



**VÍNCULOS UNIVERSIDAD-EMPRESA PRESENTES EN LOS PROCESOS DE
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA.**

El caso de la Universidad de Chile a través de proyectos pertenecientes al Fondo
Nacional de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico.

**Seminario de Título Ingeniero Comercial
Mención Economía.**

Autor: Marcelo González Robles

Profesor guía: Joseph Ramos Quiñones

Santiago, Chile
2009

Con cariño, para mi querida universidad, y para mi amado país.

Agradecimientos

En primer lugar deseo agradecer a mi familia, ya que a ellos les debo todo lo que soy. Su amor, dedicación y apoyo incondicional han sido fundamentales a lo largo de esta etapa que hoy me encuentro cerrando, y también durante toda mi vida.

También agradezco a todos quienes me rodearon durante estos años de esfuerzo y emociones, estos últimos, casi siempre dominados por alegrías. Autoridades, profesores, alumnos, funcionarios: ningún grupo me negó la oportunidad de hacer grandes amistades y así disfrutar al máximo el paso por mi querida Universidad de Chile.

Respecto de este trabajo, no deseo agradecer a profesores, sino a maestros y eminencias en el conocimiento, y aún más importante, en la vida, siendo cada uno de ellos, merecedores de todos mis elogios. Este es el caso de mi profesor guía, Don Joseph Ramos Quiñones, y de Don Jorge Katz Spliniac, quienes fueron un gran apoyo para mi investigación.

De forma adicional, agradezco al Director del Departamento de Desarrollo y Transferencia Tecnológica de la Universidad de Chile: Don Jaime Pozo Ferreira-Nóbriga, y a todo su equipo, quienes me brindaron una inmensa colaboración, y sin duda realizan una importante labor por la universidad.

Por último, deseo agradecer a los señores: Javier González Molina, Juan Asenjo De Leuze De Lancizolle, Manuel Duarte Mermoud y Máximo Bosch Passalacqua, eminencias en sus áreas de trabajo y pilares de la Universidad de Chile, quienes abrieron sus puertas para compartir vivencias y brindarme valiosa información para el desarrollo de mi investigación a través de cordiales y amenas entrevistas.

Marcelo González Robles.

TABLA DE CONTENIDOS	Pág.
CAPÍTULO I.....	6
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO II.....	10
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA UNIVERSIDAD DE CHILE....	10
2.1. Antecedentes numéricos.....	10
2.2. Actores Internos.....	13
CAPÍTULO III.....	15
PARTICIPACIÓN DE FONDEF.....	15
3.1. Misión, alcance y programas.....	15
3.2. Concurso Anual de I+D.....	17
3.3. Programa de Valorización de Resultados de Investigación.....	20
CAPÍTULO IV.....	24
ESTUDIO DE CASOS DE PROYECTOS FONDEF.....	24
4.1. Investigación y Desarrollo.....	26
4.1.1. Biopulpaje Kraft aplicado a Pino radiata y Factibilidad de Biopulpaje Kraft aplicado a especies del género Eucalyptus.	26
4.1.2. Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criófilicas comerciales de krill y bacterias antárticas.	31
4.1.3. Mejoramiento de operaciones de biolixiviación de minerales de cobre y electro-obtención en plantas a gran altura mediante calentamiento de soluciones por inducción magnética.	34
4.1.4. Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia.	38

4.2. Transferencia Tecnológica.....	42
4.2.1. Estudio de casos anteriores.....	42
4.2.1.1. Biopulpaje Kraft aplicado a Pino radiata y Factibilidad de Biopulpaje Kraft aplicado a especies del género Eucalyptus.	42
4.2.1.2. Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas comerciales de krill y bacterias antárticas.	45
4.2.1.3. Mejoramiento de operaciones de biolixiviación de minerales de cobre y electro-obtención en plantas a gran altura mediante calentamiento de soluciones por inducción magnética.	46
4.2.1.4. Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia.	47
4.2.2. Evaluación de los investigadores.....	49
4.2.3. Resultados de Transferencia Tecnológica.....	51
CAPÍTULO V.....	55
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO VERSUS OBJETIVOS DEL CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD	55
CAPÍTULO VI.....	59
CONCLUSIONES.....	59
GLOSARIO.....	62
BILIOGRAFÍA.....	63

RESUMEN

El presente trabajo trata un tema, hasta hace poco años, no muy estudiado en el país, pero que poco a poco ha capturado la mirada de importantes actores vinculados al crecimiento económico, distinguiendo así su gran trascendencia. Me refiero así, al proceso de transferencia tecnológica, mecanismo a través del cual el sector empresarial e industrial externaliza la función investigadora a centros de investigación y universidades, entre otros, para luego incorporar sus hallazgos y así conseguir mejoras productivas.

En este caso, el estudio será acotado a la experiencia de conectividad presentada por la Universidad de Chile con el sector empresarial, a través de labores de investigación aplicada y dirigida a la creación de nuevos o mejores productos, servicios y/o tecnologías de fabricación.

El trabajo incorpora la evidencia empírica vivida por la Universidad de Chile en procesos de investigación y desarrollo aspirantes a lograr la transferencia de nuevas y mejores tecnologías en las distintas industrias a través de la red de proyectos FONDEF, generando así una posible instancia de evaluación, incorporando aspectos claves y propios de cada proyecto, tales como la generación de nuevas patentes y su posible comercialización a través de licencias, y también aspectos estructurales como el funcionamiento y desempeño de FONDEF.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Sin duda, la innovación figura como uno de los temas económicos principales de discusión nacional. Ello se debe a que es uno de los ítems en los cuales el país presenta mayor deuda en pro de estimular el crecimiento económico. Sin ir más lejos, la OECD en el Economic Survey of Chile del año 2005 hizo público su parecer respecto de la actualidad económica del país, recalcando la necesidad por estimular actividades de investigación y desarrollo, equivalentes al 0,7% del PGB (OECD, 2005), muy lejos de los estándares de países desarrollados e incluso de países en vías de desarrollo - en muchos casos superiores al 3% (Katz & Spence, Serie de Documentos de Trabajo N 287, 2008)-. Además, en el mismo estudio, la OECD manifiesta la necesidad de reformar el sistema de innovación nacional (OECD, 2005). Hecho que es reafirmado por el país a la hora de formar el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, encargado de llevar a cabo tal reforma.

Si bien este trabajo no se concentra en el problema recién descrito a nivel de solución país, el párrafo anterior nos ayuda a entrar en el contexto de una gran problemática, que trae consigo una gran responsabilidad y labor de diversos actores provenientes del estado, del sector empresarial, de las universidades y centros tecnológicos, entre otros; tanto desde sus actividades individuales, como desde las interacciones existentes entre cada uno de ellos. Tomando en cuenta aquello, este

trabajo se concentra en el vínculo presente entre las universidades y las empresas a la hora de generar innovaciones, particularmente examinando el caso de la Universidad de Chile y su conexión con el sector empresarial a la hora de realizar investigación y desarrollo vinculable a la generación de nuevas tecnologías transferibles al sector industrial. La pregunta principal del trabajo apunta a responder si acaso los esfuerzos de la Universidad son efectivos y logran o no materializar los resultados de procesos de investigación y desarrollo "con objetivos declarados" en nuevos bienes, servicios o nuevas tecnologías que incrementen la productividad en las distintas industrias nacionales y con ello colaboren a estimular el desarrollo económico del país.

La hipótesis elaborada apunta a que los esfuerzos de la Universidad de Chile son cuantiosos en el estímulo de actividades de investigación y desarrollo a través del equipo de investigadores presente en las distintas facultades y centros de investigación. Pese a ello los resultados en transferencia tecnológica no reflejan el potencial de la universidad: por un lado el incentivo claro de generar investigación con objetivos declarados por sobre investigación neutral resulta incierto; por otro lado la existencia de objetivos declarados y con ello la asociación con empresas y otras organizaciones a la hora de elaborar proyectos no asegura una definitiva y decisiva transferencia en cuestión. Las necesidades empresariales variables, los horizontes temporales de largo plazo, la dificultad en la obtención de patentes de invención y posterior comercialización de licencias y las volátiles condiciones de los mercados pueden anular la adopción de nuevas tecnologías y terminar por destruir un objetivo previamente analizado como necesario y rentable.

El plan de trabajo busca determinar la eficiencia de los esfuerzos en investigación y desarrollo de la universidad y los respectivos resultados en transferencia tecnológica a partir de la evidencia empírica dejada por proyectos elaborados y finalizados por la universidad a través de FONDEF, sin embargo como primera instancia, es muy necesario un análisis del panorama de investigación y desarrollo en la Universidad de Chile, por medio de la participación de sus actores internos -a través de antecedentes numéricos históricos y de su estructura organizacional en dicho aspecto-, como de los actores externos involucrados.

En la etapa siguiente, se expone de forma resumida la labor de FONDEF en cuanto a la asignación de recursos fiscales hacia proyectos de investigación y desarrollo, y transferencia tecnológica con el fin de buscar una mayor cohesión entre universidades y centros de investigación, y empresas tanto públicas como privadas, mejorando así la competitividad de estas últimas. Se esquematizan los proyectos de interés para este trabajo con el fin de contextualizar de mejor forma al lector.

Luego, se presentan ejemplos de casos de proyectos adjudicados y finalizados por la Universidad de Chile en investigación y desarrollo con objetivos declarados a través de FONDEF, incorporando información del desempeño tanto de la universidad como de las empresas asociadas. De forma adicional, es analizada la fase de transferencia tecnológica, distinguiendo sus resultados en la fase primaria del vínculo universidad-empresa generado en la misma etapa de investigación, como también los resultados alcanzados en etapas posteriores, a través de proyectos focalizados en transferencia tecnológica, también por medio de FONDEF. Para ello se profundiza el análisis

añadiendo proyectos específicos de transferencia tecnológica.

Posteriormente se analizarán los resultados acorde a los lineamientos y objetivos propuestos en cuanto a investigación y desarrollo y transferencia tecnológica por parte del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC, 2006; CNIC, 2007 & CNIC, 2008); teniendo en cuenta que gran parte del racimo de proyectos estudiado fue formulado con antelación a dichos parámetros de comparación, de igual forma siendo información útil a la hora de incorporar dicho factor en los proyectos en pleno desarrollo e incluso aún no iniciados.

Superadas las etapas anteriores -si bien no estaremos en condiciones de evaluar el desempeño a la fecha de la universidad en cuanto a transferencia tecnológica debido al gran número de proyectos FONDEF concursados y desarrollados respecto de los analizados en el presente trabajo, y también tomando en cuenta que este instrumento es sólo una de las formas existentes de transferir tecnologías a las industrias -dejando fuera de análisis otros mecanismos como INNOVA Chile de CORFO e iniciativas propias sin necesidad de financiamiento perteneciente a entidades como FONDEF y CORFO- podremos obtener una visión a partir de los casos analizados respecto de cómo están trabajando todos los actores involucrados a la hora de intentar obtener el mayor producto de la universidad, es decir, provenientes de la red de incentivos por parte de la universidad como ente central y de FONDEF; de la labor ejercida por los investigadores y por cada facultad; entre otros.

