaria	Mejoramiento genético, fisiología reproductiva y animal, nutrición y alimentación, diagnóstico molecular, genómica.	Medio
Diagnotec		Diagnóstico molecular de patologías en salmones.	Medio
Austral Biotech S.A.		Biosensores para detectar la presencia de tres antibióticos en los salmones para saber si se puede cosechar o no.	Bajo

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

En los últimos años, las enfermedades relacionadas a los procesos productivos en Chile han registrado pérdidas anuales para el sector por valores superiores a los US\$ 300 millones. Es así como los costos generados por las dos principales enfermedades, SRS y IPNV, presentan cerca del 12% de los ingresos anuales del rubro.

Por otra parte, la industria de los alimentos para la Acuicultura, principalmente salmones (un 87% de las cifras en toneladas), percibió ingresos por 707 millones de US\$ en 2005 y se estima que estos alcanzaron los 777 millones de US\$ en 2006 con un total de 972 toneladas. La capacidad instalada era suficiente para hacer frente a la demanda hasta 2006, año a partir del cual comenzaban a realizarse inversiones en nuevas plantas. El crecimiento esperado anual es de un 13% para los próximos años.

CUADRO 34
VENTAS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS PARA LA ACUICULTURA
(Volumen en miles de toneladas; ingresos en millones de dólares)

Año	Volumen	Ingresos
2003	730	584
2004	803	642
2005	883	707
2006	972	777

Fuente: Información de productores del sector.

El desafío de la industria de alimentos para salmones es mayor: “Manteniendo un 50% de componentes vegetales en la dieta del salmón, Chile tendría que plantar más de 250.000 hectáreas el año 2008 para poder proveer de estos insumos a las empresas de alimento de salmones”⁵.

⁵ Emprender para avanzar, industria del salmón, ENELA 2007, Alfonso Márquez de la Plata, Gerente General empresas AquaChile S.A., viernes 29 de junio de 2007.

E. Biotecnología aplicada al sector forestal

1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada al sector forestal

En lo que respecta a las aplicaciones de las biotecnologías al sector forestal en Chile se pueden visualizar los siguientes ámbitos:

- Productividad:
 - Líneas de mejoramiento genético para plantaciones forestales.
 - Control de plagas y enfermedades.
 - Tecnologías que ayuden a problemas específicos.
- Sustentabilidad Ambiental y producción limpia.
- Sustentabilidad económica.
- Nuevas opciones de negocio.

1.1 Productividad

Líneas de mejoramiento genético para plantaciones forestales

La industria ha focalizado su acción en este tema en la especie pino, donde aún queda mucho por hacer. Además, se debe ampliar el trabajo de mejoramiento genético, tanto con asistencia de marcadores moleculares como vía transgenia, en otras especies introducidas como nativas. Este trabajo debe apuntar a la obtención de árboles productivos y al desarrollo de resistencias a plagas, enfermedades, herbicidas, sequía y heladas. Aquí, se vislumbra la oportunidad del desarrollo de “especies sitio específicas” que permitan aumentar la tasa de plantación de calidad. Las principales líneas son:

- Incrementar y profundizar líneas de mejoramiento genético en especies tradicionales como pino.
- Desarrollar mejoramiento genético en eucalyptus y álamo.
- Desarrollar mejoramiento genético en especies nativas de rápido crecimiento. (en países como Inglaterra se está trabajando con muy buenos resultados en notofagus por ejemplo).
- Desarrollo de silvicultura clonal en especies nativas.
- Desarrollar mejoramiento genético para nuevas especies y nuevos sitios de establecimiento.
- Desarrollar promotores forestales.

Control de plagas y enfermedades

Ha existido un aumento dramático de ataques de plagas y enfermedades a vastas superficies de plantaciones forestales, las cuáles debido a su carácter de monocultivo se han agravado. Incluso, en algunos casos no se ha logrado su identificación y por lo tanto no se ha podido abordar su control.

- Saneamiento de materiales vegetales en vivero.
- Uso de biopesticidas que controlen plagas y enfermedades de importancia en estas especies.
- Uso de kits de diagnóstico de patógenos en plantaciones.

Tecnologías que ayuden a problemas específicos

Es necesaria investigación para el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas para el proceso maderero usando caracterización no destructiva de la madera.

La propagación de las especies de eucalyptus presenta problemas que deben ser solucionados para lograr mejoras en productividad en esta etapa de la producción (propagación in vitro y enraizamiento).

1.2 Sustentabilidad ambiental y producción limpia

En este ámbito se distinguen dos líneas principales:

- Producción limpia en el funcionamiento de las Pymes de la madera:
 - Investigar y adecuar tecnologías existentes para mejorar el manejo de residuos. Eliminación y reciclaje.
 - Investigar cogeneración de energía a partir de residuos.
- Producción limpia en procesos de obtención de productos industriales.

Esta se vislumbra como un área crítica en la industria de grandes inversiones, donde situaciones ocurridas en los últimos años han puesto el tema en la opinión pública.

1.3 Sustentabilidad económica

Disminución de costos de producción asociados al uso de insumos de origen biotecnológico que reemplacen insumos tradicionales a igual o mayor eficacia, con mayor eficiencia (uso de biopesticidas, uso de bioestimuladores, uso de biofertilizantes).

1.4 Nuevas opciones de negocio

Entre las nuevas opciones de negocio se distinguen:

- Mercados de bioenergía para plantaciones y maderas de baja calidad de bosque nativo.
 - Cuantificar demanda y disponibilidad de recursos.
 - Estudios de factibilidad por zona geográfica.
 - Investigar sobre escalas, especies y genética de especies energéticas.
- Tecnologías que permitan promover nuevas opciones de negocios y desarrollo de nuevos productos forestales no madereros en torno a las Pymes y plantaciones forestales.
 - Uso de principios activos con potencial uso en salud humana.
 - Mejoramiento de técnicas de producción. Usos bambú, plantas medicinales, otras especies, miel.

2. Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biotecnología aplicada al sector forestal

Actualmente existen seis empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos aplicados al sector forestal. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Se trata de empresas relativamente nuevas que fueron creadas en los últimos diez años. Estas empresas emplean un total de 44 personas, nueve de las cuales son PhD (20,5%).

Por otra parte, existen en Chile 12 centros o unidades de investigación y desarrollo activos en biotecnología aplicada al sector forestal, los que cuentan en su conjunto con un total de 74 investigadores. De estos 35 son PhD (47,3%).

En este sector, el capital humano avanzado se concentra fuertemente en las instituciones de I+D+I. De los 44 PhD, 35 (79,5%) trabajan en instituciones de I+D+I y nueve (20,5%) en empresas.

CUADRO 35
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR FORESTAL DISTRIBUCIÓN
REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007
(Número)

Región	VII	VIII	X	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D						
PhD	6	23	2	4	35	11
Investigadores	10	46	4	14	74	19
Centros	3	5	1	3	12	25
Empresas						
PhD		5		4	9	44
Empleados		17		25	42	60
Empresas		3		3	6	50
Total PhD	6	28	2	8	44	18

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- Una alta concentración del capital humano avanzado en la VIII Región con un 63,6% de del total de PhDs.
- Las seis empresas consideradas tres (50%) se localizan en la Región Metropolitana y tres en la VIII Región. En cuanto a los empleados de las empresas un 59,5% se concentra en la Región Metropolitana y un 40,5% en la VIII Región.
- El 41,7% de los centros de I+D+I en biotecnología forestal se concentra en la VIII Región. Le siguen la VII y la Metropolitana con un 25% cada una.
- En cuanto a los investigadores de los centros, estos se concentran en un 65,2% en la VIII Región, le sigue la Región Metropolitana con un 18,9%.

Considerando estos criterios, las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología aplicada al sector forestal estarían en la VIII Región. La Región Metropolitana presenta también buenas condiciones relativas.

3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada al sector forestal

Una iniciativa importante que se está impulsando para el desarrollo del sector es el Consorcio de Genómica Forestal, que tiene por objetivo desarrollar herramientas de genómica que permitan mejorar habilidad pulpería en *Eucalyptus globulus*, desarrollo de resistencia a pitch canker en *Pinus radiata* y aumento de resistencia al frío en *Eucalyptus globulus*. Este consorcio se inició el año 2006 y está

conformado por la Universidad de Concepción, Fundación Chile, Forestal Arauco, Forestal Mininco y CEFOR S.A. Su principal alianza internacional es con North Carolina State University y están abriendo posibilidades de colaboración con la University of Idaho (Jeff Dean) y Eucagen (secuenciación de *E. grandis*).

CUADRO 36
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR FORESTAL DISTRIBUCIÓN
REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007
(En porcentajes)

Región	VII	VIII	X	RM	Total
Instituciones de I+D					
PhD	17,1	65,7	5,7	11,4	100
Investigadores	13,5	62,2	5,4	18,9	100
Centros	25,0	41,7	8,3	25,0	100
Empresas					
PhD		55,6		44,4	100
Empleados		40,5		59,5	100
Empresas		50,0		50,0	100
Total PhD	13,6	63,6	4,5	18,2	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

En el cuadro 37 se presentan los grupos dedicados a desarrollar investigaciones en esta área que presentan un alto grado de consolidación en términos de sus capacidades humanas y de infraestructura física, trayectoria de investigación y las relaciones con entidades extranjeras de I+D+i en el área.

CUADRO 37
GRUPOS CONSOLIDADOS EN GENÉTICA Y MEJORAMIENTO
GENÉTICO EN EL SECTOR FORESTAL

Nombre institución	Líneas de investigación
Consortio genómica forestal Universidad de Concepción, Fundación Chile, Forestal Arauco, Forestal Mininco y CEFOR S.A.	Desarrollar herramientas de genómica que permitan mejorar habilidad pulpable en <i>Eucalyptus globulus</i> , desarrollo de resistencia a pitch canker en <i>Pinus radiata</i> y aumento de resistencia al frío en <i>Eucalyptus globulus</i> .
Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Ciencias Biológicas	Fisiología vegetal, tolerancia al estrés, fitopatología (virus) mejoramiento genético.
Universidad de Concepción Centro de Biotecnología	Cultivo de tejidos, biotecnología vegetal fitopatología, mejoramiento genético forestal.
Universidad Nacional Andrés Bello Facultad de Ciencias de la Salud	Expresión génica biotecnología forestal y agrícola.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

CUADRO 38
GRUPOS CONSOLIDADOS EN SANIDAD FORESTAL

Nombre institución	Líneas de investigación	
Consortio genómica forestal	Universidad de Concepción, Fundación Chile, Forestal Arauco, Forestal Mininco y CEFOR S.A.	Desarrollar herramientas de genómica que permitan mejorar habilidad pulpable en <i>Eucalyptus globulus</i> , desarrollo de resistencia a pitch canker en <i>Pinus radiata</i> y aumento de resistencia al frío en <i>Eucalyptus globulus</i> .
Pontificia Universidad Católica de Chile	Facultad de Ciencias Biológicas	Fisiología vegetal, tolerancia al estrés, fitopatología (virus), mejoramiento genético.
Universidad de Concepción	Centro de Biotecnología	Cultivo de tejidos, biotecnología vegetal, fitopatología, mejoramiento genético forestal.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

CUADRO 39
GRUPOS CONSOLIDADOS EN BIOPROCESOS EN EL SECTOR FORESTAL

Nombre institución	Líneas de investigación	
Institutos Científicos Milenio	Instituto Milenio de Biología Fundamental y Aplicada (MIFAB)	Genética de las enzimas ligninolíticas de hongos.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

4. Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector forestal

A continuación se listan, a modo de ejemplo, las algunas tres de las seis empresas que trabajan en el biotecnología aplicada al sector forestal en Chile y sus productos y servicios, junto a información sobre la web de cada una de ellas.

CUADRO 40
PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN EL SECTOR FORESTAL

Nombre empresa	Web	Productos/Servicios
Altalena	www.altalena.cl	Micropropagación de especies de plantas.
Biotecnología Agroforestal S.A.		Micropropagación, plantas libres de virus.
Avance Biotechnologies, Chile Ltda.	www.avancebiotechnologies.com	Biopesticidas.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

5. Principales líneas nacionales de investigación

Las principales líneas de investigación desarrolladas en los centros investigación nacionales dicen relación con:

- uso de herramientas biotecnológicas para apoyar programas de mejoramiento genético,
- micropropagación masiva de material elite de especies de interés comercial,
- conservación de material nativo,

- control de plagas y enfermedades.

En esta área se está desarrollando el consorcio tecnológico empresarial de investigación en Genómica Forestal, que centra su trabajo en pino y eucalipto con el objetivo de contribuir a solucionar limitantes tecnológicas de la industria.

También se desarrollan líneas de investigación en fermentaciones clásicas con tecnologías de bioprocesos. Entre estas están:

- optimización de bioprocesos,
- producción masiva de bioplaguicidas,
- tecnologías enzimáticas,
- química de la madera,
- biodegradación de la madera,
- biopulpaje, Bioblanqueo,
- adhesivos.

Las tres principales áreas donde se han identificado oportunidades estratégicas para Chile son:

- mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares,
- control de plagas y enfermedades,
- bioprocesos.

F. Biotecnología aplicada al sector de energía

1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada al sector de la energía en Chile

Las perspectivas de producción y demanda de biocombustibles en Chile estimadas al año 2010 se presentan en el cuadro 41.

CUADRO 41
PERSPECTIVAS DE PRODUCCIÓN DE BIOCMBUSTIBLES EN CHILE.
ESTIMACIÓN PRELIMINAR, 2010

(Superficie en hectáreas, producción en toneladas de grasa, producción y demanda en m³)

Biocombustible	Potencial ^a	Unidad	Producción ^a	Demanda ^b	Participación En porcentajes ^{a,b}
Etanol	130 000	ha	457 000	155 000	294,8
Biodiesel (cultivos)	40 000	ha	44 500		
Biodiesel (grasas)	65 423	ton. grasa	52 338	350 000	27,7
Total biodiesel			96 838		

Fuente: ODEPA, cifras sujetas a revisión.

^a Superficies adicionales a las sembradas para el “consumo humano” y para la alimentación de salmones.

^b Estimaciones preliminares de CNE a julio 2006.

En el recuadro 3 se presentan las principales materias primas identificadas para la producción de bionergía en Chile.

RECUADRO 3

POTENCIALES MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA EN CHILE

Bioenergía o energía de biomasa. Uso de todas las formas de combustibles orgánicos (biocombustibles) de origen biológico:

- Sólidos: leña, rastrojos, residuos, briquetas y pellets.
- Líquidos: biodiesel, bioetanol y metanol, entre otros.
- Gaseosos: biogás (metano).

Bioetanol. Cuyas materias primas son:

- Cereales: maíz, trigo, avena y cebada.
- Papa, remolacha.
- Biomasa forestal, subproductos y residuos industriales.
- Residuos de cosechas, agroindustrias y pecuarios.

Biodiesel. Con materias primas como:

- Oleaginosas: maravilla, raps y aceites refinados y/o reciclados.
- Microalgas.
- Grasa animal.

Fuente: Aquiles Neuenschwander, Unidad de Estrategia Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura, Seminario Bioenergía: Desafíos para Chile, 2007.

El desarrollo de una industria de los biocombustibles en Chile presenta los beneficios potenciales señalados en el recuadro 4.

Entre los principales desafíos para el desarrollo de una industria de los biocombustibles en Chile se encuentran los siguientes:

- Aplicación de una política e incentivos de gobierno competitiva.
- Inversiones en capacidad productiva competitiva en todo el sistema de valor: producción agraria, transformación infraestructura de distribución y expendio.
- Transferencia competitiva de tecnologías disponibles en todo el sistema de valor (estado del arte).
- Importante inversión en investigación y desarrollo en todo el sistema de valor.
- Introducción de tecnologías de transformación, normas de calidad y control, factores de mezcla.

2. Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biotecnología aplicada al sector de la energía

A partir de la información un estudio de Corfo⁶ es posible identificar tres empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos aplicados al sector de energía. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Estas empresas emplean un total de 18 personas.

Por otra parte, existen en Chile nueve centros o unidades de investigación y desarrollo activos en biotecnología aplicada al sector energía, los que cuentan en su conjunto con un total de 35 investigadores. De estos 12 son PhD (34,3%). En este sector, las instituciones de I+D+I dan cuenta del 100% de los PhD.

⁶ www.corfo.cl: Biotechnology and Life Sciences in Chile, 2007.

RECUADRO 4
BENEFICIOS POTENCIALES DE LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA PARA EL PAÍS

Sociales:

- Genera empleos directos e indirectos.
- Reduce las migraciones del campo a las ciudades.
- Asegura una mayor estabilidad en los precios de las materias primas y de los ingresos mediante agricultura de contrato.
- Podría disminuir el costo del combustible al consumidor.

Económicos:

- Insumo energético producido por el sector agrícola para su crecimiento y el de otros sectores de la economía.
- Contribuye a diversificar la matriz energética del país.
- Permite generar nuevos polos de desarrollo regional con nuevas alternativas productivas agrícolas.
- Posibilita la venta de bonos de carbono en el mercado mundial.

Productivos:

- Mayor dinamismo en la estructura productiva regional.
- Nuevas rotaciones de cultivos.
- Transferencia tecnológica mediante contratos de proveedores.
- Desarrollo de valor agregado para las materias primas y subproductos.
- Nuevas alternativas de comercialización de la producción agrícola (caso del raps para consumo humano, salmónes y biodiésel).

Medioambientales:

- Beneficios directos por emisiones menos contaminantes.
- Contribución a una agricultura limpia y de calidad.
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

Fuente: Aquiles Neuenschwander, Unidad de Estrategia Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura, Seminario Bioenergía: Desafíos para Chile, 2007

CUADRO 42
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ENERGÍA. DISTRIBUCIÓN REGIONAL
DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007
(Número)

Región	I	II	V	VII	VIII	IX	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D									
PhD	1	1	2	2	3	1	2	12	17
Investigadores	3	3	5	4	7	4	9	35	26
Centros	1	1	1	1	1	1	3	9	33
Empresas									
PhD									
Empleados					3		15	18	83
Empresas					2		1	3	33
Total PhD	1	1	2	2	3	1	2	12	17

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- El capital humano avanzado (PhD), está distribuido en siete regiones. La VIII Región con un 25% es la que concentra el mayor número de doctores en el área. Le siguen la V, la VII y la RM con un 16,7%. Se trata de un bajo número de doctores repartidos en el territorio.
- De las tres empresas consideradas dos (66,6%) se localizan en la VIII Región y tres en la Región Metropolitana. Sin embargo la empresa de la Región Metropolitana concentra el 83,3% de los empleados.
- El 33,3% de los centros de I+D+I en biotecnología aplicada al sector energía (tres centros) se concentra en la Región Metropolitana. Las regiones I, II, V, VII, VIII y IX tienen un centro cada una (11,1).
- En cuanto a los investigadores de los centros, estos se concentran en un 65,2% en la VIII Región, le sigue la Región Metropolitana con un 18,9%.

CUADRO 43
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR ENERGÍA DISTRIBUCIÓN REGIONAL
DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007
(En porcentajes)

Región	I	II	V	VII	VIII	IX	RM	Total
Instituciones de I+D								
PhD	8,3	8,3	16,7	16,7	25,0	8,3	16,7	100
Investigadores	8,6	8,6	14,3	11,4	20,0	11,4	25,7	100
Centros	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	33,3	100
Empresas								
PhD								
Empleados					16,7		83,3	100
Empresas					66,7		33,3	100
Total PhD	8,3	8,3	16,7	16,7	25,0	8,3	16,7	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

Considerando estos criterios, las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología aplicada al sector energía estarían en la Región Metropolitana y en la VIII Región.

3. Principales centros de investigación en bioenergía

La investigación en el sector energía en Chile se concentra fundamentalmente en universidades, que trabajan en forma independiente y, en casos muy específicos, en asociación con empresas del sector. También realizan investigación en esta área empresas de sectores como transporte, agricultura, minería y otros, que desarrollan este esfuerzo con el apoyo de fuentes de financiamiento públicas, y empresas del sector energía que realizan investigación con recursos propios, en apoyo a sus propias líneas de desarrollo.

En Chile existen 34 centros de investigación que desarrollan líneas de trabajo en energía, prácticamente todos ellos radicados en universidades. Estos centros se encuentran distribuidos en diversas Regiones del país y se concentran especialmente en la Región Metropolitana (donde se ubica

la capital), que cuenta con 15 centros. Un número significativo de centros se localizan también en las Regiones de Valparaíso (cuatro centros), Bío Bío (cuatro), Arica y Parinacota (tres) y del Maule (tres).

Entre las líneas de investigación que desarrollan estas entidades, predominan las energías renovables no convencionales, en las cuales trabajan 19 centros. Con un número menor de centros, también destaca la investigación en torno a la energía eléctrica (11 centros), al mismo tiempo que siete centros realizan también investigación en materias de energía en general.

A continuación se listan los cinco principales centros de investigación que abordan el área de la biomedicina en el país, junto con información de las principales líneas de investigación y disciplinas desarrolladas en cada uno de ellos, los principales líderes de cada centro.

**CUADRO 44
PRINCIPALES CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN BIOENERGÍA**

Nombre institución		Líneas de investigación
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Bioquímica	Energía renovable no convencional.
Universidad de Antofagasta	Facultad de Recursos del Mar, Departamento de Acuicultura	Energía renovable no convencional.
Universidad de Chile	Departamento de Ingeniería de la Madera	Energía renovable no convencional (reactor molecular para generar energía a partir de biomasa).
Universidad de la Frontera	Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración. Depto. de Ingeniería Química	Energía renovable no convencional a partir de utilización de Brassica napus.
Universidad de Tarapacá	Departamento de Química	Energía renovable no convencional.
Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología, UNICYT	Facultad de Ingeniería	Diseño de fermentadores anaeróbicos en la producción de bioenergía.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

G. Biotecnología aplicada al área medioambiental

1. Desafíos tecnológicos estratégicos de la biotecnología aplicada al área medioambiental en Chile

Las principales aplicaciones de la biotecnología aplicada al área medioambiental son la limpieza de aguas residuales (RILES) y la purificación del aire y emisiones de gases con el uso de biofiltros. Las principales líneas nacionales de investigación en biotecnología aplicada al área medioambiental son las siguientes:

- uso de biotecnologías para la restauración y/o rehabilitación ecológica de desechos mineros y suelos contaminados con metales,
- estudios de tolerancia de plantas a residuos, tratamientos de lodos y de residuos industriales,
- tratamiento de efluentes industriales,
- biorremediación de contaminantes orgánicos y uso de microorganismos en biorremediación de suelos en zonas áridas.

La biorremediación consiste en el “uso de sistemas biológicos para la reducción de la polución del aire o de los sistemas acuáticos y terrestres”. Su principal orientación es hacia el suelo y

los residuos sólidos, tratamientos de aguas domiciliarias e industriales RILES, aguas procesadas y de consumo humano, aire y gases de desecho.

Las áreas donde se ha identificado mayores oportunidades estratégicas son biorremediación y tratamiento de aguas.

2. Condiciones de factores para el desarrollo de una industria de la biotecnología aplicada al área medioambiental en Chile

A partir de la información un estudio de Corfo⁷ es posible identificar cuatro empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos aplicados al área del medioambiente. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Estas empresas emplean un total de 16 personas, dos de ellas (12,5%) con PhD.

Por otra parte, existen en Chile 15 centros o unidades de investigación y desarrollo activos en biotecnología aplicada al área del medioambiente, los que cuentan en su conjunto con un total de 73 investigadores. De estos 31 son PhD (42,5%).

En cuanto a la distribución por sector de ocupación, un 93,9% de los PhD pertenece a las instituciones de I+D+I.

CUADRO 45
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL AREA DEL MEDIOAMBIENTE DISTRIBUCIÓN
REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007
(Unidades)

Región	I	II	III	IV	V	VIII	IX	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D										
PhD	2	1		2	10	4	4	8	31	26
Investigadores	5	3	2	6	23	6	6	22	73	30
Centros	1	1	1	2	2	1	1	6	15	40
Empresas										
PhD		1						1	2	50
Empleados		5			5			6	16	38
Empresas		1			1			2	4	50
Total PhD	2	2		2	10	4	4	9	33	27

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, 2007.

⁷ www.corfo.cl: Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007.

CUADRO 46
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL AREA DEL MEDIOAMBIENTE DISTRIBUCIÓN
REGIONAL DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS 2007
(En porcentajes)

Región	I	II	III	IV	V	VIII	IX	RM	Total
Instituciones de I+D									
PhD	6,5	3,2		6,5	32,3	12,9	12,9	25,8	100
Investigadores	6,8	4,1	2,7	8,2	31,5	8,2	8,2	30,1	100
Centros	6,7	6,7	6,7	13,3	13,3	6,7	6,7	40,0	100
Empresas									
PhD		50,0						50,0	100
Empleados		31,3			31,3			37,5	100
Empresas		25,0			25,0			50,0	100
Total PhD	6,1	6,1		6,1	30,3	12,1	12,1	27,3	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- El capital humano avanzado (PhD), se concentra principalmente en la V Región con un 30,3% del total y la Metropolitana con un 27,3% del total. Le siguen las regiones VII y VIII con un 12,1% cada una. Finalmente están la I, la II y la IV con dos doctores cada una (6,1%). Se trata de un bajo número de doctores repartidos en el territorio.
- De las cuatro empresas consideradas dos (50%) se localizan en la Región Metropolitana, una en la II Región y una en la V Región. Sin embargo la distribución de los empleados de las empresas es más pareja, un 37,5% trabaja en la Región Metropolitana y un 31,3% en cada una de las otras dos regiones.
- De los 15 centros de I+D+I, seis se localizan en la Región Metropolitana, dos en la IV y dos en la V. En cada una de las regiones I, II, III, VIII y IX se contabilizó un centro.
- En cuanto a los investigadores de los centros, estos se concentran en un 31,5 % en la V Región, le sigue la Región Metropolitana con un 30%.

Considerando estos criterios, las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología aplicada al área medioambiente estarían en la V Región y en la Región Metropolitana.

3. Principales centros de investigación en biotecnología aplicada al área del medio ambiente

En el cuadro 47 se presentan los grupos dedicados a desarrollar investigaciones en esta área que presentan un alto grado de consolidación en términos de sus capacidades humanas y de infraestructura física, trayectoria de investigación y las relaciones con entidades extranjeras de I+D+i en el área.

CUADRO 47
GRUPOS CONSOLIDADOS EN BIORREMEDIACIÓN

Nombre institución	Líneas de investigación
Universidad Técnica Federico Santa María	Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología Ambiental Biodegradación de contaminantes aromáticos, degradación microbiana de herbicidas, biotransformación de moléculas orgánicas antioxidantes, biorremediación, monitoreo de contaminantes aromáticos, proteómica y genómica funcional de bacterias.
Universidad de Concepción	Centro de Investigación de Polímeros Avanzados (CIPA) Desarrollo de polímeros funcionales para remover iones metálicos con impacto en el medio ambiente, estudio de aplicabilidad de polímeros funcionales, reciclaje de materiales a través de agentes biodegradantes.
Universidad de Concepción	Centro de Biotecnología Diseño y desarrollo de biopelículas para tratamiento biológico de efluentes industriales.
Fundación Biociencia	Biorremediación de suelos/sedimentos mediante barreras biológicas.
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas	Señalización celular y expresión de genes en biopelículas microbianas.
Institutos Científicos Milenio	Geomicrobiología.
Sociedad Biotecnologías Antofagasta Ltda.	Instituto Milenio de Biología Fundamental y Aplicada (MIFAB) Bacterias resistentes a metales pesados.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

4. Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el área del medioambiente

En el cuadro 48 se listan las cuatro empresas biotecnológicas que trabajan en el área medioambiente, sus productos y servicios.

CUADRO 48
PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN EL SECTOR MEDIOAMBIENTE

Nombre empresa	Web	Productos/Servicios
Ecoforce S.A.	www.ecoforce.cl	Medición de olores y apoyo técnico en la eliminación.
Fundación Biociencia	www.bioscience.cl	Geomicrobiología, bacterias resistentes a metales pesados, microorganismos extremófilos y sus compuestos activos.
Sociedad Biotecnologías Antofagasta Ltda.	www.biotecnologiasantofagasta.com	Tratamiento de aguas, biorremediación para recuperación de suelos, fondo marino y aguas contaminadas por hidrocarburos.
Biohídrica, Biotecnologías del Agua Ltda.	www.biohidrica.cl	Servicios de ecotoxicología, biorremediación de aguas, bi blanqueamiento, biohidrometalúrgica, drenaje de minas.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

H. Biomedicina

1. Desafíos y desempeño de la investigación y desarrollo en biomedicina en Chile

Las líneas de investigación que se están desarrollando actualmente en nuestro país se centran tanto en la comprensión de los mecanismos que generan enfermedades de alto impacto en la población, como en el desarrollo de tratamientos.

Dentro de las enfermedades que generan alto impacto en la población se pueden mencionar las siguientes patologías, de acuerdo a los objetivos sanitarios del Ministerio de Salud:

- Cáncer:
 - cáncer de mama,
 - cáncer a la vesícula en la mujer,
 - cáncer gástrico en el hombre.
- Enfermedades cardiovasculares, hipertensión, accidentes vascular cerebral y coronario.
- Depresión.
- Diabetes.

La Academia Chilena de Ciencias define Ciencias Biomédicas como: Campo de investigación científica en el área de la Biología o la Medicina en su más amplio espectro (incluyendo Biofísica, Bioquímica, Fisiología Fisiopatología Farmacología Genética, Inmunología, Biología Celular o las diversas Especialidades Médicas, etc.) tendientes, por el estudio de factores biológicos finalmente a prevenir, diagnosticar, tratar, reducir o determinar la severidad o la prevalencia de una enfermedad específica.

A nivel nacional, la biomedicina es el área que concentra mayor número de investigadores, con el 22% del total de los investigadores activos del país.

Según trabajos realizados por la Academia Chilena de Ciencias en el año 2005 existían en Chile 504 investigadores activos en biomedicina (es decir, con más de cinco publicaciones en Pubmed o 3,5 puntos de impacto ISI entre 2000 y 2004).

De acuerdo al mismo estudio de la Academia Chilena de Ciencias, “el impacto acumulativo corregido (para los 504 científicos en esta área) de 28 puntos ISI en cinco años de investigación en Biomedicina en Chile indica la generación de cinco trabajos con impacto ISI igual a cinco o diez publicaciones con un impacto 2,8 en los últimos cinco años. En países de alto desempeño en investigaciones en Biomedicina el impacto por trabajo publicado (ISI para enfermedades cardiovasculares y cáncer en los primeros seis meses de 2005) es para Nueva Zelanda: 1,88; Canadá: 2,14; Finlandia: 2,78; EE.UU.: 3,16 y para el Reino Unido: 3,43. Existe claramente un potencial intelectual real en Ciencias Biomédicas en Chile”.

La Universidad de Chile (47%) y la Universidad Católica (22%) concentran el mayor número de investigadores en biomedicina del país, seguidas por la Universidad de Concepción (8%), la Universidad Austral de Chile (4%), la Universidad de Valparaíso, la Universidad de Santiago y la Universidad de la Frontera, con 3% cada una. Es decir, el 90% de los científicos que trabajan en biomedicina en el país se encuentran en siete universidades.

