



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN**

Biotecnología como factor de desarrollo económico en Chile

Marco general chileno y revisión de casos

Seminario para optar al título de Ingeniero Comercial,
Mención Economía.
Gabriela Estefanía Guaña Montoya.
Profesor guía: Jorge Katz S.
Director Dpto de Economía: Pablo Serra Banfi.

Santiago de Chile- 2011

**“La propiedad intelectual de este trabajo es del profesor que
dirigió el Seminario y de los participantes”.**

EL PRESENTE ESTUDIO EXAMINA EL PAPEL QUE LAS BIOTECNOLOGIAS TIENEN EN EL DESARROLLO ECONOMICO DE CHILE. TRAS UNA BREVE INTRODUCCION DE CARÁCTER GENERICO EN LA QUE SE RESUMEN LAS DISTINTAS FASES EVOLUTIVAS QUE HA SUFRIDO EL CONOCIMIENTO HUMANO EN EL CAMPO DE LO BIOTECNOLOGICO, EL ESTUDIO PROSIGUE CON UN ANALISIS DE DETALLE DE TRES CASOS IMPORTANTES PARA LA ECONOMIA CHILENA: BIOLIXIVIACION EN COBRE, VACUNAS EN ACUICULTURA Y LEVADURAS EN LA INDUSTRIA VITIVINICOLA. EN LOS TRES CASOS EL TRABAJO MUESTRA LA IMPORTANCIA ACTUAL Y POTENCIAL QUE EL CONOCIMIENTO BIOTECNOLOGICO HA TENIDO Y TIENE EN EL CRECIMIENTO DE ESTAS RAMAS PRODUCTIVAS, AFECTANDO TANTO NIVELES DE PRODUCCION COMO EXPORTACIONES. ESTE SEMINARIO DE TITULO MUESTRA LA IMPORTANCIA DE QUE EL PAIS CONTINUE AVANZANDO POR LA VIA DE LA INCORPORACION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA EN SU APARATO PRODUCTIVO COMO FORMA DE PROFUNDIZAR SU COMPETITIVIDAD Y LA AGREGACION DE VALOR EN SUS DISTINTAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.

COMO DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE SEMINARIO DE TITULO ME DECLARO SATISFECHO CON LA LABOR DE LA ALUMNA Y CALIFICO EL ESFUERZO Y ESTA PRESENTACION CON NOTA DE SIETE.(7).

JORGE KATZ,

PROFESOR TITULAR DOCENTE.

SANTIAGO DE CHILE, Diciembre de 2011.

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	5
Capítulo I: Marco general de la Biotecnología	6
1.1. Evolución de la Biotecnología.....	7
1.2. Biotecnología en Chile	13
1.2.1. Institucionalidad y financiamiento	16
1.2.2. Propiedad Intelectual y biotecnología.....	20
1.2.3. Centros Biotecnológicos en Chile	22
1.2.4. Principales Aplicaciones de la Biotecnología Moderna en la producción	24
1.2.4.1. Minería	25
1.2.4.2. Industria Forestal.....	26
1.2.4.3. Industria de alimentos.....	28
1.2.4.4. Acuicultura.....	32
Capítulo II: Revisión de casos	34
2.1 Primer caso: Biolixiviación del Cobre	36
2.1.1. Innovación en la Industria Minera.....	36
2.1.2. Empresas de base Tecnológica.....	37
2.1.3. Biotecnología y minería	38
2.1.4. Biolixiviación del Cobre	40
2.1.5. Desarrollo Nacional	41
2.1.6. Panorama actual.....	44
2.2. Segundo caso: Desarrollo de vacunas para Salmones.....	49
2.2.1. Salmonicultura en Chile y virus ISA	49
2.2.2. Innovación en Salmonicultura	51
2.2.3. Empresas	55
2.2.4. Desarrollo de la vacuna	57
2.2.5. Panorama actual.....	60
2.3. Tercer caso: Uso de levaduras modificadas en la Vitivinicultura Chilena	64
2.3.1. Vitivinicultura en Chile.....	64
2.3.2. Territorio para el vino.....	65
2.3.3. Innovación y tipos de bodegas	65
2.3.4. Uso de levaduras modificadas en la Vitivinicultura Chilena.....	75
Capítulo III: Proyecciones, desafíos de la Biotecnología en Chile y conclusiones	79
3.1. Proyecciones y desafíos de la Biotecnología en Chile	80
3.2. Conclusiones.....	84
4. Apéndice.....	91
4.1. Diccionario.....	91
4.2. Anexos	97
4.2.1. Centros de investigación existentes en Chile	97
4.2.2. Asociación Chilena de Biotecnología, Asembio.....	100
4.2.2. Lixiviación en pilas de minerales de cobre (Histórica y actual).	102
4.2.3. Estructura de la industria vitivinícola en Chile	103
5. Bibliografía.....	104

CUADROS Y FIGURAS

• Cuadro 1: Becas Chile.....	23
• Cuadro 2: Biosigma S.A.	43
• Cuadro 3: Anemia Infecciosa del Salmón (ISA)	50
• Cuadro 4: Laboratorio Centrovet.....	58
• Cuadro 5: Viña Concha y Toro.	69
• Figura 1: Evolución de la Biotecnología.....	8
• Figura 2: Avances biotecnológicos sustantivos.	9
• Figura 3: Tipos de Derechos de Propiedad.	11
• Figura 4: Crecimiento empresas biotecnológicas en Chile 2005-2009.	14
• Figura 5: Chile, una economía basada en Recursos Naturales.	15
• Figura 6: Sistema de Fondos Tecnológicos.	17
• Figura 7: Subprogramas del PDIT relacionados con Biotecnología.	18
• Figura 8: Porcentaje de solicitudes de patentes en biotecnología con respecto al total de solicitudes efectuadas por investigadores chilenos en Chile.	21
• Figura 9: Presencia de las entidades por área de estudio (cantidad).	22
• Figura 10: Mapa de Biotecnología.	24
• Figura 11: Líneas de investigación en el área forestal.	27
• Figura 12: Distribución de las exportaciones chilenas.....	28
• Figura 13: Aplicaciones de la biotecnología a la genética vegetal.....	29
• Figura 14: Aplicaciones de la biotecnología a la genética animal.....	31
• Figura 15: Líneas de investigación en acuicultura.....	32
• Figura 16: Empresas de base tecnológica del rubro minero.....	37
• Figura 17: Técnicas biotecnológicas aplicadas en la minería.	39
• Figura 18: Producción de cobre bajo tecnología de Biolixiviación.....	46
• Figura 19: Etapas históricas en el proceso de innovación en Salmonicultura.....	55
• Figura 20: Difusión del conocimiento en la industria del vino.....	66
• Figura 21: Tipos de bodegas según la tecnología incorporada.....	67
• Figura 22: Estructura de la cadena de valor de las actividades de vitivinicultura y posibilidades de aplicación biotecnológicas.....	73
• Figura 23: Fases de la cadena de valor y aporte de la biotecnología.....	74

Resumen ejecutivo

El presente trabajo tiene como principal objetivo mostrar usos y aplicaciones de la biotecnología en tres actividades económicas importantes para Chile. Pese a lo relativamente novedoso de estos temas en el debate nacional, pensamos que el impacto que esta herramienta tiene en el aparato productivo chileno, amerita una exploración más detallada.

En primer lugar, el estudio examina las distintas fases por las que ha transitado el estudio de lo biotecnológico en la historia de la humanidad. Luego, se efectúa una reseña de su desarrollo en Chile, relacionándola con temas de la innovación y las políticas de desarrollo productivo. Esto nos permite ver qué tan avanzados estamos en estos temas en el país, con en relación a otros países más desarrollados. Posteriormente examinamos tres casos importantes para la actividad productiva nacional, la biolixiviación del cobre, vacunas en acuicultura y levaduras en el campo de la vitivinicultura.

Tras la presentación de los estudios de casos, resumimos las proyecciones y desafíos que conlleva el avance de las biotecnologías en Chile, para llegar así a las conclusiones finales del trabajo, donde se discute el potencial que las mismas podrían llegar a tener en el sendero del desarrollo económico de largo plazo de Chile.

Capítulo I: Marco general de la Biotecnología

1.1. Evolución de la Biotecnología

Para poder comprender de manera integral la biotecnología, debemos saber que la primera persona en usar éste término fue el ingeniero proveniente de Hungría, Karl Ereki en 1919, en su libro “Biotecnología en la producción cárnica y láctea de una gran explotación agropecuaria”.

A partir de ese momento y con el pasar de los años, su significado ha ido refinándose cada vez más, hasta llegar a una definición que resume la gran cantidad de acepciones que se le ha dado. Esta definición señala que la biotecnología es “la aplicación de la ciencia y la tecnología a organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos con el fin de alterar materiales vivos o inertes para proveer conocimientos, bienes y servicios”. (OECD, 2006).

Podemos notar que dentro de esta definición encontramos relaciones con conceptos como la genética molecular, ingeniería química y de procesos, la anatomía animal y vegetal, bioquímica, microbiología, la electrónica y otras ciencias donde la economía y la ética también juegan un rol importante. Esto hace de biotecnología una gran herramienta con enfoque multidisciplinario.

Para poder comprender su evolución a lo largo de los años es que a continuación podemos resumir su rápido avance en cuatro períodos, los cuales podemos apreciar en la siguiente **Figura 1: Evolución de la Biotecnología¹**.

¹ *Fuente: Elaboración propia.

	<i>Primer periodo</i>	<i>Segundo periodo</i>	<i>Tercer Periodo</i>	<i>Cuarto periodo</i>
<i>Periodo</i>	Inicios de la humanidad – 1856	1857 - 1927	1928 - 1952	Descubrimiento de la estructura del ADN 1953 – el presente.
<i>Características</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación artesanal de la práctica diaria. - Es de origen espontáneo, sin control o programación. - Se desconocían las técnicas que podrían ayudar a manejar cada experimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de la acción de levaduras como causa de la fermentación. - Mendel enunciar las leyes genéticas. - El conocimiento científico de las características de los microorganismos toma importancia, pero las aplicaciones industriales siguen siendo artesanales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Expansión de la industria petroquímica. - Reemplazo de materiales fósiles por biomasa renovable. - Descubrimiento de la penicilina² da pie a la producción a gran escala de antibióticos. - Desarrollo de la ingeniería bioquímica posibilita avances en técnicas de esterilización a gran escala. - Mejora de instalaciones de fermentación, cultivo del hongo, entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso intensivo del conocimiento científico. - Ha evolucionado hacia el uso de técnicas derivadas de la investigación en biología celular y molecular. - La manipulación del ADN es controlada y no es dada por el azar, como si lo era en sus inicios donde el aprendizaje se caracterizaba por basarse en el ensayo y error.
<i>Ejemplos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cruce de especies. - Perfeccionamiento del proceso de fermentación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de vacunas y aplicación de técnicas de fermentación en la industria alimenticia. - Desarrollo industrial de productos como levaduras, ácidos cítricos y lácticos. - Desarrollo de una industria química para la producción de acetona, butanol y glicerol, mediante el uso de bacterias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de ingeniería química, aliadas a la microbiología y a la bioquímica, permitieron la producción de ácidos orgánicos, esteroides, polisacáridos y vacunas. - Nuevas estrategias para mejorar genéticamente las cepas microbianas industriales. - Se logró controlar la fermentación a gran escala. Nace la biotecnología microbiana o microbiología industrial³. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inmovilización de las enzimas. - Primeros experimentos de ingeniería genética. - Aplicación de la técnica del "hibridoma"⁴ para la producción de "anticuerpos monoclonales"⁵.

² Ver Apéndice: Penicilina.

³ Hace referencia a procesos de gran escala que utilizan microorganismos para la obtención de productos o servicios, haciendo una selección de las variedades más productivas.

Teniendo en cuenta la figura anterior es que podemos comprender que el pasar de una idea teórica a un producto final, generalmente implica una larga serie de pasos técnicos que pueden ser desarrollados en forma integrada o usando una red de intercambios de bienes y conocimiento, la cual puede tener cobertura local o integrarse a escala internacional. Con esto, la biotecnología moderna es capaz de llevarnos a una forma de producción que abre múltiples oportunidades de negocios, siempre y cuando se cuente, entre otros elementos, con los recursos humanos y la infraestructura necesaria para realizar los distintos procesos que el desarrollo de las investigaciones necesita.

Al respecto, se reconocen al menos tres avenidas donde se producen avances sustantivos (Bisang, 2007), resumidos en la siguiente figura.

Figura 2: Avances biotecnológicos sustantivos.

<i>Actividad</i>	<i>Avances</i>
a. Uso de técnicas de biotecnología moderna para mejorar costos y desarrollar productos tradicionales.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de marcadores moleculares para el entrecruzamiento natural de especies. El producto final no varía, pero el uso de esta técnica mejora la “eficiencia” de la investigación y el desarrollo. - Producción de medicamentos por técnicas recombinantes dan como resultado productos preexistentes pero a costos menores y/o con menos posibilidades de defectos. No se modifica el producto final, por lo que no son necesarios marcos regulatorios nuevos, a la vez que, en su explotación comercial, pueden utilizarse una larga serie de activos complementarios desarrollados previamente.
b. Diseño de nuevas especies.	- Se puede practicar la transgenia ⁶ , dado que las técnicas disponibles permiten incorporar genes de otras especies, sin embargo, es necesario conocer profundamente la biología del receptor, el gen que se desea incorporar, el procedimiento para realizar dicha incorporación, la complejidad biológica del receptor.
c. Profundización científica del funcionamiento molecular.	- Identificación de los mapas genéticos, la comprensión del funcionamiento interno en las células, las relaciones entre proteínas y genes, los mecanismos de síntesis, los nexos entre determinados genes y patrones de conducta de los seres vivos y otros aspectos similares.

*Fuente: Elaboración propia.

⁴ Ver Apéndice: Hibridoma.

⁵ Ver Apéndice: Anticuerpo Monoclonal.

⁶ Ver Apéndice: Transgenia.

Como vemos, la biotecnología brinda la oportunidad de obtener nuevos productos y también productos ya conocidos, pero de un nivel más alto de calidad, logrados de manera eficiente y segura para la salud y el medio ambiente. Además, si antes habían territorios con escasa utilidad económica, estos se han podido revalorizar gracias al desarrollo de productos biológicamente más resistentes que pueden crecer en zonas donde antes no se podía, dadas las modificaciones en sus características biológico – genéticas para adaptarlos a un set diferente de condiciones de producción.

Pese a lo anterior y a medida que su uso ha sido incorporado, ha surgido una reflexión ética y moral en cuanto a la manipulación intencional de los genes de seres vivos para obtener nuevos productos, dado que la biotecnología se caracteriza principalmente por el uso de la manipulación genética. Al respecto, se han generado debates donde están presentes diversas posturas, tanto a favor como en contra del uso de la biotecnología, generando así la necesidad de límites claros y una reglamentación responsable.

Igualmente importante es el impacto ambiental asociado a las aplicaciones biotecnológicas, donde preocupa la posible alteración de los ecosistemas y pérdida de la biodiversidad resultante al usar de manera no controlada los OMG⁷, así como también el uso de animales para la investigación científica. El hecho es que, a pesar de las distintas posiciones al respecto, la investigación con animales ha permitido realizar importantes avances en el estudio de enfermedades humanas así como comprender procesos como el envejecimiento, la degeneración de células y estudios sobre enfermedades congénitas y degenerativas.

Además, surge también una importante esfera de cuestionamiento relacionada con los derechos de propiedad sobre la creación de nuevas formas de vida y esto se relaciona con la posibilidad de patentar información genética, técnicas de clonación humana y demás; el tema ha suscitado complejos debates ético-morales y también de derechos legales, involucrando a instituciones internacionales, gobiernos, iglesias y la opinión pública en general, de los cuales, muchos defienden la conveniencia de la clonación para uso en trasplantes, tratamiento y cura de enfermedades como el SIDA o el cáncer, pero también hay otros quienes creen que al usarla se puede causar la creación de humanos únicamente para el provecho de otros. De todos modos, actualmente la oposición a esta técnica es casi unánime.

⁷ OMG: Organismos Modificados Genéticamente.

Por último, existen distintos tipos de derechos de propiedad, tal como patentes, derechos de obtentores de nuevas especies, denominaciones geográficas y demás, cuyos detalles podemos apreciar en la siguiente figura.

Figura 3: Tipos de Derechos de Propiedad⁸.

Disciplinas y derechos	Objeto protegido	Campos de aplicación
Derechos de autor	Obras originales	Obras artísticas, literarias, arquitectónicas, películas, fotografías, software, compilaciones de datos.
Derechos conexos	Artistas, ejecutantes, productores fonogramas, radiodifusión, teledifusión.	Interpretes, grabaciones, conciertos, CD-cassetes, transmisión de espectáculos
Patentes	Inventiones nuevas con altura inventiva y aplicación industrial.	Todos los sectores industriales, incluidos mecánicos, químico, agroquímico, medicamentos.
Modelos industriales	Inventiones menores de poca altura inventiva	Herramientas, implementos y artículos de uso diario.
Dibujos y diseños industriales	Combinación de líneas y colores incorporada a un objeto no necesariamente de carácter utilitario pero más bien ornamental.	Textiles, juguetes, diseños ornamentales.
Marcas	Cualquier signo o combinación de signos capaces de distinguir los bienes o servicios de una empresa de los de otras. Tales signos pueden registrarse como marcas de fábrica o de comercio.	Nombres distintivos de productos o servicios de empresas, frases de propaganda en todos los sectores industriales. Pueden incluir marcas colectivas.
Circuitos integrados	Diseños de trazados de circuitos integrados.	Chips, microelectrónica, semiconductores.
Indicaciones geográficas	Expresiones que identifican productos de una zona o territorio, debido a características geográficas, humanas o de clima. Pueden ser indicaciones de procedencia, apelaciones de origen o meras indicaciones geográficas.	Nombres de lugares geográficos o de productos que se identifican con un lugar (Tour Eiffel), en todos los sectores, pero con preponderancia en vinos, licores o productos del agro, incluidos quesos.
Información no divulgada	Información secreta con valor comercial, que haya sido objeto de medidas para mantenerse secreta.	Formulas, listas de clientes, información comercial, know-how.
Variedades	Unidades que presentan características fisiológicas	Variedades de reproducción sexuada asexuada,

⁸ Fuente: Presentación de clases pertenecientes a profesor Jorge Katz, basada en el documento “Los derechos de propiedad intelectual en los acuerdos de libre comercio celebrados por países de América Latina con países desarrollados”. Pedro Roffe, Maximiliano Santa Cruz.

vegetales	y morfológicas propias.	nuevas, estables homogéneas.
Competencia desleal	Todo acto contrario a los usos honestos en materia industrial y comercial.	Actos que inducen a confusión respecto del establecimiento o de un producto. Aseveraciones falsas que inducen a confusión al público.

Al respecto, Pedro Roffé y Maximiliano Santa Cruz en su documento “Los derechos de propiedad intelectual en los acuerdos de libre comercio celebrados por países de América Latina con países desarrollados”, señalan que desde un punto de vista económico, estos derechos de propiedad intelectual otorgan al objeto protegido una restricción importante de movilidad, apropiación, utilización, aprovechamiento económico y, por consiguiente, de la posibilidad de ser transada en el mercado.

El hecho de que la propiedad intelectual tenga como base el que el titular goce de un derecho en virtud del cual puede legalmente excluir a terceros del uso de un bien o servicio, protegido por alguna de sus categorías, tiene limitaciones, tanto temporal como territorial, ya que la protección otorgada a un titular de un derecho de propiedad intelectual queda generalmente confinada a aquellos Estados o territorios donde se ha requerido y/u obtenido esa protección, particularmente en el caso de la propiedad industrial.

En resumen, hemos visto que el uso de la biotecnología se da en las distintas actividades económicas y así como tiene defensores, también hay detractores que centran la atención y preocupación en los límites que tiene la biotecnología a la hora de realizar las distintas investigaciones y experimentos, además de la existencia de efectos secundarios que pueden darse en el largo plazo debido al uso de sus diversas técnicas. Así, en éste contexto y tras este breve introducción pasamos a ocuparnos del caso chileno.

1.2. Biotecnología en Chile

La explotación de los ricos recursos naturales de Chile, constituye una de las bases fundamentales del desarrollo chileno. Algunos de éstos son renovables, otros no.

Tres cuartas partes de las exportaciones chilenas se basan de una manera u otra en recursos naturales, por lo que es indispensable elevar la eficiencia con que los mismos son utilizados si se desea profundizar en materia de competitividad internacional. Para lograr esto, es necesario buscar incrementos de eficiencia vía innovación basada en ciencia y tecnología, por lo que el impulso, desarrollo y aplicación de la biotecnología en Chile, se vuelve un imperativo.

Entre las ventajas que tiene Chile, están las oportunidades en todos los clústeres relacionados con recursos naturales, la locación emergente para pruebas clínicas, investigadores cada vez más expertos y competitivos; mientras que entre las deficiencias existentes, son sus bajas cifras de inversión, escasa participación del sector privado nacional, pocos centros académicos especializados, distancia geográfica de los polos de mayor desarrollo tecnológico y la ausencia de la biotecnología en las negociaciones de liberalización del comercio.

La necesidad de potenciar la biotecnología se manifestó ya de manera explícita en el 2003 cuando la Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología⁹ señaló que el propósito de la política biotecnológica chilena es *“impulsar el desarrollo y la aplicación de la biotecnología en Chile, especialmente en los sectores productivos basados en recursos naturales, con el fin de incrementar el bienestar y la calidad de vida de todos los chilenos y de contribuir a la generación de riqueza en el país, velando por la protección de la salud y la sostenibilidad ambiental”*, lo cual refleja la importancia que se le da a ésta área de estudio como factor de desarrollo económico.

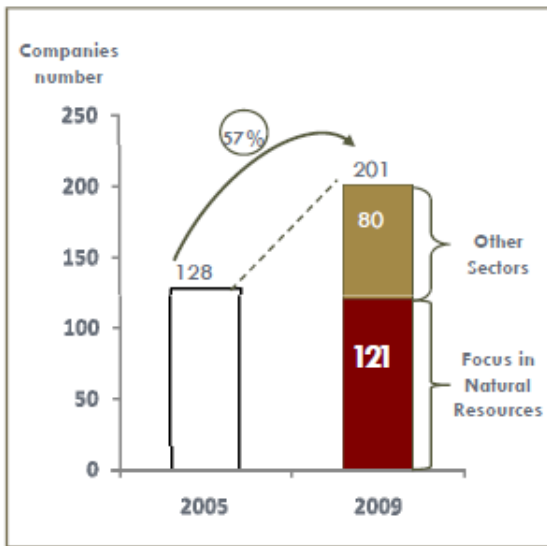
En cuanto a la existencia de empresas biotecnológicas existentes en Chile, esta cifra es modesta, pero se cree que la tasa de crecimiento del sector biotecnológico en Chile ha ido aumentando fuertemente en los últimos años y se espera un crecimiento sostenido del 30% anual, ayudado porque en los últimos

⁹ En su publicación: “Chile: La Biotecnología como herramienta para el desarrollo y el bienestar. Política Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología”.

cuatro años la industria ha recibido una inversión nacional superior a los US\$93 millones, más una inversión extranjera superior a los US\$170 millones, lo cual se puede ver en la siguiente gráfica.

Figura 4: Crecimiento empresas biotecnológicas en Chile 2005-2009

The number of Biotech Companies has grown 57% in the last 4 years



Last 4 years Investment

Domestic Investment US \$ 93.000.000

Foreign Investment US \$ 170.000.000

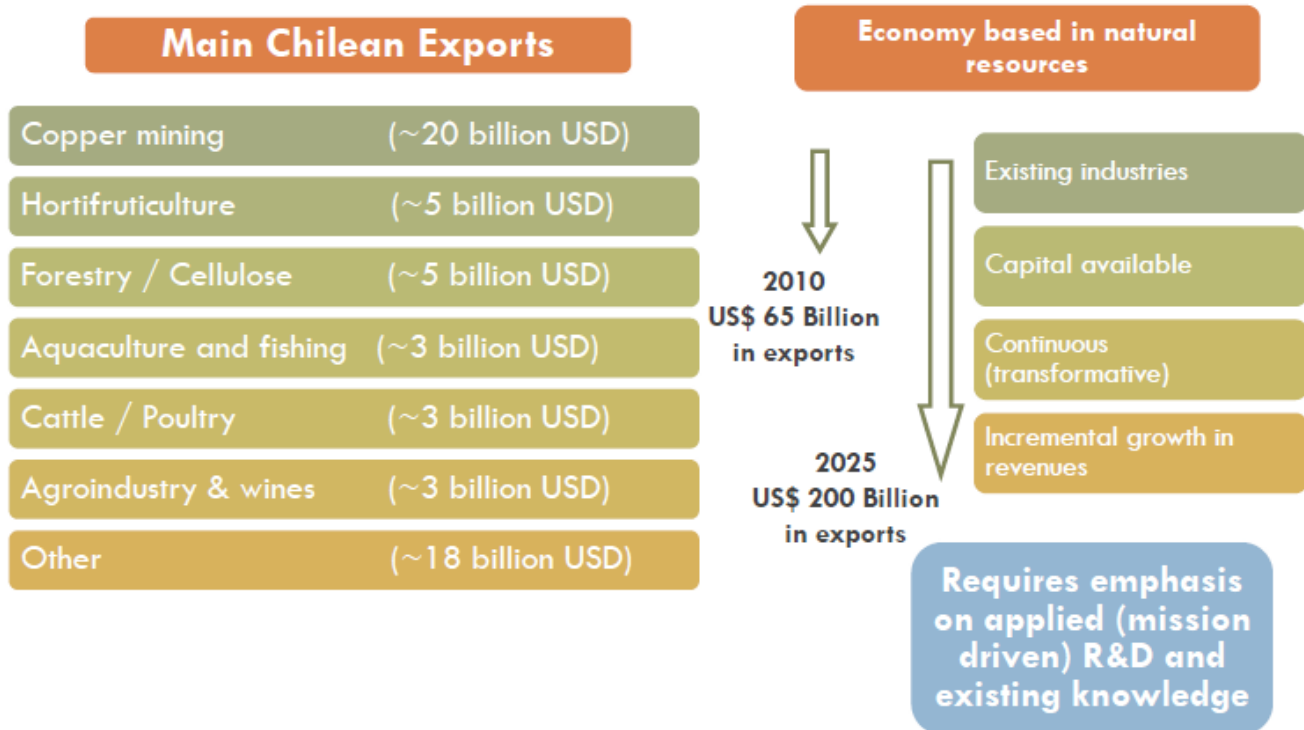
* Fuente: Asembio.

Según CORFO, las empresas biotecnológicas chilenas se distribuyen principalmente en el sector Agroindustrial (41%) y de Salud-Diagnóstico Humano (27%), el 32% restante se distribuye en empresas dedicadas a la acuicultura, alimentos, bioprocesos y biotecnología industrial.

El desafío es incrementar la cantidad de empresas, impulsar intensamente la visión internacional de los negocios chilenos, incrementar la experiencia y exposición, tanto a los bioemprendedores, como a los bioinversionistas; así como también aumentar la tasa de patentamiento de invenciones biotecnológicas made in chile, la experiencia en transferencia de tecnologías, la inversión general en I+D (sólo 0.4% del PIB), la experiencia en el manejo regulatorio de fases clínicas y desarrollo de biocombustibles.