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA UNIVERSIDAD DE CHILE

2.1. Antecedentes Numéricos

La Universidad de Chile ha sido testigo de sus grandes avances en investigación y desarrollo -aplicado y neutral- mayoritariamente debido al financiamiento externo. Esto proviene de un fenómeno mundial acontecido hace casi treinta años, en el cual las universidades de origen estatal han visto disminuidos sus recursos fiscales directos para diferentes actividades, incluida la investigación; desviando la atención hacia oportunidades de financiamiento externo, bajo reglas de mercado en términos de estricta competencia -concursos de fondos limitados y masiva participación de terceros, entre otras oportunidades de financiamiento- (Katz & Contreras, The dynamics of universities behaviour in Chile, 2009). Dicho cambio estructural ha llevado a la Universidad de Chile a lo largo de los años a ver acotados sus recursos, pero por otro lado forzándola a ser eficiente en los esfuerzos de investigación y desarrollo por sobre sus pares.

En la actualidad la Universidad de Chile lidera a nivel nacional la mayoría de los índices ligados a investigación y desarrollo. Entre los años 2003 y 2008 la Universidad de Chile se ha situado en el primer lugar nacional en cuanto a publicaciones ISI -dentro del universo de universidades estatales chilenas- con más de 6.000 publicaciones -un

31% sobre el universo total- (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a). Es importante tener en cuenta que dicho ítem es mayoritariamente evaluado sobre investigación neutral.

Por otro lado, siguiendo la línea de la investigación neutral, la Universidad de Chile ha liderado a lo largo de la última década, la adjudicación de proyectos regulares FONDECYT pertenecientes a CONICYT, con más de 1.000 proyectos adjudicados entre los años 2000 y 2009, equivalentes a un 29% de los proyectos dentro del universo de proyectos adjudicados por universidades nacionales y otras entidades no universitarias (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a).

Como veremos a lo largo del trabajo, el enfoque principal será sobre los esfuerzos realizados por la Universidad de Chile en cuanto a investigación y desarrollo con objetivos declarados en la búsqueda de provisión de nuevas tecnologías, bienes y servicios al aparato industrial nacional. En pos de lo anterior, la Universidad de Chile ha participado activamente de la postulación de proyectos FONDEF de investigación y desarrollo también pertenecientes a CONICYT. Entre los años 2006 y 2009, la universidad ha obtenido la adjudicación de 20 proyectos, equivalentes a cerca del 11% de los fondos destinados por FONDEF (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a) para el financiamiento de los proyectos adjudicados. Vale decir que en esta instancia participan tanto universidades nacionales como centros de investigación, entre otras entidades.

Sin duda la obtención de resultados a partir de proyectos de investigación y desarrollo con objetivos declarados es un proceso difícil, pudiendo ser analizado desde diversas aristas. Para este caso, me enfocaré en la transferencia tecnológica a través de desarrollo de patentes tanto en Chile como en el extranjero, y la posterior negociación de licencias. A la fecha, la universidad ha logrado la aprobación de 13 patentes en Chile y 8 en el extranjero (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a), considerando también el gran número de patentes en trámite aún no aprobadas.

Por otro lado, dentro de FONDEF existe una gama de proyectos precisamente enfocados en la transferencia de nuevas tecnologías, productos y servicios a partir de investigación existente; me refiero a los proyectos de valorización de resultados -ex transferencia tecnológica-. Resulta impactante observar que entre los años 2000 y 2009 la Universidad de Chile logró la adjudicación de 82 proyectos FONDEF de investigación y desarrollo y sólo 18 de transferencia tecnológica y valorización de resultados (FONDEF - CONICYT, 2009b). Dichos resultados abren un abanico de interrogantes: ¿Son los proyectos FONDEF realmente exitosos como para servir de cimiento para futuros proyectos sobre valorización de resultados -transferencia tecnológica-?, de ser exitosos, ¿los investigadores cuentan con incentivos suficientes para continuar con etapas posteriores de transferencia?, ¿las empresas nacionales desean invertir en transferencia tecnológica?, ¿acaso la transferencia tecnológica será mayormente llevada a cabo en las mismas etapas de investigación y desarrollo debido a la cohesión universidad-empresa?

Las incógnitas anteriores serán respondidas en etapas más avanzadas del trabajo, dando paso ahora a una breve visión estructural de la universidad en cuanto a esfuerzos en investigación y desarrollo y resultados en cuanto a esta misma en objetivos declarados.

2.2. Actores internos

La Universidad de Chile actualmente cuenta con diversos centros y grupos de investigación en sus distintas facultades, institutos, vicerreorías y rectoría¹ (Universidad de Chile, 2009a). Sin duda la facultad que más presencia tiene al interior de la universidad en el rubro de investigación y desarrollo con objetivos declarados es la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas con 16 proyectos FONDEF en proceso al año 2008 (Vicerreoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a). Dicho número se ve respaldado por el gran número de centros de investigación vinculados a dicha facultad en una variedad de disciplinas como biotecnología y minería, (Universidad de Chile, 2009a) entre otras. La segunda y tercera facultad con más proyectos FONDEF en ejecución son la Facultad de Medicina y la Facultad de Ciencias Agronómicas, con 5 y 3 proyectos respectivamente al año 2008. La Facultad de Ciencias Forestales, la Facultad de Economía y Negocios y la Facultad de Ciencias Sociales mantienen un proyecto FONDEF en desarrollo al año 2008 (Vicerreoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a), y el resto de las facultades no presentan proyectos en ejecución a esa fecha. Considerando que muchos proyectos ya

¹ Para mayor información de programas y centros de investigación de la Universidad de Chile, revisar: http://www.uchile.cl/uchile.portal?_nfpb=true&_pageLabel=conUrl&url=5297

se encuentran finalizados, los números anteriores no indican un ranking de adjudicación de proyectos, pero si puede aproximarse a un flujo de ellos. Sin duda, la diferencia en esfuerzos puede responder a múltiples factores, como las posibles áreas de investigación de las distintas facultades, siendo algunas áreas poseedoras de un mayor potencial productivo en la industria nacional e internacional. Vale la pena clarificar que el objetivo del trabajo no recae en explicar tales diferencias y que la exposición de tal información sólo servirá de apoyo para otros alcances futuros del trabajo.

Pasando a analizar la labor de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, en una primera instancia se presentan sus principales funciones afines con el trabajo: asistencia a investigadores en cuanto a presentación de proyectos ante entidades externas, manejo de información respecto de investigación vigente al interior de la Universidad de Chile, fomento y apoyo a investigadores a través de proyectos concursables internos, generación de conectividad entre la universidad y el sector empresarial público y privado, y por último, incentivo a la creación de relaciones transversales en la investigación entre distintas unidades académicas de la universidad y patentamiento (Universidad de Chile, 2009b) .

Más adelante se expondrán casos empíricos de proyectos FONDEF que permitirán identificar y evaluar en lo posible la trascendencia de la actividad de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo en su relación con la investigación relativa a cada proyecto y sus resultados en cuanto a transferencia tecnológica.

CAPÍTULO III

PARTICIPACIÓN DE FONDEF

3.1. Misión, alcance y programas

La misión de FONDEF es “contribuir al aumento de la competitividad de la economía nacional y al mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos, promoviendo la vinculación entre instituciones de investigación y empresas en la realización de proyectos de investigación aplicada, desarrollo precompetitivo y transferencia tecnológica” (FONDEF - CONICYT, 2009c), siendo una entidad dependiente de CONICYT y adjunto al Sistema Nacional de Fondos Públicos de Fomento Tecnológico.

Es importante considerar la severa reconfiguración sufrida por parte de los organismos vinculados al estímulo de la innovación y de la investigación en el país a contar del año 2006 y de la definición de los lineamientos a seguir en tales materias por parte del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. En el Informe Final emitido en Febrero del 2006, el consejo propuso la mantención de FONDEF como entidad reservada para el estímulo de la investigación aplicada (CNIC, 2006).

Con el fin ya descrito de promover actividades de investigación aplicada, desarrollo precompetitivo y transferencia tecnológica, FONDEF administra sus fondos a través de distintos tipos de concursos pertenecientes a programas agrupados en dos ramas: programas regulares y programas temáticos (FONDEF - CONICYT, 2009d).

Dentro de los programas regulares se encuentran:

- Concurso anual de I+D
- Programa de valorización de resultados

Dentro de los programas temáticos se encuentran:

- Programa hacia una agricultura de nivel mundial (HUAM)
- Alimentos funcionales
- Bioenergía
- Programa para la diversificación de la acuicultura chilena (PDACH)
- FONDEF regional
- Fondo nacional de investigación y desarrollo en salud (FONIS)
- Programa iniciativa genoma Chile
- Programa de ciencia y tecnología aplicada a marea roja
- Programa tecnologías de información y comunicación para la educación (TIC EDU)

Vale decir que los casos de proyectos de investigación y desarrollo a presentarse más adelante pertenecen a concursos anuales de I+D, pudiendo pertenecer a distintos programas temáticos debido a la materia estudiada. Dicha situación se debe a que varios programas temáticos nacieron con posterioridad respecto de los proyectos presentados, en parte debido a los lineamientos y estrategias de innovación propuestas por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad entre los años 2006 y 2008 (CNIC, 2008).

En virtud de que los proyectos a utilizar en el futuro estudio de casos se encuentra dentro de la red de programas regulares, sólo dichos programas serán analizados a continuación, sin profundizar en aspectos relativos a programas temáticos.

3.2. Concurso Anual de I+D² (FONDEF - CONICYT, 2008)

Los objetivos primordiales de este concurso son, la generación de vínculos entre el sector investigador y el sector empresarial nacional e internacional; el financiamiento de proyectos que proporcionen dichos vínculos a través de objetivos declarados resultantes en nuevos o mejores productos, servicios o procesos productivos; y mejorar las capacidades e infraestructura científica del país, pudiendo alcanzar así una masa crítica significativa.

² Apoyado en las bases del Concurso Anual de I+D del año 2008. Para información más acabada consultar http://gestion.conicyt.cl/postulacion/ur/fondef/id/7/static_sitio/documentos/Bases_XVI_FONDEF.doc

Se espera que, siendo capaces de explotar las oportunidades, los resultados de los proyectos tengan un alto impacto económico-social, resolviendo problemáticas vigentes para el país y satisfaciendo o creando mercados nacionales e internacionales a través de soluciones tecnológicas perfectamente diferenciables de otras soluciones preexistentes tanto en el ámbito nacional como internacional. Adicionalmente, se espera que el impacto ambiental sea neutro en el peor de los casos, pero nunca negativo.

Una visión breve de las entidades beneficiarias y objeto de financiamiento incorpora instituciones ocupadas en actividades científico-tecnológicas, tales como universidades e institutos tecnológicos, entre otras. Esta característica, califica el esfuerzo de estimular la investigación y desarrollo aplicable a la red empresarial nacional e internacional por parte de FONDEF como un mecanismo *science-push*, es decir, preocupado de atraer a la oferta de investigación y desarrollo, hacia un nexo con la industria.