Las principales fuentes de financiamiento público para proyectos en el área de biomedicina en los últimos 15 años en Chile han sido CONICYT a través de FONDECYT, FONDEF y FONIS, y CORFO a través INNOVA CHILE (ex Fontec y FDI) e INNOVA Bío-Bío.

Las principales disciplinas vinculadas a la Biomedicina en investigaciones financiadas con fondos públicos en los últimos años son las siguientes:

- Fisiología biofísica.
- Biología celular.
- Biología molecular.
- Enfermedad de la nutrición y endocrinología.
- Ginecología, obstetricia y reproducción.
- Neurología y neurocirugía.
- Bioquímica.
- Enfermedades infecciosas, bacteriología.
- Oncología, quimioterapia, cirugía oncológica.
- Cardiología, fisiología cardiovascular.
- Gastroenterología, fisiología digestiva.
- Microbiología.
- Nefrología, fisiología renal.
- Ingeniería biomédica y bioingeniería.
- Fisiología, fisiología clínica general.
- Pediatría, perinatología, fisiología perinatal.
- Reumatología, inflamación.

La tendencia observada en las investigaciones realizadas muestra un aumento claro en el número de proyectos realizados en las áreas de Ingeniería Biomédica y Bioingeniería, y en Bioquímica Farmacológica.

2. Condiciones de factores para el desarrollo de la biomedicina

Actualmente existen siete empresas en el país dedicadas al desarrollo, producción y comercialización de productos, tecnologías y servicios biotecnológicos en biomedicina. Se excluyen en esta contabilidad las empresas dedicadas exclusivamente a la comercialización. Estas empresas emplean un total de 108 personas, 16 de las cuales son PhD (14,8%).

Por otra parte, existen en Chile 18 centros o unidades de investigación y desarrollo activos en biomedicina, los que cuentan en su conjunto con un total de 437 investigadores. De estos 195 son PhD (44,6%). Se trata del sector más grande de la industria chilena de la biotecnología.

En este sector, el capital humano avanzado se concentra fuertemente en las instituciones de I+D+I. De los 211 PhD, un 92,4% trabaja en instituciones de I+D+I.

CUADRO 49
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR SALUD. DISTRIBUCIÓN REGIONAL
DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007
(Unidades)

Región	I	II	V	VII	VIII	IX	X	RM	Total	% RM
Instituciones de I+D										
PhD	2	3	1	1	27		39	122	195	63
Investigadores	5	6	5	3	45	4	67	302	437	69
Centros	1	1	1	1	3	1	2	18	28	64
Empresas										
PhD					4			12	16	75
Empleados					11			97	108	90
Empresas					2			5	7	71
Total PhD	2	3	1	1	31		39	134	211	64

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, 2007.

CUADRO 50
BIOTECNOLOGÍA APLICADA AL SECTOR SALUD DISTRIBUCIÓN REGIONAL
DE CAPACIDADES, INSTITUCIONES Y EMPRESAS, 2007
(En porcentajes)

Región	I	II	V	VII	VIII	IX	X	RM	Total
Instituciones de I+D									
PhD	1,0	1,5	0,5	0,5	13,8	0,0	20,0	62,6	100
Investigadores	1,1	1,4	1,1	0,7	10,3	0,9	15,3	69,1	100
Centros	3,6	3,6	3,6	3,6	10,7	3,6	7,1	64,3	100
Empresas									
PhD					25,0			75,0	100
Empleados					10,2			89,8	100
Empresas					28,6			71,4	100
Total PhD	0,9	1,4	0,5	0,5	14,7	0,0	18,5	63,5	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de “Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Corfo, año 2007 y “Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007: Partnering Business Opportunities. Corfo, año 2007.

En cuanto a la distribución territorial de las condiciones de factores de la industria se observa lo siguiente:

- Una alta concentración del capital humano avanzado en la Región Metropolitana con un 63,5% de del total de PhDs. Le siguen la X Región (10 y 14) con el 20% y la VIII con el 13,8%.
- De las siete empresas consideradas cinco (71,4%) se localizan en la Región Metropolitana y dos (28,6%) en la VIII Región. En cuanto a los empleados de las empresas un 89,8% se concentra en la Región Metropolitana y un 10,2% en la VIII Región.
- El 64,3% de los centros de I+D+I en biomedicina se concentra en Región Metropolitana. Le siguen la VIII Región con el 10,7% y la X (10 y 14) con el 7,1%.

En cuanto a los investigadores de los centros, estos se concentran en un 65,2% en la VIII Región, le sigue la Región Metropolitana con un 18,9%.

Considerando estos criterios, las mejores condiciones de factores nacionales para el desarrollo de la industria de la biomedicina estarían en la Región Metropolitana. La VIII y la V regiones presentarían también buenas condiciones relativas.

3. Principales centros de investigación en biomedicina

En los cuadros 51 al 53 se presentan los grupos dedicados a desarrollar investigaciones en el área de biomedicina que presentan un alto grado de consolidación en términos de sus capacidades humanas y de infraestructura física, trayectoria de investigación y las relaciones con entidades extranjeras de I+D+i en el área.

**CUADRO 51
GRUPOS CONSOLIDADOS EN TERAPIAS**

Institución		Líneas de investigación
Universidad de Chile	Facultad de Medicina; Instituto de Ciencias Biomédicas (ICBM)	Fisiología y biofísica, farmacología molecular y clínica, genética humana, inmunología, microbiología, patofisiología, virología.
Pontificia Universidad Católica de Chile	Facultad de Ciencias Biológicas; Center for Cell Regulation and Pathology 'Joaquín V. Luco'	Tráfico de proteínas y biogénesis de la superficie celular, matriz extracelular, desarrollo, diferenciación celular y fibrosis, cáncer, fisiología vascular y neurotoxicidad.
Institutos Científicos Milenio	Instituto Milenio de Biología Fundamental y Aplicada (MIFAB)	Matriz extracelular y regulación del desarrollo muscular, señalización celular, diferenciación celular y homeostasis, regulación de la proliferación celular, cáncer, cascadas de señales controladoras del transporte oviductal del huevo, biogénesis y dinámica de la superficie celular, Alzheimer, biología molecular y de adaptación al medio ambiente, rol sináptico de purinorreceptores, regulación de respuestas inmunológicas a nivel celular y molecular, genómica y sus aplicaciones en enfermedades infecciosas.
Consortio CTICáncer	Universidad de la Frontera, Universidad de Concepción, Universidad Austral, Fundación Instituto Leloir (Argentina), Farindustria S.A., VitroGen y Southern Technology Group.	Diagnóstico precoz y el desarrollo de nuevas herramientas terapéuticas para el cáncer gastrointestinal.
Universidad de Concepción	Center for Advanced Research in Fundamental and Applied Biomedicine (CIAB)	Proteínas de membranas, regulación intracelular y mensajeros secundarios en células normales y enfermas.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

Cabe mencionar la existencia de dos Consorcios Empresariales de Investigación en biomedicina, iniciados recientemente. Estos se constituyen como los mayores esfuerzos en investigación para el desarrollo de negocios tecnológicos en esta área en nuestro país. Estos consorcios son sociedades anónimas, donde las universidades y empresas participantes tienen participación accionaria y donde la relación está dada por el gobierno que acuerdan.

El año 2006 se constituyó el Consorcio CTICáncer, sus líneas de investigación son la terapia génica, la biología celular y molecular y el área de productos farmacéuticos y sus trabajos actuales se orientan al diagnóstico precoz y el desarrollo de nuevas herramientas terapéuticas para el cáncer gastrointestinal. El actual nivel de desarrollo también se ha orientado a la creación de tres "spin off" -o nuevas empresas-: la primera se centra en una terapia génica contra el cáncer colorrectal, la segunda se orienta a la biocertificación de productos medicinales y la última apunta a la creación de un software de gestión de proyectos biotecnológicos. Esta iniciativa es financiada por el PBCT de CONICYT a lo

largo de sus cinco años de ejecución. Las entidades participantes de CTICancer son Universidad de la Frontera, Universidad de Concepción, Universidad Austral, Fundación Instituto Leloir (Argentina), Farminindustria S.A., VitroGen y Southern Technology Group. Entre sus alianzas internacionales cuentan con el Instituto Weizmann (Israel) e Indena SpA. (Italia).

CUADRO 52 GRUPOS CONSOLIDADOS EN DIAGNÓSTICO

Institución	Líneas de investigación	
Núcleos Científicos Milenio	Fundación Ciencia para la Vida	Genómica, virus Hanta, oligos ARN, terapia de cáncer, genómica molecular, inmunología celular y molecular, diseño de vacunas.
Oncobiomed Ltda.		Vacunas contra melanoma, estudios en inmunología tumoral, marcadores tumorales para diagnóstico clínico.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

CUADRO 53 GRUPOS CONSOLIDADOS EN VACUNAS

Institución	Líneas de investigación	
Núcleos Científicos Milenio	Fundación Ciencia para la Vida	Genómica, virus Hanta, oligos ARN, terapia de cáncer, genómica molecular, inmunología celular y molecular, diseño de vacunas.
Oncobiomed Ltda.		Vacunas contra melanoma, estudios en inmunología tumoral, marcadores tumorales para diagnóstico clínico.
Consortio Tecnológico Empresarial en Biomedicina Clínico Molecular Aplicada.	Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Austral de Chile, Laboratorios Recalcine, IGLOO ZONE CHILE S.A, Avance Biotechnologies Ltda..	Generar productos con aplicaciones que hoy no existen o no están disponibles en Chile, tales como vacunas contra enfermedades infecciosas causadas por virus y bacterias (adenovirus, metaneumovirus, Helicobacter pílora, etc.), cáncer de mama y endometrio, síndrome metabólico, principalmente hipertensión y obesidad.

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

Otro esfuerzo financiado por PBCT de CONICYT en el área de biomedicina a principios del año 2007 es el Consorcio Tecnológico Empresarial en Biomedicina Clínico Molecular Aplicada. Este se centra en generar productos con aplicaciones que hoy no existen o no están disponibles en Chile, tales como vacunas contra enfermedades infecciosas causadas por virus y bacterias (adenovirus, metaneumovirus, Helicobacter pílora, etc.), cáncer de mama y endometrio, síndrome metabólico, principalmente hipertensión y obesidad. Las entidades participantes son las siguientes: Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Austral de Chile, Laboratorios Recalcine, IGLOO ZONE CHILE S.A, Avance Biotechnologies Ltda.

4. Principales empresas biotecnológicas que trabajan en el sector salud

En esta área existe un número importante de empresas donde destacan los siguientes servicios:

- inmuno estimulantes,
- anticuerpos mono y policlonales para bancos de sangre,

- agentes de radiodiagnóstico y radioterapia para medicina nuclear,
- sensidiscos y multidiscos de antibióticos,
- venta de enzimas,
- Anticuerpos para diagnóstico clínico,
- servicio de secuenciamiento y síntesis de primers,
- servicio de banco para células humanas y animales,
- criopreservación de muestras,
- vacunas contra melanoma,
- estudios en inmunología tumoral,
- marcadores tumorales para diagnóstico clínico,
- diagnóstico clínico,
- ensayos clínicos,
- estudios farmacocinéticos,
- farmacodinámicos,
- dosis-respuesta,
- uso de materia prima marina en farmacéuticos y cosméticos,
- diagnóstico molecular en humanos y plantas,
- kits de diagnóstico para enfermedad de chagas, producción de anticuerpos para antígenos.

En el cuadro 54 se listan las 20 principales empresas, sus productos y servicios.

En los últimos años el Gobierno chileno está promoviendo el desarrollo de la investigación farmacéutica clínica, motivado por las proyecciones económicas de esta actividad y con la visión de establecer a Chile como una localidad de clase mundial para realizar R&D farmacéutica.

Según la Cámara Chilena de la Industria Farmacéutica, el año 2006, 14 de las mayores multinacionales invirtieron 22,2 millones de US\$ en investigaciones clínicas en Chile. Se llevaron a cabo 149 estudios clínicos, que involucraron a 1274 investigadores calificados y 7673 pacientes, 28% eran fase II y 54% fase III. Se proyecta que el 2007 alcanzará los 24,5 millones de US\$.

Entre las fortalezas que presenta Chile para el desarrollo de esta actividad están: Investigadores altamente calificados, ambiente de negocios seguro y estable, y calidad de vida para el personal.

Actualmente, el Ministerio de Salud está desarrollando los aspectos necesarios para disponer en Chile de un ambiente regulatorio de clase mundial.

5. Principales líneas nacionales de investigación en biomedicina

En Chile existen numerosas líneas de investigación en torno al cáncer tales como:

- desarrollo de nuevos métodos para su diagnóstico y tratamiento,
- nuevos marcadores de cáncer,
- anticuerpos monoclonales para tratamiento de cáncer,
- expresión génica que perfila en carcinoma ovárico,
- nuevos enfoques de diagnóstico en cáncer de mamas,

- desarrollo de nuevas drogas y drogas existentes para el tratamiento del cáncer de mamas, útero y ovarios,
- vacunas biológicas contra distintos tipos de cáncer, y
- mecanismos que controlan la expresión de genes de tumores gastrointestinales.

CUADRO 54
PRINCIPALES EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS QUE TRABAJAN EN BIOMEDICINA

Nombre empresa	Productos/Servicios	Web
Biosonda Corporation	Inmuno estimulantes, anticuerpos mono y policlonales para bancos de sangre.	www.biosonda.com
C.G.M.Nuclear S.A.	Agentes de radiodiagnóstico y radioterapia para medicina nuclear.	www.cgmnuclear.cl
Eugenio Marín S.A.	Sensidiscos y multidiscos de antibióticos, diagnóstico clínico.	www.sdachile.com
Genética y Tecnología Ltda.	Venta de enzimas, anticuerpos para diagnóstico clínico, servicio de secuenciamiento y síntesis de primers.	www.genytec.cl
Mygoldex Chile Ltda.	Servicio de banco para células humanas y animales, criopreservación de muestras.	
Oncobiomed Ltda.	Vacunas contra melanoma, estudios en inmunología tumoral, marcadores tumorales para diagnóstico clínico.	www.oncobiomed.cl
Valtek Diagnostics	Diagnóstico clínico.	www.valtekdiagnostics.com
Bayer Schering Pharma	Ensayos clínicos.	www.bayer.cl
Biohealth LLC Chile	Ensayos clínicos, estudios farmacocinéticos, farmacodinámicos, dosis-respuesta.	www.biohealth-crc.com
Sanofi-Aventis Chile	Ensayos clínicos.	www.en.sanofi-aventis.com
Dr. Mix C.R.O. Ltda.	Ensayos clínicos.	www.drmix.cl
Latin American CRO MMATISS	Ensayos clínicos.	www.mmatiss.com
MDS Pharma Services (MDSW PS)	Ensayos clínicos.	www.mdsp.com
Organon Chile Ltda. - Global Clinical Monitoring	Ensayos clínicos.	www.organon.cl
Patricio Valdés y Compañía Ltda.	Ensayos clínicos.	www.ciges.cl
Pfizer Inc.	Ensayos clínicos.	www.pfizer.com
Roche Chile Limited	Ensayos clínicos.	www.roche.cl
Bioingemar Ltda.	Uso de materia prima marina en farmacéuticos y cosméticos.	www.biogram.cl
Bioscan S.A.	Diagnóstico molecular en humanos y plantas, ensayos clínicos.	www.bioscan.cl
BiosChile Ingeniería Genética S.A.	Kits de diagnóstico para enfermedad de Chagas, producción de anticuerpos para antígenos	www.bioschile.cl

Fuente: Elaborado por IDEACONSULTORA LTDA.

En el área de enfermedades cardiovasculares las líneas de investigación en curso incluyen:

- el rol de hormonas en el desarrollo de la hipertensión esencial,
- bases moleculares de las patologías cardiovasculares,
- terapia celular en enfermedades cardiovasculares,
- marcadores moleculares,
- epidemiología genética de enfermedades crónicas como obesidad, diabetes, y
- nuevos blancos farmacológicos en enfermedades cardiovasculares, entre otras.