En el siguiente cuadro queda en evidencia que somos una economía basada en recursos naturales.

Figura 5: Chile, una economía basada en Recursos Naturales



*Fuente: Asembio.

Vemos que las cuatro principales exportaciones se dan en el sector de la minería del cobre, seguida por la hortifruticultura, la industria forestal y acuicultura y pesca. Ya en el 2010 se realizaron US\$65 billones en exportaciones y se planea que en el 2025 éstas lleguen a US\$200 billones, sin embargo, para lograrlo es necesario potenciar el área de I+D aplicada e impulsar el conocimiento existente. Es ahí donde la biotecnología juega un rol importante al incrementar la posibilidad de mejorar la calidad de los productos nacionales o también crear nuevos productos e incrementar la diversidad que conforma nuestro PIB. Así, podremos potenciar las distintas industrias, llevándolas a ser competitivas a nivel mundial, cuidando de no dejar rezagadas a ciertas regiones de Chile a través de buenas políticas públicas.

1.2.1. Institucionalidad y financiamiento

A inicios de la década de 1990 el Ministerio de Economía chileno decidió reforzar la innovación tecnológica como herramienta para diversificar su espectro de actividades, preservando la explotación de recursos naturales. Esto en vista de la relación causal entre innovación y desarrollo económico, teniendo en cuenta el rol del Estado a la hora de promover la innovación.

En la primera fase iniciada en 1992 se creó el Programa de Ciencia y Tecnología (PCT) enfocado en potenciar las innovaciones en bienes y procesos y fortalecer las capacidades de I+D. Fue financiado por un crédito otorgado por el BID¹⁰ y dispuso de US\$ 184 millones en recursos, impactando principalmente la creación y administración del Sistema Nacional de Innovación (SNI) capaz de promover la investigación básica, aplicada, los esfuerzos de desarrollo tecnológico en empresas privadas. Además, impactó en el mejoramiento de la infraestructura científica y los recursos humanos en las universidades.

Entre 1996 y 2000, el Ministerio de Educación diseñó y dirigió el Programa de Innovación Tecnológica (PIT) por un monto de US\$300 millones, el cual se focalizó en el incremento de la infraestructura tecnológica nacional, creación de centros de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología tanto en el sector público y el privado. Ambos, el PCT y PIT conforman la base del nuevo Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica que se desarrolla entre el 2001-2004.

Los programas anteriores han funcionado a través proyectos financiados por el Sistema de Fondos Tecnológicos que se muestra a continuación.

¹⁰ BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

Figura 6: Sistema de Fondos Tecnológicos.

Programa	Descripción
FONTEC ¹¹	Estuvo orientado al financiamiento de proyectos de innovación tecnológica y de transferencia tecnológica asociativa en empresas privadas.
FDI ¹²	Promovía iniciativas que contribuían de manera sustantiva a generar y cuestionar procesos de innovación tecnológica en áreas de impacto estratégico para el desarrollo económico y social del país.
FONDEF ¹³	Orientado a financiar proyectos de I+D científico tecnológico en universidades y centros tecnológicos asociados con empresas.
FONDECYT ¹⁴	Orientado a financiar proyectos de investigación básica presentados por investigadores nacionales, sin discriminar por temática ni por disciplina económica.
FIA ¹⁵	Fomenta y promueve la transformación de la agricultura y de la economía rural, financiando iniciativas de innovación tecnológica e investigación orientadas al aumento de la productividad y la competitividad de la agricultura nacional.
FIM ¹⁶	Estuvo orientado al apoyo de investigaciones científicas y tecnológicas relativas al cobre y sus subproductos.

*Fuente: CORFO y Políticas para la innovación en las pequeñas y medianas empresas en América Latina, CEPAL.

Entre el 2001 y 2006 se llevó a cabo el Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica (PDIT), que contó con un presupuesto de US\$200 millones, de los cuales el BID y el Gobierno de Chile aportaron US\$100 millones cada uno. La idea surgió teniendo en cuenta que la base exportadora nacional es muy concentrada en los sectores de recursos naturales y que en el largo plazo esto podría afectar negativamente las perspectivas de desarrollo del país. Por ende, el desafío para el sistema productivo y comercial chileno, no consiste en reemplazar la producción y exportaciones de recursos naturales por productos manufacturados, sino en desarrollar una estrategia que combine el incremento en la diversificación productiva y exportadora con la agregación de valor a la producción y a las exportaciones basadas en recursos naturales, velando por el medio ambiente. Este PDIT es dirigido por la CONICYT e incluye 5 subprogramas, donde 3 están relacionados con la biotecnología.

¹¹ FONTEC: Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo.

¹² FDI: Fondo de Desarrollo e Innovación.

¹³ FONDEF: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico.

¹⁴ FONDECYT: Fondo Nacional de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico.

¹⁵ FIA: Fundación para la Innovación Agraria.

¹⁶ FIM: Fondo de Investigaciones Mineras.

Figura 7: Subprogramas del PDIT relacionados con Biotecnología.

Subprograma y Monto de Financiamiento	Detalles	Objetivo
1. Subprograma de Prospectiva Tecnológica. Monto financiamiento: US\$2 millones.	Coordinado por el Ministerio y Subsecretaría de Economía. Trabaja en Educación y Tecnologías de Información, Industria del Vino, Biotecnología, Industria Acuícola. La idea es proyectar su desarrollo en el largo plazo, identificar las necesidades científicas, tecnológicas y de política que encaminen a esa meta y elaborar proyectos específicos.	Identificar y priorizar áreas estratégicas para el desarrollo tecnológico y productivo nacional en el largo plazo.
2. Subprograma de Desarrollo Tecnológico en los Sectores Forestal, Agropecuario y Acuícola. Monto financiamiento: US\$42 millones.	Coordinado por el Ministerio y Subsecretaría de Economía. Consta de tres componentes: Financiamiento de proyectos biotecnológicos, formación de capacidades de recursos humanos en áreas desatendidas y fortalecimiento de los servicios de apoyo a la biotecnología. Las actividades incluyen el análisis de políticas de biotecnología a través de un estudio básico en elaboración por el Ministerios de Agricultura, la formación de un Foro Nacional de Biotecnología, la diseminación de información y campañas de concientización del público sobre el tema.	Incrementar la competitividad de los sectores forestal, agrícola y acuícola, a través del desarrollo de la biotecnología en sus procesos y productos.
3. Subprograma de Gestión Ambiental en el Sector Productivo. Monto financiamiento: US\$36 millones.	Coordinado por el Ministerio y Subsecretaría de Economía. Incentiva la investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías limpias.	Aumentar la competitividad y desempeño de las empresas a través de producción limpia y prevención de problemas ambientales.

*Fuente: Elaboración propia.

Además, en el marco del PDIT se desarrolla la iniciativa Genoma Chile, un “*programa creado para incorporar al país, masiva y sistemáticamente, en el desarrollo mundial de la genómica¹⁷, proteómica¹⁸ y bioinformática¹⁹ como instrumentos para aprovechar oportunidades o resolver problemas de impacto económico-social nacional en sectores productivos claves de la economía nacional*”²⁰. El programa, está asociado a tres Subprogramas del Programa de Desarrollo e Innovación

¹⁷ Ver Apéndice: Genómica.

¹⁸ Ver Apéndice: Proteómica.

¹⁹ Ver Apéndice: Bioinformática.

²⁰ CONICYT, Ministerio de Planificación.

Tecnológica: Tecnologías de Información, Biotecnología en las áreas Forestal, Agropecuaria y Acuícola; y Tecnologías Limpias. Financia proyectos relacionados, principalmente con dos áreas: recursos naturales y biominería. En la primera, están trabajando en ámbitos como el acuícola, con vacunas y kits de diagnóstico de diferentes enfermedades de los salmones; y agrícola, con proyectos involucrados con genómica funcional en vides y nectarines. En cuanto a la biominería, los proyectos financiados están relacionados con el mejoramiento y secuenciación de bacterias que intervienen en la biolixiviación del cobre.

Por otro lado, dada la gran cantidad de pymes en la industria y las desventajas en financiamiento que tienen en el ámbito de innovación y tecnología, el rol de Estado en el fortalecimiento de las mismas ha sido clave, principalmente gracias a dos tipos de incentivos. El primero fue un aporte económico a los fondos de capital de riesgo chilenos y el segundo, el financiamiento de una serie de iniciativas que apuntan a fortalecer la industria biotecnológica como área estratégica para el desarrollo del país, como las que ya hemos señalado pues las empresas biotecnológicas pequeñas y medianas, requieren fuentes de financiamiento accesibles ya que este les permite impulsar el desarrollo de sus líneas de investigación, donde no se descarta la cooperación público/privada.

Dentro de las instituciones involucradas en promover la innovación en Chile cabe destacar a la Comisión Nacional de Biotecnología, cuyo fin es mostrar las tendencias e impactos del desarrollo de la biotecnología en Chile y elaborar una propuesta con lineamientos estratégicos y acciones que potencien y regulen la producción, difusión y utilización de la biotecnología. Si bien ésta Comisión está formada por científicos especializados en el área biotecnológica, empresarios de compañías biotecnológicas, parlamentarios, sacerdotes y funcionarios públicos, carece de la presencia de actores importantes como agricultores orgánicos, consumidores y organizaciones ambientales, quienes también tienen mucho que decir. Además, muchos son propietarios de las pequeñas y medianas empresas, las cuales juegan un rol sumamente importante cuando se habla de generar innovaciones en cuanto a mejora de productos y adopción y adaptación de tecnología, con el fin de impulsar las distintas industrias en las cuales se encuentran insertos.

Por otra parte, las empresas privadas siguen captando recursos para el avance científico y están abarcando varias líneas de investigación a la vez. Han marcado pauta debido a que es un sector

altamente dinámico y debido a que se les retribuirá significativamente al lograr un avance científico importante. Por eso se encarga de contratar expertos de alto nivel para las líneas de investigación. Estos consorcios involucran montos de recursos superiores a los que normalmente son financiados por las entidades públicas de fomento al desarrollo de la I+D+i.

Por último, las universidades cuentan con fondos internos dependientes de sus direcciones de investigación para financiar proyectos y dentro del sistema de financiamiento de proyectos por parte del sector público está la iniciativa de consorcios tecnológicos empresariales de investigación por parte del PBCT de CONICYT, INNOVA Chile de CORFO y FIA, ya que se constatan como un acercamiento entre la ciencia y la empresa, donde las capacidades científicas se integran con los requerimientos de la industria.

1.2.2. Propiedad Intelectual y biotecnología

Las patentes de invención confieren derechos de propiedad y otorgan un derecho de explotación temporal que excluye a otros a que comercialicen esa invención a cambio de haberla descrito con suficiente detalle como para que otra persona pueda reproducirla y comercializarla cuando haya expirado la patente. Al respecto, existe en Chile un sentimiento de desprotección de la propiedad intelectual ya que, entre otras causas, son bajas las penas contempladas en el código tributario nacional para delitos relacionados con el tema y su tramitación es altamente burocrática; esto hace que las instituciones que realizan investigación perciban desprotección de sus innovaciones y desincentive la generación de conocimiento, llegando incluso al abandono del mercado pues, generalmente, el periodo que transcurre entre solicitar una patente y obtenerla puede extenderse hasta 5 años, periodo largo si se compara con Estados Unidos, donde el tiempo de espera está entre 2 a 3 años.

Para solucionar este problema mucho se ha dicho que parte de la tarea del Estado consiste en agilizar estos procesos, tal que se adapten a las normas internacionales, sin embargo, esto no asegura que se generará más conocimiento en Chile, para eso es necesario una serie de reformas y tipos de incentivos, ya que cabe recordar que muchas investigaciones se hicieron sin protección en la década pasada, logrando avances importantes.

Vemos que el número de solicitudes de patentes en éste sector es bajo, debido al costo del proceso de patentamiento, la gran cantidad de recursos humanos a destinar en la tarea, escasez de expertos en el tema de protección intelectual en biotecnología, la carencia de estructuras dentro de las universidades dedicadas al tema, los vacíos legales existentes en la legislación chilena, entre otros.

Figura 8: Porcentaje de solicitudes de patentes en biotecnología con respecto al total de solicitudes efectuadas por investigadores chilenos en Chile

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Total solicitudes	175	155	219	170	175	161	207	205	243	246	391	329
Solicitudes Biotecnología	2	0	0	1	1	0	2	0	6	6	2	1
% Biotecnología	1.14	0	0	0.6	0.57	0	1	0	2.5	2.44	0.5	0.3

*Fuente: Situación actual y oportunidades de negocio en el sector biotecnológico en América Latina, Genoma España, 2005.

Notamos que la mayoría de patentes se concentran en el año 2000 y 2001. Un factor que explica este incremento en la solicitud de patentes a partir del año 2000, aunque leve, es la iniciativa ChileInnova. Sin embargo, a partir del 2002 empieza una notoria disminución de la participación de instituciones privadas y empresas en proyectos, debido al impulso entregado al inicio de las investigaciones y el posterior abandono o falta de apoyo a las mismas, lo que explica la baja en la cantidad de solicitudes, donde las instituciones solicitantes que destacan son las Universidades²¹ las cuales han generado un 55% de las solicitudes efectuadas en Chile.

Si queremos abrirnos al mundo y estamos interesados en ser productores, entender la tecnología y participar en el desarrollo científico tecnológico mundial, las patentes también posibilitan el avance en investigación y desarrollo tecnológico, especialmente en aquellos sectores en donde, dadas las condiciones del país, es fácil replicar los avances. En este sentido, no da igual dirigir este tipo de incentivos a todos los sectores económicos por igual, más bien hay que ser selectivos, ya que existe

²¹ Universidad de Concepción, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Chile, Universidad de Santiago y Universidad Austral.

mucha heterogeneidad investigativa y, por ende, distintos tipos de impacto, tanto en tiempo como magnitud. Tampoco hay que desconocer el crecimiento del sector y los avances logrados la década pasada, a pesar de esta barrera, sin embargo, podríamos potenciar más la investigación entregando facilidades para el patentamiento y es en este contexto donde parte de la tarea del Estado consiste en agilizar estos procesos, tal que se adapten a las normas internacionales, recalando que sólo con esta medida no podemos asegurar que se generará más conocimiento en Chile, pero si podríamos incrementar el número de solicitudes de patentes, lo cual sería un buen indicador de generación de nuevos descubrimientos y mejor capacidad investigativa.

1.2.3. Centros Biotecnológicos en Chile

El crecimiento de la biotecnología está dado por la cantidad de empresas e instituciones dedicadas a su desarrollo, esto es, a la investigación en diversas áreas que son importantes para Chile, con el fin de potenciar aquellas actividades en las cuales se tiene ventaja comparativa y así generar una economía fuerte y no tan dependiente de los acontecimientos en el mercado internacional. Actualmente, la biotecnología en Chile abarca una gama de sectores y gracias al Programa Biotecnológico de InvestChile se han materializado proyectos por US\$37 millones.

Figura 9: Presencia de las entidades por área de estudio (cantidad de investigaciones).

Categoría	Total
Agrobiotecnología, bioscombustibles, biotecnología ambiental, biofertilizantes, bioremediación	118
Salud, diagnóstico médico	70
Acuicultura, Biotecnología Marina	49
Biotecnología Alimentaria y Nutricional	44
Fermentaciones clásicas, tecnologías de bioprocesos	33
Patentes, publicaciones, invenciones	27
Bioinformática, nanobiotecnología	16
Bioindustrias basadas en genes	15
Biotecnología de zonas áridas	13
Total	385

*Fuente: Elaboración propia en base a datos de Innova Chile, CORFO.

También, encontramos que de las diez entidades que llevan a cabo investigaciones en seis o más áreas investigativas²², siete son privadas y tan sólo tres son públicas, correspondiendo éstas últimas a universidades. Además, las empresas se ubican principalmente en la zona central del país, dada la disponibilidad de recursos que se encuentran en torno a la capital, las principales ciudades del país y las facilidades en cuanto a conexión de transportes y telecomunicaciones, factores esenciales a la hora de comercializar los productos fabricados. Esto podría también explicar el rezago en desarrollo que tienen aquellas regiones más alejadas del centro del país, que si bien tienen los recursos naturales necesarios para ser explotados, los costos de hacerlo, dadas sus ubicaciones y dificultades para acceder a esas zonas, hacen que queden relegadas del desarrollo en innovación y tecnología que se lleva a cabo alrededor de los grandes centros urbanos, relativamente abundantes en los recursos necesarios para llevar a cabo las investigaciones. Esta pasa a ser una barrera importante para el desarrollo rural, al igual que la falta de incentivos para que profesionales altamente calificados sientan el deseo de llevar a cabo sus proyectos en esos territorios.

Si bien el Estado ha avanzado en esta materia con el programa Becas Chile, dando un fuerte énfasis a la especialización en áreas científicas, aún falta crear una estrategia para dirigir a esos nuevos profesionales altamente calificados hacia las zonas que pueden y deben ser explotadas en este país, donde la investigación está en fase de despegue e incrementar su cantidad y ritmo de avance hacen que estas medidas sean sumamente importantes, dada la velocidad con que se mueve y cambia el ámbito de la ciencia y tecnología.

Cuadro 1: Becas Chile²³

El Gobierno de Chile ha establecido como pilares fundamentales y estratégicos de su plan de acción a la Educación e Innovación para dar un impulso definitivo al desarrollo económico, social y cultural del país.

Las prioridades estratégicas del Gobierno se han reflejado en un reordenamiento y fortalecimiento institucional del Sistema Nacional de Innovación, el incremento histórico de los recursos públicos e incentivos tributarios a la inversión privada destinados a la Investigación y Desarrollo, orientado a fortalecer universidades, empresas y el Estado para impulsar la investigación básica y aplicada, el desarrollo científico y tecnológico, la innovación y el emprendimiento. Es por esto que surge el Sistema Bicentenario BECAS CHILE el 23 de octubre de 2008 como respuesta a la necesidad y urgencia de contar con más académicos, profesionales y técnicos de excelencia, que no sólo sean más productivos, sino que también

²² Ver Anexo: Entidades, tipos, carácter, ubicación y cantidad de áreas biotecnológicas abarcadas.

²³ www.becaschile.cl

sean más creativos, innovadores y emprendedores.

BECAS CHILE tiene como objetivo principal la definición de una política integral de largo plazo de formación de capital humano avanzado en el extranjero, financiando la formación de postgrados, a través de becas de Postdoctorado, Doctorado, Magíster, Sub-Especialidades Médicas, Pasantías Doctorales y Co-tutelas de Doctorado; la formación técnica de nivel superior, a través de becas para Pasantías de Perfeccionamiento de Competencias Técnicas y la formación docente, a través de becas de Magíster para Profesionales de la Educación, Semestre en el Extranjero, Diplomado para Académicos de Pedagogías en Inglés y las Pasantías de Matemáticas y Ciencias.

A continuación, el mapa presentado entrega información sobre la distribución que tienen estas empresas y equipos de investigación a lo largo de Chile y cuáles son sus principales líneas de investigación.

1.2.4. Principales Aplicaciones de la Biotecnología Moderna en la producción

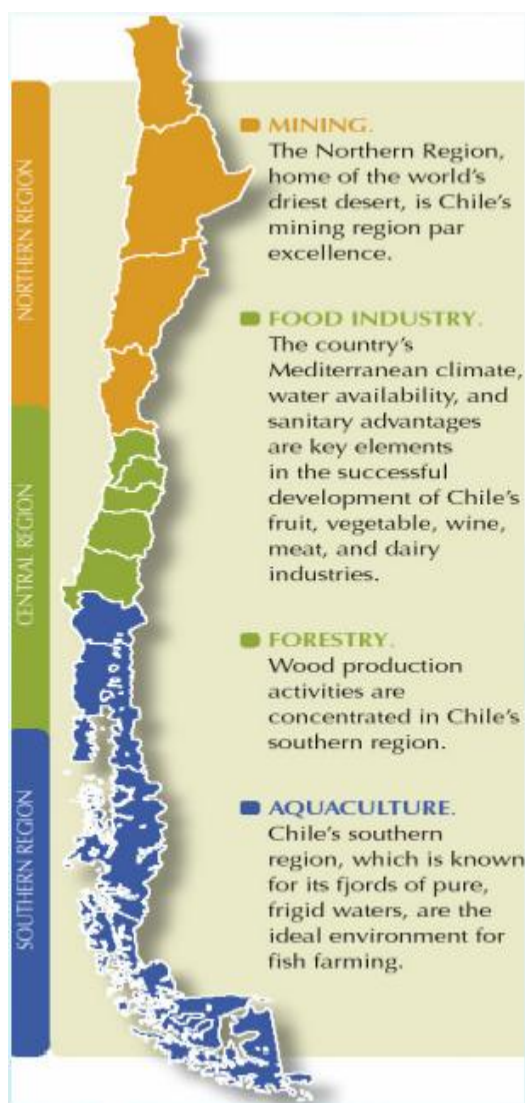


Figura 10: Mapa de Biotecnología

Existen 215 grupos de investigación que se encuentran actualmente en Chile en los diversos ámbitos de la biotecnología, éstos trabajan en el marco de 61 instituciones, incluyendo universidades, entidades del sector público y centros privados de investigación. De éstas, 24 se ubican en la Región Metropolitana, 11 en la Región del Bío Bío, 5 en la Región del Maule y 5 en la Región de los Ríos, mientras el resto se distribuye en otras regiones del país. La única región en donde no se ubica ningún centro de estudios es en la zona de Atacama, luego, en la región de O'Higgins existe solamente un centro, al igual que en Aysén y Magallanes. Esto es opuesto a Valparaíso y la región Metropolitana, ya que en éstas últimas regiones se llevan a cabo toda clase de investigaciones biotecnológicas presentes en el país, cuyo impacto irradia a todo el país.

* Fuente: CORFO.

Como Chile es marcadamente un país basado en la exportación de recursos naturales, las líneas de investigación para el desarrollo país se ubican principalmente en minería, industria forestal, industria de alimentos y acuicultura.

1.2.4.1. Minería

Chile es el principal productor de cobre del mundo y de otros minerales como nitratos naturales, yodo, litio, renio y molibdeno, donde cerca del 60% de las exportaciones totales del país son de cobre y el valor en 2010 llegó a los US\$40.000 millones. Además, según Cesco, en los últimos 20 años las regiones mineras de Chile tuvieron un crecimiento de hasta 2 puntos porcentuales más por año frente a las regiones agrícolas o industriales del país.

A pesar de su importancia, esta actividad ha sido altamente cuestionada en términos de sostenibilidad, debido a que la sobreutilización de los recursos mineros ha generado enormes costos económicos que han sido poco considerados dentro de las políticas de gestión y control de la actividad. La producción de la minería es responsable de una gran cantidad de desechos que generan un gran costo por concepto de pasivos ambientales, por lo que la biotecnología, como herramienta de innovación, permitiría a la industria minera optimizar la gestión de procesos en el consumo de materias primas, recursos energéticos, hídricos y salud ocupacional, además de generar nuevas fuentes laborales para la comunidad.

Los grupos de investigación que usan herramientas biotecnológicas aplicadas a zonas áridas trabajan principalmente en las regiones del norte del país, dadas las características de ese territorio en Chile. Ahí la investigación se dirige hacia el uso de tecnologías de ADN ligadas a genes y respuestas metabólicas en especies vegetales de zonas áridas y el uso de microorganismos para la biorremediación²⁴ de suelo²⁵.

²⁴ En cuanto a éste, al utilizar plantas para el proceso de descontaminación de suelos, también se está realizando un aporte en la captura de CO₂, lo que ayuda a mitigar la huella de carbono de la organización. Si la planta utilizada, además de levantar los residuos metálicos desde los suelos contaminados, es capaz de producir frutos ricos en aceites y/o almidones, existen dos potenciales recursos y/o materias primas para la generación de biodiesel y producción de bioplásticos, con lo cual aumentaría la disponibilidad de fuentes de empleo para trabajar los suelos que anteriormente no tenían valor productivo. Los grupos preocupados de ésta área cuentan con laboratorios de micropropagación, fitopatología, entomología y fitosanidad, laboratorio de bioquímica, laboratorio de ecofisiología y de biología molecular e invernaderos.

1.2.4.2. Industria Forestal

En Chile el pino radiata representa más del 70% de las plantaciones de interés económico y crece en promedio 20 m³/ha cada año. El costo económico de formación de madera no supera los 35US\$/m³ y si gracias a la biotecnología se logra que las plantaciones crezcan 25m³/ha cada año, el costo se reduce a 23US\$/m³. Si consideramos los rendimientos de las coníferas en las plantaciones del sudeste de Estados Unidos, 15m³/ha/año, su costo de formación se eleva a más de 90US\$/m³. Estas cifras explican por qué a nivel mundial la industria se está desplazando del hemisferio norte al sur, donde está Chile, Brasil, Argentina, Uruguay, Sudáfrica y en menor medida Nueva Zelandia y Australia, y también explica la masiva inversión en biotecnología de los productores norteamericanos que ya disponen de ensayos de campo con rendimientos superiores a la media chilena.

Al tratarse de transferencias y adaptaciones tecnológicas menores, existen espacios de oportunidad para muchos actores y las líneas de apoyo público son adecuadas. Pero cuando se compite con actores globales, dominando los aspectos centrales de la genómica de las especies de interés comercial para Chile, el espacio se reduce a pocos representantes y con recursos menos atomizados que en el pasado²⁶. Esto llevó a que CORFO, CONICYT y FIA apoyaran, la "consorciación" de las principales empresas forestales (Arauco y CMPC), la Universidad de Concepción, Fundación Chile y CEFOR²⁷.

²⁵ Un ejemplo son los procesos de Fitorremediación, técnica conocida por su capacidad de eliminar los contaminantes metálicos de efluentes mineros, otorgando una ventaja técnica y económica frente a otras metodologías.

²⁶ Aldo Cerda, Fundación Chile. Publicación en Revista del Campo.

²⁷ CEFOR: Centro Experimental Forestal. canal empresarial de la Universidad Austral para transferir avances a pequeños y medianos propietarios.

Figura 11: Líneas de investigación en el área forestal

Líneas de Investigación	Objetivo
Silvicultura para el cambio climático	Identificar, evaluar y transferir conocimientos en el manejo de los bosques para que respondan a los cambios climáticos y se minimicen sus efectos.
Conservación genética del bosque nativo	Identificar y conservar la variabilidad genética de los bosques ya que el cambio climático provocará cambios en la adaptabilidad de las especies.
Definición y evaluación de bosques nativos degradados	Definir acciones y estrategias desde el punto de vista de la recuperación de los stocks de carbono.
Desarrollar plantaciones dendroenergéticas	Desarrollar nuevas fuentes de biocombustibles, permitiendo mayores rentabilidades a los propietarios forestales, de manera sustentable.
Ensayar con tratamientos silvícolas	Investigar mejores técnicas para la producción maderera.

*Fuente: Elaboración propia en base a material bibliográfico consultado.

Las líneas relacionadas con genómica forestal permitirán en un mediano plazo, implementar nuevos servicios y el empaquetamiento de nuevas tecnologías que contribuyan al mejoramiento de la competitividad del sector forestal.