Las instituciones beneficiarias pueden participar del concurso tanto de forma individual como conjunta, teniendo en consideración que sólo una debe atribuirse el rol de entidad principal. Se espera que las instituciones en cuestión tengan historial en actividades de investigación y desarrollo.

Los proyectos participantes del concurso deberán contar con al menos dos entidades o empresas asociadas, participantes de actividades de elaboración, ejecución y financiamiento, y por sobre todo, activamente involucradas en la

producción, distribución, masificación y comercialización de los bienes y servicios resultantes de la investigación y desarrollo.

El concurso requiere una participación mínima del 15% del costo total del proyecto por parte de las entidades beneficiarias investigadoras y también del 15% por parte de empresas o entidades asociadas, en ambos casos ya sea a través de aportes monetarios, bienes, y servicios de personal. El porcentaje restante del costo total del proyecto es financiado por FONDEF con un límite de 450 millones de pesos.

Los proyectos deben encontrarse insertos en alguna de las siguientes categorías: agropecuaria, forestal, tecnologías de información y comunicación, manufactura, minería, pesca y acuicultura, salud, agua, energía y medio ambiente, educación (instrumentos y procesos), infraestructura (transporte, construcción, obras públicas, urbana y rural), servicios (comerciales, profesionales, sociales o financieros), incorporando, independiente de la categoría, una duración máxima de 36 meses.

Vale señalar que los proyectos, a la hora de ser seleccionados o rechazados, son objeto de una evaluación científico-tecnológica, económico-privada y económico-social. Es de vital importancia destacar que dentro de la evaluación científico-tecnológica se incorpora un ítem de identificación de las tecnologías a transferir, y de la participación y actividad respecto del uso de dichas tecnologías por parte de las contrapartes participantes en cada proyecto. Los proyectos aprobados son objeto de control y seguimiento por parte de CONICYT en todo momento en el transcurso de su ejecución. Al momento de su conclusión, la propiedad de los resultados propios de la innovación

se adjudica a las instituciones beneficiarias, pudiendo ser compartida con las empresas o entidades asociadas y/o con el personal ejecutor del proyecto. Las instituciones beneficiarias de los distintos proyectos se ven en la obligación de proteger y/o valorizar los resultados de éstos corridos dos años de su finalización. De no proceder de tal manera, se ven en el riesgo de ver divulgados sus resultados por parte de CONICYT.

Dentro de las actividades financiadas por FONDEF propias de un proyecto dado figuran: honorarios para el personal contratado debido a las necesidades del proyecto; incentivos de participación al personal estable responsable de la ejecución del proyecto; subcontratos; capacitación que no genere grado académico; adquisición, instalación y mantenimiento de equipos; adquisición de software, adquisición de material fungible; acondicionamiento de infraestructura ya existente; pasajes y viáticos relacionados a viajes necesarios para el desarrollo del proyecto; seminarios, publicaciones y difusión; gastos derivados del trámite de adquisición de propiedad intelectual e industrial; gastos generales, comunes y de administración superior propios del proyecto.

3.3. Programa de Valorización de Resultados de Investigación³ (FONDEF - CONICYT, 2009a)

El programa de Valorización de Resultados de Investigación tiene como objetivo principal que los resultados de actividades de investigación y desarrollo,

³ Apoyado en las bases del Programa de Valorización de Resultados de Investigación del año 2009. Para mayor información consultar http://www.fondef.cl/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=63&Itemid=344

mayoritariamente aplicada sea transferida a empresas, a través de nuevos o mejores bienes, servicios o procesos. Dichos resultados pueden ser transferibles tanto a la industria nacional como internacional. Se entiende entonces que este programa nace de la comprensión acerca de que los resultados en investigación y desarrollo pueden ser parte importante, pero no total para ser aplicada en algún negocio, requiriendo tecnología e inversión complementaria, que se ajuste con exactitud a las necesidades empresariales. Además a través de este programa se espera incentivar la generación de emprendimiento innovador y la protección de derechos de propiedad intelectual. Vale la pena mencionar que este programa busca ser la continuidad del programa anterior, pero también es capaz de abarcar resultados tecnológicos alcanzados en investigación fuera de FONDEF.

Los beneficios de financiamiento de este programa corresponden a instituciones ocupadas en actividades científico-tecnológicas, al igual que en el Concurso Anual de I+D.

Como veremos, este programa es más flexible en cuanto a condiciones para la participación, pero mantiene de igual forma muchas similitudes respecto del Concurso Anual de I+D: las instituciones beneficiarias pueden participar del concurso tanto de forma individual como conjunta, siempre considerando que sólo una debe atribuirse el rol de entidad principal. Por otro lado, si bien se espera que las entidades investigadores interactúen con empresas u otras organizaciones como contrapartes - siendo responsables de actividades de elaboración, ejecución y financiamiento, e involucradas en la producción, distribución, masificación y comercialización de los

bienes y servicios resultantes de los proyectos beneficiados por el programa-, no existe una condición que lo obligue. A diferencia del Concurso Anual de I+D, este programa es de la modalidad ventanilla abierta, es decir, se encuentra disponible en cada momento del año, donde cada proyecto es analizado según su potencial respecto de los objetivos del programa, no existiendo directa competencia con entre distintos proyectos en paralelo. Destacaré que este programa depende de la disponibilidad de recursos adicionales de FONDEF, los cuales no necesariamente existan a lo largo de todo el año, presentado discontinuidad en ciertos momentos.

El programa de Valorización de Resultados se divide en dos etapas:

- Primera etapa: Elaboración de un plan de negocios tecnológicos y de trabajo en un plazo máximo de 3 meses.
- Segunda etapa: Ejecución del plan de trabajo en un plazo máximo de 18 meses.

El monto aportado por FONDEF corresponde hasta un 80% de total del costo del proyecto, tanto para la primera como para la segunda etapa teniendo un tope de 70 millones de pesos, de los cuales, sólo 6 millones de pesos pueden ser utilizados en la primera etapa; teniendo en cuenta que cada etapa cuenta con una evaluación propia, es decir la adjudicación de los fondos de la segunda etapa se encuentra sujeta a los resultados de la evaluación primaria. El 20% del costo del proyecto no contemplado por FONDEF debe ser financiado por las entidades investigadores o bien por las contrapartes, ya sea a través de aportes monetarios, bienes, y servicios de personal.

Las actividades contempladas por FONDEF como objeto de financiamiento del Programa de Valorización de Resultados son las mismas consideradas por el Concurso Anual de I+D, sólo dejando fuera el ítem de capacitación.

La propiedad de la innovación tecnológica una vez finalizado el proyecto corresponde a la parte beneficiaria, pudiendo ser compartida con las contrapartes.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE CASOS DE PROYECTOS FONDEF

La presencia de la Universidad de Chile ha sido importante a través de los años en la red de proyectos concursables de FONDEF, tal cual se expuso en etapas anteriores del presente trabajo. En este capítulo se presentarán los antecedentes de proyectos concursados y ganados por la Universidad de Chile, -pertenecientes al Concurso Anual de I+D en una primera instancia, y al Programa de Valorización de Resultados de Investigación en una segunda instancia-, dentro de los cuales se mencionarán montos adjudicados en dinero, plazos de desarrollo, otras entidades participantes –tanto colaboradoras en la parte investigativa como contrapartes empresariales-, entre otros antecedentes.

También en esta instancia, para el caso de los proyectos de investigación y desarrollo, se evidenciarán los resultados obtenidos en cuanto a desarrollo de nuevos o mejorados productos y/o servicios, nuevas tecnologías de fabricación, o mejoras en algún ámbito relativo al área de investigación abordada por el proyecto.

Es de vital importancia tomar en cuenta que gran parte de las investigaciones realizadas por la Universidad de Chile en el marco de proyectos FONDEF buscan alcanzar el patentamiento de los inventos logrados, instancia para la cual es necesario

resguardar los logros y alcances específicos de los distintos proyectos finalizados, evitando actividades de difusión como publicaciones.

Si bien los proyectos de investigación y desarrollo presentan objetivos muy bien definidos, los cuales son entendidos por FONDEF a la hora de asignar fondos, la actividad de patentamiento puede abarcar tanto una fracción de la investigación como exceder sus márgenes, incorporando elementos previamente investigados y complementarios vinculables para los fines de una misma patente.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, es muy importante anticipar que dentro de los resultados encontrados en los proyectos analizados y prontos a presentar, la información se encuentra bastante acotada, debido a que parte de esta aún se encuentra en trámites de patentamiento. Debido a tal panorama, los análisis se marginan a mostrar resultados cuantitativos presentes dentro de la publicación existente para actividades ya patentadas y actividades no susceptibles de patentamiento. Incluso, en los análisis se vinculan antecedentes de estudios muy posteriores al desarrollo de los distintos proyectos, puesto a que el trámite de obtención de patente en ciertos casos es de tiempo muy prolongado. Para los casos donde simplemente las patentes vinculadas a actividades presentes en los proyectos no se han obtenido a la fecha, por encontrarse en trámite o bien por todavía no haberse postulado a las entidades correspondientes, los resultados son tratados de forma más bien cualitativa dentro de lo posible. En tales casos, la obtención directa de información a través de variadas entrevistas con los desarrolladores de proyectos ha sido de gran ayuda para completar los análisis.

4.1. Investigación y Desarrollo

En la primera parte de este capítulo se presentarán 6 casos de proyectos ganadores de fondos pertenecientes al Concurso Anual de I+D de FONDEF –en distintos años-. Debido a que algunos proyectos pertenecen a la misma área temática, y es más, siendo desarrollados de forma complementaria y por los mismos investigadores, tales casos son abordados de forma conjunta.

4.1.1. Biopulpaje Kraft aplicado a Pino radiata y Factibilidad de Biopulpaje Kraft aplicado a especies del género Eucalyptus

En este punto presentaré de forma paralela dos proyectos adjudicados por la Universidad de Chile debido a la similitud de ambos, los cuales se encuentran inmersos en la tecnología de Biopulpaje Kraft dentro del área forestal.

El pulpaje Kraft es uno de diversos procesos de pulpaje químico existentes, los cuales en el proceso de cocción tratan, a grandes rasgos, de remover la lignina – encargada de unir fibras dentro de la madera- principalmente de la holocelulosa, dentro de un conjunto de componentes de la madera, evitando a la vez disolver la mayor cantidad de celulosa posible. La lignina, al ser removida, permite que las astillas se desfibren, preservando las fibras más fuertes (González, s.a.)

En el proceso de pulpaje Kraft, los químicos involucrados son el hidróxido de sodio y el sulfuro de sodio. El primero de éstos está relacionado mayormente con la degradación de los componentes de la madera, entre ellos la lignina y la celulosa. El sulfuro de sodio, por su parte, es el encargado de desacelerar la degradación de la celulosa. Finalmente, la cantidad de lignina residual encontrada en la madera al finalizar el proceso de pulpaje es controlada por un índice Kappa, el cual se correlaciona positivamente con la cantidad de lignina hallada (González, s.a.).