En torno a la hidrocefalia, los trabajos se centran en:

- el trasplante de células madres para tratar hidrocefalia,
- desarrollo de kits para identificar mutaciones genéticas responsables de hidrocefalia,
- purificación y producción de anticuerpos anti-moléculas anómalas del lcr en niños.

En el área de enfermedades autoinmunes se desarrollan líneas de investigación que abordan estudios de:

- patogenia y tratamiento de enfermedades reumatológicas,
- investigación en mecanismos de enfermedades autoinmunes y su tratamiento, como por ejemplo, la generación de anticuerpos monoclonales para tratamiento de enfermedades autoinmunes.

En el área de fertilidad y gineco-obstetricia las líneas de investigación abordan temas como:

- Epidemiología genética de enfermedades crónicas como el síndrome de ovario poliquístico.

En el área de las enfermedades infecciosas las líneas de investigación incluyen:

- epidemiología molecular y caracterización de virus respiratorios,
- caracterización de infecciones,
- epidemiología de enfermedades parasitarias,
- estudios de brotes fúngicos y diagnósticos,
- líneas de investigación en torno a la caracterización y propiedades de antibióticos bacterianos y mecanismos de resistencia bacteriana a antibióticos, bacterias benéficas o sustancias naturales para prevención o cura de enfermedades.

En el área de salud mental y neurología las líneas de investigación están trabajando en torno a:

- epidemiología molecular de enfermedades psiquiátricas,
- drogas para el tratamiento de la enfermedad de alzheimer,
- farmacogenética de la depresión mayor,
- tratamientos para pacientes con depresión mayor.

Para el desarrollo de estas líneas, la infraestructura con que cuentan los grupos de investigación incluye:

- bioterios,
- bancos de genes,
- laboratorios de biología molecular,
- laboratorios de neurobiología,
- laboratorios de cultivos celulares,
- laboratorios de proteínas, entre otros.

Algunos de los productos y servicios que desarrollan incluyen:

- diagnóstico de cáncer,
- vacunas biológicas para el tratamiento de cáncer,

- banco de líneas celulares tumorales humanas y diagnóstico de enfermedad mínima residual en pacientes con melanoma maligno,
- biomarcadores para la enfermedad de alzheimer,
- tecnología de búsqueda de compuesto anti-alzheimer,
- neuroimagen cerebro de pacientes con alzheimer usando tecnología pet, software para rehabilitación cognitiva y psicoestimulación,
- exámenes de identificación de mutaciones en los genes brca y en otros genes de susceptibilidad, anticuerpos monoclonales, anticuerpos quiméricos anti tnf humano y para tratamiento de artritis reumatoidea,
- diagnóstico de pneumocystis en muestras respiratorias,
- detección de genes de resistencia,
- tipificación molecular de bacterias,
- detección de compuestos con actividad antibacteriana,
- diseño de probióticos y producción de biomasa probiótica.

Finalmente, las principales áreas generales, donde se identifican oportunidades estratégicas para Chile son:

- estudio de patologías de mayor prevalencia en Chile en términos de las terapias,
- diagnóstico molecular,
- vacunas,
- pruebas clínicas.

IV. Análisis comparativo de la competitividad regional para el desarrollo de la industria de la biotecnología

A. Condiciones de factores regionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología

En los cuadros siguientes se presentan las capacidades regionales en biotecnología. La región con mayores capacidades en biotecnología es la Metropolitana, seguida por las regiones VIII, X, y luego por las regiones V, VII y IX.

CUADRO 55
CAPACIDADES REGIONALES EN BIOTECNOLOGÍA, 2006
(Número)

Región	I	II	III	IV	V	VII	VIII	IX	X	XI	RM	Total país
Instituciones de I+D en biotecnología	2	2		1	4	5	11	3	8	1	24	61
Unidades de I+D en biotecnología	3	6	2	4	10	8	15	7	10	1	41	107
PhD en instituciones de I+D en biotecnología	5	7		7	29	23	66	22	63	1	173	396
Investigadores en instituciones de I+D en biotecnología	20	21	3	18	76	39	112	42	124	5	424	884
Programas de Doctorado		1			2	1	1	1	1		9	16
Empresas de biotecnología		3			1	1	7				18	30
PhD en empresas de biotecnología		5			1	1	10				33	50
Empleados de Empresas de biotecnología		23			4	14	31				348	420
Total PhDs instituciones+empresas	5	12		7	30	24	76	22	63	1	206	446

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

Claramente la Región Metropolitana de Santiago es la que presenta mejores condiciones de factores generales y específicos para el desarrollo de la industria de la biotecnología. Para completar este análisis se revisará en la sección siguiente, la competitividad en capacidades por sectores y su relación con las condiciones de demanda.

CUADRO 56
CAPACIDADES REGIONALES EN BIOTECNOLOGÍA 2006
(En porcentajes)

Región	I	II	III	IV	V	VII	VIII	IX	X	XII	RM	Total país
Instituciones de I+D en biotecnología	3,3	3,3	0,0	1,6	6,6	8,2	18,0	4,9	13,1	1,6	39,3	100
Unidades de I+D en biotecnología	2,8	5,6	1,9	3,7	9,3	7,5	14,0	6,5	9,3	0,9	38,3	100
PhD en instituciones de I+D en biotecnología	1,3	1,8	0,0	1,8	7,3	5,8	16,7	5,6	15,9	0,3	43,7	100
Investigadores en instituciones de I+D en biotecnología	2,3	2,4	0,3	2,0	8,6	4,4	12,7	4,8	14,0	0,6	48,0	100
Programas de Doctorado	0,0	6,3	0,0	0,0	12,5	6,3	6,3	6,3	6,3	0,0	56,3	100
Empresas de biotecnología	0,0	10,0	0,0	0,0	3,3	3,3	23,3	0,0	0,0	0,0	60,0	100
PhD en empresas de biotecnología	0,0	10,0	0,0	0,0	2,0	2,0	20,0	0,0	0,0	0,0	66,0	100
Empleados de Empresas de biotecnología	0,0	5,5	0,0	0,0	1,0	3,3	7,4	0,0	0,0	0,0	82,9	100
Total PhDs instituciones+empresas	1,1	2,7	0,0	1,6	6,7	5,4	17,0	4,9	14,1	0,2	46,2	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007

Si se considera aquellas regiones con mayores capacidades a nivel nacional se tiene el siguiente panorama:

CUADRO 57
PRINCIPALES REGIONES EN CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA 2006
(Número)

Región	V	VII	VIII	IX	X	RM	Total país
Instituciones de I+D en biotecnología	4	5	11	3	8	24	61
Unidades de I+D en biotecnología	10	8	15	7	10	41	107
PhD en instituciones de I+D en biotecnología	29	23	66	22	63	173	396
Investigadores en instituciones de I+D en biotecnología	76	39	112	42	124	424	884
Programas de Doctorado	2	1	1	1	1	9	16
Empresas de biotecnología	1	1	7			18	30
PhD en empresas de biotecnología	1	1	10			33	50
Empleados de Empresas de biotecnología	4	14	31			348	420
Total PhDs instituciones+empresas	30	24	76	22	63	206	446

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

CUADRO 58
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CAPACIDADES DE
PRINCIPALES REGIONES EN BIOTECNOLOGÍA 2006
(En porcentajes)

Región	V	VII	VIII	IX	X	RM	Total país
Instituciones de I+D en biotecnología	6,6	8,2	18,0	4,9	13,1	39,3	100
Unidades de I+D en biotecnología	9,3	7,5	14,0	6,5	9,3	38,3	100
PhD en instituciones de I+D en biotecnología	7,3	5,8	16,7	5,6	15,9	43,7	100
Investigadores en instituciones de I+D en biotecnología	8,6	4,4	12,7	4,8	14,0	48,0	100
Programas de Doctorado	12,5	6,3	6,3	6,3	6,3	56,3	100
Empresas de biotecnología	3,3	3,3	23,3			60,0	100
PhD en empresas de biotecnología	2,0	2,0	20,0			66,0	100
Empleados de Empresas de biotecnología	1,0	3,3	7,4			82,9	100
Total PhDs instituciones+empresas	6,7	5,4	17,0	4,9	14,1	46,2	100

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

Como puede observarse, la Región Metropolitana casi triplica en capacidades a sus más cercanas seguidoras, la VIII y la X Región. Ambas regiones están impulsando también iniciativas de proyecto para el desarrollo de parques tecnológicos, con líneas de acción en biotecnología.

B. Condiciones de factores regionales específicas por sectores

En las tres tablas siguientes se presenta un análisis de las capacidades en biotecnología ordenadas por sector y región, por región y sector y de mayor a menor nivel de capacidades.

A partir de ellas es posible constatar que la Región Metropolitana cuenta con las mejores capacidades nacionales analizadas en biotecnología aplicada a los sectores:

- Acuícola.
- Agrícola.
- Energía.
- Minería.
- Salud.

Los sectores forestal y medioambiental son liderados por la VIII Región. En ellos la Región Metropolitana ocupa el segundo lugar con capacidades competitivas a nivel nacional.

En este análisis no se ha considerado a aquellas regiones con capacidades más incipientes. El detalle de los antecedentes para todas las regiones se entrega en el anexo 1.

CUADRO 59
DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA ORDENADAS POR SECTOR Y REGIÓN, 2006
(Número y porcentajes)

Región	Sector	Instituciones			Empresas			Total PhD	Instituciones			Empresas			Total PhD	Ranking sector	
		PhD	Investigadores	Centros	PhD	Empleados	Empresas		PhD	Investigadores	Centros	PhD	Empleados	Empresas			
		<i>(Número)</i>							<i>(En porcentajes)</i>								
RM	Acuícola	26	51	4	4	112	3	30	38	34	29	57	81	50	40	1	
X		17	43	3				17	25	29	21	0	0	0	23	2	
VIII		9	12	1	2	12	2	11	13	8	7	29	9	33	15	3	
V		7	15	1				7	10	10	7	0	0	0	9	4	
RM	Agrícola	43	113	10	6	44	6	119	33	41	28	67	67	67	42	1	
IX		24	44	5				44	19	16	14	0	0	0	15	2	
VII		18	27	4	1	14	1	28	14	10	11	11	21	11	10	3	
VIII		19	27	6	1	5	1	28	15	10	17	11	8	11	10	3	
X		14	29	4				29	11	11	11	0	0	0	10	3	
RM	Energía	8	22	6	1	6	2	9	26	30	40	50	38	50	27	1	
V		10	23	2		5	1	10	32	32	13	0	31	25	30	2	
VIII		4	6	1				4	13	8	7	0	0	0	12	3	
IX		4	6	1				4	13	8	7	0	0	0	12	3	
VIII	Forestal	23	46	5	5	17	3	28	66	62	42	56	40	50	64	1	
RM		4	14	3	4	25	3	8	11	19	25	44	60	50	18	2	
VII		6	10	3				6	17	14	25	0	0	0	14	3	
VIII	Medio Ambiente	3	7	1		3	2	3	25	20	11		17	67	25	1	
RM		2	9	3		15	1	2	17	26	33		83	33	17	2	
V		2	5	1				2	17	14	11		0	0	17	3	
VII		2	4	1				2	17	11	11		0	0	17	3	
RM	Minería	7	14	4	15	100	1	22	64	40	44	79	90	33	73	1	
II		3	14	4	4	11	2	7	27	40	44	21	10	67	23	2	
RM	Pecuario	16	34	6	4	85	4	20	43	45	35	50	97	67	44	1	
VIII		8	14	4	3		1	11	22	19	24	38	0	17	24	2	
IX		6	8	3				6	16	11	18	0	0	0	13	3	
RM	Salud	122	302	18	12	97	5	134	63	69	64	75	90	71	64	1	
X		39	67	2				39	20	15	7	0	0	0	18	2	
VIII		27	45	3	4	11	2	31	14	10	11	25	10	29	15	3	

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

CUADRO 60
DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA ORDENADAS POR REGIÓN Y SECTOR, 2006
(Número y porcentaje)

Región	Sector	Instituciones			Empresas			Total PhD	Instituciones			Empresas			Total PhD	Ranking sector
		PhD	Investigadores	Centros	PhD	Empleados	Empresas		PhD	Investigadores	Centros	PhD	Empleados	Empresas		
		<i>(Número)</i>							<i>(En porcentajes)</i>							
X	Agrícola	43	113	10	6	44	6	119	33	41	28	67	67	67	42	1
	Energía	8	22	6	1	6	2	9	26	30	40	50	38	50	27	1
	Minería	7	14	4	15	100	1	22	64	40	44	79	90	33	73	1
	Pecuario	16	34	6	4	85	4	20	43	45	35	50	97	67	44	1
	Salud	122	302	18	12	97	5	134	63	69	64	75	90	71	64	1
	Forestal	4	14	3	4	25	3	8	11	19	25	44	60	50	18	2
	Medio Amb.	2	9	3		15	1	2	17	26	33		83	33	17	2
	Acuícola	17	43	3				17	25	29	21	0	0	0	23	2
	Salud	39	67	2				39	20	15	7	0	0	0	18	2
	Agrícola	14	29	4				29	11	11	11	0	0	0	10	3
IX	Agrícola	24	44	5				44	19	16	14	0	0	0	15	2
	Energía	4	6	1				4	13	8	7	0	0	0	12	3
	Pecuario	6	8	3				6	16	11	18	0	0	0	13	3
	Forestal	23	46	5	5	17	3	28	66	62	42	56	40	50	64	1
	Medio Amb.	3	7	1		3	2	3	25	20	11		17	67	25	1
VIII	Pecuario	8	14	4	3		1	11	22	19	24	38	0	17	24	2
	Acuícola	9	12	1	2	12	2	11	13	8	7	29	9	33	15	3
	Agrícola	19	27	6	1	5	1	28	15	10	17	11	8	11	10	3
	Energía	4	6	1				4	13	8	7	0	0	0	12	3
	Salud	27	45	3	4	11	2	31	14	10	11	25	10	29	15	3
VII	Agrícola	18	27	4	1	14	1	28	14	10	11	11	21	11	10	3
	Forestal	6	10	3				6	17	14	25	0	0	0	14	3
	Medio Amb.	2	4	1				2	17	11	11		0	0	17	3
	Energía	10	23	2		5	1	10	32	32	13	0	31	25	30	2
V	Medio Amb.	2	5	1				2	17	14	11		0	0	17	3
	Acuícola	7	15	1				7	10	10	7	0	0	0	9	4
II	Minería	3	14	4	4	11	2	7	27	40	44	21	10	67	23	2

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

CUADRO 61
RANKING DE DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA, 2006
(Número y porcentajes)

Región	Sector	Instituciones						Empresas						Total PhD	Ranking sector	
		Instituciones			Empresas			Instituciones			Empresas					
		PhD	Investigadores	Centros	PhD	Empleados	Empresas	PhD	Investigadores	Centros	PhD	Empleados	Empresas			
<i>(Número)</i>						<i>(En porcentajes)</i>										
RM	Acuícola	26	51	4	4	112	3	30	38	34	29	57	81	50	40	
RM	Agrícola	43	113	10	6	44	6	119	33	41	28	67	67	67	42	
RM	Energía	8	22	6	1	6	2	9	26	30	40	50	38	50	27	
RM	Minería	7	14	4	15	100	1	22	64	40	44	79	90	33	73	1
RM	Pecuario	16	34	6	4	85	4	20	43	45	35	50	97	67	44	
RM	Salud	122	302	18	12	97	5	134	63	69	64	75	90	71	64	
VIII	Forestal	23	46	5	5	17	3	28	66	62	42	56	40	50	64	
VIII	Medio Amb.	3	7	1		3	2	3	25	20	11		17	67	25	
RM	Forestal	4	14	3	4	25	3	8	11	19	25	44	60	50	18	
RM	Medio Amb.	2	9	3		15	1	2	17	26	33		83	33	17	
X	Acuícola	17	43	3				17	25	29	21	0	0	0	23	
X	Salud	39	67	2				39	20	15	7	0	0	0	18	2
IX	Agrícola	24	44	5				44	19	16	14	0	0	0	15	
VIII	Pecuario	8	14	4	3		1	11	22	19	24	38	0	17	24	
V	Energía	10	23	2		5	1	10	32	32	13	0	31	25	30	
II	Minería	3	14	4	4	11	2	7	27	40	44	21	10	67	23	
X	Agrícola	14	29	4				29	11	11	11	0	0	0	10	
IX	Energía	4	6	1				4	13	8	7	0	0	0	12	
IX	Pecuario	6	8	3				6	16	11	18	0	0	0	13	
VIII	Acuícola	9	12	1	2	12	2	11	13	8	7	29	9	33	15	
VIII	Agrícola	19	27	6	1	5	1	28	15	10	17	11	8	11	10	
VIII	Energía	4	6	1				4	13	8	7	0	0	0	12	3
VIII	Salud	27	45	3	4	11	2	31	14	10	11	25	10	29	15	
VII	Agrícola	18	27	4	1	14	1	28	14	10	11	11	21	11	10	
VII	Forestal	6	10	3				6	17	14	25	0	0	0	14	
VII	Medio Amb.	2	4	1				2	17	11	11		0	0	17	
V	Medio Amb.	2	5	1				2	17	14	11		0	0	17	
V	Acuícola	7	15	1				7	10	10	7	0	0	0	9	4

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

C. Condiciones de demanda regionales para el desarrollo de la industria de la biotecnología

Una síntesis de las condiciones de demanda regionales en términos de su participación en los sectores a nivel nacional se presenta en el cuadro 62.