Por otro lado, la matriz energética chilena es muy dependiente de combustibles del exterior y una de las alternativas de solución a la demanda energética es el uso de la biomasa forestal como fuente de Energías Renovables No Convencionales (ERNC). Actualmente no existen fondos que financien este tipo de investigación, más aún cuando se requiere la mantención y establecimiento de ensayos.

El gran esfuerzo que debe desarrollar Chile es la recuperación del stock de bosque nativo para propósitos productivos y para eso se requiere producir bienes públicos de información y conocimiento de baja apropiabilidad en técnicas de manejo.

El objetivo es mantener las capacidades básicas de investigación en mejoramiento genético forestal y generar información y material genético derivado de la investigación en este campo para la PYME de plantaciones forestales, lo que contribuye a mejorar la competitividad de este sector y a reducir la brecha que manifiesta respecto de las grandes empresas forestales. El sector forestal tiene que avanzar en nuevas opciones de desarrollo forestal, más diversificadas y sostenibles, para forestar terrenos que hoy no tienen uso productivo.

1.2.4.3. Industria de alimentos

Figura 12: Distribución de las exportaciones chilenas



*Fuente: CORFO

El sector alimentario representa casi el 10% del PIB chileno y es uno de los sectores con más potencial de desarrollo en el país. Con más de US\$12 mil millones en exportaciones alimentarias, Chile es un actor relevante en el escenario mundial de la alimentación y adquiere aún más importancia cuando se observa que el país ha firmado acuerdos comerciales con 58 naciones y está comercializando sus productos con más de 150 países. Es líder continental en exportación de fruta fresca y 5° en el mundo como exportador de vinos.

Dentro de ésta área nos encontramos con productos como las frutas, el salmón, vino y carne, lo cual claramente tiene relación con la agricultura, ganadería y acuicultura. En esta parte veremos las dos primeras, dejando la acuicultura como tema aparte.

- Agricultura

La agricultura chilena depende de un número reducido de productos, por lo que existe la necesidad de diversificar la producción, mejorar la calidad de los mismos para aumentar su competitividad y otorgar valor a los productos básicos.

Figura 13: Aplicaciones de la biotecnología a la genética vegetal

Técnica	Casos	Efectos
1. Clonación	- Aplicación a producción de plantines (tabaco, flores, coníferas, y otros)	Produce ejemplares libres de enfermedad, homogeniza la calidad de la materia prima, mejora la eficacia reproductiva, modifica las técnicas posteriores de cultivo, estabiliza nuevas especies.
2. Secuenciación de genoma	- Stress hídrico - Resistencia a insectos (inhibe la producción de toxinas) - Coloración y madurez - Contenidos específicos (proteínas y/o otros).	Facilita y acorta los procesos de entrecruzamiento natural, permite test para validar calidad de los cultivos.
3. Modificaciones genéticas	- Soja, maíz, canola, algodón - Pasturas (todos resistentes a herbicidas seleccionados) - Maíz y otros (inmunes a determinados insectos), arroz (con proteínas). - Oleaginosas con grasas saturada.	Reducciones de costos de producción, amplía fronteras productivas, mejora el producto final (contenidos de alimentos), elimina etapas industriales.

* Fuente: “Biotecnología y Desarrollo”. Roberto Bisang, Mercedes Campi y Verónica Cesa. Noviembre 2007.

Cada mejora biotecnológica debe operar a partir de vegetales preexistentes que han sido objeto de mejoras previas, ya sea vía entrecruzamientos naturales y/o hibridación, cuyas mejoras fueron y son reconocidas por mecanismos de derechos de propiedad intelectual, bajo diversas formas.

La transgenia implica que los genes que se suman pueden cambiar la conducta de la planta pero mantener los contenidos deseables finales inalterados o modificar los contenidos finales. En el primero de los casos, los efectos incluyen mejoras en los costos de producción, se permite la reducción de las etapas productivas, mejora en las tecnologías de implantación y disminución de los lapsos productivos. En tanto en el segundo de los casos, las modificaciones implican cambiar el contenido del producto final suprimiendo algunos rasgos y/o adicionando contenidos. Este tipo de producto implica la generación de una gran cantidad de nuevos mercados, ubicados habitualmente en el área de servicios y muy sensibles a los requerimientos de las demandas finales y de los marcos regulatorios nacionales. Además está el manejo de técnicas de cultivos in vitro que permiten reducir aun mas los tiempos de

selección por cruzamiento natural y el uso de técnicas referidas a la identificación de genes y secuencias (responsables de contenidos finales de granos²⁸ y/o de la conducta respecto de determinados eventos externos) que no implican transgenia, sino un procedimiento biológico complejo que mejora los sistemas tradicionales.

Dentro de ésta área existen tres consorcios tecnológicos empresariales de investigación que se desarrollan en el ámbito de la fruticultura y vitivinicultura, donde la infraestructura consiste, entre otros elementos, en laboratorios de micropropagación y cultivos *in vitro*, de biología molecular, de microbiología, genética, fitopatología, invernaderos y bancos de germoplasma²⁹.

- Ganadería

En el 2007 se anunció la puesta en marcha del Consejo Nacional de Mejoramiento Genético de Ganado que se ocuparía de definir los principales lineamientos y las políticas destinadas a los productores de carne bovina y ovina, para que mejoren sus estándares productivos, reproductivos y la calidad de los productos cárnicos en función de las demandas del mercado, la cual es clave ya que del total de explotaciones pecuarias, un 84% está en poder de los pequeños y micro empresarios campesinos; y del total de cabezas de ganado bovino, el 42% está en predios de pequeños agricultores.

El uso de la biotecnología permite identificar los genes que son responsables de los atributos deseados y con la clonación de animales se trata de reproducir ejemplares de alta productividad, con rasgos deseables y/o en vías de extinción. En un nivel más complejo está la modificación del perfil genético de los animales en base a introducción de genes que cambien la conformación o la calidad de la producción de algún derivado y la inseminación artificial que permite el ganado en base a un número acotado de reproductores seleccionados.

²⁸ Los granos generalmente son considerados bienes de capital (semillas) con capacidad de reproducción, bienes finales (granos), o ambos en sus diversos usos. Sus procesos reproductivos son más cortos y se desarrollan en el marco de paquetes tecnológicos cada vez más complejos que incluyen fertilizantes, herbicidas, insecticidas, entre otros. En su explotación se requieren grandes superficies, lo cual los hace muy sensibles a múltiples necesidades de adaptación a suelos y climas.

²⁹ Ver Apéndice: Germoplasma.

Figura 14: Aplicaciones de la biotecnología a la genética animal

Técnica	Casos	Efectos
1. Identificación total/parcial del mapa genético (y/o genes específico)	Genes de ternera en bovinos; genes de proteínas, lípidos y otros en leche; manifestaciones de genes de marmoteado de carne; genes de espesor de calidad de lana en ovejas; mapa de genes que identifican como único al individuo; identificación conjunto de genes de fenotipo	Objetivación de la ternera (en origen del bovino); mejor calidad de la materia prima; permite sistemas inviolables de identificación y rastreabilidad; optimiza los procesos naturales de entrecruzamiento; objetiva la calidad de las razas (cambia subjetividad por parámetros objetivos de productividad de la materia prima primaria).
2. Clonación	Animales para experimentación; animales transgénicos para leches modificadas; animales transgénicos para trasplantes de órganos con mínimo rechazo; animales en extinción.	Mejora costos/calidad de investigaciones; nuevos productos finales.
3. Modificaciones transgénicas (suma de genes inter especies).	Genes que “sobre” producen defensas orgánicas naturales; genes de coloración; genes que mejoran la transformación alimento/carnes/grasas/leche; genes que modifican los procesos ruminales (menor emisión etanol); genes que mejoran la resistencia a condiciones climáticas.	Nuevos productos; nuevos productos; menores costos; menores costos / mejora ambiental; menores costos.
4. Técnicas asociadas	Inseminación artificial; fertilización in Vitro; sexado de embriones; sexado de semen; test de evaluación (identificación de cualidades predeterminadas y patrones de razas).	Mejora calidad de rodeos / mejora de materia prima industrial; mejora proceso de selección; mejora de costos y producción; mejora costos de producción en carne y leche por selección.
5. Descripción de los mapas genómicos	Tecnología de base que mejora todas las técnicas previas	Mejora todas las técnicas previas.

*Fuente: “Biotecnología y Desarrollo”. Roberto Bisang, Mercedes Campi y Verónica Cesa. Noviembre 2007.

En la actualidad la producción de carne, leche y/o otros insumos provenientes de los animales operan sobre la base de un modelo tecnológico caracterizado porque el grueso de la genética no es producida por los productores de subproductos de animales, por lo general es en el periodo previo (la cría de animales para reproducción) donde está la mayor riqueza tecnológica. Además, el uso de tal genética se

transmite con la propiedad del animal, ésta y la posterior diseminación puede darse por métodos naturales o artificiales³⁰.

1.2.4.4. Acuicultura

En los últimos años, Chile se ha convertido en uno de los mayores exportadores mundiales de salmón, es por esto que la producción de peces debe ser mayor en cuanto a cantidad y calidad, pero con costos bajos. Acá la biotecnología tiene el rol de desarrollar, principalmente, nuevos métodos de diagnóstico molecular de enfermedades, tanto virales como bacterianas, y nuevas vacunas, especialmente de ADN. Además del desarrollo de complementos alimenticios especiales para peces, producidos a base de colorantes naturales, lo cual representa un área bastante lucrativa.

Figura 15: Líneas de investigación en acuicultura.

Líneas de Investigación	Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación e investigación en productos sanitarios de uso en acuicultura. • Identificación de QTLs³¹. • Estudios poblacionales de algas. • Uso de marcadores moleculares en mejoramiento genético tradicional. • Transgénesis³² y genética de peces. • Desarrollo de marcadores moleculares para salmón. • Trazabilidad genética y criopreservación³³ de moluscos. • Obtención de triploides³⁴ de almeja y ostión. • Evaluación e investigación en macroalgas, híbridos somáticos de microalgas y genética de microalgas productoras de toxinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control del sexo. • Inducción de la maduración. • Crecimiento. • Diagnóstico de enfermedades. • Genética molecular. • Identificación de rasgos productivos en peces.

* Fuente: Elaboración propia.

³⁰ Bisang, Roberto. Biotecnología y Desarrollo. Noviembre 2007.

³¹ QTLs: regiones genómicas de interés económico.

³² Transgénesis: proceso de transferir genes en un organismo.

³³ Ver Apéndice: Criopreservación.

³⁴ Ver Apéndice: Poliploidía.

Los grupos que usan la biotecnología acuícola se localizan en zonas donde hay industrias de importancia de este sector de la economía, centrandos sus trabajos en las especies de gran relevancia productiva para el país, como el ostión en la zona norte y el salmón en la zona sur. Estos grupos están desarrollando 19 líneas de investigación, usando mayoritariamente tecnologías de ADN. Además, tienen vínculos formales de trabajo con institutos de investigación y universidades líderes en países como España, Estados Unidos, Francia, Alemania, Suecia e Israel.

Capítulo II: Revisión de casos

Caso Primero

Biolixiviación del Cobre

2.1 Primer caso: Biolixiviación del Cobre

2.1.1. Innovación en la Industria Minera

Nuestro territorio representa sólo el 0,25% de la superficie terrestre, pero tiene el cerca del 50 % de las reservas de cobre conocidas en todo el planeta, produciendo más de la tercera parte de todo el cobre que se produce en el mundo. Dado esto y la creciente demanda de cobre, tendencia que se espera continúe durante los próximos años, principalmente debido a los requerimientos de Asia Pacífico, para asegurar la expansión de sectores tales como construcción, industria automotriz, energía y manufacturas, el Estado y el sector privado han adoptado una visión de largo plazo de la industria, lo que ha permitido su consolidación en materia de innovación, mediante inversiones en tecnología y procesos de punta. Así, la tecnología juega un rol clave.

Durante los últimos años, importantes compañías mineras ya han implementado la automatización y robótica como parte esencial de sus faenas, asegurando una operación sostenida y optimizando los márgenes. Se ha adoptado una minería de contratos, donde se ha descentralizado la firma, operando con subcontratistas, pasando a éstos el riesgo operativo. En conjunto esto, la tendencia de las compañías a la responsabilidad social y la preocupación por el medioambiente, salud y seguridad de sus trabajadores, socios laborales y comunidades cercanas a los entornos de explotación, ha repercutido en proyectos mineros que incorporan tecnologías de automatización de procesos y monitorización a distancia, lo que reduce la exposición de los trabajadores a riesgos laborales y permiten desarrollar sistemas de gestión integrados de salud ocupacional y cuidado medioambiental.

La mano de obra encargada de llevar a cabo las distintas tareas se compone de un gran número de trabajadores que cada vez tienen que saber más acerca de la optimización de los procesos, de ahí la trascendencia de nuevas carreras relacionadas con la minería, como la de Ingeniería Civil de Minas, que busca incrementar el conocimiento en ésta área para luego ponerla a disposición en la industria. Recordemos que sólo en el 2010, la industria minera generó 114 mil empleos directos y 2 millones de indirectos, lo que representa un aporte significativo en la creación de empleos.

Si bien la industria minera local es reconocidamente exitosa, hay muchos espacios para seguir innovando en las distintas fases de la producción. La importancia de innovar radica en la necesidad de

bajar los costos de producción, lograr un balance adecuado entre los efectos económicos, ambientales y sociales y mejorar la seguridad, salud e higiene en la industria.

2.1.2. Empresas de base Tecnológica

La investigación, el desarrollo de tecnologías y su incorporación a los procesos industriales son fundamentales para asegurar la sustentabilidad de la industria minera. El modelo de innovación requiere incorporar nuevas tecnologías en los procesos minero-metalúrgicos, para aumentar productividad, reducir riesgos de accidentes, beneficiar la salud de los trabajadores y contribuir a la protección medioambiental. Durante 2009, Codelco invirtió US\$53,3 millones en diferentes proyectos, programas e iniciativas con empresas e instituciones nacionales y extranjeras; así como también los programas en las filiales tecnológicas.

Figura 16: Empresas de base tecnológica del rubro minero

Nombre	Tipo y objetivo	Descripción
IM2	<p>Filial de Codelco.</p> <p>Desde 1998 se orienta a la generación y transformación de conocimiento para el desarrollo de soluciones tecnológicas e innovaciones para los distintos procesos mineros y metalúrgicos del cobre.</p>	<p>Su ocupa de la identificación, propuesta y desarrollo de soluciones tecnológicas de impacto (principalmente en minería subterránea y a cielo abierto, procesamiento de minerales y procesos de altas temperaturas).</p> <p>Ha ejecutado cerca de 600 proyectos de innovación y transferencia tecnológica con Codelco, ha presentado más de 70 solicitudes de patentes y ha registrado cerca de 32 de patentes de invención nacionales. Ha generado diversas publicaciones técnicas y participado en proyectos concursables y acuerdos de asociación con universidades, empresas y entidades nacionales y extranjeras relevantes en los ámbitos de investigación e innovación.</p>
Kairos Mining S.A	<p>Asociación de Codelco (40%) con Honeywell (60%), empresa líder en automatización a nivel mundial.</p>	<p>Dentro de su infraestructura es relevante la operación de un centro de soporte remoto en Santiago, que permite optimizar el uso de recursos expertos en aspectos comunes a toda la infraestructura.</p> <p>Está explorando oportunidades para desarrollar sus capacidades de integración de soluciones con otras</p>

		grandes empresas mineras.
MICOMO ³⁵	<p>Joint venture de Codelco (66%) y Nippon Telegraph & Telephone Corporation, NTT (34%).</p> <p>Fue creada para adaptar e incorporar tecnologías de información y comunicación avanzadas a las necesidades de los procesos mineros de Codelco y de la minería. Busca el mejoramiento continuo de la eficiencia operacional y contribuyen a incorporar quiebres tecnológicos indispensables para la competitividad futura de Codelco.</p>	<p>Está trabajando en su segunda fase de desarrollo con Codelco y busca proveer soluciones para una Minería Automata, potenciando una operación inteligente, masiva, en línea y remota, para un mejor cuidado y calidad de vida de las personas y una mayor productividad en la explotación de los recursos naturales.</p> <p>En el 2010 amplió la comercialización de sus tecnologías dentro del mercado minero con la empresa BHP Billiton, que la invitó a ser parte del programa Cluster de proveedores de clase mundial.</p>
MIRS ³⁶	<p>Está formada por Codelco (36%); HighService Ltda. (53%); Nippon Mining & Metals Co Ltd. (9%), y KUKA Roboter GmbH (2%).</p> <p>Busca ser líder en soluciones y servicios robóticos para la minería mundial, sobre la base de la excelencia en el servicio, la innovación, propiedad intelectual, desarrollo de sus profesionales, satisfacción de necesidades de los clientes y cuidado del medio ambiente.</p>	<p>Las soluciones y servicios robóticos incluyen investigación, diseño, creación, fabricación e instalación, suministro, mantención y comercialización.</p> <p>Se orienta a mejorar y aliviar las condiciones de trabajo en medioambientes adversos, de tareas tediosas o repetitivas y el aumento de la eficiencia de los procesos (aumento de la productividad).</p> <p>MIRS está inscrito en el registro Público de Centros de Investigación de CORFO, por lo que puede otorgar incentivos tributarios a empresas privadas que deseen invertir en I+D.</p>

2.1.3. Biotecnología y minería

Si bien la automatización de los procesos traen distintos beneficios en la industria, es importante recalcar también el potencial que tiene la transformación de metales llevada a cabo por microorganismos, denominada Biominería.

La biominería es considerada como una revolución dentro de la minería, donde se utilizan microorganismos en los diferentes aspectos de la explotación de los minerales, abarcando desde la concentración de las especies de interés, a través de bioflotación, la recuperación de los elementos

³⁵ MICOMO: Mining Information Communications & Monitoring S.A.

³⁶ MIRS: Mining Industry Robotic Solutions.

presentes en ellas (biolixiviación, biooxidación), hasta su acción en tareas de biorremediación ambiental.

Con el uso de las técnicas biotecnológicas se puede obtener cobre, a partir de yacimientos de baja ley a bajo costo y de manera amigable con el medio ambiente. Debido al estudio de procesos naturales, se ha podido conocer cómo operan diversos microorganismos, para luego optimizarlos y aplicarlos en la explotación de recursos minerales. Todo esto con el fin de lograr un tratamiento más barato y ambientalmente más limpio.

Figura 17: Técnicas biotecnológicas aplicadas en la minería.

Técnica	Descripción
Biodegradación	Descomposición de un sustrato orgánico por acción microbiológica.
Biogénesis o Biomineralización	Formación de minerales en suelos a partir de sus componentes por acción bacteriana.
Biofijación o biosorción	Remoción de contaminantes, generalmente metálicos, presentes en un líquido sobre microorganismos vivos o muertos.
Biofloculación	Modificación de la superficie de un mineral por acción bacteriana previa a la concentración para lograr separaciones por flotación más selectivas. También se le llama flotación inducida por microorganismos.
Bioflotación	Reemplazo de reactivos químicos, utilizados en la flotación, por microorganismos.
Biolixiviación	Extracción de metales contenidos en carbones, suelos, sedimentos o minerales debido a la solubilización (oxidación) de éstos por acción microbiológica. El residuo se desecha y la solución se procesa para obtener metales.
Biooxidación	Solubilización de los constituyentes del mineral por acción bacteriana en donde se remueven los constituyentes del mineral que interfieren con la extracción convencional de los valores metálicos. La solución se desecha y el residuo se procesa para obtener metales.
Biorreducción	Reducción de compuestos oxidados (nitratos, óxidos metálicos, sulfatos, etc.) por acción microbiológica.

*Fuente: Elaboración propia a partir de la presente investigación.

Estos procesos tienen distintas ventajas, dentro de ellas podemos reconocer la ausencia de emisiones tóxicas en los distintos procesos, requiere de poca inversión de capital, se usan utilizan equipos sencillos, bajos costos de operación necesarios para las operaciones hidrometalúrgicas, se puede realizar la explotación de la zona en menor tiempo, generan productos estables, los costos y tiempo son

menores para legalizar los desechos, los costos de capital y operación también son menores, la separación de los subproductos es fácil, permite el tratamiento de minerales con bajo contenido de metal en las minas, los que no pueden ser económicamente procesados por los métodos tradicionales y habitualmente se acumulan sin ningún tipo de tratamiento, entre otras.

Sin embargo, el conocimiento de los mecanismos de estos procesos aun es incompleto ya que se trata de sistemas heterogéneos, con diseño, ingeniería y control complejos.

2.1.4. Biolixiviación del Cobre

La biolixiviación es un proceso natural que resulta de la acción de un grupo de bacterias con habilidad de oxidar minerales sulfurados, permitiendo la liberación de los valores metálicos contenidos en ellos, por lo que se puede extraer un metal de valor como uranio, cobre, zinc, níquel y cobalto presente en las minas o en un concentrado mineral. El producto final es una solución ácida que contiene el metal en su forma soluble. De esta manera la biolixiviación es un proceso químico, mediado por el agua y el oxígeno atmosférico y un proceso biológico, mediado por organismos. El uso de éstas bacterias se justifica sólo cuando el material sulfurado de un yacimiento cuprífero es de baja ley o tiene menos de un 0,5% de cobre, situación en la que el proceso productivo tradicional de piro-metalurgia deja de ser rentable y se buscan nuevos procesos, más baratos y eficientes³⁷.

En este contexto, el descubrimiento de bacterias acidófilas ferro-oxidantes y sulfo-oxidantes³⁸ ha sido primordial en la definición de la lixiviación como un proceso catalizado biológicamente, es ahí donde la biotecnología juega un rol primordial y donde la tecnología microbiana presenta ventajas sobre los métodos no biológicos, como el requerimiento de poca inversión de capital, ya que las bacterias pueden ser aisladas a partir de aguas ácidas de minas, lo cual implica bajos costos de operación necesarios para las operaciones hidro-metalúrgicas, en comparación con los procesos convencionales. Además, su proceso es mucho menos contaminante, se puede realizar la explotación de la zona en menor tiempo, generan productos estables, la separación de los subproductos es fácil, permite el tratamiento de minerales con bajo contenido de metal en las minas, los que no pueden ser

³⁷ CIMM, 2005.

³⁸ La *Acidithiobacillus ferrooxidans* ha sido la bacteria más estudiada para biolixiviación y de la cual existe más información, sin embargo, existen otros microorganismos identificados que solubilizan minerales sulfurados.

económicamente procesados por los métodos tradicionales y habitualmente se acumulan sin ningún tipo de tratamiento, entre otras. Sin embargo, también existen desventajas generalmente relacionadas con el impacto ambiental que generan estos procesos, reflejado en la alta producción de ácido por parte de las bacterias (en particular contaminando fuentes de aguas subterráneas). Esto, junto con la búsqueda de hacer más eficientes los procesos de biolixiviación, ha impulsado la búsqueda de soluciones a nivel genético de la bacteria.

2.1.5. Desarrollo Nacional

La biolixiviación en nuestro país comenzó a experimentarse en Chuquicamata de la división Norte de Codelco, II Región a inicios de los 70', donde era posible recuperar cobre mediante unas bacterias. Se realizó un estudio en terreno y se logró aislar y hacer cultivos de estas bacterias, para luego esparcirlas en solución sobre el mineral, potenciando el proceso de biolixiviación que se daba por las bacterias naturalmente presentes.

En 1986 se inició la aplicación de la biolixiviación en la mina Lo Aguirre de la Sociedad Minera Pudahuel Ltda., Región Metropolitana. En un inicio, los minerales oxidados y mixtos de cobre caracterizaban el yacimiento, pero poco a poco comenzó a disminuir el contenido de óxidos del mineral recién extraído, hasta que en 1987 era tan bajo que desde ese mismo año se comenzó a aplicar la biolixiviación como única alternativa para lixiviar minerales extraídos. La mina se clausuró en 1996 debido al agotamiento del yacimiento. Ya en 1993 y 1994 nacen 2 proyectos mineros en la I Región: Cerro Colorado y Quebrada Blanca, con lo que se enfrentó el desafío de implementar la biolixiviación en condiciones adversas de altura geográfica y de temperatura ambiente, donde la factibilidad técnica y económica del proceso se convirtió en un tema importante en 1997, por lo que Codelco y BHP Billiton se unieron y formaron Alliance Copper Limited. Codelco aportó con su experiencia en extracción, mientras que BHP Billiton contribuyó con su conocimiento en tecnología de biolixiviación con marca BioCOP. Esto permitió tener en operación una planta piloto en la división Chuquicamata durante 4 años, tiempo en que se pudo validar la tecnología para luego poder crear una planta prototipo de biolixiviación, la que obtuvo calificación ambiental favorable por Corema en el 2005.

En el 2006 se disolvió Alliance Copper Limited, Codelco compró acciones de BHP Billiton, por lo que pasó a llamarse EcoMetales Limited. Como la tecnología BioCOP está patentada por BHP, en la venta

se retiró la licencia BioCOP, los equipos y tecnologías asociados a este proceso, quedándose Codelco con los demás activos de la planta, los que podía emplear para desarrollar otros procesos distintos a BioCOP, tecnología que según el acuerdo de fin de la alianza, no podría ser usada por Codelco hasta el año 2016³⁹.

Ante el beneficioso panorama, se gestó el Programa de Biominería de Genoma Chile en Julio 2001, cuyo propósito es mejorar los procesos de biolixiviación bacteriana de minerales, especialmente de cobre, a través del secuenciamiento e intervención del genoma de microorganismos útiles, desarrollando nuevas tecnologías con soporte genómico y bioinformático aplicables a la biominería, y la formación de profesionales, infraestructura y capacidad tecnológica nacional en biotecnología para este sector. También busca incentivar la participación conjunta de empresas mineras y tecnológicas para acelerar el desarrollo de innovaciones mineras. El Programa es manejado por Codelco, a través de un convenio entre Codelco, CORFO y CONICYT; y busca la producción de derechos de propiedad intelectual de tecnologías y procesos biológicos aplicables comercialmente. En este marco se crea BioSigma.

En este programa, que contribuyó con US\$2 millones⁴⁰, la alianza realizó un proyecto de investigación de biolixiviación, donde se logró el aislamiento, secuenciamiento e identificación del genoma de tres bacterias altamente eficientes en la oxidación del hierro y azufre de los minerales de cobre, lo que optimiza los tiempos para la recuperación del cobre.

Si bien estas 2 entidades son importantes a la hora de usar esta técnica biotecnológica, no son las únicas que lo hacen en Chile, así también hay otras compañías mineras que también han desarrollado exitosamente la biolixiviación en sus plantas, y/o desarrollan investigación en la materia⁴¹.

³⁹ Actualmente EcoMetales procesa polvos de fundición de las fundiciones Chuquicamata y Ventanas. (EcoMetales, 2009).

⁴⁰ La inversión inicial fue de US\$ 2 millones el Estado de Chile, US\$ 2 millones Codelco y US\$1 millón Nippon Mining Ltda. Hoy Biosigma está avaluada en US\$ 40 millones.

⁴¹ Ver Anexo: Lixiviación en pilas de minerales de cobre (Histórica y actual).

Cuadro 2: Biosigma S.A⁴².