Es importante considerar el gran efecto contaminante derivado de la industria de la celulosa producto de la alta utilización de químicos nocivos en los procesos de cocción, dando origen a la necesidad urgente de desarrollar un proceso alternativo capaz de combatir los problemas ambientales propios del pulpaje Kraft –tomando en cuenta la creciente regulación ambiental y el impacto negativo en imagen corporativa proveniente de las malas prácticas ambientales-, y siendo también más eficiente en cuanto a sus resultados productivos (González, s.a.).

El proyecto **Biopulpaje Kraft aplicado a Pino Radiata** (FONDEF - CONICYT, 1997) -de código FONDEF D97I2032- fue adjudicado por la Universidad de Chile como institución principal, contando con la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad Austral de Chile como instituciones secundarias dentro del grupo investigador. El proyecto fue otorgado el año 1997 y contempló una duración de 42 meses, adquiriendo por parte de FONDEF la suma de 230 millones de pesos. El director del proyecto fue el profesor y actual Decano de la Facultad de Ciencias

Forestales, Don Javier González Molina. Como contraparte del sector empresarial, participó Celulosa Arauco y Constitución S.A.

El proyecto **Factibilidad de Biopulpaje Kraft aplicado a especies del género Eucalyptus** (FONDEF - CONICYT, 2002) -de código FONDEF D02I1086-, adjudicado por la Universidad de Chile como institución principal y con la participación en la investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Austral de Chile y Waikato University de Nueva Zelanda. Como contrapartes empresariales participaron Celulosa Arauco y Constitución S.A. y CMPC S.A. El proyecto fue otorgado el año 2002, contemplando una duración de 32 meses y la suma aportada por FONDEF equivalente a 200 millones de pesos. El director del proyecto fue nuevamente Don Javier González Molina, actual Decano de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile.

Vale consignar que la generación del primer proyecto responde a la histórica alta demanda internacional de pulpa proveniente de fibras largas de pino, motor de la exportación nacional. La generación del segundo proyecto, responde a una creciente y potencialmente alta demanda -a lo largo de la última década- de pulpa proveniente de fibras cortas de diferentes especies de Eucalyptus (González & Peñaloza, 2004).

El desarrollo de ambos proyectos radica en la utilización de hongos de pudrición blanca en una etapa anterior a la cocción de las trozas de madera provenientes de Pino Radiata y Eucalyptus, modificando propiedades físicas, químicas y bioquímicas de la madera (González, s.a.). De este proceso se evidencia una interacción química de

los hongos con la lignina asociada a la holocelulosa, implicando una disolución parcial de forma previa a la cocción y una muy leve degradación de la holocelulosa (FONDEF - CONICYT, 1997). Por otro lado, a través del impacto físico sobre la madera producto del proceso, se observan cambios estructurales en ella, principalmente en base a perforaciones capaces de agilizar la difusión y el trabajo de los químicos en la etapa posterior de cocción (González, s.a.).

El impacto de la utilización de hongos de pudrición blanca difiere en distintas especies de árboles, debido a que la interacción de la lignina con las enzimas producidas por los hongos genera en cada variedad una distinta ponderación en el impacto físico, químico y bioquímico sobre la madera (González, s.a.). Tanto para el caso del Biopulpaje Kraft aplicado a Pino Radiata como a Eucalyptus se ha tomado en cuenta este antecedente, siendo testeadas una gran diversidad de hongos de pudrición blanca para llegar a resultados óptimos en cada caso.

Con los resultados evidenciados del proceso de sometimiento de la madera a hongos de pudrición blanca, es posible vislumbrar una etapa posterior de cocción más eficiente –en comparación con la ausencia de la nueva tecnología- debido a la lignina ya disuelta y a la difusión de los químicos participantes mucho más rápida, logrando así, en promedio, índices Kappa 12% más bajos, pulpas un 15% más resistentes y 18% más refinadas (González, s.a.). Por otro lado, del “papel” como resultado del proceso productivo, se pueden observar mejores propiedades físico-mecánicas, principalmente en base a un mejor índice de rasgado (González, s.a.).

En experimentos montados en instalaciones de Celulosa Arauco y Constitución S.A. con posteridad al desarrollo de ambos proyectos se logró avalar los resultados obtenidos en éstos. A través de la utilización de hongos del tipo H-127 y H-190 - procedentes de una gama de hongos utilizados y evaluados a lo largo de ambos proyectos- previo al proceso de cocción sobre madera de Pino Radiata y de Eucalyptus⁴ se logran grandes resultados en cuanto a mejoras en el rendimiento del proceso de cocción de la madera, producto de la deslignificación previa producida por el efecto de los hongos de pudrición. Para el ejercicio fueron utilizados 6 grupos experimentales: 4 grupos de tratamiento provenientes de trozas de madera de Pino Radiata y Eucalyptus sometidas a hongos de pudrición blanca H-127 y H-190 y dos grupos de control provenientes de trozas de madera de Pino Radiata y Eucalyptus no sometidas a hongos de pudrición blanca, y por ende directamente llevadas al proceso de cocción (González, Morales & López, 2008). Los resultados en cuanto a mejoras en eficiencia -disolución de lignina y conservación de celulosa y hemicelulosa- por parte del proceso de cocción producto de la utilización de hongos de pudrición blanca son presentados en la tabla siguiente:

Tabla 1

Tipo de Madera	Pino Radiata			Eucalyptus		
Grupo Experimental	H-127	H-190	Control	H-127	H-190	Control
Rendimiento	49,6%	49,9%	47,5%	56%	55,6%	53,5%

Fuente: González, Morales & López, 2008

⁴ Mezcla de 80% Eucalyptus Globulus y 20% Eucalyptus Nitens.

Pasando al potencial beneficio económico a percibir por las empresas productoras de pulpa -de incorporar la nueva tecnología-, se tiene que la biopulpa de Pino Radiata y de Eucalyptus aportaría respectivamente un beneficio adicional de US\$ 16 y de US\$ 14 por tonelada producida y comercializada, tomando en cuenta que Chile exporta más de 5 toneladas de pulpa al año (González, Morales & López, 2008).

4.1.2. Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas comerciales de krill y bacterias antárticas

En la actualidad, el uso de enzimas en la fabricación de detergentes se ha convertido en una práctica habitual a nivel mundial, optimizando su funcionamiento y debido a su propiedad biodegradable, reemplazando componentes químicos altamente contaminantes utilizados en antaño. Dentro de las enzimas se encuentran las proteasas y lipasas, factores vitales dentro de la composición del detergente, cumpliendo una actividad catalizadora. Las proteasas actúan como ente degradador de proteínas, lo que las convierte en un activo removedor de manchas, requiriendo para tal actividad un alto nivel de pH y de temperatura en el medio. Por su parte, las lipasas, degradadoras de lípidos, se convierten en un actor complementario a las proteasas, facilitando la remoción de manchas de grasa y aceite, pero para ello también se requiere una alta temperatura del medio (ArgenBio, 2005).

La necesidad de relativamente altas temperaturas requeridas en el medio acuático para la correcta actividad por parte de las enzimas implica un gasto energético elevado

(FONDEF - CONICYT, 2004b). Principalmente dicha condición es la que motiva el estudio, obtención y aplicación de nuevas enzimas criofílicas, las cuales se encuentran presentes en organismos activos en bajas temperaturas, y que por tanto son de difícil acceso (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a).

El proyecto **Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas comerciales de krill y bacterias antárticas** (FONDEF - CONICYT, 2004b) -de código FONDEF D04I1374- fue adjudicado por la Universidad de Chile como institución principal, sin contar con el apoyo de terceras partes investigadoras. El proyecto fue otorgado el año 2004 y contempló una duración de 43 meses. Los fondos destinados por FONDEF para el desarrollo del proyecto ascendieron a la suma de 283 millones de pesos. El director del proyecto fue el profesor de la Universidad de Chile y premio nacional de ciencias aplicadas (2004), Don Juan Asenjo De Leuze De Lancizolle. Como contraparte del sector empresarial, participó Bios Chile Ingeniería Genética S.A. Cabe destacar el gran impacto del proyecto, considerando que para el momento de inicio del de éste, no se tenía registro alguno de producción comercial de enzimas criofílicas. En adición a la potencial aplicación en detergentes, las enzimas criofílicas a desarrollar evidencian un gran potencial en la industria de los alimentos, en la industria farmacéutica, en la medicina y en biocombustibles.

La propuesta, apoyada por el desarrollo del proyecto FONDEF previo –de código D01I1031- (FONDEF - CONICYT, 2001) suscitó el despliegue de un equipo investigador durante el año 2003 -previa adjudicación del proyecto- hacia costas Antárticas, lugar de albergue de un sinnúmero de enzimas criofílicas presentes en el

krill y en otras bacterias submarinas, logrando capturar muestras a partir de las cuales se posibilitó la obtención enzimática (FCFM, 2003).

El trabajo enzimático proveniente de los microorganismos rescatados de la Antártica fue desarrollado en el Centro de Ingeniería Bioquímica y Biotecnológica de la Universidad de Chile, pudiendo obtener proteasas criofílicas mejoradas y factibles de operar a bajas temperaturas a partir de ingeniería biotecnológica. A pesar de ello, los estudios de alcance de las lipasas criofílicas obtenidas no evidencian gran diferenciación de variantes existentes en los mercados internacionales, viendo inviable una posibilidad de patentamiento (Asenjo & Andrews, 2008).

De forma adicional, en el proceso de desarrollo enzimático –proteasas y lipasas criofílicas- fue posible realizar hallazgos de alcance adicional respecto de los objetivos originales del proyecto, pudiendo procesar xilanasas criofílicas –también de origen antártico- como variante a las lipasas criofílicas –no del todo exitosas- (Asenjo & Andrews, 2008) con diversas aplicaciones en distintos campos de estudio, como en el área forestal a través de la industria del pulpaje Kraft y en el área alimentaria a través de la industria panificadora, entre otros campos (Ponce & Pérez, 2002).

Para la aplicación efectiva de la diversa gama de enzimas criofílicas rescatadas de microorganismos antárticos se han llevado a cabo pruebas de viabilidad bajo las condiciones presentes en el uso de los detergentes, seleccionando aquellas con mayor desempeño y potencial comercialización (Asenjo & Andrews, 2008).

El detalle de resultados cuantificables de los estudios realizados y de las ventajas evidenciadas por parte de las enzimas criofílicas respecto de las tradicionalmente usadas en la industria de los detergentes no se encuentra disponible debido a que los hallazgos y sus detalles sólo se encuentran en trámite de patentamiento en Estados Unidos –Proteasa criofílica bacteriana tipo subtilisina-. Por otro lado existe una segunda patente en trámite en los Estados Unidos referente a xilanasas criofílicas bacterianas con aplicaciones en biocombustibles (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a). Por último, también en Estados Unidos, se ha logrado patentar una proteasa criofílica de krill con aplicaciones en medicina (Asenjo, 2007).