CUADRO 62
CONDICIONES DE DEMANDA REGIONALES
(En porcentajes)

Sector	Región	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM	RM, V y VI
PIB	2006	3,5	6,5	1,8	2,2	8,2	3,8	3,7	9,4	2,4	4,5	0,6	1,6	42,5	54,5
Minería	2005	10,2	47,6	7,3	9,3	8,5	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	25,7
Celulosa	2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	64,8	9,3	13,1	0,0	0,0	0,0	12,7
Plantaciones forestales	2005	0,0	0,0	0,0	3,2	2,3	4,4	19,1	39,5	19,3	10,4	1,8	0,0	0,0	6,7
Fruticultura y horticultura	2004	0,0	0,0	5,8	10,0	16,2	29,1	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7	66,0
Alimentos procesados	2006	2,5	0,5	1,5	5,5	9,5	14,4	25,4	8,0	2,0	1,5	0,5	0,0	28,9	52,7
Vinos	2006	0,0	0,0	0,0	1,9	2,9	32,1	47,4	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	48,4
Aves	2005	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	49,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	95,0
Cerdos	2005	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	74,5	2,9	5,9	1,7	0,0	0,0	0,0	14,0	89,5
Ovinos	2005	1,2	0,4	0,2	1,9	1,5	5,0	5,5	4,9	6,6	10,6	9,1	52,1	0,8	7,3
Bovinos	2005	0,1	0,0	0,1	0,9	2,7	3,0	8,5	13,9	17,6	43,0	3,7	3,3	3,2	8,9
Lácteos	2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	13,6	69,4	0,0	0,0	8,5	8,5
Acuícola salmones	2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	2,4	79,2	14,0	3,0	0,5	0,5
Medioambiente	2007	0,2	0,2	1,6	1,6	6,8	14,0	13,1	10,2	7,2	26,9	4,5	0,5	13,1	33,0
Energía eléctrica	2005	4,6	19,2	5,7	3,2	7,6	6,1	3,6	14,0	2,3	3,7	0,3	0,8	28,8	39,9
Salud	2006	2,9	3,3	1,7	4,1	10,2	5,2	5,9	12,1	5,7	7,1	0,6	1,0	40,2	55,6

Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar el alcance del análisis de condiciones de demanda. Se trata de condiciones locales de demanda potencial que pueden facilitar el desarrollo del sector. En el cuadro 62 se presenta el porcentaje de la demanda potencial sectorial localizada en cada región. Otras condiciones de demanda son, la baja inversión en I+D+I por parte de las empresas locales y la alta concentración de algunos de los sectores (minería del cobre, forestal, aves y cerdos, lácteos).

No obstante, los principales mercados para los productos de la industria de la biotecnología pueden estar localizados fuera de la región o bien fuera del país. Tal es el caso por ejemplo de la biomedicina, donde el principal mercado es EE.UU. o de la biotecnología aplicada a la industria forestal o a la biominería donde encontramos capacidades localizadas en la Región Metropolitana que tienen sus principales mercados en otras regiones. En esta situación, se habla del “diamante virtual”.

D. Competitividad de la Región Metropolitana vs regiones

Considerando los principales determinantes de la ventaja competitiva, esto es las condiciones de factores específicos y las condiciones de demanda, determinaremos la competitividad de las regiones del país para el desarrollo de la industria de la biotecnología.

Para ponderar estos determinantes procederemos asignando una calificación de 1 a 5 según el lugar en el ranking de condiciones específicas de factores. De esta manera se obtiene el cuadro de calificación que se presenta a continuación. En ella se ha considerado también el conjunto de regiones Metropolitana, V y VI, que corresponde a un radio de 200 kilómetros de la Región Metropolitana.

CUADRO 63
COMPETITIVIDAD REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA
DE LA BIOTECNOLOGÍA: CALIFICACIÓN DE CONDICIONES DE
FACTORES ESPECÍFICOS Y DE DEMANDA
(Número)

Región	Actividad	Demanda	Factores	Calificación	Ranking
RM, V y VI	Salud	5	5	25	1
RM, V y VI	Producción animal: ovino	2	5	10	1
RM, V y VI	Producción animal: Cerdos	5	5	25	1
RM, V y VI	Producción animal: Aves	5	5	25	1
RM, V y VI	Minería	4	5	20	1
RM, V y VI	Medioambiente	5	4	20	1
RM, V y VI	Industria del Vino	5	5	25	1
RM, V y VI	Fruticultura y horticultura	5	5	25	1
RM, V y VI	Energía	5	5	25	1
RM, V y VI	Alimentos procesados	5	5	25	1
RM, V y VI	Producción animal: lácteos	2	5	10	2
RM, V y VI	Producción animal: bovino	2	5	10	2
RM	Salud	5	5	25	1
RM	Energía	5	5	25	1
RM	Alimentos procesados	5	5	25	1
RM	Producción animal: lácteos	2	5	10	2
RM	Producción animal: Cerdos	4	5	20	2
RM	Producción animal: Aves	4	5	20	2
RM	Minería	1	5	5	2
RM	Medioambiente	3	4	12	2
RM	Industria del Vino	3	5	15	2
RM	Fruticultura y horticultura	4	5	20	2
X	Acuicultura: salmones	5	4	20	1
X	Producción animal: ovino	4	1	4	2
X	Salud.	2	4	8	3
X	Producción animal: lácteos	5	1	5	3
X	Producción animal: bovino	5	1	5	3
X	Alimentos procesados	1	3	3	3
X	Medioambiente	5	1	5	4
IX	Producción animal: lácteos	4	3	12	1
IX	Producción animal: bovino	4	3	12	1

(continúa)

Cuadro 63 (conclusión)

Región	Actividad	Demanda	Factores	Calificación	Ranking
IX	Energía	1	3	3	4
VIII	Producción animal: bovino	3	4	12	1
VIII	Plantaciones Forestales	5	5	25	1
VIII	Industria de la Celulosa	5	5	25	1
VIII	Salud	4	3	12	2
VIII	Producción animal: lácteos	3	4	12	2
VIII	Energía	3	3	9	2
VIII	Producción animal: Cerdos	3	4	12	3
VIII	Medioambiente	1	5	5	4
VII	Plantaciones Forestales	3	3	9	2
VII	Industria de la Celulosa	3	3	9	2
VII	Alimentos procesados	4	3	12	2
VII	Medioambiente	3	3	9	3
VII	Industria del Vino	5	3	15	3
VII	Fruticultura y horticultura	2	3	6	3
V	Acuicultura: salmones	4	2	8	2
V	Energía	2	4	8	3
V	Medioambiente	1	3	3	5
II	Minería	5	4	20	1

Fuente: Elaboración propia.

En otro volumen de este estudio, se concluyó que la Región Metropolitana tiene las mejores condiciones nacionales para el desarrollo de una industria intensiva en conocimiento. Aún cuando presenta importantes debilidades en condiciones de factores específicas como disponibilidad capital humano avanzado en las empresas e instituciones de I+D+I, disponibilidad de financiamiento al escalamiento y aplicación, disponibilidad de capital de riesgo, inversión en I+D+I por parte de las empresas entre otras, productividad en términos de patentes, ventas, entre otras.

CUADRO 64
VENTAJA COMPETITIVA POR SECTORES DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA
(Número)

Actividad	Demanda	Factores	Calificación	Ranking
Salud	5	5	25	1
Energía	5	5	25	1
Alimentos procesados	5	5	25	1
Producción animal: lácteos	2	5	10	2
Producción animal: Cerdos	4	5	20	2
Producción animal: Aves	4	5	20	2
Minería	1	5	5	2
Medioambiente	3	4	12	2
Industria del Vino	3	5	15	2
Fruticultura y horticultura	4	5	20	2

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

Al realizar el análisis en términos de las condiciones de factores específicas para la industria de la biotecnología en los sectores de aplicación en Chile, la conclusión es similar. La Región Metropolitana es la que presenta mayores ventajas competitivas para la instalación de la industria de la biotecnología en Chile en la mayor parte de los sectores clave considerados, como puede observarse en los cuadros 64 y 65.

CUADRO 65
VENTAJA COMPETITIVA POR SECTORES DE LA RM PARA EL DESARROLLO
DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA CONSIDERANDO LA
DEMANDA DE LAS REGIONES METROPOLITANA, V Y VI
(Número)

Actividad	Demanda	Factores	Calificación	Ranking
Salud.	5	5	25	1
Producción animal: ovino	2	5	10	1
Producción animal: cerdos	5	5	25	1
Producción animal: aves	5	5	25	1
Minería	4	5	20	1
Medioambiente	5	4	20	1
Industria del Vino	5	5	25	1
Fruticultura y horticultura	5	5	25	1
Energía	5	5	25	1
Alimentos procesados	5	5	25	1
Producción animal: lácteos	2	5	10	2
Producción animal: bovino	2	5	10	2

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de, Corfo 2007, Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile y www.corfo.cl, Biotechnology and Life Sciences in Chile 2007 Corfo 2007.

E. Análisis estratégico y definición de acciones a seguir para la RM

En los cuadros siguientes se hace un análisis estratégico y se define acciones a seguir para la RM de Santiago con miras al desarrollo competitivo de la industria nacional de la biotecnología.

Este análisis estratégico se hace desde tres perspectivas⁸:

- Regional: Análisis de la Ventaja Competitiva de la Región Metropolitana para el Desarrollo de la Industria de la Biotecnología.
- Sectorial: Análisis del Atractivo de la Industria Nacional de la Biotecnología.
- De la empresa: Cadena y sistema de valor de empresas e instituciones nacionales de biotecnología.

⁸ Cabe señalar que en este análisis se dan algunos traslapes, de manera que en algunos casos se repiten conceptos entre las tablas.

CUADRO 66
ANÁLISIS DE LA VENTAJA COMPETITIVA DE LA REGIÓN METROPOLITANA PARA EL
DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE LA BIOTECNOLOGÍA
(Condiciones de factores)

	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas	Acciones propuestas
Capital Humano	Disponibilidad de grupos de I+D competitivos en áreas específicas. Por ejemplo en: biominería, biomedicina, acuicultura.	Bajo número comparativo de investigadores en biotecnología. Este es más bajo aun al segmentar por áreas de aplicación. Bajo número de doctores en las empresas. Mayor proporción de los doctores en instituciones de I+D Programas de formación de doctorado con baja orientación a las empresas.	Alta inversión del estado en formación de capital humano avanzado puede ser la base para el desarrollo de la industria en el mediano y largo plazo.	Que persista una orientación más académica de los grupos de I+D+I, un bajo nivel de aplicación y patentamiento.	Fomentar la formación de doctores con orientación a la aplicación y la industria. Fomentar la inserción de doctores en las empresas. El estado está financiando un gran número de becas de postgrado con lo cual el número de investigadores en biotecnología debiera aumentar significativamente.
Capital Físico y Financiero	Disponibilidad competitiva de financiamiento a I+D básica, aplicada y desarrollo experimental, permite sostener algunas áreas específicas. Fuerte crecimiento en los subsidios públicos a la I+D y la formación de postgrado.	Escasa disponibilidad de capital de riesgo. Bajo financiamiento al escalamiento y aplicación. Este es menos atractivo que el financiamiento a la I+D. Bajo financiamiento de las empresas a la I+D+I. Bajo nivel de inversión en I+D+I comparativo.	Inversión selectiva y contundente de los recursos en ámbito específicos para lograr ventajas competitivas.	Que persista la baja disponibilidad de financiamiento al escalamiento, aplicación, emprendimiento y desarrollo de nuevos negocios y o se materialicen los beneficios potenciales.	Definición de líneas de financiamiento al escalamiento y aplicación de mayor envergadura. Desarrollo de una institucionalidad apropiada para la inversión de riesgo. Explorar alternativas complementarias al Capital de Riesgo, particularmente en fases tempranas de emprendimiento. El estado está incrementando el financiamiento a la I+D y fomentando la inversión de las empresas a través de la ley de incentivo tributario.
Capital Social	Disponibilidad de grupos I+D+I competitivos en áreas específicas.	Bajo número de empresas biotecnológicas. Inexistencia de grandes empresas biotecnológicas que marquen presencia o posición, tanto nacional como internacional. Baja disponibilidad de PhDs en empresas biotecnológicas. Baja actividad de emprendimiento tecnológico (spin-off).	Oportunidad de desarrollo selectivo competitivo y de excelencia. Atracción de empresas sobre la base de sectores que presenten atractivo de demanda y potencial de desarrollo de factores.	La amenaza es que la industria nacional de la biotecnología permanezca pequeña en cuanto a I+D+I y producción local.	Atracción de empresas competidoras de clase mundial para que se instalen en Chile. Fomento al desarrollo de centros de excelencia con orientación aplicada y de alta productividad. Fuerte fomento al emprendimiento. Evaluar el desarrollo de entidades tipo SRI de Stanford o ITRI de Taiwán.