Fue creada en el 2002 por Codelco (66,66%) y la empresa japonesa Nippon Mining & Metals, Co. Ltd (33,34%), con el objetivo de incorporar a la minería los avances de la biotecnología (genómica, proteómica y bioinformática), desarrollar y comercializar tecnologías para la biolixiviación de los recursos de baja ley y otros materiales secundarios existentes en la industria minera. Su financiamiento es de US\$5 millones, de los cuales US\$2 millones son aportados por los fondos de CORFO y CONICYT y el resto es entregado por la sociedad de inversiones.

BioSigma es la principal empresa de biotecnología para la minería en el mundo y con el patrocinio de sus socios y en el marco de la generación de Negocios Tecnológicos, continúa el esfuerzo de inversión de riesgo para la incorporación de la ciencia. Se creó en el marco del Programa Genoma Chile para incorporar al país a la corriente genómica mundial mediante alianzas público-privadas, agregando valor a las ventajas comparativas de sus recursos naturales. Ha logrado avances científicos y tecnológicos, como aislar microorganismos de acción mejorada, establecer bases de datos sobre sus genes, proteínas y metabolitos que participan en el proceso de biolixiviación de cobre, lo cual ha permitido avanzar en la biolixiviación de minerales primarios y la calcopirita. Al respecto, en el año 2009 se concedió a BioSigma la patente de invención del microorganismo Wenelén, logrando la propiedad industrial del primer microorganismo chileno que acelera el proceso para recuperar cobre en los minerales de baja ley. El valor de la Wenelén son sus propiedades para biolixiviar de la calcopirita, mineral abundante en los sulfuros de cobre. Su uso permite transformar los recursos de baja ley en reservas comercialmente explotables. Wenelén es también el primer microorganismo patentado para la biolixiviación de cobre a nivel mundial.

Para esta entidad, la propiedad intelectual es fundamental ya que protege el microorganismo descubierto y sus usos en los procesos de biolixiviación de minerales. Además, ha presentado solicitudes de patentamiento de más de 80 microorganismos de su propiedad, entre ellas Licanantay y Yagán, bacterias que complementan a la Wenelén en sus aplicaciones industriales. Además, ha desarrollado una completa gama de tecnologías para el biomonitoreo de la microflora y la actividad bacteriana, también protegida por más de 7 solicitudes de patentes de invención y el secreto empresarial.

En cuanto a recursos humanos, allí trabajan 93 profesionales y técnicos en bioquímica, biotecnología, microbiología molecular e industrial, ingeniería química y metalurgia e ingeniería de procesos y de proyectos, en sus tareas ingeniería y aplicación tecnológica, y las tareas de investigación e innovación. Quince de ellos tienen doctorados en ciencias o ingeniería.

En una entrevista realizada en el año 2005⁴³, el gerente general de BioSigma, Dr. Ricardo Badilla, señala que su propósito fue juntar la excelencia en la operación de las plantas de hidrometalurgia ligadas a la producción de metales y el de la biotecnología, que representa valores en Bolsa varias veces más grandes que la minería misma, si uno considera las empresas farmacéuticas y de alimentos basados en biotecnología. Además, da a conocer que en BioSigma están siempre abiertos a acuerdos de cooperación tecnológica y a través de convenios de confidencialidad ven la forma de llegar a acuerdos. Y en cuanto a los investigadores universitarios, se les da soporte no sólo financiero sino también

⁴² www.codelco.cl.

⁴³ www.editec.cl

apoyo en las decisiones técnicas, que orientan y ayudan a definir las tareas. Son proyectos de colaboración, en que los objetivos, métodos y tareas los definen en conjunto.

También se estableció un plan de acción que involucra líneas de investigación y desarrollo de negocios. Particularmente en ámbitos que tienen que ver con el mejoramiento de los procesos de biolixiviación de minerales, donde lo primero fue la búsqueda de las oportunidades de acción a partir de los avances de la biotecnología y el análisis crítico de las capacidades existentes en Chile y el mundo. Llamaron a concurso a la comunidad científica internacional, para llevar adelante las investigaciones en temas de biotecnología con potencial de aplicación comercial en minería y recibieron 21 propuestas. Firmaron contratos con tres consorcios universitarios chilenos y uno japonés.

Si bien se sienten satisfechos porque las cosas marchan en la dirección correcta, no quiere decir que dejarán de hacer esfuerzos importantes. Mas bien, serán más exigentes pues deben transformar esos conocimientos en tecnologías que se puedan comercializar, tarea que es mucho más compleja.

Biosigma y su Laboratorio Referencial de Biotecnología⁴⁴

El Laboratorio Referencial de Biotecnologías para la Minería de BioSigma está ubicado en Colina y ocupa una superficie aproximada de 400 metros cuadrados.

Sus profesionales son los encargados de verificar los avances científicos alcanzados y transformar en tecnología minera los conocimientos obtenidos.

El laboratorio representa un avance importante para la biotecnología minera a nivel mundial, donde están las tecnologías asociadas a la biotecnología para aislar, cultivar, caracterizar y mantener una gama de microorganismos de impacto comercial, unidos a técnicas avanzadas de microbiología molecular incluyendo la amplificación del DNA, cuantificación del DNA, análisis poblacionales, chips de DNA y otros.

En el ámbito de la biominería, está dotado de un completo equipamiento para ensayos a escala de laboratorio de procesos de biolixiviación de minerales y recursos mineros o procesos de mejoras medioambientales, incluyendo un moderno sistema de adquisición de datos y control de los procesos y el equipamiento para los análisis fisicoquímicos necesarios para la caracterización de los minerales.

2.1.6. Panorama actual

Una parte importante de la economía chilena depende de la producción de cobre. La participación en el PIB nacional de la minería del cobre es aproximadamente del orden del 6% en precios constantes de 2003, y en términos del aporte al fisco, Codelco y ENAMI representan cerca del 15% del total de los ingresos fiscales⁴⁵. Es por esto que es importante cumplir con las metas de producción, tarea que se torna cada vez más compleja debido al agotamiento de recursos de mayor ley de cobre y minerales oxidados, dejando para la explotación solamente recursos de menor ley y minerales sulfurados. Es ahí

⁴⁴ Inaugurado el 18 de noviembre por el Presidente Ricardo Lagos.

⁴⁵ COCHILCO, 2009.

donde la biotecnología juega un rol muy importante debido al aporte significativo al incrementar la producción total del cobre.

Hay estimaciones que señalan que a través de esta técnica biotecnológica se recuperan anualmente 555 mil toneladas de cobre fino, lo que un total de producción anual de cobre fino de 5.330,3 mil toneladas, representa el 10,4% de la producción total de cobre. Además, su uso masivo permitiría disminuir los costos de producción de cobre en un 50%, multiplicándose por cuatro las reservas económicamente explotables de éste mineral en el país. Podemos ver la producción de cobre en Chile bajo la técnica de biolixiviación en el cuadro final de esta parte.

Por otro lado, el Estado solamente ha implementado programas para incentivar la biotecnología en la minería como en programa Genoma, con financiamiento parcial de los proyectos. La meta es mejorar su participación, en el fomento de I+D en éste tema. Además, dado que la implementación de una nueva tecnología implica un alto grado de incertidumbre, es necesario que ésta y su aplicación se difunda mucho más para que las barreras de acceso disminuyan, así como el riesgo percibido por las empresas que deseen entrar en la industria, las cuales ya se sienten limitadas por el aumento del costo energético para el funcionamiento de sus equipos, la disminución gradual de la ley del cobre y la creciente demanda ambiental. El mercado y la demanda ambiental generan limitaciones a las tecnologías convencionales y por tanto exigen tecnologías nuevas más eficientes, económicas y ambientalmente limpias.

Finalmente, la biolixiviación ha tenido una gran aceptación a lo largo de sus años de utilización, principalmente debido a su eficiencia, relativa facilidad de aplicación y al favorable retorno económico que lleva asociado cuando se combina con otras tecnologías utilizadas durante los procesos extractivos, como la extracción por solventes y la electrobtencción, sin embargo, aun hay espacios para seguir utilizándola y masificándola ya que los beneficios que produce para nuestra economía son verdaderamente significativos para poder continuar con el desarrollo chileno.

Figura 18: Producción de cobre bajo tecnología de Biolixiviación

Operación	Producción (TM/año 2008)	Operador	Grado Cobre	Duración proceso
Quebrada Blanca	82.000	Teck	0.3	1994-Present
Codelco-Chuquicamata	85.000	CODELCO	0.3	1994-Present
Andacollo	22.500	Teck	0.58	1996-Present
Dos Amigos	10.000	Cemin	2.5	1996-Present
Los Bronces	46.400	Anglo American	0.45	2006-Present
Minera Escondida	182.000	BHP Billiton	0.3 - 0.7	2006-Present
Minera Spence	128.000	BHP Billiton	1.12	2007-Present
Tota Producción por Biolixiviación	555.900			
% Biolixiviación / Producción Total	10,4			

Fuente: Demergasso, C. (2009).

Además, en su último informe, la Corporación de Bienes de Capital (CBC) estima que las inversiones comprometidas en el sector minero chileno para los próximos cinco años suman US\$31.763 millones, lo que representa casi el 44% de las inversiones totales catastradas por la entidad y pese a la incertidumbre existente debido a la crisis financiera internacional y a la desaceleración que se pronostica para la economía chilena, la industria minera seguirá creciendo fuertemente debido a varias razones, entre ellas están las expectativas respecto de que la demanda de materias primas desde China se mantendrá fuerte, ya que, como estrategia contracíclica, se espera que este país mantenga su gran plan de construcción de infraestructura y vivienda. Por otro, está el hecho de que muchos de los proyectos mineros anunciados en Chile están en su etapa madura de diseño y probablemente es más caro dejarlos en suspenso que continuar con su construcción. De todas maneras, el portafolio de proyectos mineros planeados para los próximos cinco años es abundante y representa una oportunidad para la industria minera de Chile.

Este volumen de negocios que estos proyectos aseguran abre una ventana para embarcarse en programas de innovación tecnológica y hacer que Chile desarrolle una industria de bienes y servicios

mineros de vanguardia, como lo han hecho Finlandia o Australia. Esta oportunidad está dada por los miles de millones de dólares involucrados y la necesidad de los operadores mineros de mejorar radicalmente su eficiencia y controlar costos. Además, la industria enfrenta una severa escasez de recursos humanos que también la obliga a buscar soluciones tecnológicas para aumentar la productividad.

Chile ha intentado empujar estrategias de clústeres en el sector minero con resultados mixtos, pero el Estado, operadores, proveedores y universidades deben seguir insistiendo. Hoy, el valor agregado en la industria minera no está en producir más cobre refinado, sino en producir tecnología para hacer más eficientes los procesos y es ahí donde la biotecnología juega un rol fundamental del que hemos hablado.

Por último, la llegada a Chile en el 2011 del CSIRO⁴⁶, facilitará la transferencia de tecnología y la participación de universidades y centros de investigación chilenos, por lo que mejorará los esfuerzos locales de investigación y desarrollo.

En resumen, las condiciones están dadas para que Chile se transforme en un centro generador de tecnología minera y no debemos dejar pasar esta oportunidad.

⁴⁶ CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Centro de investigación minera australiano.

Caso Segundo

Desarrollo de vacunas para Salmones

2.2. Segundo caso: Desarrollo de vacunas para Salmones

2.2.1. Salmonicultura en Chile y virus ISA

Durante las últimas décadas la industria del salmón ha sufrido un fuerte incremento tanto a nivel mundial como nacional. En Chile, la exportación de este producto, abarca el 3,4% de la exportación total nacional y el 58% de las exportaciones pesqueras (al año 2008)⁴⁷. Hoy la industria salmonicultora chilena es el cuarto sector exportador del país, genera más de 45.000 empleos directos e indirectos y Chile es el segundo productor de salmónes en el mundo superado sólo por Noruega.

La introducción de especies acuícolas exóticas se produjo en Chile entre 1850 y 1920, sin embargo, los primeros salmónes llegaron a partir de 1921, debido a la iniciativa del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y en el año 1973, el IFOP logró implementar tecnologías pioneras traídas desde el extranjero para el cultivo de distintas especies acuícolas y ya en 1976, luego de la construcción de las dos primeras jaulas para alevines⁴⁸, llegaron a Chile 500 mil ovas de salmón Coho. En 1978, la preocupación del Estado por esta actividad se hizo presente con la creación de la Subsecretaría de Pesca y el Servicio Nacional de Pesca, Sernapesca. Así, entre 1978 y 1980 se desarrollaron una serie de iniciativas privadas y se crearon distintas empresas dedicadas exclusivamente a la salmonicultura. En 1985 existían 36 centros de cultivo operando en territorio nacional y la producción total llegaba a más de 1.200 toneladas. Un año más tarde los proyectos en la industria arrojaban grandes cifras de retorno y la producción superaba las 2.100 toneladas anuales, consolidándose la industria salmonicultora con el nacimiento de la Asociación de Productores de Salmón y Trucha de Chile A.G, hoy SalmonChile.

En 1990, la salmonicultura comenzó a desarrollar reproducción en Chile y se obtuvieron las primeras ovas⁴⁹ nacionales de salmón Coho, lo cual se conoce como el primer adelanto científico nacional. Desde ese momento se realizan mejoras más importantes en los alimentos para salmónes, lo que ha permitido el aumento de los volúmenes de producción y la profesionalización de la industria. Junto con estas mejoras, la industria avanzó en otras técnicas de cultivo.

⁴⁷ SalmonChile.

⁴⁸ Ver Apéndice: Alevín.

⁴⁹ Ver Apéndice: Ova.

Hoy, los peces se trasladan del agua hacia los equipos de selección con bombas, mientras que el conteo, selección y graduación se realiza en una sola operación, disminuyendo al máximo el contacto de los salmónidos con elementos extraños. No obstante los avances de la industria chilena y de los mercados, en 1998 la industria vivió uno de sus momentos más complicados debido a la crisis asiática, que hizo caer los precios en Japón, y una sobreproducción a nivel mundial. A pesar de la situación, la industria pudo sobrellevar el problema y seguir aumentando su producción.

Las ganancias reportadas en la industria trajeron consigo prácticas poco adecuadas para la obtención de grandes volúmenes de salmones. Además, al ser las leyes no tan claras y tajantes, se explotan miles de salmones, se acumulan en las jaulas, se crean enfermedades ya que estos son sacados de su ecosistema normal y son puestos bajo un gran stress. Todo esto los deja vulnerables frente a enfermedades como la causada por el ISA. La llegada de este virus hizo notar las falencias sanitarias existentes en la industria. La Ley general de Pesca y Acuicultura tuvo que ser modificada en el senado. Las empresas nacionales ocultaron la presencia de este virus en sus inicios. Actualmente está comprobado que las empresas que ocultaron los diagnósticos fueron Marine Harvest y Mainstream, Con esto disminuyó la producción de salmón Atlántico en un 50%, miles de personas perdieron sus trabajos y ha habido pérdidas por millones de dólares, lo cual afecta claramente la economía nacional.

Cuadro 3: Anemia Infecciosa del Salmón (ISA)⁵⁰

Es una enfermedad producida por un virus de la familia Orthomyxoviridae, del género Isavirus. Afecta a peces cultivados en agua de mar de la especie *Salmo salar* (Salmón del Atlántico) y tiene grandes efectos en la producción de salmones, ya que provoca importantes mortalidades entre los grupos infectados. No tiene impacto en salud pública, ya que el virus no afecta al ser humano.

Fue reportada por primera vez en Noruega en los años 80 y en nuestro país el primer caso apareció oficialmente el 25 de julio de 2007 en un centro de cultivo en Chiloé central. A partir de ese momento se ha detectado la enfermedad y el virus en otros centros de cultivos de Salmón del Atlántico, ubicados en distintas zonas de la X, XI y XII región.

La patología alcanzó tasas de mortalidad cercanas al 100% en Europa, por lo que su presencia en Chile despertó la alerta en la industria y también en sus mercados de destino en el mundo. Sin embargo, el escaso conocimiento sobre ella y la falta de vacunas para prevenirla en todo el mundo, ocasionó que golpeará fuertemente el rubro, sumando pérdidas estimadas en más de 160 millones de dólares y un aumento de la cesantía fuertemente concentrado en la X y XI

⁵⁰ Elaboración propia en base a diferentes fuentes.

regiones, dónde el cultivo del salmón representaba la mayor actividad productiva.

Desde la aparición de la enfermedad el Servicio ha emitido diversas resoluciones, orientadas principalmente a establecer medidas de contingencia en una primera instancia y de vigilancia y de control posteriormente⁵¹.

Frente a esta difícil situación, los investigadores de diversas entidades académicas, laboratorios de diagnósticos y farmacéuticos, en colaboración con especialistas extranjeros, investigaron y caracterizaron al virus en un corto periodo, desarrollando, a partir de 2008, distintas vacunas contra el virus. Desarrollando también rápidamente métodos de diagnóstico del ISA, para identificar el genoma del virus.

Los diagnósticos de ISA alcanzaron su umbral el año 2008, para posteriormente tener un importante descenso el año 2009. Actualmente existe un común acuerdo que la salmonicultura ha comenzado a recuperarse.

2.2.2. Innovación en Salmonicultura

Durante fines de los 70' y parte de los 80', se realizó un proceso de adquisición de tecnología y establecimiento de la industria, con ejemplos jóvenes y a pequeña escala, a partir de los procesos avanzados y consolidados en países desarrollados, con una gran historia en innovación y una base sólida de I+D y científica. Chile en ese entonces estaba iniciando a adoptar estas tecnologías, utilizando sólo una porción muy pequeña de los recursos naturales disponibles, a pesar de que estaban todas las condiciones para seleccionar los mejores lugares y aguas y habían expertos con 10 años a 20 años de experiencia en estos temas.

Más tarde, en los 90', las principales incorporaciones y desarrollos tecnológicos incluyeron el desarrollo de la producción nacional de ovas disminuyendo significativamente la importación, la incorporación de dietas con mejor balance proteína/energía permitió aumentar las tasas de crecimiento, mejorando la productividad y las tasas de conversión de alimento en carne, lo que además contribuyó a disminuir los impactos ambientales. Los programas de manejo de reproductores y mejoramiento genético se iniciaron a partir de 1992.

⁵¹ www.salmonchile.cl.

El procesamiento de la cosecha, que inicialmente consistía sólo en la eliminación de vísceras y limpieza de la canal (que se comercializaba fresca o congelada y con o sin cabeza) fue complejizándose y se generó un gran desarrollo de procesos eficientes a gran escala para la elaboración de cortes de carnicería que permitió concentrar valor en menos peso. Esto ayudó a disminuir fuertemente los costos de transporte, especialmente del producto fresco.

Los productos desarrollados (filetes en distintas presentaciones) diferenciaron el producto en el mercado, dando ventajas competitivas a la industria nacional. Paralelamente, estos procesos altamente demandantes en mano de obra impulsaron fuertemente la generación de empleo en las regiones salmoneras.

El desarrollo de la industria ya era claro, incluyendo la logística asociada para la recolección y reducción de los desechos producidos por las plantas de proceso y de las mortalidades generadas en los centros de cultivo, transformándolos en productos proteicos y lipídicos para uso animal, lo que generó un gran impacto positivo, al absorberse la totalidad del creciente volumen de desechos de las plantas de proceso generado por el crecimiento de la industria y a la disminución de la fracción exportada debido a las innovaciones en proceso y productos.

La búsqueda de maneras para agregar valor a nuestro producto derivó en el desarrollo y la implementación de procesos para desarrollar productos ahumados. Otras iniciativas, como el desarrollo cecinas y hamburguesas, no generaron los resultados esperados. A pesar de los esfuerzos, la industria transforma sólo una pequeña parte de su producción en productos de alto valor agregado.

El enfoque de la industria durante esa década fortaleció su capacidad de crecimiento, pudiendo operar en centros con mayores dificultades logísticas y se subió la escala operativa básica aumentando el tamaño de los tipos de jaulas. Se incorporaron jaulas circulares plásticas grandes, su capacidad aumentó entre 700% y hasta 1.200%, los centros de cultivo crecieron y el número de jaulas por centro se mantuvo o bajó en promedio. Se realizaron optimizaciones en la ingeniería de construcción de balsas jaula y fondeos de centros de cultivo, se desarrollaron sistemas flotantes con la habitabilidad y capacidad de almacenamiento necesarios para el funcionamiento de centros de cultivos en lugares remotos.

Se otorgó importancia a la selección genética de peces con el objeto de producir grupos que presentaran buenas características productivas para la industria y el avance en los controles automatizados ha permitido una importante reducción de la mano de obra y de los tiempos. Estos sistemas han permitido eliminar los excesos de alimentación al detectar por diversas vías el estado de saciedad de los peces en cultivo. Algunas de estas etapas, hasta inicios del año 2000 se pueden apreciar al final de esta parte.

Además, se ha desarrollado una industria reductora de excedentes productivos de salmón debido a la instalación y operación de empresas que se dedican a la fabricación de harina y aceite de pescado a partir de descartes y mortalidades de salmónes, lo cual ha traído un gran impacto positivo, que incluye un mejor aprovechamiento del recurso y, por tanto, mayor eficiencia global; se evita la disposición de desecho que es costosa y muchas veces no está disponible o adecuada para recibirlos, causando riesgos ambientales; se generan nuevos productos como harina y aceite de gran valor nutricional que pueden ser dirigidos como insumos base en la alimentación de otros animales y generación de un servicio de retiro e inutilización de mortalidades en los centros que evita robos y comercialización de ellos en plantas clandestinas.

Sin embargo, aun hay problemas por solucionar, como las floraciones microalgales⁵², ataques de lobos, algunas enfermedades infecciosas⁵³, entre otros. Es por esto que la aplicación de innovaciones generaría una importante disminución en la prevalencia de las enfermedades existentes y la eliminación del riesgo de importación de nuevas enfermedades, bajando las pérdidas por mortalidades, bajos crecimientos asociados y rebajando de manera importante el uso de antibióticos.

Por otro lado, Fundación Chile también cumple un rol importante para la consolidación de esta industria, pues en el 2008, ante el brote del virus ISA, participó en la Mesa del Salmón, donde se establecieron recomendaciones para abordar la problemática del sector de manera técnica, económica y

⁵² Estos fenómenos biológicos han afectado a la industria desde sus inicios, en 1988. Sólo se han generado sistemas de alarma temprana del avance de este fenómeno. Se ha experimentado con sistemas para hundir jaulas bajo el nivel de la floración, sistemas de inyección de aire para generar flujos de agua limpia desde aguas limpias por debajo de la floración y que desplace el alga de la jaula, cortinas plásticas que rodean las jaulas para evitar el ingreso del bloom. Sin embargo, no hay buenos registros para evaluar el nivel de protección lograda.

⁵³ El empeoramiento sanitario ha sido consecuencia de un continuo proceso de adición de nuevas patologías, seguido por un proceso de transmisión horizontal y un traspaso de enfermedades a través del proceso productivo y reproductivo, con múltiples puntos de contaminación cruzada que termina transformándose en una ruta de diseminación y amplificación de cada problema sanitario.

globalizada. La innovación en procesos y valor agregado ha sido una actividad relevante para esta entidad, con iniciativas como el procesamiento de co-productos de la salmonicultura mediante biotecnología enzimática, generando concentrados y aislados proteicos de pescado para consumo humano y la formulación de aditivos ricos en ácidos grasos Omega 3 para enriquecimiento de alimentos de consumo masivo. Además, han abordado tecnologías y procedimientos de cosecha de salmones, que permitan operar en condiciones de bajo stress y de welfare (bienestar animal). Asimismo, en su Centro Tecnológico de Quillaipe realizan servicios de bioensayos para la salmonicultura e industria en general y ya en el año 2010 firmaron un acuerdo de colaboración con el Fraunhofer Institut de Alemania que permitirá desarrollar una línea de trabajo de biotecnología en acuicultura⁵⁴.

Estos grupos poseen laboratorios de biología molecular, de química y bioquímica, de microbiología y biología, de genética y biotecnología en acuicultura, laboratorio de salmones, de micro y macroalgas, laboratorio de “marea roja”, de ecología microbiana y toxicología ambiental, bioterio y banco de recursos biológicos, entre otros.

Sin embargo, aun es un área en desarrollo y los desafíos futuros que se han identificado en éste campo incluyen el control de enfermedades, la producción de alimentos para especies acuícolas, el mejoramiento genético con técnicas genómicas, el aumento de la productividad de sustancias químicas de uso industrial o farmacológico en algas y moluscos mediante ingeniería genética, biorremediación de fondos marinos y soluciones para el problema de las toxinas marinas en moluscos.

Es necesario destacar que en el 2006 se aprobó un Consorcio Tecnológico Empresarial con recursos de Innova Chile de CORFO, que reúne a empresas del sector y la Universidad de Chile, cuyo fin es mejorar la competitividad y abrir oportunidades de nuevos negocios en la industria de salmones, incorporando herramientas biotecnológicas y de genética molecular al proceso productivo, del reforzamiento de la capacidad de investigación en el país y de la incorporación permanente de personal altamente calificado a la industria. Estas iniciativas ayudarán a que Chile pueda lograr un liderazgo sostenible en la materia tiene que cuidar los recursos disponibles, recurrir a avances tecnológicos,

⁵⁴ www.fundacionchile.com.

disminuir nuestra dependencia de tecnologías importadas, diversificar la acuicultura, y transformar los marcos legales para que exijan protección ambiental y sanitaria.

Figura 19: Etapas históricas en el proceso de innovación en Salmonicultura



*Fuente: Contribuciones y aciertos de la innovación tecnológica en la salmonicultura chilena. Adolfo Alvial. Marine Harvest Chile.

2.2.3. Empresas

La recuperación de la industria del salmón, junto al cultivo de especies como el abalón rojo, los choritos y los mitílidos han abierto importantes espacios para la inversión y también para la investigación en las regiones de Los Ríos y de Los Lagos. En los últimos años, al menos seis centros de I+D (nacionales y extranjeros) se han instalado en la zona sur del país, convirtiéndose en importantes proveedores para las empresas acuícolas. Aunque parte importante de estos centros partieron enfocados

en la industria del salmón, la crisis que afectó al sector los ha llevado a diversificar su oferta y buscar contratos en otras áreas productivas regionales.

A 10 kilómetros de Puerto Montt, ADL Diagnostic es una de las pioneras en el rubro. Nacida como un tradicional laboratorio para la acuicultura, las necesidades de sus clientes llevaron a que en 2007 el área de I+D formara parte del negocio. Fue la primera de la región en firmar como centro acreditado en el marco de la Ley de Incentivo Tributario a la inversión privada en I+D. Entre sus proyectos principales están el desarrollo de un producto anti-stress, de base natural, en la dieta de salmónidos en etapa de cultivo comercial; determinación de prevalencia del virus ISA y Enfermedad Pancreática (PD), en la población de peces silvestres y asilvestrados de los lagos de la región con concesiones de salmonicultura; y ADLMag, una solución diagnóstica para optimizar el control de patógenos en la acuicultura.

Por otro lado, en agosto de 2007 se instaló en Puerto Varas “AVS Chile”, integrada por tres instituciones noruegas especializadas en la investigación en acuicultura: Nofima (ex-Akvaforsk), VESO y Sintef Fisheries and Aquaculture. Actualmente, lidera ante Corfo, la postulación de tres entidades noruegas (Nofima, Sintef y Niva), para la instalación en Chile de un centro de excelencia internacional para la investigación en acuicultura.