4.1.3. Mejoramiento de operaciones de biolixiviación de minerales de cobre y electro-obtención en plantas a gran altura mediante calentamiento de soluciones por inducción magnética

Existen variadas alternativas para separar el cobre de otros componentes a la hora de explotar los yacimientos del metal rojo. Los dos grandes métodos se refieren a la pirometalurgia y a la hidrometalurgia. El primer proceso se refiere a la separación del cobre de otros elementos a partir de la flotación del material extraído y posterior fundición de éste a altísimas temperaturas con el fin de aislar el cobre en la parte inferior del material fundido debido a su calidad de material pesado. El segundo proceso apunta a la disolución del cobre de los demás componentes –lixiviación- como producto de la aplicación de ácido sulfúrico al material extraído (CIMM, 2005).

El problema surge cuando los yacimientos resultan ser de muy baja ley y por tal, la limpieza total de las impurezas del cobre resulta ser una tarea muy dificultosa, haciendo nula la rentabilidad de los procesos de refinación tradicionales, convirtiendo tales explotaciones en desechos directos. En el caso del proceso basado en hidrometalurgia, el ácido sulfúrico resulta insuficiente para eliminar impurezas como fierro y azufre, requiriendo la aplicación de bacterias lixiviantes -descubiertas, investigadas y aplicadas hace más de dos décadas- al interior de las piscinas o depósitos del material resultante de la etapa anterior de lixiviación. El método complementario de biolixiviación entonces permite capturar rentabilidad de la explotación de yacimientos de baja ley (CIMM, 2005).

No es por ningún motivo un tema menor que la subsistencia de las bacterias participantes de la biolixiviación se encuentra sujeta a estrictas condiciones ambientales como la presencia de un medio ácido y temperatura templada (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a). Dicha problemática se hace crítica al intentar explotar yacimientos cupríferos ubicados a grandes alturas, debido a las bajas temperaturas presentes, quitando viabilidad a la biolixiviación.

En base a la problemática recién descrita, el proyecto **Mejoramiento de operaciones de biolixiviación de minerales de cobre y electro-obtención en plantas a gran altura mediante calentamiento de soluciones por inducción magnética** (FONDEF - CONICYT, 2005) -de código FONDEF D05I10098- apunta en una primera etapa a una vía de posibilitar la biolixiviación a grandes alturas a través del

calentamiento de las soluciones ácidas de riego en los depósitos de cobre y componentes agregados prestos para el proceso de biolixiviación -una vez superada la etapa de lixiviación tradicional por medio de ácido sulfúrico-. El proyecto fue adjudicado por la Universidad de Chile como institución principal, contando con el apoyo de la Universidad Técnica Federico Santa María como parte investigadora. Los fondos destinados por FONDEF para el desarrollo del proyecto alcanzaron la suma de 343 millones de pesos. El proyecto fue otorgado el año 2005 y contempló una duración de 36 meses. El director del proyecto fue el profesor de la Universidad de Chile Don Manuel Duarte Mermoud. Como contrapartes del sector empresarial, participaron Ingeniería y Desarrollo Tecnológico S.A. y Anglo American Chile.

El calentamiento llevado a cabo por el proyecto es realizado a través de un proceso de calentamiento por inducción magnética, siendo un método eficiente en cuanto a gasto energético y bajo en costos de producción -respecto de alternativas de calentamiento a través del uso de calderas-, capaz de entregar un resultado rápido en calentamiento y un rango acotado en fluctuaciones respecto de la temperatura deseada a alcanzar (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a).

En etapas posteriores a la lixiviación y biolixiviación -de existir- dentro del proceso productivo del metal rojo, el cobre -y agregados- obtenido pasa a una etapa de refinación por electro-obtención, instancia que también se vería mejorada por el proyecto a través del calentamiento por inducción magnética, acelerando el proceso mediante el calentamiento de soluciones electrolíticas, capaces de optimizar el proceso

de generación de cátodos –láminas de cobre- (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a).

Tanto la mejora en el proceso de biolixiviación como en el proceso de electro-obtención se plasmaría en la construcción de un equipo industrial capaz de generar calor, provisto de una fuente generadora de campos magnéticos, de un susceptor magnético y de ductos de inducción. El dispositivo contaría también con un control altamente automático capaz de elevar la temperatura de las soluciones en la medida justa. A nivel de prueba y con la colaboración de Anglo American Chile se ha producido un equipo prototipo de 30 Kw de potencia, esperando producir a la brevedad un equipo semi-industrial de 500 Kw para probar resultados a mayor escala y simulando el sistema en contextos más ajustados a la realidad (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a).

Se precisa claridad al señalar que este proyecto de investigación y desarrollo no se encuentra finalizado -expira dentro del tercer trimestre del año 2010-, siendo analizada una posible extensión del plazo de entrega, según comenta el director del proyecto, Sr. Manuel Duarte Mermoud. A luz de tales antecedentes, no pueden ser expresados datos mayormente cuantificables respecto de los hallazgos de laboratorio, debido a que se analizan opciones de patentamiento sobre los descubrimientos y futura comercialización de licencias. Pese a la falta de cuantificación, el proyecto presenta un gran potencial productivo sobre las necesidades de la industria cuprífera.

4.1.4. Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia

En la actualidad, la industria nacional del retail ha mostrado una gran evolución a través de una gran fase de aprendizaje, convirtiéndose en una industria de gran potencial productivo y posicionándose como una de las industrias de mayor crecimiento nacional. Una muestra de ello es la alta competitividad evidenciada por el retail nacional a la hora de resistir la llegada de empresas internacionales y de renombre en el rubro. En adición, se observa gran expansión de algunas cadenas nacionales hacia otros países latinoamericanos (FONDEF - CONICYT, 2006).

Pese a ello, el retail nacional presenta algunos problemas: falta de dinamismo -al verse sustentado de forma mayoritaria en base a registros históricos- a la hora de realizar predicciones de demanda y posterior abastecimiento desde los distintos proveedores, resultando en niveles de inventario variables y muchas veces no deseados; y un marketing en los puntos de venta no del todo vinculado a las necesidades logísticas (FONDEF - CONICYT, 2006).

En base a las deficiencias percibidas, y a las oportunidades existentes, nace el proyecto **Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia** (FONDEF - CONICYT, 2006) -de código FONDEF D06I1015-, siendo adjudicado por la Universidad de Chile como institución principal y contar con apoyo de otras entidades investigadoras. Los fondos destinados por FONDEF para el desarrollo del proyecto

alcanzaron la suma de 188 millones de pesos. El proyecto fue otorgado el año 2006 y contempló una duración de 34 meses. El director del proyecto fue el profesor de la Universidad de Chile Don Máximo Bosch Passalacqua. Como contrapartes del sector empresarial, nominalmente participaron Pre Unic S.A., Promotora CMR Falabella S.A., Penta Analytics S.A., Arcoprime LTDA. y Mathematical Solutions for Business S.A, uniéndose una serie de empresas adicionales en el transcurso del desarrollo del proyecto (Bosch, 2009).

La experiencia internacional indica avances en las materias recién revisadas y no consideradas a nivel nacional, traspasando mayoritariamente la preocupación por los registros históricos de demanda por estudios más dinámicos de ésta, y su alta variabilidad sobre todo en instancias muy próximas a la venta. La iniciativa del proyecto, tal como se puede prever, apunta a la aplicación de tales buenas prácticas incorporadas en el extranjero -y así replicar los resultados de empresas como las europeas Zara e Ikea-, incorporando el comportamiento del consumidor y su forma de tomar y reformular decisiones en el punto de venta mismo –imposible de percibir sólo en base a antecedentes históricos- (FONDEF - CONICYT, 2006).

También el proyecto cuenta con el apoyo de la investigación previa alcanzada por el proyecto “Desarrollo de tecnologías de gestión para aumentar la productividad de cadenas de abastecimiento de industrias de consumo masivo: aplicación al caso supermercados” –de código FONDEF D03I1057-, también desarrollado por el profesor Máximo Bosch (FONDEF - CONICYT, 2003).

El proyecto clasifica las empresas contrapartes en dos grupos para dos objetivos bien diferenciados: un grupo de empresas pilotos, las cuales son objeto de las mejoras a implementar de acuerdo a lo explicado previamente y un grupo de empresas desarrolladoras de nuevas tecnologías, trabajando a la par con el equipo investigador (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a). El proyecto busca direccionar a las empresas desarrolladoras en base al conocimiento del equipo investigador, apoyado por el Centro de Estudios en Retail -CERET-, perteneciente al Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile y formado a partir del proyecto FONDEF D03I1057 (FONDEF - CONICYT, 2006). En el horizonte del proyecto en estudio -recién finalizado en el transcurso del año 2009-, el primer paso fue alcanzar mejoras en empresas pilotos a través de las empresas desarrolladoras (Bosch, 2009), con el fin de a futuro lograr una transferencia continua hacia una mayor cantidad de empresas de retail.

En la etapa de ejecución del proyecto, Penta Analytics S.A. y Mathematical Solutions for Business S.A, participaron como empresas desarrolladoras, encargándose de labores vinculadas a estudios de demanda para cada empresa piloto, incorporando registros históricos y nuevos registros elaborados, gestionando el mix de productos con sus respectivos precios, coordinando clubes diferenciados de clientes a través de segmentación y gestionando promociones con el apoyo de software computacional, generando una función generadora de tales promociones –basadas por ejemplo en descuentos- adecuadas para cada cliente, diferenciando prácticamente a cada uno de ellos a través de un registro exhaustivo, incorporando antecedentes tales como sus compras históricas. Como alcances adicionales, las empresas

desarrolladoras diseñaron un esquema de uso eficiente del personal en cada punto de venta y una correcta estimación del inventario a mantener por empresa piloto (Bosch, 2009).

El proyecto analizado en este punto se asemeja a los expuestos con antelación en el sentido de que tiene como objetivo el lograr la adopción de nuevas y mejores prácticas -en el proceso de venta de cadenas de retail nacionales- al igual que los proyectos anteriores en sus respectivos campos de acción. La gran diferencia se aprecia en que la acción propuesta por este proyecto no significa una innovación de orden mundial o un invento –como en los proyectos anteriores-, sino una incorporación de prácticas exitosas internacionales -previa adaptación- para su correcto funcionamiento en el plano local.

Sin duda la calidad de réplica por sobre el concepto de invento no le quita validez ni potencial al proyecto, por el contrario, acoge prácticas ya tildadas como exitosas, pero curiosamente no identificadas por la industria del retail nacional. Una implicancia directa de la replicación apunta a que el proyecto es más bien de “desarrollo” que de “investigación y desarrollo”, debido a que los esfuerzos recaen en la adaptación, incorporación y especificación para cada área determinada del retail.