(continúa)

Cuadro 66 (continuación)

	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas	Acciones propuestas
Condiciones de Demanda	Disponibilidad local de empresas potenciales compradoras que son competidoras de clase mundial o líderes sectoriales a nivel internacional.	Baja inversión en I+D+I por parte de las empresas usuarias de biotecnologías. Baja disponibilidad de PhDs en las empresas. Bajo nivel de acceso a los mercados internacionales de la biomedicina. Baja adquisición local de productos tecnológicos. Débil posicionamiento internacional de los productos biotecnológicos nacionales. Débil acceso a los mercados nacionales potenciales. Alta concentración en algunos de los sectores usuarios: minería, forestal, aves y cerdos.	Ley de incentivo tributario impulsa la contratación de I+D a las instituciones C&T por parte de las empresas.	Que la demanda potencial de las empresas locales tome un tiempo muy largo. Esto retrasaría el desarrollo de la industria local dando ventaja a la industria extranjera.	El estado fomenta la inversión de las empresas a través de la ley de incentivo tributario. Fortalecer los programas de inserción de PhDs en las empresas. Desarrollar el acceso a los mercados internacionales. Instalación de empresas en EEUU para la comercialización. Desarrollo de modelos virtuosos en sectores de alta concentración. Posicionar a la industria nacional tanto internamente como internacionalmente.
Industrias relacionadas y de soporte	Acceso a proveedores de insumos críticos para la producción.	Baja disponibilidad local de empresas y entidades clave competitivas en los ámbitos de: protección y explotación de la propiedad intelectual, transferencia y comercialización de tecnologías, Brokerage, empresas de capital de riesgo.	Alto potencial de desarrollo a partir de insumos provenientes de la flora y fauna endémica.	Que persista una baja tasa de protección y explotación competitiva de la propiedad intelectual y un bajo desarrollo del emprendimiento tecnológico.	El estado ha venido promoviendo el desarrollo de la industria de capital de riesgo. El estado fomenta el patentamiento a través de subsidios y mecanismos de EAPI. Fomentar el desarrollo de estructuras competitivas de apoyo a la transferencia tecnológica y al emprendimiento universitarias. Evaluar el desarrollo de institucionalidad complementaria al capital de riesgo como empresas holding universitarias, empresas o institutos de innovación como SRI de Stanford u otras. Promover el patentamiento y el emprendimiento a través de concursos y competencias (experiencias como el 100K del MIT).
Contexto para la estrategia y rivalidad de la firma	Entorno competitivo con reglas generales claras y estables. Definición de sectores clave por parte del estado en los cuales la biotecnología juega un rol fundamental. Concertación de agentes relevantes en algunos sectores para la definición de prioridades (minería, forestal, salmonicultura).	Integración vertical actual o potencial en sectores de alta concentración inhibe el desarrollo de nuevos emprendimientos (minería, forestal). No se ha generado un modelo virtuoso de operación.	Que empresas integradas verticalmente se constituyan en potenciales compradoras de los start-ups (modelo similar al farmacéutico).	Que en los sectores de alta concentración se creen empresas integradas verticalmente que no permitan el desarrollo del emprendimiento. La falta de definiciones de mediano y largo plazo, impide hacer apuestas competitivas mayores.	Avanzar hacia la definición de road maps y agendas de desarrollo de mediano y largo plazo, que puedan ser desarrollados en el marco de programas de I+D estratégicos o polos de competitividad. Desarrollo de modelos virtuosos en sectores de alta concentración.

(continúa)

Cuadro 66 (conclusión)

	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas	Acciones propuestas
Gobierno	<p>La biotecnología es un sector prioritario en la política de C&T.</p> <p>Disponibilidad de un sistema fondos competitivos estable y sostenido para el financiamiento a la I+D+I.</p> <p>Fuerte crecimiento en los recursos para I+D+I y formación de PhDs.</p> <p>Ley de incentivo tributario a la compra de I+D por parte de las empresas.</p>	<p>Limitaciones regulatorias al uso de los organismos genéticamente modificados.</p> <p>Debilidades de eficiencia en la gestión de los recursos.</p> <p>Débil financiamiento al escalamiento y aplicación.</p> <p>Dificultades regulatorias al desarrollo de nuevo productos</p>	<p>Mayores recursos favorecen el desarrollo del sector.</p>	<p>Largos tiempos al mercado por lentitud en el financiamiento y en el manejo de aspectos regulatorios amenazan competitividad de los nuevos desarrollos.</p>	<p>Desarrollo de líneas competitivas de financiamiento al escalamiento y aplicación.</p> <p>Desarrollo de política y regulación competitiva en materia de OGM.</p> <p>Fortalecimiento de los fondos de financiamiento y de los organismos regulatorios para una mayor eficiencia en la gestión.</p>

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 67 ANÁLISIS DEL ATRACTIVO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DE LA BIOTECNOLOGÍA

	Oportunidades	Amenazas	Acciones Propuestas
Proveedores	<p>Disponibilidad y acceso a insumos para el desarrollo de productos innovadores.</p>	<p>Bajo nivel de competitividad de servicios protección de la propiedad industrial e intelectual y de brokerage y transferencia tecnológica deteriora posición competitiva de empresas biotecnológicas nacionales.</p> <p>Incipiente industria de capital de riesgo.</p>	<p>Fortalecer el desarrollo de estructuras de apoyo al emprendimiento, la protección y explotación de la propiedad intelectual y la transferencia tecnológica en instituciones de I+D+I.</p> <p>El estado ha venido fomentando el desarrollo de la industria de capital de riesgo.</p> <p>Explorar otras formas institucionales complementarias al capital de riesgo.</p> <p>Fuerte formación de capital humano en gestión de la transferencia y emprendimiento tecnológico.</p>
Competidores y sustitutos	<p>En el sector acuícola y pecuario empresas farmacéuticas con buenas capacidades de distribución y comercialización han entrado al mercado dinamizándolo.</p>	<p>Economías de escala de empresas internacionales hace poco atractivo producir localmente.</p> <p>Baja disponibilidad de productores locales para los desarrollos nacionales.</p> <p>Empresas internacionales entran fuertemente sólo a distribuir y comercializar localmente</p>	<p>Desarrollar incentivos para la I+D+I y la producción local tanto para el mercado nacional como para a exportación.</p>
Compradores	<p>Existe un mercado potencial local importante, que puede dar origen a empresas o negocios de nicho con proyección internacional o bien ser un atractivo para la instalación de empresas productoras extranjeras en Chile.</p>	<p>Concentración de los potenciales compradores con riesgo de integración hacia atrás.</p> <p>Baja inversión en I+D+I por parte de los compradores.</p> <p>Débil acceso a los mercados internacionales particularmente en el caso biomédico.</p>	<p>Atraer a empresas competidoras de clase mundial para que se instalen a hacer I+D producción y comercialización de productos biotecnológicos en Chile.</p> <p>Promover el emprendimiento.</p>

(continúa)

Cuadro 67 (conclusión)

	Oportunidades	Amenazas	Acciones propuestas
Barreras de entrada y salida		Integración hacia atrás de los compradores potencial o actual como el caso de Biosigma. En particular en sectores de alta concentración como el forestal y aves y cerdos. Débil disposición a innovar y a invertir en I+D por parte de las empresas locales.	El estado promueve la inversión en I+D a través de la ley de incentivo tributario y mayores recursos para la I+D+I. Promover el desarrollo de dinámicas virtuosas de mercado en sectores concentrados.
Gobierno y regulación	Fuerte crecimiento en la inversión en I+D y formación de capital humano avanzado. Ley de incentivo tributario fomenta la contratación de I+D+i por parte de las empresas.	Limitaciones regulatorias al uso de los organismos genéticamente modificados. Largos tiempos al mercado por lentitud en el financiamiento y en el manejo de aspectos regulatorios amenazan competitividad de los nuevos desarrollos.	Desarrollar programas de inversión de mediano y largo plazo que aseguren resultados contundentes y competitivos. Desarrollar programas de inserción de PhDs en las empresas. Desarrollo de política y regulación competitiva en materia de OGM. Fortalecimiento de los fondos de financiamiento y de los organismos regulatorios para una mayor eficiencia en la gestión.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 68
CADENA Y SISTEMA DE VALOR DE EMPRESAS E INSTITUCIONES
NACIONALES DE BIOTECNOLOGÍA

	Fortalezas	Debilidades	Acciones propuestas
Actividades de apoyo y condiciones de factores	Capacidades competitivas en algunos ámbitos muy específicos.	Débil acceso al financiamiento de riesgo. Bajo número de empleados con PhD en las empresas Organizaciones pequeñas con débil posición competitiva	Fortalecer los programas de fomento a la inserción de doctores en las empresas Fomentar la asociatividad. Fomentar el desarrollo de centros de excelencia. Fomentar el desarrollo de las empresas de base tecnológica con instrumentos de capital de riesgo y otros. Fomentar la formación e inserción de personal en gestión tecnológica y del emprendimiento en instituciones de I+D+I.
Actividades de producción	Actividades de I+D+I que dan lugar a desarrollos de alto interés potencial en ámbitos específicos. Existe un potencial no explotado. Algunas empresas en crecimiento en segmentos específicos en actividades de I+D+I y producción. Por ejemplo biotecnología aplicada a minería, acuicultura, pecuario.	La baja actividad de patentamiento nacional e internacional tanto de las instituciones de I+D+I como de las empresas en términos comparativos internacionales y considerando el potencial existente. Bajo nivel de producción local de productos biotecnológicos. Bajo nivel de escalamiento y aplicación de los resultados. Número y tamaño pequeño de las empresas nacionales	Fomentar la protección y explotación de la propiedad intelectual e industrial. Desarrollar instrumentos competitivos de apoyo al escalamiento y aplicación de resultados de la I+D. Fomentar la producción local de productos de alto contenido tecnológico. Fomentar el crecimiento y desarrollo de las empresas a nivel local. Desarrollar un volumen de oferta y capacidad nacional.

(continúa)

Cuadro 68 (conclusión)

	Fortalezas	Debilidades	Acciones propuestas
Actividades de Comercialización y Distribución	<p>Algunas empresas en crecimiento en segmentos específicos.</p> <p>Empresas farmacéuticas que han entrado al sector bio, proveen canales de distribución y comercialización.</p>	<p>Débil estructura de comercialización de las empresas nacionales de biotecnología.</p> <p>Débil estructura de transferencia tecnológica de las instituciones nacionales de I+D+I.</p> <p>Débil acceso a los mercados internacionales, particularmente al mercado de la biomedicina.</p> <p>Débil acceso a los mercados locales.</p>	<p>Fortalecer y desarrollar estructuras e instrumentos de apoyo a la transferencia tecnológica y el emprendimiento en las instituciones de I+D+I.</p> <p>Desarrollar mecanismos para el acceso competitivo a los mercados internacionales de los productos locales.</p> <p>El estado está fomentando la contratación de i+D+I por parte de las empresas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

V. Propositiones estratégicas para el desarrollo del Biopolo de Santiago

En este capítulo se propone una serie de líneas de acción estratégicas que, de ser aplicadas, contribuirían favorablemente al desarrollo de un Parque Tecnológico o Biopolo en el entorno del eje de Avenida Maratón. Gran parte de estas proposiciones tiene una validez más amplia, puesto que su alcance puede proyectarse al desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile y al Sistema Nacional de Innovación en general. Hacia el final del capítulo, se plantea el Biopolo como un mecanismo institucional para el desarrollo competitivo y gobernable de la industria de la biotecnología en Chile.

Atractivo y desafíos para la instalación y desarrollo de un biopolo en Chile

Del análisis realizado en este estudio de los atributos determinantes de la ventaja competitiva para el desarrollo de un Biopolo en Santiago y más en general, para el desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile, se desprende que éste es un desafío mayor. El atractivo del país y de Santiago son bajos si se lo compara internacionalmente en términos de sus condiciones de factores y sus condiciones de demanda actuales así como en términos del desempeño de las empresas e instituciones de I+D+i en biotecnología.

En cuanto a las condiciones de factores en el estudio se hizo evidente la necesidad de fortalecer y desarrollar, el capital humano avanzado, la infraestructura C&T especializada y el financiamiento a la I+D+i en biotecnología. En lo que respecta al capital social, se hace necesario fortalecer y desarrollar los programas de formación de doctorado, los programas de becas, la institucionalidad para el financiamiento a la I+D+I, la institucionalidad para la transferencia tecnológica y el emprendimiento en biotecnología y actividades de soporte como la protección y explotación de la propiedad intelectual y la distribución de productos biotecnológicos nacionales en los mercados externos relevantes.

En cuanto a las condiciones de demanda se observan importantes sectores productivos como minería, forestal, agropecuario y agroindustrial, acuícola y salud, en algunos de los cuales Chile es competidor de clase mundial y existe un alto potencial de impacto económico positivo con la aplicación de la biotecnología. Sin embargo, se enfrentan limitaciones como el bajo nivel de gasto en I+D+i por parte de las empresas en Chile, el bajo número de investigadores y doctores en las

empresas, la alta concentración de algunos sectores con tendencias a la integración vertical de los proveedores biotecnológicos, entre otras.

En cuanto al desempeño, la tasa de patentamiento y explotación de la propiedad industrial de las empresas e instituciones de I+D+i nacionales es baja comparativamente con las empresas e instituciones de países de tamaño similar. Chile registra un bajo número comparativo y absoluto de solicitudes de patentes, patentes concedidas, licencias concedidas y de ingresos por conceptos de licencias y royalties en las empresas e instituciones de I+D+i. La participación mundial de la industria nacional de la biotecnología es muy menor tanto en términos de ventas, como de inversión, número de empresas y número de trabajadores. Así por ejemplo, con un número similar de empresas y empleados, la industria biotecnológica noruega vende nueve veces más que la chilena.

La industria de la biotecnología nacional está formada por PYMES, la mayor parte de las cuales tiene una débil posición competitiva internacional. Las ventas de productos biotecnológicos del conjunto de 30 empresas productoras de biotecnología en Chile no superó los US\$ 9 millones en 2006. Este nivel de ventas es bajo considerando el tamaño de la industria y el nivel de inversión en I+D en el sistema de valor.

Sin embargo, a partir del estudio, se estima que existe un potencial de desarrollo, que puede materializarse con una estrategia apropiada. Entre los principales desafíos estratégicos para el desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile y de un Biopolo en el eje de Maratón en Santiago están:

- Disponibilidad competitiva de capital humano avanzado en biotecnología, tanto para las empresas como en las instituciones de I+D+i.
- Mayor demanda e inversión en I+D+i tanto del gobierno como especialmente de las empresas.
- Alta selectividad de mercado y especialización en capacidades y competencias para el logro de ventajas competitivas. Por ejemplo: desarrollar programas competitivos de I+D+I de alto impacto y de largo plazo en ámbitos específicos de aplicación en sectores clave, con la participación de universidades, instituciones de I+D, empresas y gobierno.
- Desarrollo de “technology road maps” de apoyo a la definición de iniciativas estratégicas como por ejemplo: programas de I+D+i, centros de excelencia, centros de expertise, polos de competitividad, entre otros.
- La proyección internacional de la industria biotecnológica nacional.
- Acceso competitivo a mercados internacionales de los productos biotecnológicos nacionales.
- Desarrollo de modelos apropiados de organización industrial en sectores de aplicación de alta concentración.
- Fortalecimiento y desarrollo de la institucionalidad para la transferencia tecnológica en las universidades e instituciones de I+D.
- Fortalecimiento y desarrollo de la institucionalidad para el escalamiento y la aplicación.
- Fortalecimiento y desarrollo de la institucionalidad para el emprendimiento.
- Fortalecimiento y desarrollo de las agencias de financiamiento y los organismos regulatorios.
- Atracción de empresas e instituciones de I+D competidoras de clase mundial.

Disponibilidad competitiva de capital humano avanzado

La disponibilidad competitiva de capital humano avanzado en las instituciones de I+D+i como en las empresas es uno de los aspectos críticos para el desarrollo de la industria de la biotecnología. Es

importante aumentar tanto el número como la organización de este capital humano avanzado. En el marco de este estudio se contabilizó un total nacional de 446 PhD trabajando en biotecnología las instituciones de I+D+i y en las empresas. Sólo 50 de ellos eran empleados en una empresa.

La baja disponibilidad de PhDs en las empresas biotecnológicas se hace más crítica al analizar por sectores aplicación. El sector Minero y el sector Salud con un total de 16 PhDs cada uno, son los que registran el mayor número de PhDs en las empresas. El resto de los sectores tiene menos de nueve PhDs como total empleado en las empresas.

En esta línea el gobierno de Chile está impulsando el más grande programa de becas para la formación de postgrado en el extranjero de la historia del país. Se espera llegar en no más de cinco años a alrededor de 6.000 estudiantes chilenos cursando programas de postgrado en otros países. Con ello la disponibilidad de capital humano avanzado en biotecnología en el país debiera aumentar significativamente en el mediano plazo. La inserción provechosa de estos doctores en el sistema nacional de innovación es un desafío relevante.