Aquinnovo es otra empresa que nació en 2007 con una inversión de US\$ 0 millones, con aportes de Corfo y de Empresas AquaChile en parte iguales. En genética han conseguido mejorar el crecimiento de salmónidos entre un 7 y 10%, mientras que en el área de la biotecnología han logrado desarrollar técnicas innovadoras de detección de patógenos mediante el uso de técnicas moleculares. Entre los proyectos inmediatos de Aquinnovo están el centro de investigación y transferencia tecnológica y un software para el manejo de programas de mejoramiento genético.

Ewos Innovation, en tanto, se instaló en Chile en julio de 2008. La filial de la empresa de alimentos noruega Ewos cuenta con una unidad de investigación en Puerto Montt, orientado a investigar e innovar en desarrollo para la nutrición de los peces y prevención de enfermedades en la salmonicultura.

Si bien las multinacionales tienen mayor experiencia en contratos de I+D, todas están en el mismo proceso de generar una cultura de I+D, aunque las empresas aún están concentradas en su negocio, el

cual es producir salmones, por lo que el apoyo debiese contemplar también la mejora de la performance productiva.

2.2.4. Desarrollo de la vacuna

A fines del 2007 y a raíz del gran problema causado por la aparición del virus ISA, el laboratorio Recalcine comenzó a trabajar en el desarrollo de una vacuna contra este virus y en el año 2008 informaron que técnicamente tenían desarrollada la vacuna, debido al trabajo de un equipo de 10 científicos expertos en virología animal, nacionales y extranjeros. Se trató de una sola inyección que cubre diversos tipos de patologías entre esos, el virus ISA.

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) decidió entregar la autorización para que se comercialice la primera alternativa inmunológica desarrollada en Chile disponible para combatir esa patología, realizada por la Farmacéutica en Acuicultura Veterinaria (FAV), una filial de la Corporación Farmacéutica Recalcine.

En el año 2009 el laboratorio Centrovét obtuvo el registro provisional del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para la primera vacuna chilena contra el virus ISA que fue desarrollada con tecnología de punta y utiliza como antígenos protectores proteínas recombinantes, obtenidas desde secuencias de aislados virales chilenos. Esta terapia representa una inversión de US\$6 millones y requirió dos años de investigación científica para producirla. Se trata de una vacuna inyectable que ha sido desarrollada con técnicas de ingeniería genética, logrando la generación de partes virales en levaduras, con lo cual el riesgo de reproducir la enfermedad no existe.

Con esta nueva vacuna se espera colaborar al renacimiento de la industria, aunque no es la solución definitiva para vencer al virus ISA y debería ir acompañada de un nuevo marco legal que regule la producción de salmón.

En su investigación, trabajó un equipo de 12 profesionales altamente calificados para producirlo. Inicialmente fue desarrollado como una versión inyectable y más tarde el mismo equipo obtuvo en forma adicional el registro de su versión de aplicación por vía oral, esta última desarrollada junto a la empresa Advanced Bionutrition (USA). En ambas vacunas, los principios activos son proteínas

derivadas de aislados chilenos de ISA, fabricados por levaduras especializadas en secretar estas proteínas al medio externo. El efecto observado en los peces vacunados es la aparición de anticuerpos específicos contra el virus, que son capaces de neutralizarlo en condiciones de infección viral.

La vacuna inyectable se aplica una vez, sin embargo, a fin de mantener una inmunidad adecuada y duradera, es posible aplicar una segunda o tercera vacunación, utilizando la versión oral recientemente registrada. Para su implementación es necesaria la existencia de laboratorios de ensayo que permitan el desarrollo y certificación de la efectividad de las vacunas.

La vacunación tiene un costo significativo en la producción y se supone que es costo efectiva, sin embargo, no existe suficiente confianza de las empresas criadoras en las vacunas existentes, generándose un círculo vicioso donde no se usan en todos los peces, no se obtiene el resultado esperado y, por tanto, no se adquiere la confianza. Debido a la falta de laboratorios de ensayo y actividad de I+D en el área, hay una carencia de información sobre si las vacunas funcionan o no, en qué condiciones lo hacen y a qué niveles de desafío se quiebra la protección, cómo ésta se pierde con el stress generado en el proceso, tales como transporte entre las unidades de cultivo y manejos. Así, para la implementación correcta de un sistema de vacunación no basta con el desarrollo de éstas y su puesta en el mercado, sino que también son necesarias más y mejores instalaciones y una mayor actividad de I+D que dé respuestas para una aplicación integral y suficientemente informada y que permita al mercado ganar confianza y considerar estos elementos adicionales para lograr un buen desempeño de las vacunas.

Cuadro 4: Laboratorio Centrovét⁵⁵

Es una compañía farmacéutica veterinaria nacional, que desde 1979 se dedica a la investigación, desarrollo y producción en salud animal. Su estrategia de negocios se basa en la aplicación de tecnología de punta, innovación, investigación, desarrollo, capacitación permanente y control de calidad para brindar un buen servicio tanto de pre venta como de post venta, siendo sus principales clientes empresas productoras de aves de carnes y huevos, la industria de peces, cerdos, bovinos y mascotas.

Inició sus actividades en 1979 junto a 2 veterinarios y 1 químico farmacéutico. En la actualidad trabajan 222 personas, 62 de ellas son profesionales de diferentes áreas, por lo que cuentan con Químicos Farmacéuticos, Biólogos, Bioquímicos,

⁵⁵ Elaboración propia basada en información de diversas fuentes.

Microbiólogos, Médicos Veterinarios e Ingenieros Civiles, etc. El equipo de I+D está formado por casi 30 personas, incluyendo 4 Ph.D, 6 Masters y 20 profesionales.

Han realizado alta inversión en equipos e infraestructura, poseyendo actualmente un total de 19.000m² de terreno, 12.000m² de ellos construidos.

Además, trabajan estrechamente con empresas en USA y cada vez más con universidades nacionales, entre ellas la Universidad de Chile, Andres Bello, Mayor, USACH y PUC. Gracias al proyecto InnovaChile de CORFO ha podido arriesgarse más a realizar investigaciones. Poseen infraestructura de punta por lo que pudieron ser los primeros con la vacuna ISA en Chile.

Pasó de ser un proveedor de productos farmacéuticos genéricos para animales, a convertirse en un laboratorio especializado en el desarrollo de vacunas y medicamentos veterinarios. Los impulsaron las ganas de atraer a las personas con los mejores talentos que estaban saliendo de las universidades en ese momento, para que trabajaran en las mejores instalaciones y se generara una instancia de confianza con los clientes, con todos los recursos disponibles para que el proyecto funcionara. En cinco o seis años pasaron a ser la empresa más importante en vacunas de peces en Chile y hoy el 10% de su facturación corresponde a exportaciones a distintas zonas del mundo (excepto USA, China y Europa, Australia entre las más importantes).

El vuelco en el foco de la empresa ha requerido una inversión de US\$ 12 millones en los últimos cinco años, de los cuales el 8% se destinó a I+D. Además, crearon dos gerencias de I+D, una para vacunas y otra para fármacos, que son transversales a las tres especies en las que se enfoca la compañía, aves, porcinos y peces (la principal).

Actualmente anota una facturación anual de US\$60 millones y espera crecer un 20% este año, está trabajando en el desarrollo de una vacuna contra el caligus⁵⁶. En aves, está desarrollando una nueva vacuna, más eficiente y de bajo costo, contra la salmonella y que podría estar lista a finales del 2012. En porcinos, se espera que los primeros productos comerciales salgan al mercado en el 2014⁵⁷.

En los últimos años ha desarrollado y registrado ante el SAG, 15 vacunas contra diferentes patologías de aves, cerdos y peces, de las cuales 11 de estas están relacionadas directamente con el cultivo de salmonídeos, dentro de las cuales destacan la primera vacuna oral a nivel mundial contra el Síndrome Rickettsial del Salmón (SRS); y la primera vacuna chilena contra el virus de la Anemia Infecciosa del Salmón (ISAv) siendo esta última además la primera vacuna de un laboratorio chileno desarrollada con ingeniería genética y tecnología de última generación en el área de la biología molecular y virología.

Estos productos significan un salto tecnológico chileno en el campo farmacéutico-veterinario y establecen las bases para poder expandir estas tecnologías contra otras patologías y especies de destino. Además se obtuvo recientemente la primera Vacuna Oral contra la Anemia Infecciosa del Salmón (ISA), que al igual que su homóloga para SRS, permitirá controlar esta grave patología durante toda la fase productiva del salmón.

⁵⁶ El Caligus es un parásito externo de los salmones que constituye uno de los principales problemas en Noruega y que podría amenazar también a los productores chilenos en el futuro.

⁵⁷ www.Sofofainnova.cl

2.2.5. Panorama actual

La salmonicultura, es una de las industrias de mayor crecimiento económico en Chile, genera continuos procesos de reestructuración en la misma; la mayoría de las empresas realizan fuertes inversiones para incorporar tecnología adecuada a las metas que se han propuesto para el futuro. Debido a eso, se ha registrado una modernización en tecnologías, con el objeto de optimizar los procesos de cultivo.

La industria salmonera ha evolucionado desde un sector casi artesanal de firmas pequeñas de gestión y propiedad familiar, a un oligopolio maduro, en el que unas pocas firmas consideradas “grandes”, y de “clase mundial”, dominan la industria. Su crecimiento ha logrado cerrar la brecha relativa de productividad de factores con la frontera tecnológica internacional. Ha ayudado a crear, aproximadamente, 50 mil nuevos empleos y ha cambiado la fisonomía de múltiples territorios habitados en el sur chileno.

Muchas de estas firmas “grandes” y de “clase mundial” operan con un alto grado de integración vertical, produciendo a la vez ovas, alimentos para salmones y el producto final en sus diversas presentaciones, ahumado, en porciones, filete, entre otros. A pesar de que muchas de las mayores firmas son de capital extranjero, también han logrado sostener una alta y activa participación dentro del núcleo de firmas líderes varias empresas de capital nacional que, al igual que las transnacionales, han podido consolidar una exitosa trayectoria de crecimiento en el tiempo, penetrando profundamente en los mercados mundiales.

Junto a estas firmas también existe una gran cantidad de firmas medianas y pequeñas, muchas de las cuales no cubren todas las etapas productivas de salmón y no operan con plantas de matanza y procesamiento del producto final, dando origen a diversos modelos de negocio y formas de organización de la producción al interior del sector.

A pesar de esta exitosa evolución, el aumento en la densidad de siembra ha causado una sobrecarga del recurso agua y esto a su vez ha generado un empeoramiento en los índices de conversión biológica y

económica con que funciona la industria. Ello aun antes de la crisis del ISA, que afectó profundamente a la industria desde mediados del 2007⁵⁸.

Esta industria es exitosa a pesar de ser muy joven, por lo que el desempeño tecnológico aun se podría decir que está en fase primaria, pues aun es escasa la masificación de sistemas tecnológicos y la relevancia en la cooperación tecnológica entre empresas con universidades e institutos tecnológicos es baja. Por esto, la idea es incentivar la creación de asociaciones empresariales donde pueda existir colaboración y además crear e incentivar el estudio de carreras relacionadas con la industria, pues la edad de los investigadores es de 55 años en promedio, lo cual nos habla de personas maduras, pero escasa presencia de jóvenes realizando investigación. Un desafío clave es que Chile desarrolle sus recursos humanos y eleve los estándares de educación a los niveles internacionales.

Debido a lo anterior, la industria de equipos y sistemas deberán ser capaces de responder la gran demanda que se proyecta para los próximos años y generar una capacidad de servicio integral, relacionado con el desarrollo de sistemas y entrega de un servicio post venta netamente nacional, con estándares de calidad internacional, y que se adecuen a las necesidades reales de los clientes.

La incidencia de enfermedades y patógenos en el medio local y el impacto que ello ha tenido sobre el modelo productivo doméstico es una cuestión conflictiva sobre la que no existe mucha información.

El uso de vacunas en Noruega es cercano al 100% en las distintas enfermedades de peces, mientras que en Chile, en el 2003, un 68% era vacunado contra Yersiniosis, 78% contra IPN, y menos del 17% contra SRS. Las diferencias entre ambas naciones estarían en la distinta eficiencia de las vacunas y en la inexistencia de estudios independientes que den transparencia a las investigaciones⁵⁹. A lo largo de los años los índices han mejorado, pero aun la vacunación de peces no alcanza los niveles observados en Noruega.

⁵⁸ Creciendo en base a los recursos naturales, “tragedias de los comunes” y el futuro de la industria salmonera chilena. Jorge Katz, Michiko Iizuka, Samuel Muñoz. División de Desarrollo Productivo y Empresarial. Santiago de Chile, abril de 2011.

⁵⁹ Aqua, Diciembre 2007, Pág. 88

En cuanto a las patentes, la excesiva burocracia y falta de inversión en I+D, así como los pocos incentivos a los investigadores para publicar, limitan primero la cantidad de investigaciones llevadas a cabo y, por tanto, la cantidad de patentes solicitadas. Por tanto, una de las tareas principales es incentivar la investigación en vacunas y fármacos y revisar los alcances de la legislación de patentes en este campo.

Caso Tercero

Biotechnología en la Vitivinicultura chilena

2.3. Tercer caso: Uso de levaduras modificadas en la Vitivinicultura Chilena

2.3.1. Vitivinicultura en Chile

La vitivinicultura tiene aproximadamente 4000 años y ya en el mundo antiguo el vino era un elemento importante en la sociedad pues no había celebración en donde no estuviera presente. Así, la industria vinífera tuvo gran importancia social, económica y sobre todo cultural: el vino era un elemento de sociabilidad.

Las primeras cepas llegaron desde Francia a mediados del año 1500. Su método de producción ha ido variando con los años y no ha estado exento de vivir los ciclos económicos. Entre 1940 y 1980 la industria vitivinícola vivió sucesivas crisis. Así, en 1993 había en el país un total de 54.000 hectáreas, la mitad de la superficie de 1938.

La recuperación de la industria comenzó en 1974 con la derogación de la ley que restringía los viñedos. Se ampliaron las superficies de cultivo, se introdujeron nuevas tecnologías de producción para vinificación y se incorporaron capitales extranjeros, los que aumentaron notoriamente a partir de la segunda mitad de los años noventa. Mejoraron también los sistemas para la utilización del recurso agua y se comenzaron a cultivar cepas de mayor interés para el intercambio comercial internacional.

En los años noventa los vinos chilenos consolidaron definitivamente su presencia en el mercado internacional, con exportaciones a Europa, Estados Unidos y, principalmente Asia. Actualmente, los vinos chilenos se exportan a más de 109 países en cinco continentes, es un país reconocido como uno de los productores vitivinícolas más importantes del mundo, con exportaciones anuales de US\$671 millones en 2003, representando un volumen de 395 millones de litros.

En cuanto a asociaciones e instituciones, Chile cuenta entre las más importantes con Chilevid, que agrupa 42 viñas y Viñas de Chile con 45 viñas responsables del 90% de las exportaciones de vino embotellado y alrededor del 90% del mercado interno.

Las universidades que forman a los enólogos chilenos y que llevan a cabo la investigación relacionada son, principalmente la Universidad de Chile, Universidad de Talca y la Pontificia Universidad Católica de Chile.

2.3.2. Territorio para el vino

En Chile existen 182.661 hectáreas plantadas con vides, desde la Región de Atacama hasta la Región del Bío Bío, formada por 13.947 unidades de producción. Las mayores superficies de vides se encuentran en la Región del Maule, con 51.318 hectáreas, seguida por la Región del Libertador Bernardo O'Higgins con 45.559 hectáreas y en tercer lugar, la Región Metropolitana con 22.638 hectáreas⁶⁰.

En nuestro país el costo de la tierra agrícola es relativamente más bajo que en otros países productores. Puede ser de 10 a 15 veces más barato que en Europa, especialmente comparado con zonas en el sur de Francia y el norte de España o Italia, dependiendo de factores como ubicación geográfica, accesos, servicios, entre otros. El costo de plantación igualmente es bajo, en comparación con otras zonas productoras, como también lo es la mano de obra agrícola.

En el territorio se dan las condiciones naturales óptimas para que la *vitis vinífera* llegue a su máxima expresión, además es uno de los pocos lugares donde se encuentra el clima mediterráneo, caracterizado por un verano seco, con temperaturas altas moderadas y un invierno lluvioso con temperaturas frías también moderadas. Todo esto transforma al país en un gran productor de las mejores uvas para vinos. Además, las zonas productoras están protegidas por fronteras naturales, en el norte por el Desierto de Atacama, uno de los más secos del mundo; al este por la Cordillera de los Andes; en el sur por el Campo de Hielo Sur de la Patagonia; y en el oeste por el Océano Pacífico. Estos han actuado como barrera natural a la migración de enfermedades y ha defendido al país de la plaga que azotó Europa, matando la gran mayoría de sus plantaciones de vides: la Filoxera.

2.3.3. Innovación y tipos de bodegas

Es importante recalcar que la obtención de vinos de calidad depende directamente de la uva y los procesos siguientes, así es que a partir de una materia prima deficiente no se podrán lograr vinos de excelencia, aunque se cuente con la mejor tecnología a la hora de procesar.

⁶⁰ Catastro vitícola 2007. Servicio Agrícola y Ganadero.

Esta industria se alimenta de manera relevante del sistema de investigación y desarrollo internacional y tiene relación limitada con el sistema nacional. Hasta hace pocos años no se veía la necesidad de desarrollar conocimientos localmente, bastaba con esperar que Estados Unidos o Australia realizaran los desarrollos tecnológicos y que luego Chile los adoptase.

Figura 20: Difusión del conocimiento en la industria del vino



*Fuente: Innovación en la industria del vino, Graciela Moguillansky. CEPAL, Naciones Unidas.

Los principales centros de investigación que han impulsado los estudios son el Grupo de Investigación Enológica de la Universidad de Chile, el Centro de estudios del vino de la Universidad Católica y el Centro tecnológico de la vid y el vino, de la Universidad de Talca.

Los proyectos se han orientado al análisis de la vid, de sus características y propiedades, de variedades y clones, de sus enfermedades, propiedades de los suelos, optimización de la vinificación, estudio de levaduras y bacterias, de la fermentación, tecnología de la información para la trazabilidad, entre otros. Sin embargo, se reconoce la falta de coordinación entre los centros de investigación lo que produce un desperdicio de recursos en cuanto a carencia de masa crítica de investigadores para abordar cada tema y duplicación de las investigaciones. Para solucionarlo es necesario poner de acuerdo a las asociaciones gremiales y a las diferentes empresas al nivel de la industria.

Gracias al avance científico y tecnológico se ha logrado reducir el proceso de selección de las áreas de cultivo óptimos desde unas cuantas generaciones a sólo unos pocos años, lo cual ha permitido contar con una nueva metodología que ya no requiere tanto tiempo para ponerse en práctica y que permite subdividir los viñedos de acuerdo con la calidad de las bayas, identificando zonas homogéneas de uvas para vinos de calidad. A continuación, vemos que las bodegas se pueden clasificar en tres categorías, según la incorporación de tecnologías de vinificación.

Figura 21: Tipos de bodegas según la tecnología incorporada

Tipo	Descripción
Empresas tradicionales de tamaño pequeño y medio.	<p>Son de larga tradición en producción de vinos. Han invertido en viticultura, pero poco en la incorporación de avanzada tecnología de vinificación.</p> <p>Mantienen estanques de fermentación de madera y cemento epoxicado para el almacenamiento, pequeñas cantidades de barricas y se orientan a la producción de vinos corrientes de mesa. Sólo algunas han incorporado prensas neumáticas y estanques de acero inoxidable para el proceso de fermentación.</p> <p>La proyección es que disminuirá su importancia en el mercado o se transformarán de acuerdo con las tendencias vigentes.</p>
Empresas de tamaño pequeño y medio de tecnología avanzada	<p>Han sido el resultado de inversiones planificadas, incorporando las mejores tecnologías disponibles en el mundo. Han invertido intensivamente en la adquisición de roble francés y americano, además de incorporar conceptos arquitectónicos icónicos en sus bodegas y edificios de administración. Muchas también han invertido, aunque escasamente, en tecnologías de la información con el propósito de controlar la producción, el manejo administrativo y la logística. Este tipo de empresas son conocidas como viñas boutique.</p> <p>Se orientan a la producción semiautomática de vinos de gran calidad, con administración moderna y pretenden posicionarse en la gama alta de precios del mercado.</p>
Empresas industriales de gran tamaño.	<p>Tienen una larga tradición en producción de vinos y se transformaron administrativa y tecnológicamente para responder a la demanda mundial. Son los principales productores de la industria y los que lideran los cambios del sector e indirectamente han generado la incorporación de empresas pequeñas y medianas de tecnología avanzada.</p> <p>Presentan una intensa inversión en tecnologías duras en los procesos de vinificación y administración de viñedos, pero escasa inversión en tecnologías de la información y desarrollo de sistemas de administración.</p> <p>Se orientan hacia vinos que satisfacen los segmentos de mercado más grandes, aunque producen toda la gama donde se incluyen los ultrapremium e íconos.</p>

* Fuente: Información basada en contenido curso “Vitivinicultura en Chile”. Facultad de Economía y Negocios. Universidad de Chile. Primavera 2011.

Por otro lado, el conocimiento técnico específico necesario en la vitivinicultura en Chile es abundante y relativamente de bajo costo, lo que ayuda a que el sector sea flexible y así se adapte fácilmente a los cambios del mercado, sin una estructura rígida y controlada. Sin embargo, la casi nula protección la hace frágil a cambios de corto plazo, evidente en empresas pequeñas.

Además, la falta de estructura tradicional ayuda a la consolidación, con lo cual cada vez hay menos empresas, pero más grandes, incrementándose también el número de pequeñas boutique donde se pueden encontrar vinos premium y de muy alta calidad. Esto hará que disminuya la participación de firmas en los vinos de valores bajos y medios y aumente la venta boutique para los mercados dirigidos a nichos y vinos de alto valor.

En cuanto al rol del Estado, éste fue activo durante la primera mitad de la década de los 90' y durante la siguiente, ayudando a la promoción de exportaciones de la industria, lo que fue aprovechado por las empresas más grandes, las cuales ganaron una ventaja importante, que se tradujo en crecientes participaciones en el mercado internacional. Sin embargo, con el paso de los años, el Estado ha ido disminuyendo su apoyo a la industria en este ámbito, por lo que las pequeñas empresas ya no cuentan con suficiente ayuda, lo que nos lleva a pensar que seguirán con la tendencia de la consolidación. Esta vulnerabilidad a intentos de consolidación de grandes empresas es causada por la falta de una estructura, la flexibilidad y la ausencia de un ente que coordine⁶¹.

El hecho de que Chile sea una economía pequeña y que cuente con gran libertad y baja exigencia estatal en la industria, ha hecho que a lo largo de los años se manifieste una concentración en muy pocas empresas grandes, las cuales cuentan con un gran respaldo financiero. Además, las exigencias estatales se orientan a la custodia de derechos impositivos y tributarios, dejando una gran libertad en el resto de aspectos.

⁶¹ Para más detalles ver Anexo: Estructura de la industria vitivinícola en Chile.

*Cuadro 5: Viña Concha y Toro*⁶²

Esta viña se fundó en 1883, luego de que el empresario y político chileno Don Melchor de Concha y Toro encargara cepas francesas de la región de Bordeaux, Francia y las plantara en Pirque, Valle del Maipo. Posteriormente asume la gerencia general su hijo Juan Enrique Concha Subercaseaux, quien la transformó en una sociedad anónima en 1892, para luego iniciar sus primeras exportaciones a Europa cerca del 1933.

Durante 1971 y 1998 asumió la presidencia Eduardo Gulisasti, quien impulsó el desarrollo hacia mercados externos y la modernización de la viña, adoptando tecnología de punta, posicionándose así como productora de vinos de excelente calidad en los principales mercados mundiales.

Fue la primera viña del mundo en transar sus acciones en la Bolsa de Nueva York, con cuya recaudación pudo continuar con su plan de expansión, es decir, renovación tecnológica, adquisición de viñedos y desarrollo de nuevas líneas de vino. Lo que le ha permitido transformarse en una empresa líder en Latinoamérica y en una de las quince marcas más importantes del mundo.

La compañía posee alrededor de 9.500 hectáreas de viñedos, con 3.162 empleados, dentro de los cuales podemos encontrar enólogos que están constantemente estudiando el comportamiento de las vides y aprendiendo cómo obtener el mejor vino de la manera más eficiente posible. Es así que muchos de ellos han estudiado en Australia, donde el conocimiento en la vitivinicultura es reconocido a nivel mundial.

El Área Enológica de la viña tiene la misión de impulsar nuevos proyectos enológicos, como la introducción de nuevas cepas, la investigación y desarrollo del Carmenere y el proyecto de Vino Orgánico, y la búsqueda de orígenes específicos o terroirs.

Concha y Toro forma parte del Consorcio Tecnológico Empresarial de la Vid y el Vino Vinnova, conformado también por otras empresas de la industria, asociadas en Vinos de Chile, y por la Universidad Católica de Chile y la Universidad de Concepción. Debido a esto ha canalizado las investigaciones en el ámbito enológico y agrícola. Al mismo tiempo el proyecto Fondef de CONICYT “Tecnologías de manejo de agua para una agricultura intensiva sustentable”, permite optimizar el uso del agua y aportar al desarrollo de la agricultura.

Desde el 2007, la viña ha implementado medidas para promover el cuidado del medio ambiente. Ya ha ejecutado acciones para reducir la emisión de carbono por el intento de realizar una gestión sustentable. Además, es la primera en el mundo en realizar la medición de la huella de agua, acción que ayuda a disminuir el impacto ambiental del proceso vitivinícola, lo cual implica una utilización más eficiente y responsable de los recursos hídricos de un país. De esta manera, se puede definir con exactitud la porción que se gasta en los procesos de vinificación, agrícolas, de bodega y embotellado. Según el último informe, Concha y Toro utiliza un 40% menos agua que el promedio estimado de la industria mundial en producir una copa de vino. Identificaron las etapas del proceso productivo donde se encuentra la mayor demanda de este recurso: un 92% está en la producción de uvas y 8% en la vinificación y embotellado. Éste es un claro ejemplo de optimización en los procesos con el fin de ser cada vez más eficientes.

⁶² Información obtenida de diversas fuentes detalladas en bibliografía.

En el 2011 ha tenido un récord de inversión que llega a los US\$ 300 millones, con lo cual ha logrado seguir con la expansión de viñedos en Chile y Argentina, aumentó la capacidad de bodegas y vinificación e incrementó la capacidad de las plantas de embotellación.

Si bien en los últimos años la industria ha presentado altas tasas de crecimiento, tanto en niveles de producción como de exportación, debemos ver si el aporte real al desarrollo de las áreas rurales verdaderamente se produce, como por ejemplo en el área del país más especializada en el rubro, como es la VII región del Maule.