De forma adicional, producto de la naturaleza replicadora de este proyecto, las opciones de patentamiento de los resultados se ven bastante coartadas, debiendo ser buscadas formas alternativas que posibiliten la correcta transferencia tecnológica.

4.2. Transferencia Tecnológica

4.2.1. Estudio de casos anteriores

Como bien se expresó en etapas iniciales del trabajo, en esta sección se tratará la transferencia de los resultados obtenidos en los proyectos analizados a las industrias respectivas de interés, sobre todo a las empresas contrapartes. Específicamente, se aborda tanto la transferencia tecnológica formal -proveniente de un trámite de patentamiento conjunto con empresas contrapartes o bien individual con posterior comercialización de licencias de uso-, como la transferencia informal proveniente del aprendizaje de prácticas provenientes de la simple interacción de partes investigadoras y empresariales. De forma adicional, esta sección incluye la opinión de los directores de cada proyecto, como visión fundamental en materia de evaluación de resultados.

4.2.1.1. Biopulpaje Kraft aplicado a Pino radiata y Factibilidad de Biopulpaje Kraft aplicado a especies del género Eucalyptus

Si bien en un comienzo ambos proyectos fueron analizados en conjunto, en este caso deben ser tomadas en cuenta varias distinciones: en primer lugar, el primer proyecto requirió investigación desde niveles básicos, debido a la inexistencia de avances en materias relativas al biopulpaje. En contraste, el segundo proyecto contó con gran nivel de avance en investigación. En virtud de lo anterior, el proyecto **Biopulpaje Kraft aplicado a Pino radiata** (FONDEF - CONICYT, 1997) requirió de esfuerzos cuantiosos para lograr la elaboración de un paquete tecnológico transferible

al sector industrial. Debido a lo anterior, en el año 2000 la Universidad de Chile postuló y obtuvo financiamiento equivalente a 46 millones de pesos a través de un proyecto -de 2 etapas- del Programa de Valorización de Resultados (ex Transferencia Tecnológica) de FONDEF por medio del Decano de la Facultad de Ciencias Forestales, Sr. Javier González Molina como director, y contando con Celulosa Arauco y Constitución S.A. como contraparte empresarial. Tal proyecto, titulado: **Centro de producción de Hongos Lignívoros (WDF), para su aplicación en Biopulpaje Kraft, de códigos FONDEF: D00T1057** (FONDEF - CONICYT, 2000a) **y D00T2057** (FONDEF - CONICYT, 2000b), permitiendo la fabricación de una gran gama de hongos de pudrición blanca, cada uno con distintas características y resultados.

El conjunto de hallazgos obtenidos a partir del proyecto de investigación y desarrollo y del proyecto de valorización de resultados permitió en el año 2001 la formulación y petición de una patente nacional: *Proceso de predigestión de la madera por medio de la aplicación de inóculos de hongos de pudrición blanca para digerir tejido lignocelulósico y proceso de preparación del inóculo en medio sólido*, de código de solicitud 2470-2001 (INAPI, 2009), la cual aún se encuentra en trámite de obtención, por lo que la comercialización de los resultados se encuentra postergada de momento a nivel nacional.

Como ya es sabido, en el año 2002 comenzó el desarrollo del proyecto **Factibilidad de Biopulpaje Kraft aplicado a especies del género Eucalyptus** (FONDEF - CONICYT, 2002), el cual contó con valiosos avances respecto del proyecto de investigación y desarrollo anterior. En función de aquello, fueron a la brevedad

desplegadas iniciativas de transferencia tecnológica. En el año 2004 fue publicada la tesis: **Evaluación Técnico-Económica de la aplicación de hongos de pudrición blanca (HPB) en pulpaje kraft**, (González & Peñaloza, 2004) enfocada en gran medida en posibilidades de comercialización de los resultados de la introducción de hongos de pudrición blanca en los procesos productivos tradicionales, a través de antecedentes como el impacto económico de su inclusión, y de las posibilidades mayoritariamente internacionales de demanda.

En conjunto con el esfuerzo anterior en cuanto a evaluación de proyecto y subsecuente detección de rentabilidad, el año 2004 fue concursado y adjudicado a través de FONDEF el proyecto de valorización de resultados: **Producción y aplicación de hongos de pudrición blanca (WDF) a pulpaje kraft de fibra corta** (FONDEF - CONICYT, 2004a), dirigido por el Profesor Javier González Molina, apuntando a la elaboración de un paquete tecnológico a transferir a la industria, en el corto plazo nacional, y en el largo plazo internacional. Analizando posibilidades de pruebas industriales por sobre las pruebas de laboratorio realizadas a la fecha y reconociendo la dificultad de lograr por fuente propia una escala productiva significativa de hongos de pudrición blanca, el proyecto contó con la participación de OXIQUM S.A., como potencial productor de hongos a gran escala para satisfacer la demanda final de las plantas de celulosa (FONDEF - CONICYT, 2004a).

Como parte de la iniciativa de expandir las posibilidades de introducción de la nueva tecnología de aplicación de hongos de pudrición blanca, tanto de fibra corta proveniente del Pino Radiata como de variedades de Eucalyptus, se logró a partir del

proyecto de valorización de resultados recién relatado y del vínculo permanente con Waikato University de Nueva Zelanda, la obtención de patentes internacionales en Nueva Zelanda, Portugal y Sudáfrica y la tramitación vigente de patentes en países de alto potencial de demanda.

Sin embargo, pese a los grandes avances respecto de posibilidades de escalamiento productivo a nivel nacional e internacional, aún no se ha logrado la comercialización de los descubrimientos, tanto en Chile como en el extranjero, en parte por las patentes que aún se encuentran en trámite y por la dificultad de convencer a empresas en la adopción de nuevas tecnologías –incluso probadas a nivel industrial en el ámbito nacional-, para proceder a la negociación de licencias para el uso de la propiedad intelectual.

4.2.1.2. Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas comerciales de krill y bacterias antárticas

Los resultados del proyecto **Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas comerciales de krill y bacterias antárticas**, tal como fue analizado en la presentación del mismo, dan muchas perspectivas positivas a futuro, pero por lo pronto no en el ámbito nacional. La difícil detección de potenciales socios para posible comercialización de resultados han quitado incentivos para siquiera llegar a una meta de patentamiento nacional, hecho del cual se desprende una razón de la negativa a seguir postulaciones a proyectos de valorización de resultados a través de FONDEF, evocando todos los esfuerzos de transferencia tecnológica directamente en

el extranjero. Motivo por el cual, a la fecha han sido presentadas 3 solicitudes de patentes a Estados Unidos, de las cuales una ya fue concedida: “Protein and Nucleic Acid Sequence Encoding a Krill-Derived Cold Adapted Trypsin-Like Activity Enzyme”, de número US 7.202.074 (Asenjo et al, 2007).

Sin duda el proyecto presenta un altísimo potencial de acuerdo a las ventajas comparativas presentadas por las enzimas criofílicas desarrolladas respecto de las tradicionales, y los grandes avances que la introducción de la nueva tecnología traería a variadas industrias -como a la industria del detergente-. Sin embargo, fases de comercialización de licencias sobre las patente obtenida no han sido alcanzadas, siendo esperable de todos modos que las perspectivas mejoren en la medida que la totalidad de las patentes solicitadas sean otorgadas.

4.2.1.3. Mejoramiento de operaciones de biolixiviación de minerales de cobre y electro-obtención en plantas a gran altura mediante calentamiento de soluciones por inducción magnética

Tal como fue mencionado en la presentación del proyecto: **Mejoramiento de operaciones de biolixiviación de minerales de cobre y electro-obtención en plantas a gran altura mediante calentamiento de soluciones por inducción magnética**, la fase de desarrollo aún no ha terminado, y es más, para el momento de confección de este trabajo, el proyecto sólo ha alcanzado la etapa de laboratorio a través de un equipo prototipo de calentamiento por inducción magnética, a espera de pruebas de carácter semi-industrial, y esperando obtener una extensión de plazo de

vigencia de proyecto por parte de FONDEF. Tal escenario nos limita incluso para identificar instancias de transferencia tecnológica informal en la fase de investigación y desarrollo.

Bajo todas las consideraciones previas, vale mencionar el gran potencial del proyecto, proveniente de las oportunidades de brindar rentabilidad sobre la explotación de yacimientos cupríferos de baja ley y .ubicados a grandes alturas –hasta ahora no rentables- Por otro lado, el proyecto al encontrarse inserto en un área de gran interés productivo nacional -y pilar de las exportaciones-, de materializar a nivel de prueba industrial los resultados de laboratorio y lograr patentamiento sobre éstos, bien podía contar con numerosos socios potenciales para comercializar los resultados.

4.2.1.4. Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia

Tal como fue presentado con anterioridad, el proyecto: **Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia** no contempló posibilidades de patentamiento, debido a la condición replicadora de las tecnologías a desarrollar e implementar. Pese a ello, y también a su reciente finalización, el proyecto ha evidenciado grandes resultados en cuanto a transferencia tecnológica: las empresas desarrolladoras han evidenciado una gran influencia sobre los resultados de promociones en empresas piloto. La importancia de tales resultados no descansa en alguna patente producida por el proyecto capaz de comercializar resultados con las

empresas desarrolladoras a la hora de implementar tecnologías en las empresas piloto, sino en la gran asociación evidenciada por el equipo investigador y las empresas desarrolladoras, haciendo a estas últimas capaces de elaborar en última instancia los paquetes tecnológicos ajustables para cada empresa piloto con características singulares.

Una vez finalizado el proyecto, la continua transferencia tecnológica a un mayor grupo de empresas del retail queda a cargo de las empresas desarrolladoras, ya conocedoras de las falencias en la caracterización de la demanda enfrentada por cada empresa y en la evaluación de datos históricos respecto de información reciente rescatada de forma dinámica a la hora de elaborar planes de marketing enfocados en las condiciones del punto de venta –lugar clave a la hora de tomar decisiones de compra-. Los incentivos para la continuidad en esta práctica a lo largo del tiempo quedan entonces definidos por los contratos que cada empresa desarrolladora sea capaz de construir con las distintas empresas dispuestas a recibir implementación, siendo regidas por condiciones de mercado.

4.2.2. Evaluación de los investigadores

A través de entrevistas, los investigadores se refieren a diversos aspectos detectados a la hora de generar difusión de las tecnologías producidas por los distintos proyectos desarrollados.

El director de los proyectos **Biopulpaje Kraft aplicado a Pino radiata y Factibilidad de Biopulpaje Kraft aplicado a especies del género Eucalyptus**, Don Javier González Molina se refiere a la gran dificultad existente en Chile a la hora de intentar implementar nuevas tecnologías, incluso ya probadas como exitosas. El profesor se refiere a la cultura innovadora aún no arraigada a través de las empresas en Chile y a la subsecuente aversión al riesgo a la hora de invertir en actividades ligadas a la innovación. Por otro lado, el director de los proyectos se refiere a la gran dificultad de encontrar contactos empresariales tanto en el país como en el extranjero, y a la necesidad de contar con estos últimos debido al problema innovador recién descrito en el país, sustentando sus logros en tal materia debido a su gran carrera y reconocimiento internacional en el área.