La capacidad de absorción de estos doctores por parte del sistema universitario es limitada. Por ello se hace importante fomentar la inserción de doctores en las empresas, el gobierno y los institutos tecnológicos. En este sentido se propone fortalecer y desarrollar líneas de financiamiento como el “Concurso Inserción de Personal Altamente Calificado en la Industria” del Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (PBCT) de Conicyt. Se estima recomienda considerar ampliar su alcance a la inserción en el gobierno, los institutos tecnológicos y las fundaciones y corporaciones dedicadas a I+D.

Es importante fomentar la formación de doctores con orientación a la aplicación y a la industria, tanto a nivel de programas nacionales de doctorado, que tienen orientación fundamentalmente académica, como también a través de becas de formación en el extranjero que consideren este criterio. La ley de incentivo tributario va a requerir que las universidades –que actualmente contratan al 81% de los doctores en Chile- dispongan de un mayor número de doctores con orientación a la aplicación y a la industria. Así también, la contratación de doctores por parte de las empresas requiere de profesionales con doctorado con un perfil apropiado a sus necesidades.

Mayor demanda e inversión en I+D+i

Una de las principales causas que se cita respecto al bajo nivel de desempeño del país en innovación con relación a países de similar tamaño económico y fuerza de trabajo, es el insuficiente esfuerzo en I+D⁹. Considerando esta situación, la Estrategia Nacional de Innovación ha definido como nivel objetivo deseable un 2,3% de gasto en I+D/PGB al 2021, alcanzando de esta forma niveles cercanos a los de los países de la OECD. En esta línea el gobierno ha estado incrementando el financiamiento a la I+D, fundamentalmente con los recursos del llamado “royalty minero”, y fomentando la inversión de las empresas a través de la ley de incentivo tributario¹⁰.

Esta ley generará una mayor demanda y contratación de I+D+I de las empresas a las universidades e instituciones C&T, promoviendo de esta manera una mayor vinculación entre los agentes del sistema de valor de la innovación. Ello movilizará el desarrollo de procesos de innovación orientados por la demanda al interior de los clusters. Sin embargo, es necesario considerar que, se trata de un mecanismo que incentiva el outsourcing de I+D+I, por sobre el desarrollo interno por parte de las empresas, de manera que va en el sentido opuesto de la contratación de doctores en las empresas y en general de la creación de capacidades de I+D+I en las empresas.

Conjuntamente, un aspecto favorable al desarrollo de la industria de la biotecnología –y de la industria del conocimiento en Chile-, es la disponibilidad de un sistema fondos competitivos estable y

⁹ OECD, Country Innovation Brief Chile, 2006.

¹⁰ Benavente, José Miguel, Hacia una Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad, CNIC, 2007.

sostenido para el financiamiento a la I+D+I, tanto para las empresas como para las universidades e institutos tecnológicos.

Es importante también, estimular la demanda de I+D+I en general y en biotecnología en particular, por parte del gobierno. Esta es muy baja comparada con la demanda de I+D+I por parte del gobierno en los países de la OECD y otros de similar tamaño.

Alta selectividad de mercado y especialización en capacidades y competencias

Considerando la fuerte competencia internacional y la situación nacional de debilidades en atributos determinantes de las ventajas competitivas como son las condiciones de factores y las condiciones de demanda para el desarrollo de la industria de la biotecnología, dos recomendaciones fundamentales son:

- Alta selectividad de mercado. Esto es, escoger en los sectores aquellos segmentos específicos de aplicación que presenten mayor atractivo y potencial.
- Alta especialización de capacidades y competencias. O sea, escoger aquellos ámbitos de la biotecnología en los que se disponga de mayores capacidades y competencias. Así también, el desarrollo de nuevas y mayores capacidades y competencias debiera orientarse hacia aquellos ámbitos de mayor potencial de demanda.

Estamos asumiendo que:

- Chile puede aspirar a ser internacionalmente competitivo en algunos sectores en ámbitos específicos de aplicación de la biotecnología.
- Para ello debe focalizar en forma contundente y competitiva los esfuerzos, considerando la alta competencia internacional. De otra manera las capacidades se verán divididas y dispersas en múltiples áreas y difícilmente, vamos a lograr ventajas competitivas.

El riesgo es que la mayor competencia científica, tecnológica e industrial internacional haga más difícil la entrada de desarrollos locales, de manera que resulte menos atractiva la I+D+I nacional en los sectores clave de aplicación.

Es importante considerar que países líderes en ámbitos de la industria de la biotecnología así como países competidores con Chile en los sectores de aplicación de la biotecnología (industria del vino, industria forestal, sector agropecuario, industria minera) han desarrollado políticas y estrategias de alta selectividad y alta especialización impulsado la ejecución de importantes programas de I+D de largo plazo (por ejemplo: US\$ 10 millones por año por diez años en el caso de los Programas de Vinnova en Suecia), la creación o fortalecimiento de centros de excelencia en universidades e instituciones de I+D, el desarrollo de polos de competitividad para el impulso de clusters entre otras iniciativas. Las instituciones de I+D+i, las empresas y el gobierno, participan conjuntamente en la definición, financiamiento y ejecución de estas iniciativas.

Los programas de I+D+i son iniciativas de largo plazo, internacionalmente competitivas que articulan a instituciones de I+D+i, empresas biotecnológicas y empresas usuarias de los productos biotecnológicos. La selectividad, especialización, magnitud de los esfuerzos y concertación de actores claves, contribuye al desarrollo de ventajas competitivas que pueden ser determinantes en el éxito del proceso de I+D+I y el logro de sus impactos económicos. Por ello resulta fundamental desarrollar programas de inversión en I+D+i de mediano y largo plazo que aseguren resultados contundentes y competitivos. En estos programas se puede considerar tanto el desarrollo de la industria con capacidades nacionales como la atracción de competidores de clase mundial en el ámbito biotecnológico para que instalen sus capacidades de I+D+I y producción en la Región Metropolitana. Por ejemplo, programas en I+D+i en los ámbitos salud animal y alimentación animal considerando el desafío y potencial de mercado de los sectores de la industria de aves, cerdos, salmones y otros.

El desarrollo y fortalecimiento de centros de excelencia de alta productividad científica y tecnológica, que aborden con selectividad y especialización temas de alto impacto económico y social, es un factor crítico para el éxito. La competencia internacional es muy alta. El logro de contribuciones que agreguen conocimiento y valor por sobre lo existente es altamente dependiente de la disponibilidad de personal de I+D+i de alto nivel y competitividad de clase mundial.

Los sectores en los cuales la biotecnología presenta mayor potencial de demanda en Chile y los ámbitos de aplicación en los que existen mayores capacidades son los siguientes:

CUADRO 69
SECTORES Y ÁMBITOS DE APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN CHILE

Sectores	Principales ámbitos de aplicación en Chile
Minería: minería del cobre y otros	Biominería, biolixiviación.
Industria de los Alimentos Agrícola y Agroindustrial	Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares.
Fruticultura de exportación	Diagnóstico molecular.
Horticultura	Agregación de valor y diferenciación con el uso de biotecnologías.
Alimentos procesados	Bioprocesos.
Industria del vino	
Industria de los Alimentos Pecuario	Salud animal: vacunas, inmunoestimulantes, otros.
Aves	Genética y reproducción.
Cerdos	Alimentación animal.
Ovino	
Bovino	
Leche	
Acuicultura	
Salmonicultura	
Forestal: plantaciones forestales e industria de la celulosa	Mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares. Control de plagas y enfermedades. Bioprocesos.
Energía	Energías renovables no convencionales basadas en el uso de biomasa.
Medio Ambiente	Biorremediación. Tratamiento de RILES.
Salud	Estudio de patologías de mayor prevalencia en Chile en términos de las terapias. Diagnóstico molecular, y Vacunas.

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad local de empresas potenciales compradoras de productos biotecnológicos, que son competidoras de clase mundial o líderes sectoriales a nivel internacional, puede llegar a ser una oportunidad de mercado (por ejemplo, en los sectores de la minería del cobre, forestal, salmonicultura, vinos, aves y cerdos). Sin embargo, estas empresas presentan una baja inversión en I+D+i, una baja dotación de investigadores y PhDs y un bajo nivel de adquisición de desarrollo o productos tecnológicos de proveedores locales. En algunos casos se trata de mercados potenciales que podrían llegar a sustentar empresas o negocios de nicho con proyección internacional o bien ser un atractivo para la instalación de empresas productoras extranjeras en Chile. Tal es el caso por ejemplo de las vacunas para peces, aves y cerdos.

Ventajas competitivas de la Región Metropolitana para el desarrollo de la industria de la biotecnología

Al realizar un análisis comparativo entre regiones a nivel nacional, la Región Metropolitana es la que presenta mayores ventajas competitivas en el mayor número de sectores al considerar conjuntamente las condiciones de demanda, condiciones de factores y desarrollo de la industria. Las excepciones son el sector forestal donde es superada por la VIII Región y el acuícola, lácteo, ovino y bovino donde es superada por la X. De esta manera quedan definidos y propuestos los sectores y ámbitos de aplicación más favorables para el desarrollo de un Biopolo en Santiago.

La Región Metropolitana es la que presenta mejores condiciones de factores para el desarrollo de la industria de la biotecnología en el país. Le siguen la VIII y la X y luego la V, VII y la IX. Así por el ejemplo, el año 2006, 46,2% de los PhDs en biotecnología se concentraba en la Región Metropolitana, el 17% en la VIII y la 14,1% en la X. Por su parte la V Región concentraba el 6,7% la VII el 5,4% y la IX el 4,9%. Sectorialmente, la Región Metropolitana es la que cuenta con mejores condiciones de factores en los sectores acuícola, agrícola, energía, minería y salud. Los sectores forestal y medioambiental son liderados por la VIII Región.

Al revisar las condiciones de demanda, se observa que la Región Metropolitana y un radio de acción de 200Kms que incluye la V y la VI regiones, presenta las mayores ventajas según el indicador productivo establecido en los sectores Salud 55,6%, Energía Eléctrica 39,9%. Fruticultura y horticultura 66%, Alimentos procesados 52,7% Vinos 48,4%, Aves 95%, Cerdos 89,5% y Medioambiente 33%. También presenta buenas condiciones de demanda en minería (25,7%) donde entre las tres regiones ocupan el segundo lugar de la producción nacional.

Las ventajas en condiciones de factores de la Región Metropolitana, permiten establecer redes no sólo con la V y VI regiones sino también con otras regiones con ventajas en condiciones de demanda y condiciones de factores que pueden verse complementadas, como es el caso de: la II Región en el ámbito de la minería (47,2%) y la energía (19,2%), la X Región en salmonicultura (79,2%), producción animal bovina (43%) y de lácteos 69,4%, la VIII Región en el ámbito forestal (39,5%) y de la celulosa (64,8%) y la XII Región en ovinos 52%. Todo ello permite definir “diamantes virtuales” que articulan los determinantes de las ventajas competitivas entre regiones con el acceso a condiciones de factores, de demanda o proveedores, que proveen un entorno de intercambio favorable al desarrollo de la industria.

Desarrollo de “technology road maps” de apoyo a la definición de programas estratégicos

La disponibilidad de “technology road maps” en los sectores nacionales de aplicación de la biotecnología permitiría definir en forma selectiva donde focalizar los esfuerzos en el marco de programas de mediano y largo plazo. Es preciso además considerar, la visión global, especialmente en el caso de la biomedicina, donde existen road maps ya definidos que pueden servir de base para establecer la propia agenda. En los países de la Unión Europea, estos road maps están siendo definidos en el marco de programas de I+D estratégicos o polos de competitividad que cuentan con financiamiento de largo plazo y concertan a los actores relevantes para su materialización. En estos países la definición road maps es participativa y permite definir la agenda de desarrollo de I+D+I conjunta.

Proyección internacional de la industria biotecnológica nacional

Existen de sectores de exportación de alto crecimiento en los cuales el país tiene un posicionamiento competitivo a nivel internacional y que presentan un alto potencial de creación de riqueza a partir de la aplicación de la biotecnología. Incluso, en algunos de estos sectores las empresas son competidoras de clase mundial. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, se trata de sectores con bajo nivel de inversión en I+D+i y cuyos mercados potenciales para la biotecnología no superan

las decenas de millones de dólares. De manera que, el desarrollo de una industria de la biotecnología con sede en Santiago, pasa por el aprovechamiento de buenas condiciones de demanda locales para proyectarse a la exportación. Con ello se contribuirá a salvar dos limitaciones: la escala mediana del mercado interno y la concentración de los sectores de aplicación y su potencial de integración vertical.

Acceso competitivo a mercados internacionales de los productos biotecnológicos nacionales

Es importante desarrollar mecanismos para el acceso competitivo a los mercados internacionales de los productos de la industria de la biotecnología local tanto de empresas como de instituciones de I+D+i. Algunas empresas chilenas, han abierto empresas en el mercado norteamericano para comercializar sus productos. De esa manera, son reconocidas como una empresa de biotecnología norteamericana, lo cual influye en las decisiones de compra de los clientes. Conjuntamente, en el mediano y largo plazo, se puede desarrollar campañas de posicionamiento de la biotecnología nacional en el extranjero. Para ello resulta clave tener experiencias demostrativas exitosas en Chile o bien “big players” que nos representen. Países como Singapur o Irlanda han posicionado internacionalmente sus Biopolos y Clusters biotecnológicos. Pero también y como tarea fundamental es necesario posicionar la industria nacional de la biotecnología internamente.

Modelos apropiados de organización industrial en sectores de aplicación de alta concentración

Es recomendable explorar alternativas de modelos apropiados de organización industrial en los sectores de aplicación de la biotecnología que presentan alta concentración. De otra manera la integración hacia atrás puede desalentar los nuevos desarrollos y emprendimientos y la competencia. En Chile, el desarrollo de consorcios en los que participan universidades, instituciones de I+D y empresas en ámbitos de aplicación de la biotecnología como por ejemplo la minería, el sector forestal y la industria del vino, ha permitido concertar a los actores sectoriales en torno a programas y proyectos de investigación conjuntos de mediano y largo plazo definidos con selectividad y acuerdo, a los cuales los socios y el estado han aportado una importante cantidad de recursos con el fin de lograr resultados más contundentes y pertinentes. Sin embargo, estas estructuras pueden tender a monopolizar la actividad de I+D+i del sector, al integrar verticalmente a proveedores, productores y usuarios de las tecnologías. Por ello es importante desarrollar mecanismos para favorecer, complementariamente, el desarrollo de nuevas iniciativas independientes que puedan significar un mayor número de apuestas en líneas de investigación de riesgo y que pudieran ser transferidas o dar lugar a un nuevo emprendimiento. Los mismos consorcios podrían disponer de instrumentos de capital de riesgo o generar una estructura de compra de los nuevos desarrollos tomando como ejemplo elementos del modelo que existe en la industria farmacéutica.

Fortalecimiento y desarrollo de la institucionalidad para la transferencia tecnológica

En las universidades e instituciones de I+D+i es necesario fortalecer y desarrollar las estructuras e instrumentos de apoyo a la transferencia tecnológica. A partir de entrevistas realizadas a vicerrectores y directores de investigación de todas las universidades chilenas que realizan I+D en el marco de un estudio de Innova de Corfo en curso, ellos manifestaron como prioritaria la necesidad de contratar personal especializado en materia de transferencia tecnológica y gestión de la tecnología y de formar al personal existente en el área¹¹. Del análisis de las de estructuras de apoyo a la protección y explotación de la propiedad intelectual y la transferencia tecnológica en instituciones de I+D+i se desprende que estas deben ser fortalecidas y desarrolladas, logrando niveles de desempeño

¹¹ Innova de CORFO, 2008, “Estudio para mejorar la vinculación universidad-empresa y la transferencia de resultados de la investigación”. Realizado por Idea Consultora.

competitivos respecto a sus pares internacionales. En términos comparativos internacionales y considerando el potencial nacional, existe una baja actividad de patentamiento nacional e internacional tanto por parte de las instituciones de I+D+I como por parte de las empresas. En los últimos cinco años parte de este potencial ha sido relevado en algunas instituciones de I+D en el marco de concursos de patentamiento, concursos de proyectos de transferencia tecnológica y otros, tanto internos como abiertos. Sin embargo, principalmente por motivos económicos, el alcance de estas actividades ha sido limitado.