Teniendo esto presente, vemos que Chile ha sido uno de los casos exitosos dentro de América Latina en la exportación de productos basados en recursos naturales. La creciente globalización ha exigido rápidos cambios a escala local y nacional, los cuales se concentran en las áreas rurales, principalmente en zonas donde existen ventajas comparativas naturales; esto ha provocado que el territorio se fragmente en dos partes, regiones que se integran a la economía global y espacios que quedan marginados de este proceso. Por ende, la modernización agrícola no es homogénea en Chile y a pesar de concentrarse en regiones con determinadas potencialidades, incluso dentro de ellas se manifiestan diferencias importantes.

Según su grado de desarrollo tecnológico, existen áreas que llevan a cabo una vitivinicultura moderna, así como también hay otras que por sus características territoriales no atraen nuevos capitales, donde se han mantenido las actividades en un estado tradicional. Se encuentran áreas en un estado de transición de lo tradicional a lo moderno, donde convive una gran cantidad de productores tradicionales y grandes viñas de producción moderna.

La expansión y modernización de las actividades productivas en las regiones rurales, tiene como principal causa la apertura económica y el aumento de disponibilidad de capitales extranjeros. La VII región del Maule es la región chilena que posee el mayor potencial vitivinícola debido al aumento de la superficie de viñas y al nivel de producción. Allí se pueden encontrar áreas incluidas en la vitivinicultura moderna, que se caracterizan principalmente por la producción de vinos finos, que se localizan en un amplio porcentaje en zonas de riego, que cuentan con tecnología elevada, cuyos productos provienen de cepas finas, y que tienen como principal destino la exportación.

Otro sector que sería parte de la marginación de áreas con menor potencial o que no han acogido a los grandes capitales provenientes desde otras regiones o países, producen vinos corrientes, localizados principalmente en zonas de secano⁶³ y vegas, donde el manejo tecnológico es escaso y existe una serie de limitaciones que les impide ser competitivo frente al sector moderno.

La región del Maule es un claro ejemplo para suponer que las transformaciones productivas en el agro chileno no han sido un real factor de desarrollo espacial, ya que a pesar de ser una de las regiones que ha concentrado las mayores tasas de exportación de fruta en Chile, ha mantenido serios problemas socio económicos, entre los cuales destaca un alto índice de pobreza, el promedio de escolaridad más bajo de Chile, una tasa de desocupación que ha ido en aumento.

Los productores de uva pueden ser clasificados en cinco tipos. Primero, aquellos que sólo están en el negocio de la venta y no elaboran vinos; segundo, aquellos que arriendan sus campos a empresas que sí los producen; tercero, los cuales elaboran sus propios vinos; quinto, combinaciones de estas actividades. Esta integración vertical se puede lograr con recursos o inversiones propias o mediante servicios contratados a empresas que son especialistas en las distintas etapas del proceso.

Así, los productores vitivinícolas disponen de 453 bodegas que pueden ofrecer servicios de vinificación y almacenamiento, ya sea para el mercado general, como para procesar la propia producción, con una capacidad de proceso y guarda de 1.793 millones de litros. Luego, los servicios de envasado, incluyendo el embotellado y etiquetado se pueden contratar con equipos móviles, lo que permite obtener en la industria chilena los productos intermedios y finales teniendo solamente los conocimientos del negocio y la administración del capital financiero, evitando las inversiones inmobiliarias o desarrollo de productos adecuados para la demanda.

Por otro lado, el desarrollo debe tener en cuenta el fortalecer los encadenamientos productivos y no productivos, donde entra la relación insumo-producto y la existencia de capitales sociales y culturales, respectivamente.

⁶³ Agricultura de secano: es aquella en la que el ser humano no contribuye con agua, sino que utiliza únicamente la que proviene de la lluvia. En Chile, se conoce como agricultura de rulo.

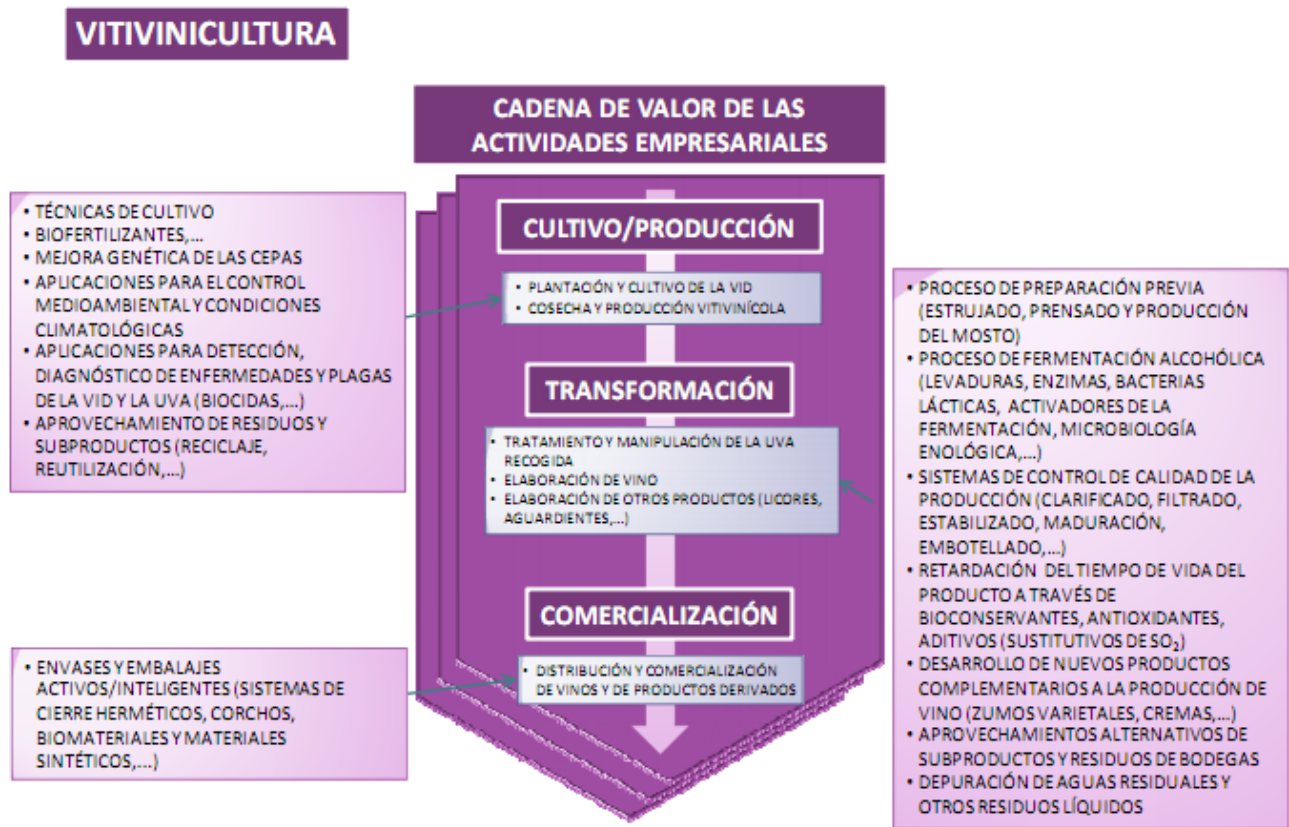
La vitivinicultura moderna se caracteriza por estar en manos de empresas que cuentan con participación de capitales extranjeros y nacionales. Sus características más importantes en relación con los encadenamientos productivos son la adquisición de tecnología y conocimientos desde el exterior del país y la utilización de mano de obra especializada que proviene desde otras regiones. Estas dos particularidades repercuten directamente en el empleo local, ya que no ofrecen trabajo en las etapas de cosecha y vendimia. Además, se relaciona poco con pequeños y medianos productores que venden su producción al no contar con elementos necesarios para producir su propio vino. Es así que las viñas modernas producen por sí mismas el 85% de la uva utilizada y sólo un 15% proviene de otras viñas, las que generalmente se localizan en otras comunas.

Las herramientas para poder elaborar el vino son traídas desde el extranjero, de países en donde son especialistas en estos insumos. La característica emblemática de la modernidad es la posesión de cubas de acero inoxidable, máquinas cosechadoras y podadoras, aparatos para hacer mediciones climáticas y barricas de maderas nobles.

Debido al alto precio de adopción de tecnologías, no todas las empresas pueden acceder a ellas, especialmente empresas tradicionales de tamaño pequeño y medio que se caracterizan por llevar a cabo proceso de vinificación tradicional, obteniendo vinos corrientes de mesa, cuyo destino es probablemente ser absorbidos por las grandes empresas, quienes son además capaces de llevar a cabo economías de escala en su producción.

Es debido a esta imposibilidad de adoptar tecnología avanzada que la actividad tradicional y artesanal de estas pequeñas y medianas empresas presenta encadenamientos distintos. El sector más tradicional de todos corresponde a viñateros que no son capaces de producir su propio vino y por ende venden la uva, o realizan una producción en instalaciones artesanales y comercializan el vino de manera ilegal. Tienen generalmente menos de 3 hectáreas, pueden tener cepas finas o corrientes, no producen más de 2 mil litros y generalmente no reciben ayuda del Estado.

Figura 21: Estructura de la cadena de valor de las actividades de vitivinicultura y posibilidades de aplicación biotecnológicas



*Fuente: “Informe previo para la Mesa de la vitivinicultura: oportunidades de negocio biotecnológicas en la Eurorregión Galicia-Norte de Portugal”

La biotecnología aplicada a la industria del vino puede impulsar la mejora de las diferentes fases de la cadena de valor vitivinícola, desde los viñedos hasta el envasado y su comercialización, pasando por los procesos intermedios de transformación de la uva en vino como la fermentación o la maduración y crianza entre otros, como veremos a continuación.

Figura 23: Fases de la cadena de valor y aporte de la biotecnología

Tipo de técnicas	Aplicaciones	Beneficios
Técnicas de cultivo y aplicaciones para el control medioambiental y de las condiciones climatológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la calidad de los suelos, flora y fauna cercana a las viñas. • Búsqueda y determinación de nuevas localizaciones geográficas y zonas que reúnan las condiciones óptimas para la producción vitivinícola. • Aplicación de selección clonal a las diferentes castas autóctonas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener mayores niveles de producción vinícola (cantidad y calidad). • Identificar cuáles son las variedades genéticamente más resistentes a plagas y enfermedades provocadas por agentes patógenos y condiciones medioambientales.
Técnicas de cultivo y mejora genética de las cepas	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora genética y técnicas basadas en cultivo de tejidos, hibridación (combinación de rasgos favorables de especies diferentes). • Aplicación de soluciones a la mejora del proceso de manipulación de la uva (en el momento de la vendimia, transporte hasta las bodegas), en la reutilización, aprovechamiento y valorización de los subproductos y residuos generados en todo el proceso de cultivo de la vid y recogida de la uva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer la adaptación genética de la vid a la evolución de las condiciones ambientales y climatológicas, mediante desarrollo de nuevas variedades adaptadas. • Tener mayor conocimiento e información sobre los genes que inciden en el cultivo de la planta, como los genes que participan en la floración de la vid, y en la calidad de la producción de uvas.
Aplicaciones para la detección y tratamiento de enfermedades y plagas que afectan a la vid	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de kits de diagnóstico rápido o en tiempo real. • Desarrollo de nuevos tratamientos que contribuyan al fortalecimiento de la planta para evitar que el patógeno penetre en la planta más rápidamente. • Desarrollo de sistemas de alerta temprana para detectar enfermedades de forma rápida. • Sustitución del uso de productos químicos para el control de plagas y enfermedades de la vid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratar la planta con inmediatez y eficacia para protegerla del agente patógeno que cause esa plaga o enfermedad. • Reducir los elevados costes de los tratamientos preventivos de la vid, mejorando sus niveles de rentabilidad. • Combatir los problemas derivados del uso de productos químicos fitosanitarios, sustituyéndolos por aplicaciones biotecnológicas que permitan incrementar la calidad de los vinos.
Aplicaciones en el proceso de fermentación.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis y modificación del comportamiento y características bioquímicas, moleculares y bióticas de las levaduras y enzimas utilizadas, a levaduras genéticamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Dar al vino características sensoriales diferenciales. • Diferenciar y la diversificar la cartera de productos de las bodegas, orientándose

	<p>modificadas con mayores capacidades fermentativas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar levaduras, enzimas y bacterias que incidan en la fermentación de los mostos. • Orientar la diversificación de productos hacia la elaboración de licores, cócteles y otros productos destilados, favoreciendo un incremento del rendimiento y aprovechamiento de los recursos vitivinícolas. 	<p>a la producción de vinos con distintos porcentajes de alcohol adaptados a las nuevas condiciones del entorno y demanda, como vinos con menos de 12 o 13% de contenido alcohólico.</p>
Aplicaciones para mejorar los niveles de calidad de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar bioaditivos y biopreservantes en sustitución de productos químicos agresivos utilizados en el proceso de elaboración del vino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir especialmente la disminución del uso de sulfurosos.
Aplicaciones para el aprovechamiento y valorización de subproductos y residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar los sistemas de depuración de aguas residuales y otros residuos líquidos generados, contribuyendo a optimizar los niveles de consumo de agua en las empresas vitivinícolas. • Usar aplicaciones que incorporaren los subproductos generados nuevamente en el proceso o den lugar a nuevos productos alternativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el impacto medioambiental ocasionado por las actividades vitivinícolas sobre el entorno. • Usar herramientas orientadas a favorecer la reutilización de los subproductos generados. • Complementar la cartera de la empresa vitivinícola.
Aplicaciones en el ámbito del envasado para mejorar la conservación del producto.	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar nuevos formatos, materiales y sistemas de cierre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer el incremento del tiempo de conservación del producto en óptimas condiciones de consumo y manteniendo sus propiedades aromáticas y gustativas.

* Fuente: “Informe previo para la Mesa de la vitivinicultura: oportunidades de negocio biotecnológicas en la Euroregión Galicia-Norte de Portugal”

2.3.4. Uso de levaduras modificadas en la Vitivinicultura Chilena

El proceso de fermentación es llevado a cabo por medio de las levaduras cuando están vivas sin aire. Estas son hongos microscópicos unicelulares y son los responsables de descomponer el azúcar de la uva en alcohol y gas carbónico.

No sólo transforman los azúcares del mosto en alcohol, sino que también tienen la posibilidad de actuar sobre el perfil aromático tanto de los vinos tintos, como de los rosados y blancos, con la producción de aromas fermentativos. Pero también gracias a la revelación de aromas varietales, esta producción depende de la cepa de levadura utilizada, de la temperatura de fermentación y de la concentración de nitrógeno asimilable en el mosto.

Las clasificaciones que proporciona la industria de las levaduras permiten una selección basada en características enológicas (velocidad de inicio de fermentación, resistencia a la temperatura, rendimiento alcohólico, acidez volátil, capacidad desacidificante, estabilidad de color, expresión tánica, etc.) y tipología del vino en el que las cepas seleccionadas pueden desarrollar mejor sus propiedades metabólicas (blanco varietal, rosados, cavas y espumosos, tintos jóvenes o de guarda).

Existe una gran cantidad de especies que se diferencian por su aspecto, propiedades, modos de reproducción y por la forma en que transforman el azúcar.

Las especies más extendidas que se encuentran en casi todos los mostos son *Saccharomyces ellipsoideus*, *Kloeckera apiculata* y *Hanseniaspora uvarum*, las cuales representan por sí solas el 90% de las levaduras utilizadas para la fermentación del vino.

La cantidad de levaduras presentes en el mosto en el proceso de fermentación, es del orden de 80.000 a 120.000 por milímetro cúbico. Estas se encuentran en la superficie de la uva madura que es transportada en el momento de la vendimia hasta la bodega. Son muy sensibles a la temperatura, necesitan oxígeno, una alimentación adecuada en azúcares, en elementos minerales y en sustancias nitrogenadas y estas condiciones en el medio, es por eso que la elección del tipo que se usará en el proceso de fermentación dependerá del tipo de uva de la cual se obtendrá el vino y definirán el grado alcohólico, aromas y demás características de un buen vino. Su elección no es al azar y ya se está investigando su genoma para obtener aquel tipo adecuado para cada tipo de elaboración de este alimento, el vino.

Las primeras levaduras seleccionadas para uso enológico fueron comercializadas a mediados del siglo XX, por industriales que fabricaban levaduras de panadería bajo la forma de una masa fresca y prensada, y con un alto contenido de agua, lo que limitaba su conservación. Más adelante apareció la

técnica de secado, surgiendo lo que hoy se conoce como levadura seca activa, que alcanzaron un importante desarrollo en los años 70. Actualmente, las levaduras de uso industrial a gran escala son estables durante al menos un año, salvo que sean expuestas al aire.

En el mundo hay un número limitado de compañías que fabrican y comercializan estas levaduras en países como Alemania, Australia, Canadá, Dinamarca, EE.UU., Francia y los Países Bajos, por lo que la dependencia de nuestra industria en el proceso de elaboración de vinos es clara y se pretende investigar nuestro territorio en busca de levaduras nativas seleccionadas en las propias regiones de producción, de tal manera que con el uso de ellas se obtengan los índices máximos, característicos y genuinos del vino de la zona considerada, como un mecanismo para lograr la diferenciación de los vinos.

Es un gran desafío, ya que estas nuevas levaduras deben además de demostrar su participación en la generación de atributos diferenciables y aceptados, cumplir con los conceptos de estabilidad y eficiencia. Adicionalmente, quienes quieran ofrecer esta opción, deben asegurar la autenticidad de las cepas utilizadas (marcadores moleculares).

La generación de nuevos atributos distinguibles y apreciados por el consumidor, o bien, la adición de valor ayudan a implantar la diferenciación como mecanismo para favorecer la colocación de los productos, aún cuando se produzca un aumento en los costos.

El proceso realizado con levaduras seleccionadas, supone una ventaja tecnológica importante que aporta mayor seguridad en el proceso de elaboración de vinos, e influye en algunos parámetros que determinan la calidad y el precio del vino. Cada levadura vínica seleccionada influye de forma diferente sobre las características finales del vino, lo que permite elegir la levadura según las características del producto final que se pretende obtener.

Hay distintas especies de levaduras que conviven en el proceso de fermentación en las bodegas. Hay levaduras buenas que pueden ayudar a obtener una mejor calidad de vino, y otros microorganismo, también del tipo levaduras, pero que por sus características liberan aromas desagradables o micropelículas, por lo cual se clasifican como contaminantes ya que en el proceso de elaboración de vinos pueden perjudicar su calidad final. Estas levaduras están presentes en el ambiente, siendo un

elemento más de la naturaleza. Son parte de la biodiversidad. Las bodegas de vinos no están ajenas a esa realidad y la tarea es manejar el proceso para evitar su surgimiento, aunque en cantidades mínimas, pueden mejorar el bouquet del vino, haciéndolo de mejor calidad. La búsqueda de un sello de identidad que caracterice a los vinos chilenos a través del uso de levaduras especiales en el proceso de fermentación. En este contexto se creó el proyecto Fondef “Recolección y caracterización de cepas autóctonas de levaduras para la diferenciación e identidad organoléptica de los vinos chilenos”, adjudicado en 1998 por la Universidad de Santiago de Chile (Usach) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia) mostrando en el año 2006 sus primeros resultados. El monto total fue de \$105.817.498, al que FIA aportó con un 49,31%.

Esto debido a que la importación de levaduras es actividad común para aquellas empresas que elaboran vino, ya que en Chile existen muy pocas empresas dedicadas a este rubro. Por este motivo, un grupo de 15 científicos, estudiantes de pre y post grado, encabezados por una bioquímica e investigadora asociada de la Usach aislaron una levadura autóctona originaria de Chile que permitirá elaborar vinos 100% chilenos. La idea fue analizar si las levaduras autóctonas chilenas eran tan buenas como las que venían de afuera o ver si eran malas. Se trataba de descubrir si tenían potencialidad, con el fin de dar a los vinos chilenos una característica especial que los pudiera diferenciar en el mercado internacional.

Una vez aisladas de la naturaleza las levaduras se pueden producir de manera industrial para abastecer a la industria vitivinícola. Por lo que en el proyecto también participaron dos viñas y una empresa ligada al desarrollo de las levaduras vínicas en Chile. Cuando ya se obtuvo la levadura fue llevada a Francia donde la probaron, se envasó en sachet a nivel semi industrial, pasó ensayos y test dando buenos resultados. Ahora están en el proceso de patentar la levadura como un producto netamente chileno. Al usar estas levaduras se encontró que hubo rapidez en el inicio del proceso de fermentación, situación en que el primer vino orgánico producido puede caracterizar al “*terroir*” de origen. Al ser exportado este vino, se apreció una mayor demanda en el mercado europeo por ser de origen orgánico.

La industria vitivinícola, al emplear cepas autóctonas, no sólo obtendría vinos orgánicos con diferentes atributos para competir en el exterior de mejor forma, sino que también se pueden obtener características que lo diferencien del resto de los vinos de otras regiones.

Capítulo III: Proyecciones, desafíos de la Biotecnología en Chile y conclusiones

3.1. Proyecciones y desafíos de la Biotecnología en Chile

Estos casos son sólo una pequeña muestra del impacto que ha tenido la biotecnología en nuestro país ya que ha permitido mejorar la eficiencia a la hora de producir, mejorar y crear productos pertenecientes a las diversas industrias del país, como agricultura, acuicultura, vitivinicultura, manejo de residuos o desechos, entre otras. Además, se espera que en un futuro la biotecnología ayude a tener aumentos sustantivos de productividad, calidad y sustentabilidad ambiental de la producción, permitiendo al mismo tiempo, potenciar la protección y preservación del patrimonio genético.

En Chile su desarrollo aun incipiente, por lo que los desafíos que encontramos son varios y debemos ser capaces de superarlos. En primer lugar, es necesario potenciar mayormente la I+D aplicada e impulsar el conocimiento existente. Al respecto, la biotecnología juega un rol importante al incrementar la posibilidad de mejorar la calidad de los productos nacionales y con eso potenciar las distintas industrias, llevándolas a ser competitivas a nivel mundial y cuidando de no dejar rezagadas a ciertas regiones de Chile a través de buenas políticas públicas, además de regular su uso y establecer límites.

En segundo lugar, estudios han demostrado que las grandes firmas tienden a tener ventajas materiales ya que acceden a mayores recursos financieros y tecnológicos, mientras que las firmas pequeñas suelen tener ventajas en comportamiento, pues pueden reaccionar de manera más flexible y oportuna ante los cambios externos, sin embargo, tienen desventajas materiales, lo que se traduce en dificultades para ingresar a mercados, para realizar esfuerzos más grandes y caros en I+D, para conectarse con fuentes externas de información, para financiar la innovación y su crecimiento, para proteger la propiedad intelectual de sus invenciones y para convivir con las regulaciones gubernamentales.

Dado este contexto, es que para incentivar la competencia a este nivel, es necesario incrementar la cantidad de empresas, impulsar intensamente la visión internacional de los negocios chilenos, incrementar la experiencia y exposición, tanto a los bioemprendedores, como a los bioinversionistas; así como también aumentar la tasa de patentamiento de invenciones biotecnológicas made in chile, la experiencia en transferencia de tecnologías, la inversión general en I+D, la experiencia en el manejo regulatorio de fases clínicas y desarrollo de biocombustibles.

En tercer lugar, es necesario diseñar y poner en funcionamiento un marco institucional que asegure la coordinación entre instituciones reguladoras de la biotecnología y abrir espacios de participación e información públicas que permitan la expresión ciudadana informada, lo que se traduciría en una mayor transparencia en la toma de decisiones y en una orientación más eficaz de las políticas y acciones que el Gobierno emprenda para el desarrollo de la biotecnología⁶⁴. La idea es que estos procesos no desincentiven la innovación en el sector por lo que el desafío para el sistema productivo y comercial de Chile, no consiste en reemplazar la producción y exportaciones de recursos naturales por productos manufacturados, sino en desarrollar una estrategia que combine el incremento en la diversificación productiva y exportadora con la agregación de valor a la producción y a las exportaciones basadas en recursos naturales, velando por el medio ambiente, además de fortalecer el desarrollo de la industria biotecnológica nacional y promover la incorporación de procesos biotecnológicos en los diferentes sectores productivos, especialmente los productores de recursos naturales, generando para ello los mecanismos de apoyo público necesarios.

Como cuarto punto, es preciso reforzar la formación de recursos humanos de alta calidad en biotecnología. Generar y fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas, de gestión y de infraestructura, así como la formación de recursos humanos, en las áreas estratégicas que el país requiere, ayudará a abordar eficazmente los problemas y oportunidades que presenta el desarrollo biotecnológico del país.

Un quinto punto más específico es el refuerzo que debería tener la genómica, asociada a la bioinformática y la estadística aplicada a la evaluación de problemas genéticos, como los estudios de poblaciones y recursos genéticos, mejoramiento genético, entre otros. Actualmente hay una buena capacidad de generar datos sobre la base de diferentes técnicas moleculares, pero hay una falencia en los procedimientos para analizarlos y su mejor aprovechamiento. Temas de gran relevancia actual y futura, como la proteómica⁶⁵, requerirán de buena biología molecular y aquellas especialidades. Así también, el desarrollo de temas innovadores con real impacto requerirán de fisiología de plantas a un

⁶⁴ Biotecnología para su empresa: Directorio de capacidades de investigación en Chile. Santiago de Chile. Marzo 2007.

⁶⁵ Ver Apéndice: Proteómica.

nivel adecuado ya que, por ejemplo, para seleccionar un blanco molecular (un gen) para modificarse por transgenia⁶⁶, es muy importante conocer al 100% el proceso biológico en su conjunto.

Las áreas de grandes proyecciones son la genómica y la proteómica que por una parte se refieren a la posibilidad de unir tecnologías de secuenciación y análisis sistemático del complemento de expresión génico en su conjunto, y por otra, de separación y análisis de proteínas y péptidos en sistemas bidimensionales con la información sobre la estructura de los genomas, ya disponible para varias especies de interés agrícola. Además permitirán ampliar el abanico de genes disponibles para su uso en transgenia, que actualmente es relativamente limitado.

En cuanto a las proyecciones, éstas señalan que un centenar de empresas biotecnológicas existentes en el país crecerán potencialmente a un ritmo del 30% anual, ya que en Chile el sector ha tenido un impulso importante en la última década debido a la existencia de recursos público-privados por más de \$64.371 millones que han logrado potenciar a una comunidad científica que utiliza la biotecnología como herramienta de progreso. Al respecto, InnovaChile ha cofinanciado con US\$180 millones a 432 proyectos de innovación biotecnológica desde 1992 y sólo en los últimos 3 años ha aportado el 60% de estos recursos en iniciativas que en su mayoría se han ejecutado en regiones (52%). En tanto el Fondef de Conicyt, cuenta con una cartera de 250 proyectos, de los que entre un 25% y 33% tiene algún componente biotecnológico. Estos deben ser ejecutados básicamente por universidades, en asociación con unas tres o cuatro empresas que en promedio aportan un 25% de los recursos involucrados en cada iniciativa, cuyos costos están entre el US\$1 millón y los US\$1,2 millones.