En segundo lugar, Don Juan Asenjo De Leuze De Lancizolle se refiere a los resultados en transferencia tecnológica del proyecto: **Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas comerciales de krill y bacterias antárticas**. Menciona que las intenciones de patentamiento han sido manifestadas sólo

en el extranjero debido a que únicamente el mercado internacional muestra disposición hacia la adquisición de los nuevos hallazgos –mediante la potencial comercialización a través de Bios Chile, Novo-Nordisk y Novozymes-. Por otro lado, la industria nacional no presenta dicho interés debido a la falta de *brokers* tecnológicos encargados de difundir las tecnologías desarrolladas e identificar a los socios empresariales más adecuados dentro del país. En última instancia el profesor se refiere a que el foco de su esfuerzo y trabajo se encuentra concentrado en actividades de investigación, y que la actividad de generación de contactos y valorización de los resultados son materias que escapan de su quehacer y actividad prioritaria de trabajo, requiriendo la actividad de actores secundarios encargados de esas materias.

En último lugar, el profesor Asenjo evidencia la gran diferencia de incentivos existentes entre postular proyectos de investigación y desarrollo y de valorización de resultados de investigación a través de FONDEF, al momento que los últimos no logran una definitiva transferencia tecnológica, y en vista de que los primeros otorgan una cuantía de fondos considerablemente mayor.

Respecto de los resultados de transferencia tecnológica del proyecto: **Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia**, el profesor Máximo Bosch Passalacqua se refiere a la importancia de los mecanismos de mercado a la hora de transferir tecnologías a la industria. En primer lugar, en base a la calidad replicadora del proyecto respecto de la experiencia positiva internacional, el director del proyecto considera difícil la posible adquisición de patentes de invención. Por otro lado,

el profesor Bosch comenta la falta de conocimientos e infraestructura por parte de su equipo de trabajo y de la Universidad de Chile en general, para elaborar actualización continua del software requerido por cada empresa piloto. El profesor considera que las empresas desarrolladoras si cuentan con las capacidades para hacerse cargo de tales tareas y cuentan con los incentivos para hacerlo.

Con tales declaraciones, el profesor Bosch comprende el alejamiento de posibilidades de lucro a la hora de entregar de forma casi completa la fase de transferencia tecnológica a las empresas desarrolladoras y los beneficios de tales negocios generados.

Para finalizar, y cambiando un poco de tema, el profesor se refiere a la gran importancia de los horizontes de largo plazo a la hora de generar vínculos con el sector empresarial en actividades de investigación y desarrollo, debido a la volatilidad de las condiciones de los mercados, las cuales alteran los objetivos en innovación por parte de las empresas, tornando frágiles las relaciones de cooperación. En base a ello, el profesor hace referencia a los variados inconvenientes sufridos con empresas, debiendo romper vínculos con algunas y buscar la rápida generación de vínculos con otras para poder continuar con el proyecto.

4.2.3. Resultados de transferencia tecnológica

Sin duda los resultados de transferencia tecnológica no son del todo satisfactorios, debido a que existen grandes y cruciales impedimentos que imposibilitan el logro final

de brindar nuevas tecnologías al sector industrial y empresarial. Pese a ello, los casos evaluados a lo largo de este trabajo muestran un gran esfuerzo a la hora de desarrollar nuevas y/o mejores tecnologías para los distintos procesos productivos, situándose a sólo un peldaño del objetivo final de transferencia tecnológica.

Un gran inconveniente, y quizá el mayor, que lleva a los resultados insatisfactorios, radica en un problema estructural ajeno a las prácticas de la Universidad de Chile: tanto el Concurso Anual de I+D como el Programa de Valorización de Resultados de FONDEF asignan fondos a instancias de patentamiento y sitúan implícitamente dicha etapa como la definitiva del proyecto, o al menos la última instancia sobre la cual FONDEF se muestra realmente participativo y comprometido. Dicho hecho es trascendental al incorporar el vago conocimiento presente en los investigadores acerca de valorización de patentes y posterior comercialización de licencias. Debido a que tal mercado en Chile se encuentra muy poco desarrollado, no existen métodos de valorización ni precios de referencia que ayuden a asignar un valor a la tecnología a comercializar.

En virtud del análisis anterior, existe una falta de comprensión de la etapa de comercialización de licencias por parte de FONDEF, y también una falta de compromiso con la asistencia en tal actividad, al no reconocer el desconocimiento de tal actividad por parte del profesor –investigador–, siendo una actividad muy alejada de sus quehaceres cotidianos.

La situación anterior se complica aún más cuando se incorpora la cultura reinante del sector empresarial chileno en términos de aversión a riesgo en materias de inversión en investigación con miras al avance a través de la innovación. Por otro lado, la inexistencia de *brokers* tecnológicos dificulta aún más la tarea de hallar a los empresarios correctos y dispuestos a invertir en nuevas tecnologías producidas puertas afuera –dentro del reducido grupo abierto a la innovación–.

Un tema no abordado hasta ahora por la Universidad de Chile es el análisis en el cual patentar no es necesariamente el camino más expedito hacia la transferencia tecnológica. Tal es el caso del diseño de paquetes tecnológicos dirigidos a industrias formadas por variadas empresas plenamente diferenciadas unas de otras y segmentadas a través de su producción. Ante tal situación, la apropiabilidad de los resultados de inversión puede ser absolutamente factible sin una actividad de patentamiento y posterior comercialización de licencias de uso exclusivo, puesto que para cada empresa dispuesta a invertir, el paquete tecnológico recibido sería también muy diferenciado del resto de los paquetes demandados por la competencia, y por lo tanto no aplicable a otras empresas. Un ejemplo exitoso de tal práctica es el revisado en el proyecto desarrollado por el profesor Máximo Bosch Passalacqua: **Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia**, donde las necesidades de cada empresa del retail son muy variadas a la hora de intentar caracterizar la demanda y realizar un plan de marketing adecuado.

Un problema de la vía de transferencia tecnológica recién analizada apunta a la desvinculación de posibles ganancias futuras percibidas por la universidad y por los investigadores por concepto de comercialización de licencias. Pese a que es claro que el norte de la transferencia tecnológica es el estímulo sobre el desarrollo económico del país a través de la arista del progreso técnico, sólo los incentivos correctos conducen a todos los actores a trabajar para llegar a tal destino.

CAPÍTULO V

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO VERSUS OBJETIVOS DEL CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD

En esta etapa se analiza el contraste de los proyectos ejecutados por la Universidad de Chile en FONDEF a través del Concurso Anual de I+D y del Programa de Valorización de Resultados y las estrategias propuestas por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.

Como pilar de la estrategia a seguir en cuanto a políticas de innovación, el CNIC ha realizado estudios de competitividad en distintos clusters industriales nacionales (CNIC, 2007), hallando 8 de carácter preponderante, y hacia los cuales se deben enfocar mayoritariamente los esfuerzos de las políticas de innovación (CNIC, 2008).

Los clusters destacados resultaron ser: la minería, la agricultura, el turismo, los alimentos procesados, la fruticultura, el offshoring, la porci-avicultura y los servicios financieros (CNIC, 2008).

Bajo este marco, la siguiente tarea que corresponde realizar es determinar que radio de acción ha tenido el esfuerzo investigador de la Universidad de Chile a través de su participación en proyectos FONDEF, y si dicho radio de acción se encuentra inmerso en las áreas prioritarias definidas por el CNIC. Tomando en cuenta los 44

proyectos FONDEF pertenecientes al Concurso Anual de I+D adjudicados por la Universidad de Chile entre los años 2004 y 2009, y que varios de ellos se encuentran relacionados con más de un área económica, el 18,18% de los proyectos se encuentra relacionado con la minería, el 6,82% con la agricultura, el 9,09% con la fruticultura y el 2,27% con la industria de alimentos procesados. Por otro lado, la salud y la educación figuran como las áreas mayormente vinculadas a la investigación, con una participación de un 25% y un 14,91% respectivamente⁵.

Debemos recordar que a partir de los lineamientos definidos por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, existen diversas propuestas de mejorar la calidad de la educación en todos sus niveles (CNIC, 2006), tema que no profundizaremos ya que no es el tema central del trabajo, pero que es importante considerar a la hora de comprender que la significativa presencia de investigación FONDEF enfocada en educación no está para nada desalineada con lo propuesto por el consejo. Por otro lado, la Universidad destaca en investigación proveniente del área de la minería, pero se encuentra muy por detrás en otras (FONDEF - CONICYT, 2009b). Es más, desde el año 2004, áreas relacionadas con porci-avicultura y servicios financieros –entre otras- no han sido investigadas con un enfoque aplicado a través de FONDEF. Se entiende que la Universidad de Chile simplemente no tiene el potencial investigativo para enfrentar algunos clusters de interés, pero sin duda existen otras donde si hay potencial pero simplemente no hay esfuerzos.

⁵ La clasificación de área de estudio por proyecto asignada por FONDEF no es del todo depurada y no coincide con la clasificación de áreas industriales a la hora de designar clusters de interés por parte del CNIC, por lo que el autor reestructura la clasificación de los proyectos FONDEF para hacerla lo más compatible posible con la clasificación del CNIC.

Una posible razón de la problemática anterior se puede abordar desde la segmentación existente en la Universidad de Chile en temas de investigación. De hecho, en una etapa inicial del trabajo quedó manifestada la importante presencia en investigación de algunas facultades por sobre otras, diferencia que impacta directamente en la cantidad de estudio evocado a las distintas áreas estratégicas. Un ejemplo plausible es el de la activa investigación en minería, liderada por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, líder actual en investigación aplicada en la universidad (Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile, 2009a).

La explicación del desigual esfuerzo en investigación aplicada –al interior de la Universidad de Chile- hacia las distintas áreas industriales de interés propuestas por el Consejo Nacional para la Competitividad escapa del alcance del trabajo, teniendo como objetivo –particular de este ítem- presentar dicha falencia para alertar a las autoridades, ya que citando una de las prioridades de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, se encuentra: “Estimular una investigación orientada a los temas de interés nacional, consolidando áreas temáticas de discusión e investigaciones que contribuyan a la solución de problemas sociales, culturales, científicos y tecnológicos de alcance nacional” (Universidad de Chile, 2009b). Es decir, a la autoridad aludida le corresponde brindar incentivos para equiparar de alguna forma los esfuerzos en investigación de forma transversal a la universidad, y potenciar las áreas de estudio hasta ahora desalentadas y de interés nacional a través de programas de apoyo especiales.