Resulta clave entonces emprender acciones de fomento a la contratación, formación e inserción de personal especializado en gestión de la transferencia tecnológica en las instituciones de I+D+I. Países europeos como Inglaterra y Suecia, por ejemplo, disponen de instrumentos de fomento especializados en estos temas.

Se recomienda fortalecer, desarrollar y mejorar la eficiencia y calidad de las acciones de fomento a la protección y explotación de la propiedad intelectual e industrial. Mecanismos como las líneas de apoyo a la protección de la propiedad intelectual de CORFO y los concursos de patentamiento promovidos por el PBCT de Conicyt han estado dando resultados. Sin embargo, se requiere en ellos mayor celeridad hasta la presentación de la solicitud, mejor calidad de las solicitudes presentadas, mayor cobertura y mayor proactividad en términos de “levantar” las solicitudes. Se estima fundamental promover la formación y especialización de personal en el área en los estudios de propiedad intelectual, así como la contratación de expertos internacionales. La competencia externa en esta materia es muy alta y las capacidades internas muy limitadas.

Sin embargo, también se hace necesario disponer de servicios protección de la propiedad industrial e intelectual y de brokerage y transferencia tecnológica privados altamente competitivos en el país. De otra manera la posición competitiva en industrias intensivas en conocimiento se verá deteriorada.

Fortalecimiento y desarrollo de la institucionalidad para el escalamiento y la aplicación

Uno de los problemas críticos del sistema de valor de la innovación, es el escalamiento y la aplicación a la producción y a los mercados de los resultados de la I+D. El sistema nacional de innovación requiere de líneas competitivas de financiamiento de mayor envergadura en esta etapa del ciclo de la innovación. Actualmente existe un mayor incentivo para realizar más I+D con subsidios de cientos de millones de pesos, que para realizar el escalamiento y aplicación con subsidios de decenas de millones de pesos. También en esta etapa se supone que debieran invertir capitalistas de riesgo. Sin embargo, la industria del capital de riesgo tiene un desarrollo aún incipiente en Chile. Se hace necesario entonces, desarrollar una institucionalidad apropiada para la inversión de riesgo y para el soporte al escalamiento, aplicación y emprendimiento en esta etapa del proceso de innovación.

Fortalecimiento y desarrollo de la institucionalidad para el emprendimiento

En las universidades e instituciones de I+D+I es necesario fortalecer y desarrollar la institucionalidad de apoyo al emprendimiento a partir de la I+D+I. La creación de nuevas empresas es una de las formas más importantes de generar riqueza a partir de la actividad C&T de las universidades¹². En Chile las incubadoras de empresas han estado desvinculadas del proceso de innovación y emprendimiento a partir de la I+D. Por otra parte, un 8,2% de los proyectos Fondef financiados desde el año 2000 han dado lugar a una nueva empresa. Este porcentaje corresponde a un tercio del potencial de negocios evaluado para Fondef en estudios internos y corresponde a la mitad del promedio norteamericano que es del 16,7%¹³ para los casos de licenciamiento de tecnologías a un

¹² Un estudio del BankBoston, mostró que a comienzos de los 90' las empresas creadas por alumnos, ex alumnos y profesores del MIT generaban un producto cercano a los US\$10 billones al año y más de 300.000 empleos en el Estado de Massachussets, EEUU.

¹³ Fuente: AUTM Licensing Activity Survey FY 2006.

nuevo emprendimiento. Se hace entonces necesario promover fuertemente el emprendimiento, vinculado a los procesos de innovación a partir de la I+D.

En entrevistas realizadas a vicerrectores y directores de investigación de universidades chilenas en el marco de un estudio de Innova de Corfo en curso, ellos manifestaron como prioritaria la necesidad de contratar personal especializado en materia de emprendimiento tecnológico y de formar al personal existente en la materia¹⁴. Así mismo, se hace necesario desarrollar políticas, reglamentaciones y procedimientos en materia de creación de empresas en las universidades y por parte de ellas. Este es un aspecto con muy bajo nivel de desarrollo en las universidades chilenas.

Por otra parte, se recomienda la promoción del emprendimiento a través de instrumentos como concursos y competencias en el marco de programas organizados que concertan a actores clave. Esto ha dado muy buenos resultados a nivel internacional. Experiencias exitosas como las del programa 100K del MIT, han sido imitadas por otras universidades norteamericanas y europeas.

En países como Suecia e Inglaterra, hay experiencias exitosas de empresas holding universitarias, que participan en el capital de los nuevos emprendimiento o *start-ups* creados a partir de la investigación y desarrollo y les dan apoyo en la gestión y tecnológico para el escalamiento, aplicación y puesta en marcha de un nuevo negocio en una especie de *venture nurturing*. Tal es el caso, por ejemplo, de Imperial Innovation de Imperial College en Reino Unido o de Karolinska en Suecia. Estas empresas administran o articulan recursos y fondos de capital de riesgo propios o de terceros y apoyan a las nuevas empresas creadas.

Otro caso interesante en esta línea es el SRI o Stanford Research Institute, institución sin fines de lucro independiente de la universidad de Stanford desde 1970 que ha desarrollado el escalamiento, aplicación y comercialización de una serie de resultados de la I+D universitarias, transfiriéndolos a la producción y a los mercados a través del licenciamiento a empresas existentes o bien a través de la creación de nuevos emprendimientos.

Fortalecimiento y desarrollo de las agencias de financiamiento y los organismos regulatorios

Tanto las agencias de financiamiento a la I+D+i como los organismos regulatorios requieren ser fortalecidos y desarrollados institucionalmente para una mayor *governance* y eficiencia en la gestión. Una de la mayores quejas por parte de las instituciones de I+D+I y de las empresas son los tiempos que demoran en resolver las agencias de financiamiento respecto de la adjudicación de fondos a proyectos y los organismos regulatorios respecto a materias de su competencia¹⁵.

Atracción de empresas e instituciones de I+D competidoras de clase mundial

Como hemos vistos, una medida del éxito en los procesos de innovación de la industria de la biotecnología es el desarrollo de nuevos negocios a partir de la I+D realizada por las instituciones de I+D y las empresas chilenas. Todo ello contribuye al desarrollo de la industria de la biotecnología con base en nuestras propia capacidades C&T y empresariales. Sin embargo, si el país quiere dar saltos cualitativos y más rápidos en la industria de la biotecnología y participar activa y competitivamente en la economía del conocimiento, será necesario atraer a empresas biotecnológicas competidoras de clase mundial para que se instalen en Chile a hacer I+D, producción y comercialización de productos biotecnológicos. Una imagen objetivo a mediano plazo puede ser por ejemplo, tres empresas de clase mundial instaladas en Santiago en el entorno de Avenida Maratón, con ventas anuales de US\$ 1,500 millones. Esto no es tarea fácil, si se considera la fuerte competencia entre países y regiones por atraer estas empresas biotecnológicas y farmacéuticas para que se instalen en sus territorios y contribuyan a

¹⁴ Innova de CORFO, 2008, “Estudio para mejorar la vinculación universidad-empresa y la transferencia de resultados de la investigación”. Realizado por Idea Consultora.

¹⁵ Idem 6.

una mayor creación de riqueza a nivel local. Existe evidencia en algunos países o regiones que, la instalación de estas empresas en sus territorios, ha contribuido significativamente a la creación de empleo de alto valor agregado, a la atracción y aglomeración virtuosa de nuevas empresas tecnológicas a nivel local (efecto ancla) y a la generación de tejidos industriales intensivos en conocimiento fuertemente vinculados con universidades y centros de investigación, entre otros positivos impactos. Basta citar por ejemplo los casos de Irlanda y Singapur. Así también, la instalación de instituciones I+D de clase mundial, puede contribuir significativamente al desarrollo de la biotecnología en un territorio. Tal es por ejemplo el caso de la instalación del Instituto Pasteur en Uruguay.

El Biopolo: un mecanismo institucional para el desarrollo de la industria de la biotecnología

El Biopolo de Santiago propuesto, es una iniciativa que pretende llevar de manera gobernable, el desarrollo, fortalecimiento y articulación de los determinantes de las ventajas competitivas para generar un ambiente favorable al desarrollo de la industria de la biotecnología en Chile. La concentración geográfica eleva y magnifica la interacción de estos determinantes lo cual promueve la agrupación o clusters de industrias competitivas. De manera que, este mecanismo institucional contribuiría fuertemente a:

- La atracción de instituciones de I+D y de empresas biotecnológicas competidoras de clase mundial para que se instalen en el Biopolo de Santiago.
- El desarrollo más rápido de las empresas biotecnológicas nacionales que sus competidores mundiales.
- La creación y desarrollo competitivo de nuevas empresas biotecnológicas a partir de la I+D+I.

Bibliografía

- Academia Chilena de Ciencias (2005), “Análisis y Proyecciones de la Ciencia Chilena”.
- AUTM (Association of University Technology Managers) (2007) “Licensing Activity Survey FY 2006”.
- Benavente, José Miguel (2007), “Hacia una Estrategia Nacional de Innovación para la Competitividad”, CNIC.
- Boston Consulting Group (2007a), “Estudios de Competitividad en Clusters de la Economía Chilena. Porcicultura y Avicultura”, para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.
- Boston Consulting Group (2007b), “Estudios de Competitividad en Clusters de la Economía Chilena. Acuicultura”, para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.
- Boston Consulting Group (2007c), “Estudios de Competitividad en Clusters de la Economía Chilena. Minería del Cobre”, para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.
- Boston Consulting Group (2007d), “Estudios de Competitividad en Clusters de la Economía Chilena. Alimentos Procesados”, para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.
- Boston Consulting Group (2007e), “Estudios de Competitividad en Clusters de la Economía Chilena. Fruticultura”, para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.
- Burrill & Company (2007), “Biotech 2007 Life Sciences: A global transformation”.
- CNIC (Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad) (2007), “Hacia una estrategia nacional de innovación para la competitividad” Vol I.
- CNIC (Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad) (2008), “Hacia una estrategia nacional de innovación para la competitividad” Vol II.
- COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre) (2005), “Reseña de la Innovación Tecnológica en la Minería del Cobre: El Caso Codelco”. Elaborado por Dirección de Evaluación de Gestión Estratégica de Cochilco.
- COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre) (2001), “La Investigación e Innovación Tecnológica en la Minería del Cobre”.
- CORFO (Corporación de Fomento de la Producción de Chile) (2008a), “Estudio para mejorar la vinculación universidad-empresa y la transferencia de resultados de la investigación”. Realizado por Idea Consultora.
- CORFO (Corporación de Fomento de la Producción de Chile) (2008b) “Biomedicina en Chile: Tendencias y Oportunidades” Elaborado por IALE.
- CORFO (Corporación de Fomento de la Producción de Chile) (2007a) “Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile”.
- CORFO (Corporación de Fomento de la Producción de Chile) (2007b) “Biotechnology and Life Sciences in Chile”, www.corfo.cl.

- CRUCH (Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas) (2007), “Anuario Estadístico 2006”.
- Ernst&Young (2006), “Global Biotechnology Report”.
- Gil, Lionel y otros (2002), “Caracterización de la industria biotecnológica en Chile”. Cambiotech. 108 p.
- Idea Consultora Ltda., (2008) “Diagnóstico de capacidades y oportunidades estratégicas en áreas de desarrollo de aplicaciones biotecnológicas en Chile”.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2006a), “Country Innovation Brief Chile 2006”.
- Quezada, Fernando y otros (2005) “Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad. Capacidades locales y mercados potenciales”.
- Santibáñez, Edgardo y otros, (2008) “Hacia una mayor contribución del capital humano avanzado al desarrollo del país: Estudio de pertinencia de los programas de doctorado para el sistema de innovación chileno”. Informe de estudio Kawax de Conicyt 2008.
- Santibáñez, Edgardo, (2003) “Sistema Nacional de Innovación y Vinculación Sector Público y Privado, el caso de Chile”. OMPI-CEPAL.

Páginas Web

- CONICYT (2008) (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica), www.conicyt.cl.
- CNIC (Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad) (2008b), www.cnic.cl.
- CORFO (2008) (Corporación de Fomento de la Producción de Chile), www.corfo.cl.
- CSE (Consejo Superior de Educación) (2008), www.cse.cl.

Anexos

Anexo 1

CUADRO A-1 CENTROS O INSTITUCIONES QUE HACEN I+D Y FORMACIÓN DE POSTGRADO EN BIOTECNOLOGÍA

	Centro o institución
1	Centro de Estudios Científicos (CECS)
2	Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM)
3	Fundación Ciencia para la Vida (FCV)
4	Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), División de Investigación en Acuicultura
5	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Carillanca
6	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Kampenaike
7	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación La Platina
8	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Quilamapu
9	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación Remehue
10	Instituto Forestal (INFOR), Sede Bío Bío
11	International Center for Biomedicine ICB
12	Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
13	Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas
14	Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Química
15	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía
16	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería Informática
17	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Unidad de Biotecnología
18	Universidad Adventista de Chile, Facultad de Ingeniería y Negocios
19	Universidad Arturo Prat, Corporación Privada para el Desarrollo de la Universidad Arturo Prat (CORDUNAP)
20	Universidad Arturo Prat, Instituto de Ciencia y Tecnología
21	Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias
22	Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales
23	Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias
24	Universidad Austral de Chile, Facultad de Medicina
25	Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales
26	Universidad de Antofagasta, Facultad de Ciencias de la Salud
27	Universidad de Antofagasta, Facultad de Recursos del Mar,
28	Centro de Biotecnología y Biología Molecular
29	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias
30	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas
31	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
32	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
33	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias
34	Universidad de Chile, Facultad de Medicina
35	Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA)
36	Universidad de Chile, Núcleo Milenio Centro de Genómica Celular
37	Universidad de Concepción, Centro de Biotecnología
38	Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía
39	Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Biológicas
40	Universidad de Concepción, Facultad de Farmacia
41	Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola

(continúa)

Cuadro A-1 (conclusión)

42	Universidad de Concepción, Facultad de Medicina
43	Universidad de Concepción, Facultad de Medicina Veterinaria
44	Universidad de La Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales
45	Universidad de La Frontera, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración
46	Universidad de La Serena, Centro de Estudios Avanzados de Zonas Áridas (CEAZA)
47	Universidad de Los Andes, Facultad de Medicina
48	Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Química y Biología
49	Universidad de Talca, Facultad Ciencias Agrarias
50	Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales
51	Universidad de Talca, Facultad de Ingeniería
52	Universidad de Talca, Instituto de Biología y Biotecnología
53	Universidad de Tarapacá, Facultad de Ciencias Agronómicas
54	Universidad de Valparaíso, Facultad de Ciencias
55	Universidad del Desarrollo, Facultad de Medicina
56	Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología, Facultad de Medicina Veterinaria, Ciencias Agrarias y Forestales
57	Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Facultad de Ciencias Básicas
58	Universidad Nacional Andrés Bello, Facultad Ciencias de la Salud
59	Universidad Nacional Andrés Bello, Facultad de Ecología y Recursos Naturales
60	Universidad San Sebastián, Facultad de Ingeniería
61	Universidad Técnica Federico Santa María
62	Universidad Tecnológica de Chile

Fuente: Corfo, Subdirección de Programas en Biotecnología, “Biotecnología para su Empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile”. Marzo 2007.