Si bien hace algunos años la industria se concentraba básicamente en kits de diagnóstico para los sectores productivos, actualmente las nuevas generaciones tienen proyectos más innovadores que apuntan al mercado global. Sin embargo, una de las trabas sigue siendo el déficit de recursos, pese a que la inversión pública en ciencia, tecnología e innovación pasó de \$134.000 millones en 2005 a \$295.000 millones en 2009. Además, la magnitud del gasto en I+D se mantiene en 0,67% del PIB desde hace una década, lo cual no ayuda al despegue de la biotecnología en Chile. Así, vemos que históricamente en el Fondef un 40% de los proyectos que se presentan a concurso amerita apoyo

⁶⁶ Ver Apéndice: Transgenia.

público, pero sólo un 17% de ellos lo logra. En este campo son varios los desarrollos chilenos que tienen repercusión nacional e internacional: la vacuna contra la bacteria *Piscirickettsia Salmonis*, que está en aplicación contra una de las peores enfermedades bacterianas de peces; el estudio genómico en bacterias que participan en la biolixiviación del cobre; los avances en el desarrollo de una vacuna contra el virus Sincicial o el cáncer de melanoma; el desarrollo de una terapia génica para el alcoholismo; y el desciframiento del genoma del durazno.

El sector biotecnológico llegó a un nivel de desarrollo que requiere de más empresas, productos y servicios para seguir avanzando. Una de éstas iniciativas es el programa BioNegocios, en el que participan también Octantis, NEOS y Endeavor, éste trata de apoyar las estrategias de negocios, propiedad intelectual y patentamiento con expertos nacionales y extranjeros. Respecto a esto último, entre 2000 y 2010 hubo 281 solicitudes de patentes presentadas en Chile por nacionales, 38% de ellas proveniente de empresas, 28% de universidades y 34% de personas naturales. Uno de los desafíos es tener gente capacitada en la evaluación y transferencia de tecnología de los desarrollos biotecnológicos, donde las capacidades en propiedad intelectual son necesarias.

Dado que las biotecnologías pueden usarse en una vasta gama de aplicaciones y que nuestra capacidad de desarrollarlas está limitada por la disponibilidad de recursos humanos local, es indispensable focalizar los esfuerzos para poder producir un impacto efectivo en aquellas áreas en las cuales tenemos mayor competencia y donde se disponga de mayores recursos.

La biotecnología es una herramienta que debe ser utilizada para apoyar el desarrollo tecnológico y no debiera constituir una disciplina per se. El trabajo debe apuntar a la solución de problemas concretos y/o a la producción de productos específicos como nuevas variedades, kits de diagnóstico, agentes biocontroladores, sistemas de identificación genética de cultivares y razas, entre otros. Además, debemos usarla sólo en aquellos casos en que nos permita hacer cosas que antes no eran posibles mediante tecnologías convencionales, o lo hacen a costos más convenientes, lo que incluye mejorar la eficiencia de procesos. En otras palabras, aprovechar sus ventajas, evaluando muy bien cuándo utilizar estas tecnologías.

3.2. Conclusiones

El desarrollo económico de muchos países en vía de desarrollo, como Chile, se basa en la explotación de recursos naturales renovables y sus derivados, por lo que representan un gran motor de crecimiento de la economía del país. Ante esto es indispensable elevar la competitividad de estos sectores y para lograrlo es necesario realizar importantes incrementos de la innovación basada en ciencia y tecnología. Así, la biotecnología, junto a la genética, las tecnologías digitales y otras, constituyen una vía apropiada para la agregación de valor de los distintos productos, con lo cual se podrá también generar empleo de alta calidad. Estos son los puntos que estos países deberían aprovechar.

En las encuestas de innovación del periodo 2000-2006, se puede apreciar que la mayor parte del total de plantas que gastan en I+D, en general son grandes, un 58% en promedio, seguidas del grupo de plantas medianas, 26% en promedio, y las pequeñas, 16% en promedio. A nivel de categoría del tamaño de planta, vemos que sólo un tercio de la plantas grandes gastan en I+D, en tanto que menos del 20% y 10% de las medianas y pequeñas, respectivamente, también lo hacen. Sin embargo, a pesar que el gasto en I+D represente un nivel importante de las ventas de algunas categorías de tamaño, en términos absolutos son cifras relativamente bajas como para emprender proyectos innovadores de gran envergadura. Esta baja inversión se puede explicar debido a que las innovaciones conllevan un alto riesgo financiero. Como las pequeñas y medianas empresas suelen tener dificultades para diversificar el riesgo, les es difícil acceder al capital externo para financiar sus proyectos de investigación; además carecen de tiempo y recursos para forjar redes externas de ciencia y tecnología apropiadas para ellas, complicando su apertura en el extranjero ya que puede ser prohibitivamente caro, a pesar de tener un gran potencial de crecimiento a través de la explotación de nichos de mercado y liderar mercados tecnológicos por medio de desarrollo de una estrategia de diferenciación. Sin olvidar que su escasa experiencia en la administración las puede llevar a una posición desventajosa si colaboran con las grandes firmas.

Cada tipo de empresa tiene ventajas y desventajas, dependiendo del sector económico al que se haga referencia. Así las firmas grandes tienden a tener ventajas materiales ya que acceden a mayores recursos financieros y tecnológicos, mientras que las pequeñas suelen tener ventajas en comportamiento ya que pueden reaccionar de manera más flexible y oportuna ante los cambios

externos. Sin embargo, tienen desventajas materiales, lo que se traduce en dificultades para ingresar a mercados, para realizar esfuerzos más grandes y caros en I+D, para conectarse con fuentes externas de información, para financiar la innovación y su crecimiento, para proteger la propiedad intelectual de sus invenciones y para convivir con las regulaciones gubernamentales.

En BioEconomy 2010 se informó que en el año 2009 existían alrededor de 201 entidades dedicadas a la biotecnología en Chile, es decir, empresas biotecnológicas y centros de investigación. Si bien esta cifra es modesta, se cree que la tasa de crecimiento del sector biotecnológico en Chile ha aumentado fuertemente en los últimos años y se espera un crecimiento sostenido del 30% anual, ya que en los últimos cuatro años la industria ha recibido una inversión nacional superior a los US\$93 millones, más una inversión extranjera superior a los US\$170 millones. Mucha de ésta expansión ocurre en el mundo Pyme, razón por la cual los temas de políticas públicas hacia las empresas pequeñas, medianas y las que desarrollan biotecnología se entrelazan constantemente.

En cuanto a información más específica y de acuerdo a CORFO, según volúmenes de ventas y número de personas, en el 2003 el 19% de las compañías biotecnológicas chilenas eran medianas, el 67% pequeñas y el 14% corresponden a la categoría de microempresas. Saber esto es muy importante ya que pone en evidencia la contribución de las Pymes al cambio tecnológico y a la variedad del producto agregado, ya que se relaciona con procesos de generación de tecnología asociados a la mejora y creación de nuevos productos y procesos de producción. A pesar de esta evidencia, sólo recientemente este tipo de empresas han sido incorporadas explícitamente dentro de programas públicos de fomento para la innovación, por lo que todavía el costo de oportunidad de acceder a los sistemas de gobierno es elevado y hay poco conocimiento de los sistemas de apoyo, además de dificultades para enfrentar esquemas colaborativos. Generalmente a este tipo de empresas pequeñas las reglamentaciones se aplican de manera más blanda, aunque usualmente no pueden con aquellas que son complejas. Además, los costos unitarios de cumplir pueden ser altos, son incapaces de usar el sistema de patentes y tienen un costo de oportunidad alto de defenderlas.

Todo lo anterior nos lleva a que los esfuerzos para incentivar su nacimiento y avance de investigaciones son claves para el desarrollo de la biotecnología en Chile y teniendo en cuenta nuestras

ventajas y debilidades es posible trabajar en ellas para así seguir buscando las mejores políticas que permitan impulsar aún más su estudio y con ello potenciar el desarrollo económico de Chile.

Por otro lado, vimos que las empresas biotecnológicas se ubican principalmente en la zona central del país, dada la disponibilidad de recursos que se encuentran en torno a la capital, las principales ciudades del país y las facilidades en cuanto a conexión de transportes y telecomunicaciones, los cuales son factores esenciales a la hora de comercializar los productos fabricados. Este aspecto podría también explicar el rezago en desarrollo que tienen aquellas regiones más alejadas del centro del país y el hecho de que sólo en los años recientes se haya hecho visible un pequeño spillover hacia ellas. Si bien éstas tienen los recursos naturales necesarios para ser explotados, los costos de hacerlo, dadas sus ubicaciones y dificultades para acceder a esas zonas, hacen que queden relegadas del desarrollo en innovación y tecnología que se lleva a cabo alrededor de los grandes centros urbanos, relativamente abundantes en los recursos necesarios para llevar a cabo las investigaciones. Esto pasa a ser una barrera importante para el desarrollo rural.

En cuanto a las aplicaciones biotecnológicas importantes para el país y revisadas en el presente documento, las tres tienen en común la escasez de financiamiento por parte del gobierno, además de la alta burocratización a la hora de tratar de seguir avanzando en cuanto a los proyectos de investigación.

En el primer caso revisamos la industria minera y su proceso de biolixiviación. Al respecto, sabemos que una parte importante de la economía chilena depende de la producción de cobre. Su participación en el PIB nacional es aproximadamente 6% en precios constantes de 2003, y en términos del aporte al fisco, Codelco y ENAMI representan cerca del 15% del total de los ingresos fiscales⁶⁷. Es por esto que cumplir con las metas de producción se torna cada vez más importante y compleja debido al agotamiento de recursos de mayor ley de cobre y minerales oxidados, dejando para la explotación solamente recursos de menor ley y minerales sulfurados. Es ahí donde la biotecnología juega un rol muy importante debido al aporte significativo al incrementar la producción total del cobre.

⁶⁷ COCHILCO, 2009.

Es necesario impulsar de manera fuerte el uso de la biolixiviación del cobre ya que algunas estimaciones señalan que a través de esta técnica biotecnológica se recupera anualmente el 10,4% de la producción total de cobre. Además, su uso masivo permitiría disminuir los costos de producción de cobre en un 50%, multiplicándose por cuatro las reservas económicamente explotables de éste mineral en el país.

Además, pese a la incertidumbre existente debido a la crisis financiera internacional y a la desaceleración que se pronostica para la economía chilena, la industria minera seguirá creciendo fuertemente debido a varias razones, entre ellas están las expectativas respecto de que la demanda de materias primas desde China se mantendrá fuerte, ya que, se espera que mantenga su gran plan de construcción de infraestructura y vivienda. Por otro lado, está el hecho de que el portafolio de proyectos mineros planeados para los próximos cinco años es abundante y este volumen de negocios que estos proyectos aseguran abre una ventana para embarcarse en programas de innovación tecnológica y hacer que Chile desarrolle una industria de bienes y servicios mineros de vanguardia, como lo han hecho Finlandia o Australia. Esta oportunidad está dada por los miles de millones de dólares involucrados y la necesidad de los operadores mineros de mejorar radicalmente su eficiencia y controlar costos, por lo que hoy el valor agregado en la industria minera no está en producir más cobre refinado, sino en producir tecnología para hacer más eficientes los procesos.

En la minería, debido al estudio de procesos naturales, se ha podido conocer cómo operan diversos microorganismos, para luego optimizarlos y aplicarlos en la explotación de recursos minerales y con el uso de las técnicas biotecnológicas se puede obtener cobre a partir de yacimientos de baja ley a bajo costo y de manera amigable con el medio ambiente; todo esto con el fin de lograr un tratamiento más barato y ambientalmente más limpio. Las condiciones están dadas para que Chile se transforme en un centro generador de tecnología minera.

En el segundo caso revisamos las vacunas para salmónes, en donde desarrollarlas ayudará a aminorar las enfermedades de éstos animales y por ende hará que nuestros productos sean más competitivos y tengamos menos posibilidades de ser impactados fuertemente por enfermedades como el virus ISA. La idea es aminorar el riesgo de que algo así vuelva a pasar.

El uso de vacunas en Noruega es cercano al 100% en las distintas enfermedades de peces, mientras que en Chile, en el 2003, un 68% era vacunado contra Yersiniosis, 78% contra IPN, y menos del 17% contra SRS. Las diferencias entre ambas naciones estarían en la distinta eficiencia de las vacunas y en la inexistencia de estudios independientes que den transparencia a las investigaciones⁶⁸. A lo largo de los años los índices han mejorado, pero aun la vacunación de peces no alcanza los niveles observados en Noruega.

Para su correcta implementación no basta con el desarrollo de éstas, sino que también son necesarias más y mejores instalaciones y una mayor actividad de I+D, tal que sea posible una aplicación integral que entregue suficientemente información, ya que así el mercado ganará confianza en estos productos y esta industria podrá tener un impulso más fuerte y avanzar en cuanto a desempeño tecnológico, porque actualmente aun está en la fase primaria caracterizada por la escasa masificación de sistemas tecnológicos y la baja cooperación tecnológica entre empresas con universidades e institutos tecnológicos. Por esto la idea también es incentivar la creación de asociaciones empresariales donde pueda existir colaboración y además crear e incentivar el estudio de carreras relacionadas con la industria. Un desafío clave es que Chile desarrolle sus recursos humanos y eleve los estándares de educación a los niveles internacionales.

En cuanto a la vitivinicultura y el uso de levaduras en la elaboración del vino, revisamos que esta industria ha ido creciendo fuertemente en nuestro país en los últimos años, ayudando a desarrollar productos de calidad dadas las excelentes características de terreno, clima y múltiples factores que ayudan a la elaboración de vinos de calidad. Así también se ha logrado descifrar la secuencia de genes de las levaduras que ayudan a potenciar los aromas, sabor, color y otros componentes del vino, por lo que se pretende su producción nacional y ya no importar tanto, como se ha venido haciendo hasta el momento. Además, el conocimiento técnico específico necesario en la vitivinicultura en Chile es abundante y relativamente de bajo costo, lo que ayuda a que el sector sea flexible y se adapte fácilmente a los cambios del mercado, sin una estructura rígida y controlada. Sin embargo, la casi nula protección la hace frágil a cambios de corto plazo, lo cual es más evidente en empresas pequeñas.

⁶⁸ Aqua, Diciembre 2007, Pág. 88

En este contexto, la falta de estructura tradicional ayuda a la consolidación, por lo que cada vez hay menos empresas, pero más grandes, incrementándose también el número de pequeñas boutique donde se pueden encontrar vinos premium y de muy alta calidad. Esto hará que disminuya la participación de firmas en los vinos de valores bajos y medios y aumente la venta boutique para los mercados dirigidos a nichos y vinos de alto valor.

El hecho de que Chile sea una economía pequeña y que cuente con gran libertad y baja exigencia estatal en la industria, ha hecho que a lo largo de los años se manifieste una concentración en muy pocas empresas grandes, las cuales cuentan con un gran respaldo financiero. Además, las exigencias estatales se orientan a la custodia de derechos impositivos y tributarios, dejando una gran libertad en el resto de aspectos.

Estas tres aplicaciones biotecnológicas son sólo una pequeña muestra del gran potencial que tiene esta herramienta para poder mejorar y crear nuevos productos y así agregar valor a nuestros productos y diversificar los componentes del PIB a través de procesos más eficientes. Sin embargo, no hay que olvidar que la biotecnología usa como materia prima la biodiversidad genética, por lo que es necesario sentar principios y normativas que incluyan diferentes ámbitos, como la salud humana y animal, protección del medio ambiente, coexistencia de cultivos con diversas tecnologías, información al consumidor y fortalecimiento de las instituciones responsables; buscando también fortalecer el rol de las instituciones públicas que tienen atribuciones legales en materias biotecnológicas, como el Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA).

Hay que establecer límites claros de experimentación, buscando no desincentivar la generación de conocimiento ya que el descubrimiento científico de una propiedad de algún organismo ya conocido y su explotación pueden transformar radicalmente los hábitos y costumbres de una sociedad concreta.

Una vez aclarado esto, tenemos que tener en cuenta también que en la actualidad la creciente demanda de China por recursos naturales y disponibles en nuestro país representa una gran oportunidad para nuestros productos y para el desarrollo de Chile. El gigante asiático ha planeado proyectos ambiciosos de infraestructura y vivienda; esto sumado a la cantidad de personas que allí habitan se hacen que China se convierta en una oportunidad en la que Chile podría ser un gran proveedor de productos de

calidad, por lo que la eficiencia, en conjunto con la sostenibilidad, puede ser posible gracias a la biotecnología, pese a la crisis financiera que se avecina y que, sin duda, tendrá repercusiones en nuestro país, que pueden ser más o menos perceptibles según las medidas que se tomen.

Ya hemos visto, en Chile no existe un Plan Nacional de Investigación, sino diferentes fondos gubernamentales que financian proyectos de empresas y universidades y al tratarse de transferencias y adaptaciones tecnológicas menores, sí existen espacios de oportunidad para muchos actores y las líneas de apoyo público son adecuadas; pero cuando se compite con actores globales, dominando los aspectos centrales de la genómica de las especies de interés comercial para Chile, el espacio se reduce a pocos representantes y con recursos menos atomizados que en el pasado⁶⁹.

El trabajo en biotecnología es de alta especialización y por eso mismo es necesario contar con técnicos y profesionales entrenados especialmente para desarrollar sus proyectos en cada tarea asignada, además de contar con un equipamiento adecuado y sofisticado, que implica grandes desembolsos de dinero, muchas veces poco posibles para aquellas zonas que poseen escasos recursos o tienen urgentes necesidades sociales básicas.

Lo importante es ir potenciando nuestros propios productos, elaborando soluciones biotecnológicas made in Chile y ser reconocidamente un país capaz de realizar investigaciones científicas de alto nivel y en un futuro también vender estas múltiples soluciones a otros países. Adoptar y adaptar los productos ayuda al desarrollo país por lo que tenemos que seguir ampliando nuestra frontera y empezar a ser creadores de estas soluciones biotecnológicas. Para lograrlo es necesaria la existencia de personal capacitado, disponibilidad de financiamiento, infraestructura, un marco regulatorio adecuado, menos burocracia a la hora del patentamiento e incentivos bien focalizados.

⁶⁹ Aldo Cerda, Fundación Chile. Publicación en Revista del Campo.

4. Apéndice

4.1. Diccionario

Alevín: la palabra alevín es usada comúnmente en actividades como la piscicultura y acuicultura, o en ciencias como la ictiología, para designar a las crías recién nacidas de peces. Más precisamente, este término hace alusión al momento en el cual las crías rompen el huevo y comienzan a alimentarse.

Alginato: es una sustancia química purificada obtenida de algas marinas pardas. Corresponden a polímeros orgánicos derivados del ácido algínico. Su uso es variado. Existe una gran gama de empresas que utilizan esta sustancia como espesante para cremas, detergentes, tintas de impresión textil y una gran variedad de productos. Es un material ampliamente usado en odontología para obtener impresiones de los dientes y los tejidos blandos adyacentes.

Anticuerpo monoclonal: anticuerpo homogéneo producido por una célula híbrida producto de la fusión de un clon de linfocitos B descendiente de una sola y única célula madre y una célula plasmática tumoral.

Los anticuerpos monoclonales son anticuerpos idénticos porque son producidos por un solo tipo de célula del sistema inmune, es decir, todos los clones proceden de una sola célula madre. Es posible producir anticuerpos monoclonales que se unan específicamente con cualquier molécula con carácter antigénico.

Atractante: son metabolitos solubles en el agua con bajo peso molecular que buscan incrementar la actividad de la alimentación de los peces de crianza y por consiguiente la asimilación de los alimentos existentes dentro de la industria. Su principal ventaja sería tasas de crecimiento más rápidas, mejorando los ratios de conversión del alimento y la reducción en las cantidades de desechos del alimento no consumido, lo que resulta en un significativo daño ambiental. A largo plazo, los atractantes para la alimentación serían usados para permitir el uso de formas más sustentables de proteínas dentro de los alimentos, que no estén elaborados en base a aceite o proteína de pescado. Este enfoque permitirá además conservar y proteger las poblaciones de peces salvajes y proveerá una base sostenible para la expansión a gran escala del sector de la acuicultura.

Bioeconomía: o Economía Biológica ayuda a investigar el sistema socioeconómico en asociación con el sistema biológico como un todo, y así estudiar las interacciones no-lineales entre sus componentes y no sólo entre las características de los componentes individuales. Se ha desarrollado como respuesta a los avances de las otras disciplinas de economía-ambiente (Economía de Recursos Naturales, Economía Ambiental, Economía Ecológica) a través de las cuales se han investigado de manera individual y por separado las patologías del capitalismo y su sistema industrial. Su principal objetivo es servir de puente entre la ciencia empírica de la Biología y la ciencia literaria de la Economía.

Biorremediación: proceso que utiliza microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para retornar un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural. Puede ser empleada para atacar contaminantes específicos del suelo, por ejemplo en la degradación bacteriana de compuestos organoclorados o de hidrocarburos. Un ejemplo de un tratamiento más generalizado es el de la limpieza de derrames de petróleo por medio de la adición de fertilizantes con nitratos o sulfatos para estimular la reproducción de bacterias nativas o exógenas (introducidas) y de esta forma facilitar la descomposición del petróleo crudo.

Caligidosis: enfermedad causada por el copépodo *Caligus rogercresseyi*, endémico en especies nativas, denominado “piojo de mar”, ectoparásito de la piel, ojos, aletas y branquias de salmónidos, produciendo heridas, ceguera, estrés, disminución del apetito y mayor susceptibilidad a infecciones secundarias, sean bacterianas o virales.

Carotenoides: son un amplio conjunto de pigmentos mayoritariamente vegetales que le dan color a vegetales y frutas, aunque pueden ser enmascarados por la clorofila, van desde el amarillo al rojo, lo interesante de estos, es que son frutos de una larga evolución en los vegetales cuyo único fin es la protección de las estructuras celulares de los daños exteriores, como el sol, los tóxicos y la radiación. Es esta capacidad lo que ha llamado la atención de la comunidad científica, pues si protege a los vegetales quizá también al organismo humano.

Criopreservación: proceso en el cual células o tejidos son congelados a muy bajas temperaturas, generalmente entre -80 °C y -196 °C (el punto de ebullición del nitrógeno líquido) para disminuir las funciones vitales de una célula o un organismo y poderlo mantener en condiciones de vida suspendida

por mucho tiempo. A esas temperaturas, cualquier actividad biológica, incluidas las reacciones bioquímicas que producirían la muerte de una célula, quedan efectivamente detenidas.

Desove: puesta de huevos o huevas de los peces y los anfibios.

Embriogénesis: proceso que se inicia tras la fertilización de los gametos para dar lugar al embrión, en las primeras fases de desarrollo de los seres vivos pluricelulares.

Fitopatología: ciencia del diagnóstico y control de las enfermedades de las plantas. Estudia a los agentes infecciosos que atacan plantas y desórdenes abióticos o enfermedades fisiológicas, pero no incluye el estudio de daños causados por herbívoros como insectos o mamíferos.

Genómica: es el conjunto de ciencias y técnicas dedicadas al estudio integral del funcionamiento, el contenido, la evolución y el origen de los genomas. Usa conocimientos derivados de distintas ciencias como la biología molecular, bioquímica, informática, estadística, matemáticas, física, entre otras.

Germoplasma: conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. Con este término se designa comúnmente el genoma de las especies vegetales silvestres y no genéticamente modificadas de interés para la agricultura.

Los bancos de germoplasma sirven para ubicar, recolectar, conservar y caracterizar el plasma germinal de las plantas que, por sus atributos son consideradas de interés prioritario para beneficio de la humanidad, además de aportar conocimiento científico orientado a la optimización de la conservación y uso de los recursos fitogenéticos.

Híbrido: organismo vivo, animal o vegetal, procedente del cruce de dos organismos de razas, especies o subespecies distintas, o de alguna o más cualidades diferentes.

Híbridoma: célula híbrida compuesta de un linfocito B fusionada con una célula de un tumor que crece indefinidamente en un cultivo de tejido y que es seleccionada para la secreción de un anticuerpo específico de interés.

Hueva: gran concentración de huevos de los peces y otros animales marinos como el erizo de mar, la gamba y la vieira.

Ictiología: es una rama de la zoología dedicada al estudio de los peces. Esta incluye los osteictios (peces óseos), los condriictios (peces cartilagosos) tales como el tiburón y la raya y los agnatos (peces sin mandíbula). Por otra parte la ictiología además se ocupa de la biología y comportamiento de los peces.

Melanoma: nombre genérico de los tumores melánicos o pigmentados o una grave variedad de cáncer de piel. Es un tumor generalmente cutáneo, pero también del intestino y el ojo (melanoma uveal) y altamente invasivo por su capacidad de generar metástasis. Se conocen, aproximadamente, 160.000 casos nuevos de melanoma cada año alrededor del mundo y resulta más frecuente en hombres y personas de raza blanca que habitan regiones con climas soleados. Según la OMS, ocurren cerca de 48.000 muertes relacionados con el melanoma cada año.

Micropropagación: conjunto de técnicas y métodos de cultivo de tejidos utilizados para multiplicar plantas asexualmente en forma rápida, eficiente y en grandes cantidades. Se utiliza para multiplicar o propagar plantas nuevas, tales como aquellas creadas por ingeniería genética, mutagénesis o mejoramiento genético. También se pueden obtener plantas libres de enfermedades u obtener grandes cantidades de plantas que no se propagan eficientemente.

Ova: huevecillos de algunos peces que se encuentran agrupados. Hueva.

Penicilina: antibióticos del grupo de los betalactámicos empleados en el tratamiento de infecciones provocadas por bacterias sensibles.

Pneumocystis (PCP, por sus siglas en inglés): problema infeccioso que causa la neumonía. En otras épocas, la PCP fue una causa importante de muerte en las personas con VIH/SIDA. En la actualidad, es posible prevenir o tratar la mayoría de los casos. La clave es el tratamiento temprano. Algunos síntomas son dificultades para respirar, fiebre y una tos seca.

Poliploidía: fenómeno por el cual se originan células, tejidos u organismos con tres o más juegos completos de cromosomas de la misma o distintas especies o con dos o más genomas de especies distintas. Tales células, tejidos u organismos se denominan poliploides.

Si los genomas de una especie poliploide provienen de la misma especie ancestral, se dice que es autopoliploide o autoploide; si provienen de dos especies ancestrales diferentes se dice que es alopoliploide o aloploide. Dependiendo del número de juegos cromosómicos completos que posee la especie se denomina como triploide (3X), tetraploide (4X), pentaploide (5X) hexaploide (6X) y así sucesivamente, siendo X el número monoploide, no debiendo confundirlo con el número haploide.

Probióticos: microorganismos vivos, que al ser administrados en dosis adecuadas, confieren un beneficio de salud al receptor.

Proteómica: es el estudio y caracterización de todo el conjunto de proteínas expresadas de un genoma (proteoma). Las técnicas de proteómica abordan el estudio de este conjunto de proteínas. Permite identificar, categorizar y clasificar las proteínas con respecto a su función y a las interacciones que establecen entre ellas para caracterizar las redes funcionales que establecen las proteínas y su dinámica durante procesos fisiológicos y patológicos. Ésta técnica se está aplicando en la identificación de nuevos marcadores para el diagnóstico de enfermedades, la identificación de nuevos fármacos, la determinación proteínas involucradas en al patogenia de enfermedades y el análisis de procesos de transducción de señales.