Para finalizar esta sección, abordaré un tema adicional, referente a la ausencia de *brokers* tecnológicos; impacto ya analizado en el punto anterior del trabajo, y que sin duda provoca resultados sub-óptimos en transferencia tecnológica y desalineamientos respecto de las políticas definidas por el CNIC, al momento que éste define como trascendentales las actividades de difusión tecnológica a través distintas medidas, dentro de las cuales se encuentra el “ generar una oferta de intermediarios *-brokers-*confiables para la transferencia tecnológica y el desarrollo de I+D” (CNIC, 2008).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados recién analizados respecto de transferencia tecnológica por parte de la Universidad de Chile hacia el sector empresarial, a través de la postulación y adjudicación de proyectos pertenecientes a la red FONDEF – Concurso Anual de I+D y Valorización de Resultados de Investigación- vinculable a la generación de nuevas tecnologías transferibles al sector industrial, la pregunta principal del trabajo relativa a si acaso los esfuerzos de la Universidad son efectivos y logran o no materializar los resultados de procesos de investigación y desarrollo "con objetivos declarados" en nuevos bienes, servicios o nuevas tecnologías que incrementen la productividad en las distintas industrias nacionales y con ello colaboren a estimular el desarrollo económico del país, es respondida con un "si parcial", puesto que del estudio de casos revisado sin duda se desprende la generación de nuevas y/o mejores tecnologías aplicables a los distintos procesos productivos, mostrando la generación de incrementos en la productividad y rentabilidad de los negocios a través de –en distintos casos- pruebas de laboratorio, pruebas semi-industriales e industriales. Pese a tal prueba de fidelidad sobre los resultados, e incluso a la generación de patentes capaces de validar la calidad inventiva, el sector empresarial –sobre todo el local- se muestra muy adverso al riesgo a la hora de invertir en la adopción de nuevas tecnologías y en actividades de innovación en general, siendo el motivo central del "si parcial" arrojado como respuesta a la pregunta inicial del trabajo, en vez de un "si total", puesto que

califica a los esfuerzos investigativos desplegados por parte de la Universidad de Chile como poseedores de potenciales mejoras productivas y no como “mejoradores productivos” en cuestión.

Dentro del conjunto de razones que complementan el alcance insatisfactorio del proceso completo de transferencia tecnológica fue identificada la falta de *brokers* tecnológicos, capaces de intermediar entre el sector investigador y el empresarial buscando potenciales socios, instancia clave sobre todo al evidenciar un porcentaje bajo de empresas dispuestas a invertir en adquisición de nuevas tecnologías.

Con los antecedentes manejados, me encuentro en condiciones de analizar la hipótesis planteada en un comienzo acerca de que “los esfuerzos de la Universidad de Chile son cuantiosos en el estímulo de actividades de investigación y desarrollo a través del equipo de investigadores presente en las distintas facultades y centros de investigación. Pese a ello los resultados en transferencia tecnológica no reflejan el potencial de la universidad”. Sin duda, a luz de los hallazgos me considero apto para validar la hipótesis, pero con una gran aclaración: mayormente la Universidad de Chile no logra resultados insatisfactorios en transferencia tecnológica por mala gestión o desarrollo de proyectos, sino por fallas estructurales del sistema nacional de innovación al no brindar reales oportunidades para alcanzar resultados importantes. El desamparo en el cual se encuentra el investigador a la hora de comercializar sus resultados a través de licencias y la inexistencia de *brokers* tecnológicos es inadmisibles, sobre todo al tomar en cuenta la gran importancia asignada a esta última figura por parte del CNIC dentro del sistema nacional de innovación.

Como fin último del trabajo, me remito a invitar a las autoridades del país, sobre todo a las vinculadas con el perfeccionamiento del sistema nacional de innovación a reflexionar acerca de estos últimos temas, ya que tales falencias son las que en definitiva desperdician el potencial de actividades desplegadas en investigación aplicada por parte de la Universidad de Chile –como de otras universidades y centros de investigación-.

Pese a las condiciones desfavorables, los proyectos analizados en este trabajo continúan desplegando esfuerzos para lograr transferencia tecnológica, por lo que se debe realizar un seguimiento constante y considerar que este tipo de procesos toma tiempo antes de dejar resultados concretos, pero que bien podrían ser mucho más ágiles y efectivos si las condiciones estructurales tildadas de deficitarias mejoraran.

GLOSARIO

CNIC: Consejo nacional de innovación para la competitividad.

CONICYT: Comisión nacional de investigación científica y tecnológica.

CORFO: Corporación de fomento de la producción.

FCFM: Facultad de ciencias físicas y matemáticas –U. de Chile-.

FONDEF: Fondo de fomento al desarrollo científico y tecnológico.

FONDECYT: Fondo nacional de desarrollo científico y tecnológico.

I+D: Investigación y desarrollo.

INAPI: Instituto nacional de propiedad intelectual.

INNOVA: Programa de innovación tecnológica.

OECD: Organisation for economic co-operation and development.

PGB: Producto geográfico bruto.

BIBLIOGRAFÍA

ArgenBio. (2005). *El Cuaderno de Por qué Biotecnología n° 73*. Recuperado el 11 de 23 de 2009, de

http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_73.asp?cuaderno=73

Asenjo, J & Andrews, B. (2008). Un ejemplo de desarrollo tecnológico "exitoso". Santiago de Chile.

Asenjo, J; "et al". (2007). *Patente n° US 7.202.074*. Estados Unidos.

Bosch, M. (2009). Desarrollo se Soluciones de Productividad para Cadenas de Retail: Tiendas por Departamento, Tiendas de Especialidad y Tiendas de Conveniencia. Santiago de Chile.

CIMM. (2005). *Biolixiviación, la nueva minería*. Santiago de Chile.

CNIC. (2007). *Hacia una Estrategia de Innovación para la Competitividad. Volúmen I*. Santiago de Chile.

CNIC. (2008). *Hacia una Estrategia de Innovación para la Competitividad. Volúmen II*. Santiago de Chile.

CNIC. (2006). *Informe Final*. Santiago de Chile.

FCFM. (30 de 01 de 2003). *Boletín Informativo Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas - Universidad de Chile*. Recuperado el 15 de 11 de 2009, de Año VIII - Número 1581: <http://www.fcfm.uchile.cl/boletin/2003/01/30/#1>

FONDEF - CONICYT. (2008). *Bases del decimosexto concurso de proyectos de investigación y desarrollo*. Recuperado el 08 de 12 de 2009, de http://gestion.conicyt.cl/postulacion/ur/fondef/id/7/static_sitio/documentos/Bases_XVI_FONDEF.doc

FONDEF - CONICYT. (1997). *Biopulpaje kraft aplicado a pino radiata*. Recuperado el 20 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/97/I/D97I2032.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2000a). *Centro de producción de hongos lignívoros (WDF) para su aplicación en biopulpaje kraft, 1ra parte*. Recuperado el 21 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/00/T/D00T1057.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2000b). *Centro de producción de hongos lignívoros (WDF) para su aplicación en biopulpaje kraft, 2da parte*. Recuperado el 22 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/00/T/D00T2057.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2006). *Desarrollo de soluciones de productividad para cadenas de retail: tiendas por departamento, tiendas de especialidad y tiendas de conveniencia*. Recuperado el 27 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/06/I/D06I1015.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2003). *Desarrollo de tecnologías de gestión para aumentar la productividad de cadenas de abastecimiento de industrias de consumo masivo: aplicación al caso supermercados*. Recuperado el 05 de 11 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/03/I/D03I1057.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2002). *Factibilidad de biopulpaje kraft aplicado a especies del género eucalyptus*. Recuperado el 20 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/02/I/D02I1086.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2009d). *FONDEF - Fondo de fomento al desarrollo científico y tecnológico*. Recuperado el 25 de 07 de 2009, de http://www.fondef.cl/component/option,com_frontpage/Itemid,1/

FONDEF - CONICYT. (2004b). *Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas comerciales de krill y bacterias antárticas*. Recuperado el 05 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/04/I/D04I1374.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2001). *Investigación, desarrollo y producción de proteasas y lipasas criofílicas de fuentes marinas*. Recuperado el 24 de 11 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/01/I/D01I1031.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2005). *Mejoramiento de operaciones de biolixiviación de minerales de cobre y electro-obtención en plantas a gran altura mediante calentamiento de soluciones por inducción magnética*. Recuperado el 07 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/05/I/D05I10098.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2004a). *Producción y aplicación de hongos de pudrición blanca (WDF) a biopulpaje kraft de fibra corta*. Recuperado el 22 de 10 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/PROYECTO/04/T/D04T2048.HTML>

FONDEF - CONICYT. (2009a). *Programa de valorización y transferencia de resultados de investigación (VRI - FONDEF) Bases de la convocatoria*. Recuperado el 07 de 12 de 2009, de http://www.fondef.cl/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=63&Itemid=344

FONDEF - CONICYT. (2009c). *Qué es FONDEF*. Recuperado el 29 de 11 de 2009, de <http://www.fondef.cl/content/view/14/103/>

FONDEF - CONICYT. (2009b). *Universidad de Chile*. Recuperado el 17 de 09 de 2009, de <http://www.fondef.cl/bases/fondef/INST/1010000.HTML>

González, J & Peñaloza, D. (2004). Evaluación técnico-económica de la aplicación de hongos de pudrición blanca (HPB) en pulpaje kraft. Santiago de Chile: Tesis de pregrado.

González, J. (s.a.). Biopulpaje Kraft. *Tecnología limpia para la industria de celulosa* . Santiago de Chile.

González, J., Donoso, J., & Farrell, R. (2006). *Patente nº 525521*. Nueva Zelanda.

González, C; Morales, R & López, C. (2008). *Biopulpaje kraft El futuro Experiencias en Pino Radiata y mezclas de Eucalyptus SP*. Santiago de Chile.

Hidalgo, A. (s.f.). *El Brokerage Tecnológico*. Recuperado el 13 de 12 de 2009, de http://www.innred.net/iber/Eventos/2000/C00_07.htm

INAPI. (2009). *Consulta bases de datos*. Recuperado el 15 de 12 de 2009, de http://www.inapi.cl/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=55&lang=es

Katz, J., & Contreras, C. (24 de 06 de 2009). The dynamics of universities behaviour in Chile. Santiago de Chile.

Katz, J., & Spence, R. (Noviembre de 2008). Serie de Documentos de Trabajo N 287. *Chile: Universities and the National Innovation System. An Initial Scoping Study* . Santiago, Chile: Departamento de Economía y Negocios.

OECD. (2005). Economic Survey of Chile. *OECD Observer* , pág 4.

Ponce, T., & Pérez, O. (2002). Celulasas y xilanasas en la industria. *Avance y perspectiva* , 275-276.

Universidad de Chile. (2009a). *Centros y programas de investigación*. Recuperado el 25 de 09 de 2009, de http://www.uchile.cl/uchile.portal?_nfpb=true&_pageLabel=conUrl&url=5297

Universidad de Chile. (2009b). *Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo. Funciones*. Recuperado el 27 de 09 de 2009, de http://www.uchile.cl/uchile.portal?_nfpb=true&_pageLabel=conUrl&url=5078

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile. (2009a). *Catálogo de Proyectos FONDEF - UCH, Primera Parte*. Santiago, Chile.

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile. (2009b). *Catálogo de Proyectos FONDEF - UCH, Segunda Parte*. Santiago, Chile.