RAPD (DNA polimórfico amplificado al azar): Es una de las técnicas que usa una colección de decanucleótidos para amplificar por PCR áreas específicas distribuidas al azar por el genoma. Su pequeñez y la baja temperatura de alineamiento (36°C) aseguran que se unen a infinidad de secuencias en el genoma para conseguir amplificar muchos fragmentos de DNA. Es muy cómoda, rápida, requiere poco DNA que además no necesita estar muy puro, no presupone conocimientos previos sobre la secuencia, y se pueden distinguir rápida y simultáneamente muchos organismos. Esta tecnología ha sido utilizada para la catalogación de frutos, selección de variedades, y diferenciación de líneas clonales. También se está utilizando para el análisis de las variedades de apio, uva, limón y olivo.

SCAR: técnica que emplea oligonucleótidos arbitrarios para generar huellas dactilares complejas. Son *Regiones amplificadas caracterizadas y secuenciadas* y fue descrita en 1993. Esta técnica aprovecha que las RAPD proporcionan principalmente fragmentos de DNA altamente repetido. Estos fragmentos de RAPD se clonan y secuencian para elaborar oligonucleótidos específicos. Aunque permite el desarrollo rápido de marcadores moleculares, el grado de polimorfismo obtenido es bastante bajo.

SRS: Septicemia Rickettsial Salmonídea o Piscirickettsiosis es una enfermedad sistémica causada por *Piscirickettsia salmonis*, afectando a todas las especies de Salmónidos cultivados en Chile y numerosas especies endémicas, en la fase de cultivo en estuario o mar.

Transgenia: es un proceso que incorpora material genético de un organismo (planta o animal) a otro, para mejorar sus características o hacerlo resistente a ciertas patologías.

4.2. Anexos

4.2.1. Centros de investigación existentes en Chile⁷⁰

En la biotecnología relacionada con agrobiotecnología, bioscombustibles, biotecnología ambiental, biofertilizantes, bioremediación tenemos un total de 118 entidades relacionadas con estas líneas de investigación, dentro de las cuales existen 82 privadas, 24 públicas y 12 mixtas. Entre las primeras podemos encontrar Asociaciones gremiales como: Asembio, ChileBIO CropLife y ANPROS⁷¹; consorcios tecnológicos como Bioenercel S.A, Biofrutales S.A, Genómica Forestal S.A.; empresas chilenas productivas y de servicios como Acecamp, BioEnlaces S.A, Agua Marina; empresas extranjeras como BayerCropScience, Monsanto Chile, Dupont Chile; institutos de investigación como Fundación Ciencia para la Vida, INIA⁷² (Centro Regional de Investigación (CRI) Carillanca), CEAZA⁷³; y universidades como la PUC⁷⁴, UNAB⁷⁵, UC⁷⁶.

En el ámbito público nos encontramos con centros tecnológicos como CGNA⁷⁷, CICITEM⁷⁸, SAG⁷⁹; y universidades como Universidad de Chile, Universidad Austral de Chile, Universidad de Talca, entre otras. Mientras que en cuanto a entidades mixtas está el centro tecnológico CREAS⁸⁰ e institutos de investigación como INFOR⁸¹, INIA (como el Centro Regional de Investigación (CRI) Intihuasi), IFOP⁸².

Por otro lado, dentro de la biotecnología que involucra salud y diagnóstico médico encontramos 56 entidades privadas, 14 públicas y ninguna mixta. Dentro de las primeras está Asembio como asociación

⁷⁰ El análisis será complementado con las tablas adjuntas en el apéndice de éste trabajo: Tablas.

⁷¹ ANPROS: Asociación Nacional de Productores de Semillas S.A.

⁷² INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

⁷³ CEAZA: Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas.

⁷⁴ PUC: Pontificia Universidad Católica de Chile.

⁷⁵ UNAB: Universidad Nacional Andrés Bello.

⁷⁶ UC: Universidad de Concepción.

⁷⁷ CGNA: Centro de Genómica Nutricional Agroacuícola.

⁷⁸ CICITEM: Centro de Investigación Científico y Tecnológico para la Minería.

⁷⁹ SAG: Servicio Agrícola y Ganadero, Unidad de Biotecnología.

⁸⁰ CREAS: Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables.

⁸¹ INFOR: Instituto Forestal.

⁸² IFOP: Instituto de Fomento Pesquero.

gremial, consorcios tecnológicos como BMRC⁸³Chile, Inbiocriotec y el Consorcio de Innovación y Tecnología para la Salud; empresas chilenas productivas y de servicios como Laboratorio Prater, Laboratorio Andrómaco, Knop Laboratorios; 4 empresas extranjeras que son Genzyme Chile, Pfizer, Chile S.A., Productos Farmacéuticos Heel y Proteus S.A.; 3 institutos de investigación como CECS⁸⁴, CORDUNAP⁸⁵ y Fundación Ciencia para la Vida; universidades como la PUC, UC, UDD⁸⁶.

Y en cuanto a las entidades públicas podemos encontrar 2 centros tecnológicos que son el Corporación Centro Internacional de Biomedicina y el CGC⁸⁷; universidades como la Universidad de Chile, Universidad de la Frontera, Universidad de Talca.

En el área de acuicultura y biotecnología marina se informa que hay un total de 49 entidades llevando investigación en estos temas tenemos 34 privadas, 11 públicos y 4 mixtos. Dentro de las privadas está otra vez Asembio como única asociación gremial; el único centro tecnológico es CGC, al igual que el único consorcio tecnológico privado es Aquainnovo S.A.; dentro de las empresas chilenas productivas y de servicios vemos a Bios Chile Ingeniería Genética S.A., Salmenes Multiexport S.A., Laboratorio Centrovét Ltda.; acá solamente hay 5 empresas privadas y dentro de ellas encontramos a Marine Harvest Chile S.A., Aquagen Chile S.A., Danisco Chile S.A., hay solamente 4 institutos de investigación que son AVS Chile S.A., CEAZA, CORDUNAP y Fundación Ciencia para la Vida; y universidades como la PUC, la Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Católica del Norte.

Mientras que en el ámbito público hay 3 centros tecnológicos que son CIEN Austral, CGNA y CGC y universidades como la Universidad de Chile, Universidad de Antofagasta, Universidad de Los Lagos.

En donde la cantidad de grupos es menor que en las áreas anteriores es en las biotecnologías relacionadas con alimentación y nutrición (amarilla) y aquellas relacionadas con bioinformática y nanobiotecnología (dorada), aunque la cantidad involucrada es menor, no es tan baja su participación. Así, dentro de las primeras encontramos 44 instituciones relacionadas, de las cuales 29 son privadas, 7

⁸³ BMRC: Consorcio Tecnológico en Biomedicina Clínico-Molecular S.A.

⁸⁴ CECS: Centro de Estudios Científicos.

⁸⁵ CORDUNAP: Corporación Privada para el Desarrollo de la Universidad Arturo Prat.

⁸⁶ UDD: Universidad del Desarrollo.

⁸⁷ CGC: Núcleo Milenio Centro de Genómica Celular.

públicas y 8 mixtas. Dentro de las privadas marca otra vez pauta Asembio y ChileBIO CropLife como asociaciones gremiales; Tecnovid S.A., es el único centro tecnológico en el rubro; varias son las chilenas productivas y de servicios como Laboratorio Prater, Bio Business Group, Alimentos Dietéticos E.I.R.L.; la única empresa extranjera es Monsanto Chile; y universidades involucradas sólo son 3: PUC, PUC de Valparaíso y la UC. Mientras en el ámbito público solamente hay 4 universidades: Universidad de Chile, Universidad de la Frontera, Universidad de Talca y Universidad del Bío-Bío.

En el ámbito mixto están 5 centros tecnológicos que incluyen a CREAS y 4 centros de Fundación Chile ubicados en distintas regiones del país. Además, están 2 institutos de investigación: IFOP e INIA, éste último con 2 centros en distintos lugares.

En cuanto a la biotecnología clasificada como dorada existen 16 entidades relacionadas, incluyendo 8 privadas, 7 públicas y 1 mixta. Las privadas tienen como asociación gremial a Asembio; una empresa chilena de servicios: Aurus Gestión de Inversiones; una empresa extranjera productiva: Monsanto Chile; un instituto de investigación: Fundación Ciencia para la Vida; y universidades como la PUC, la UNAB y la PUC de Valparaíso con 2 de sus facultades.

En el ámbito público sólo encontramos universidades, dentro de las cuales sólo están la Universidad de Chile con 3 de sus facultades, la USACH, la Universidad de Talca con 2 de sus facultades y la Universidad del Bío-Bío. Quedando sólo una de naturaleza mixta, conocida como el INIA con su Centro Regional de Investigación (CRI) La Platina.

Donde habíamos dicho anteriormente que aún faltan esfuerzos por parte de todos, debido a la existencia relativamente menor de centros y grupos de investigación, es en el área biotecnológica relacionada con fermentaciones clásicas y tecnología de bioprocesos, genes y zonas áridas.

En el ámbito de fermentaciones clásicas y tecnología de bioprocesos, en donde existen 32 centros de investigación de los cuales 26 son privados, 6 públicos y 1 mixto. Dentro de los privados está la única asociación gremial Asembio; 13 empresas chilenas productivas y de servicios, dentro de las cuales encontramos a Bioforest S.A., BioSigma S.A., Biotecnologías Antofagasta S.A.; 8 universidades como la PUC, Universidad Tecnológica de Chile, PUC de Valparaíso, entre otras. Mientras que en lo público tenemos 5 universidades, dentro de las que están la Universidad Metropolitana de Ciencias de la

Educación, la Universidad de Chile, la USACH⁸⁸, la Universidad de Talca y la Universidad del Bío-Bío.

Aquellas entidades que están llevando a cabo investigaciones relacionadas con bioindustrias basadas en genes llegan sólo a un total de 15, donde 11 son privadas y solamente 4 públicas, quedando fuera la existencia de entidades mixtas. Así, dentro de las privadas encontramos 2 asociaciones gremiales como ChileBIO CropLife y nuevamente Asembio; 3 empresas chilenas productivas y de servicios que son Biosonda S.A., BioEnlaces - BioNegocios Ltda. y Ecotecnos Ltda.; solamente Monsanto Chile como empresa extranjera; 3 institutos de investigación donde aparece nuevamente CEAZA, CECS y Fundación Ciencia para la Vida; dos universidades que son la UNAB y la UC. Mientras que en lo público sólo tenemos 4 centros de investigación que corresponden a 3 universidades que son la Universidad de Chile, en sus dos facultades, de Medicina y Ciencias; la Universidad de Los Lagos y la Universidad del Bío-Bío.

Por último, la biotecnología relacionada con zonas áridas se realiza en 13 centros de investigación, de los cuales 7 son privados, 4 públicos y 2 mixtos. Dentro de los privados tenemos nuevamente a Asembio como única asociación gremial; hay 3 empresas chilenas productivas y de servicios que son Agua Marina, BioSigma S.A. y Biotecnologías Antofagasta S.A.; no hay empresas extranjeras, pero si un solo instituto de investigación que es CEAZA y una universidad con dos de sus facultades llevando a cabo investigaciones, esta es la PUC de Valparaíso. En cambio, en el ámbito público tenemos 3 universidades, estas son la Universidad de Antofagasta, Universidad del Bío-Bío y la Universidad de Tarapacá.

4.2.2. Asociación Chilena de Biotecnología, Asembio⁸⁹

Asembio es una asociación gremial que lleva a cabo investigaciones en todas las áreas que forman parte del estudio realizado por Innova Chile de CORFO. Nace el 2004 con el afán de potenciar el crecimiento y la cooperación entre las empresas y entidades del sector biotecnológico de Chile, además de posicionar el valor de la biotecnología en el país a nivel internacional, para lo cual posee lazos con

⁸⁸ USACH: Universidad de Santiago de Chile.

⁸⁹ www.asembio.cl

organismos estatales como InvestChile, Corfo, ProChile; y con organismos internacionales como BIO⁹⁰ y FELAEB⁹¹.

A nivel sectorial se encarga de la promoción y diálogo nacional e internacional, facilita la relación entre el sector académico y privado, facilita las alianzas o acuerdos de I+D a nivel nacional e internacional y tiene una activa participación en el desarrollo del “Marco Regulatorio” de la Industria. A nivel empresarial, impulsa el desarrollo empresarial y de redes regionales/nacionales/internacionales y apoya el desarrollo de capital humano y transferencia tecnológica. Mientras que a nivel internacional su tarea es fomentar la internacionalización de la industria.

Está formada por más de 30 empresas biotecnológicas como socios activos, potenciando a entidades universitarias, centros tecnológicos y de investigación. Donde los beneficios van de la mano con acceso a las redes de biotecnología en Chile y el mundo, información y gestión de instrumentos públicos, oportunidades de desarrollo en capital humano y empresarial, acceso a recursos, material de apoyo y financiamiento.

⁹⁰ BIO: Biotechnology Industrial Organization.

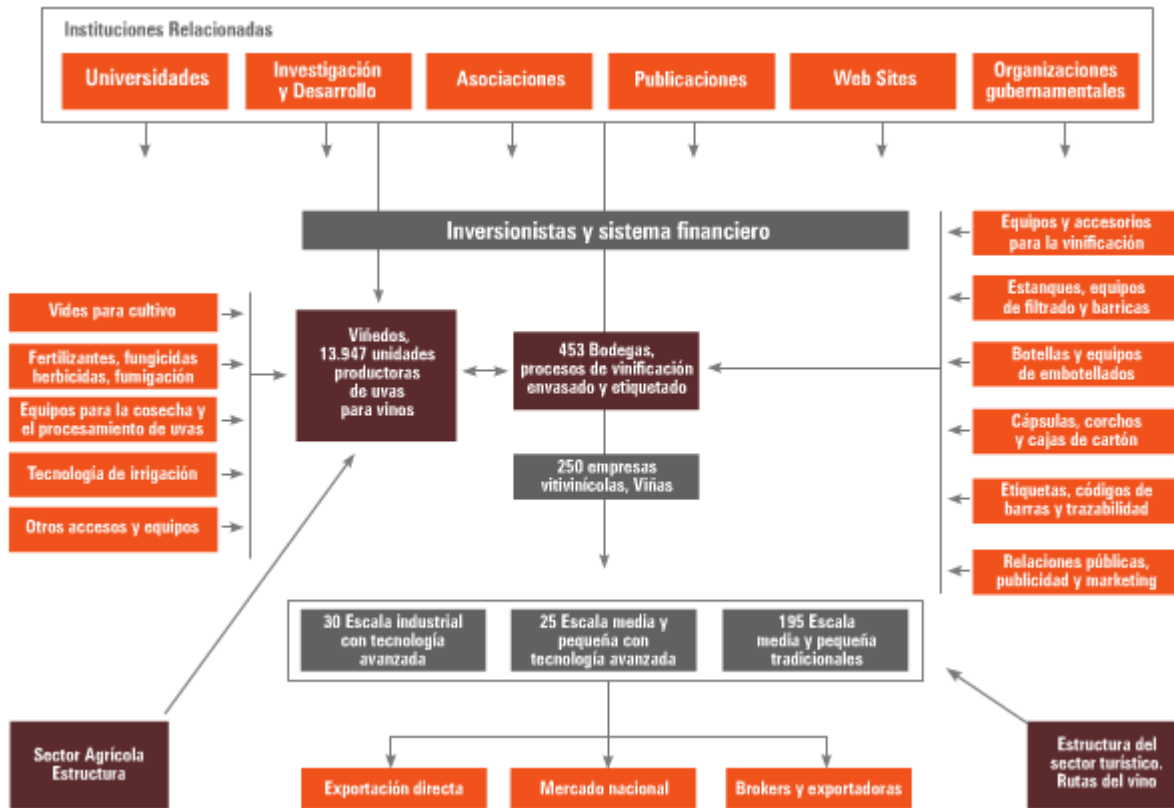
⁹¹ FELAEB: Federación Latinoamericana de Empresas de Biotecnología.

4.2.2. Lixiviación en pilas de minerales de cobre (Histórica y actual).

Region/mine	Operation reserves (t)	Ore processed (t/day)	Cu production (t/year)
Lo Aguirre, Chile 1980–1996	Heap bioleach 12×10^6 at 1.5% Cu	Oxides/chalcocite 16×10^3	$14\text{--}15 \times 10^3$
Cerro Colorado, Chile 1993–	Heap bioleach 80×10^6 at 1.4% Cu	Chalcocite, covellite 16×10^3	100×10^3
Ivan Zar, Chile 1994–	Heap bioleach 5×10^6 at 2.5% Cu	Oxides/sulphides 1.5×10^3	12×10^3
Quebrada Blanca, Chile 1994–	Heap/dump bioleach 85×10^6 at 1.4% Cu 45×10^6 at 0.5% Cu	Chalcocite 17.3×10^3	75×10^3
Punta del Cobre, Chile 1994–	Heap (bio)leach 10×10^6 at 1.7% Cu	Oxides/sulphides –	$7\text{--}8 \times 10^3$
Andscollo, Chile 1996–	Heap/dump bioleach 32×10^6 at 0.58% Cu	Chalcocite 15×10^3	21×10^3
Dos Amigos, Chile 1996–	Heap bioleach 2.5%	Chalcocite 3×10^3	–
Zaldívar, Chile 1998–	Heap/dump bioleach 120×10^6 at 1.4% Cu 115×10^6 at 0.4% Cu	Chalcocite 20×10^3	150×10^3
Lomas Bayas, Chile 1998–	Heap/dump 41×10^6 at 0.4% Cu	Oxides/sulphides 36×10^3	60×10^3
Cerro Verde, Peru 1977–	Heap bioleach — at 0.7% Cu	Oxide/sulphide 32×10^3	54.2×10^3
Escondida, Chile	Heap bioleach 1.5×10^9 at 0.3–0.7%	Oxides, sulphides	200×10^3
Lince II, Chile, 1991–	Heap leach 1.8% Cu	Oxides, sulphides	27×10^3
Toquepala, Peru	Heap leach	Oxides, sulphides	40×10^3
Morenci, Arizona 2001–	Mine for leach 3450×10^6 0.28% Cu	Chalcocite, pyrite 75×10^3	380×10^3
Equatorial Tonopah, Nevada, 2000–2001	Heap bioleach 0.31% Cu	25×10^3	25×10^3
Gunpowder Mammoth Mine, Australia, 1991–	In situ (bio)leach 1.2×10^6 at ~1.8% Cu	chalcocite and bornite –	33×10^3
Girilambone, Australia 1993–2003	Heap bioleach — at 2.4% Cu	Chalcocite/chalcopyrite 2×10^3	14×10^3
Nifty Copper, Australia, 1998–	Heap bioleach — at 1.2%	Oxides/chalcocite 5×10^3	16×10^3
Whim Creek and Mons Cupri, Australia 2006–	Heap bioleach 900×10^3 at 1.1% Cu 6×10^6 at 0.8% Cu	Oxides/sulphides	17×10^3
Mt Leyshon, Australia 1992–1997	Heap bioleach — 0.15%	Chalcocite 1.3×10^3	750
S&K Copper, Monywa, Myanmar, 1999–	Heap bioleach 126×10^6 at 0.5% Cu	Chalcocite 18×10^3	40×10^3
Phoenix deposit, Cyprus. 1996–	Heap (bio)leach 9.1×10^6 at 0.78% Cu 5.9×10^6 at 0.31% Cu	Oxide/sulphide –	8×10^3
Jinchuan Copper, China 2006–	240×10^6 at 0.63% Cu	Chalcocite, covellite, enargite	10×10^3

Fuente: WATLING, H. R. The bioleaching of sulphide minerals with emphasis on copper sulphides - A review. *Hydrometallurgy*, Volume 84, Issues 1-2, October 2006, Pages 81-108

4.2.3. Estructura de la industria vitivinícola en Chile



*Fuente: Directorio de la Industria Vitivinícola Chilena 2009/2010.

Sólo cinco grupos de empresas, que corresponden a 30 viñas productivas, logran una posición relevante tanto en el mercado nacional como en el internacional, controlando el 60% del total de ventas. Es aquí donde se destaca el grupo Concha y Toro con un 29% y las restantes cuatro firmas representan el 31%. El otro 40% está formado por otras 219 compañías vitivinícolas.

5. Bibliografía

- ALVIAL, Adolfo. Contribuciones y aciertos de la innovación tecnológica en la Salmonicultura chilena. [Diapositivas]. Marine Harvest Chile. 34 diapositivas.
- BISANG, Roberto., CAMPI, Mercedes., CESA, Verónica. *Biotecnología y Desarrollo* Documento de proyecto. CEPAL. Santiago de Chile. Marzo 2009. 107 p.
- CAMPOS, José L (et al.). CHAMY M, Rolando., CARRERA M. Julián., JEISON N, David., RUIZ F, Gonzalo. (editores). *Avances en Biotecnología Ambiental: Tratamiento de Residuos Líquidos y Sólidos*. Archivos de Ingeniería Bioquímica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2003, 24 p. ISBN 956-17-0341-6.
- CONCHA Y TORO. Viña Concha y Toro. Un actor de clase mundial dentro de la industria vitivinícola. Presentación Corporativa. [Diapositivas]. Junio 2011. 49 diapositivas.
- FUNDACIÓN TELEFÓNICA. *InnovaLatino: Impulsando la Innovación en América Latina*. Coordinación editorial de Fundación Telefónica: Rosa María Sáinz Peña. Paz Fernández (trad.) Madrid: Editorial Ariel, S.A., 2011, 153 p. ISBN: 978-84-08-10328-8.
- FUNDACIÓN TERRAM. El aporte de la Minería a la Economía Chilena. *Serie APP n° 20*. Análisis de Políticas Públicas. Publicaciones Terram. Octubre, 2003. 8 p.
- GIL Lionel., MARTÍNEZ Víctor., DORNBERGER, Utz., *Caracterización de la industria Biotecnológica Chilena*. 2002. 94 p.
- GONZÁLEZ CH. José L. La biotecnología aplicada a los procesos minero-metalúrgicos. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. 56 diapositivas.
- HC GLOBAL GROUP. Organismos e Instituciones Relacionadas a la Innovación, Tecnología, Emprendimiento en Chile. [Diapositivas]. Santiago-Chile, Latinoamérica.
- HIPERION BIOTECH y TRIKARTY. La Biotecnología española en Chile. *Situación actual y oportunidades de negocio en el sector biotecnológico en América Latina*. Genoma España. Octubre 2005. 89 p.
- INFOR, Instituto Forestal. *Memoria Infor 2010*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 101 p.
- INIA. *La Biotecnología en INIA: Situación Actual y Perspectivas de Desarrollo*. Gobierno de Chile. 7 p.
- INNOVA CHILE, *Oportunidades de Innovación en Productos Biotecnológicos Botánicos*. CORFO. Subdirección de Programas en Biotecnología, Gobierno de Chile. 178 p.
- INNOVACHILE. Biotecnología para su empresa. *Directorio de capacidades de investigación en Chile*. Subdirección de Programas en Biotecnología. CORFO, Gobierno de Chile. Santiago de Chile. Marzo 2007. 492 p.
- KATZ, Jorge., LIZUKA, Michinko., MUÑOZ, Samuel. Creciendo en base a los recursos naturales, “tragedias de los comunes” y el futuro de la industria salmonera chilena. *Serie Desarrollo Productivo n° 191.*, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, GIZ. Santiago de Chile, abril de 2011. 95 p.
- LAGOS M, Camilo y GUZMÁN Ximena. *Biolixivación: Desarrollo actual y sus expectativas De/19/2009*. Comisión Chilena del Cobre, COCHILCO. Dirección de Estudios y Políticas Públicas. Diciembre 2009. 31 p.
- MANZUR, María I. *Investigación Biotecnológica en Chile orientada a la producción de transgénicos*. Fundación Sociedades Sustentables. Junio 2003. 81 p.

- MARDONES L, Alfonso. Situación actual de la Acuicultura y su investigación en Chile. [Diapositivas]. Universidad Católica de Temuco. 161 diapositivas.
- MOGUILLANSKY, Graciela. *Innovación en la industria del vino*. CEPAL, Naciones Unidas. 14 p.
- MOGUILLANSKY, Graciela., SALAS, Juan C., CARES, Gabriela. Capacidad de innovación en industrias exportadoras de Chile: la industria del vino y la agroindustria hortofrutícola. *Serie Comercio Internacional n°79*. CEPAL. Santiago de Chile, noviembre de 2006. 67 p.
- MÜLLER, Katrina. *Chile vitivinícola en pocas palabras*. 2004. 8 p.
- PARADA, Gustavo. *Tendencias de la acuicultura mundial y las necesidades de innovación de la acuicultura chilena*. Informe para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. Marzo 2010. 144 p.
- ROMERO V, Gloria M. *Biotecnología: generalidades, riesgos y beneficios*. 2008. 20 p.
- STUMPO Giovanni (et al.). *Políticas para la Innovación en las pequeñas y medianas empresas en América Latina*. CEPAL, Cooperazione Italiana. Santiago de Chile. Junio de 2011. 167 p.
- SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN. *Innovar en Chile. Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica. 2001 – 2006*. Ministerio de Economía. Santiago, 2005, 120 p., I.S.B.N.: 956-7725-03-9.
- TRUSICH, Katia. Biotecnología en Chile: Ciencia y Empresa. [Diapositivas]. Subdirección de Biotecnología-INNOVA Chile. Marzo 2007. 17 diapositivas.
- *Resultados de las Encuestas de Innovación e I+D 2007 – 2008*. [Diapositivas]. División de Innovación, Ministerio de Economía, Gobierno de Chile. Agosto de 2010. 23 diapositivas.
- WARWICK E, Murray. *La globalización de la fruta, los cambios locales y el desigual desarrollo rural en América Latina: Un análisis crítico del complejo de exportación de fruta chilena*. Revista eure (Vol. XXV, N° 75), pp. 77-102, Santiago de Chile, septiembre 1999.
- YUDELEVICH, Arturo. Bioeconomy Opportunities in Chile. *Chilean Biotechnology: Trends and Opportunities*. [Diapositivas]. InvestChile CORFO, InnovaChile CORFO.
- YUTRONIC, Jorge. *Ciencia, tecnología e innovación en Chile a las puertas del siglo XXI*. Temas de Iberoamérica, Globalización, Ciencia y Tecnología. Chile. 29 p.
- *El sector vitivinícola en Chile. Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico*. Unión Europea. CONICYT, Gobierno de Chile. 29 p.
- Guías de oportunidades de negocio biotecnológicas en la Euroregión Galicia - Norte de Portugal. *Vitivinicultura*. Xunta de Galicia, IGAPE, BIC Galicia, Bioemprende, UE FEDER, Programa cooperación transfronteriza España – Portugal 2007 – 2013. 132 p.
- *Informe al presidente de la República*. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología, Gobierno de Chile. Junio 2003. 168 p.
- *Levaduras Nativas para Elaboración de Vino Orgánico de Calidad*. Ficha de Valorización de Resultados n°65. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura. Proyecto de Innovación en Región Metropolitana.

Agradecimientos

Extiendo mi más sincero agradecimiento por el apoyo informativo para realizar esta tesis al profesor de la Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, Gonzalo Rojas Aguilera. Además a Carolina Carriel por su testimonio como Biotecnóloga chilena y a todos los involucrados en la realización de éste trabajo.