



INSTITUTO DE INGENIEROS
CHILE

LA INNOVACIÓN COMO FACTOR DE DESARROLLO

COMISIÓN DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN 2016

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Fundado en 1888

Miembro de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI)
Miembro de la Federación Mundial de Organización de Ingenieros (FMOI) (WFEO)
Miembro de la American Society of Civil Engineers (ASCE)

JUNTA EJECUTIVA

Presidente

Carlos Mercado Herreros

Primer Vicepresidente

Germán Millán Pérez

Segundo Vicepresidente

Tomás Guendelman Bedrack

Secretario

Juan Carlos Barros Monge

Prosecretaria

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Tesorero

Iván Álvarez Valdés

Protesorera

Ximena Vargas Mesa

DIRECTORIO 2016

Renato Agurto

Iván Álvarez

Elías Arze

Dante Bacigalupo

Marcial Baeza

Juan Carlos Barros

Mario Basso

Sally Bendersky

Juan E. Cannobbio

Silvana Cominetti

Alex Chechilnitzky

Raúl Demangel

Álvaro Fischer

Rodrigo Gómez

Tomás Guendelman

Diego Hernández

Jaime Illanes

María Pía Mena

Carlos Mercado

Germán Millán

Ricardo Nanjarí

Luis Nario

Ricardo Nicolau del Roure

Humberto Peña

Luis Pinilla

Alejandro Steiner

Miguel Ropert

Ximena Vargas

Ramón Verdugo

Jorge Yutronic

Secretario General

Carlos Gauthier Thomas

SOCIEDADES ACADEMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACION CHILENA DE SISMOLOGIA E INGENIERIA ANTISISMICA, **ACHISINA**.

Presidente: Patricio Bonelli C.

ASOCIACION INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL - CAPITULO CHILENO, **AIDIS**.

Presidente: Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA, **SOCHID**.

Presidente: José Vargas B.

SOCIEDAD CHILENA DE GEOTECNIA, **SOCHIGE**.

Presidente: Roberto Olgún P.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA DE TRANSPORTE, **SOCHITRAN**.

Presidente: Alejandro Tudela R.

PMI SANTIAGO CHILE CHAPTER

Presidente: Lorena Alegre C.

SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA, **SOCHEDI**.

Presidente: Mario Letelier S.

COMISIONES DEL INSTITUTO

AGUAS.

Presidente: Humberto Peña T.

CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN.

Presidente: Alejandro Steiner T.

FORMACIÓN DE INGENIEROS.

Presidente: Jorge Yutronic F.

INGENIERÍA Y ASTRONOMÍA.

Presidente: Juan Carlos Barros M.

INGENIERÍA Y DESASTRES.

Presidente: Silvana Cominetti C.

NUEVAS PERSPECTIVAS PARA LA INGENIERÍA.

Presidente: Iván Álvarez V.

ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

Presidente: Rodrigo Gómez A.

POLÍTICAS PÚBLICAS DE INFRAESTRUCTURA.

Presidente: Germán Millán P.

LA INNOVACIÓN COMO FACTOR DE DESARROLLO

Presidente

Alejandro Steiner Tichauer

Participantes

Juan Carlos Barros Monge

Lautaro Cárcamo Zilveti

Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Mauro Grossi Pasche

Juan Carlos Rayo Prieto

María Teresa Santander Gana

Jaime Soto Muñoz

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| AGRADECIMIENTOS | 4 |
| RESUMEN EJECUTIVO | 5 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 1.1 General | 10 |
| 1.2 Resumen del Informe sobre Innovación de 2009 | 11 |
| 2. OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 Objetivo General | 13 |
| 2.2 Objetivos específicos | 13 |
| 3. ASPECTOS CONCEPTUALES | 14 |
| 3.1 Introducción | 14 |
| 3.2 La Productividad Total de los Factores (PTF) y la Innovación | 15 |
| 3.3 La visión de CORFO respecto de la innovación y la PTF | 16 |
| 3.4 Ideas y creencias acerca de la innovación | 18 |
| 3.5 ¿Qué es innovación? | 18 |
| 3.6 Tipos de innovación | 19 |
| 3.7 Activación de la Innovación | 21 |
| 3.7.1 Innovación Cerrada | 21 |
| 3.7.2 Innovación Abierta | 22 |
| 3.8 Especificidad de la innovación en la minería chilena | 22 |
| 3.8.1 Innovación Forzada | 23 |
| 3.8.2 Innovación Estructural | 23 |
| 3.8.3 Innovaciones Específicas | 23 |
| 4. MANUALES | 24 |
| 4.1 Manual de Frascati y Manual de Oslo | 24 |
| 4.2 Manuales de Bogotá, de Santiago y de Lisboa | 26 |
| 5. ESTRATEGIA Y RECURSOS DE LA INNOVACIÓN EN CHILE | 28 |
| 5.1 Estrategia de Innovación | 28 |
| 5.2 Capital humano, recursos, focalización, incentivos | 29 |
| 5.2.1 Capital humano | 29 |
| 5.2.2 Recursos | 30 |
| 5.2.3 Focalización de recursos | 30 |
| 5.2.4 Incentivos para innovar | 31 |
| 5.3 Colaboración, confianza y capital social | 34 |
| 5.4 Aspectos que se deben fortalecer en el SNI | 35 |
| 5.4.1 Asegurar el compromiso de apoyar la innovación en el largo plazo | 35 |
| 5.4.2 Mejorar el mecanismo para la asignación de recursos | 36 |
| 5.4.3 Coordinar las acciones de las diferentes reparticiones estatales | 37 |
| 6. MEDICIONES EN CHILE | 38 |
| 6.1 La vision del Banco Mundial | 38 |
| 6.1.1 Importancia que le asigna el país a I+D y su evolución temporal | 39 |
| 6.1.2 Factores que impulsan el gasto en I+D | 39 |
| 6.1.3 Conocimiento que se ha privilegiado | 39 |
| 6.1.4 Investigadores y técnicos dedicados a investigación y desarrollo | 40 |
| 6.1.5 Resultados del gasto en I+D | 41 |
| 6.1.6 Impacto comercial de I+D | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2 Encuestas nacionales de innovacion | 45 |
| 6.2.1 Cuarta Encuesta Nacional (2013) sobre Gasto y Personal en I+D | 45 |
| 6.2.2 Octava Encuesta de Innovación en Empresas, 2011-2012. (Ministerio de Economía) | 47 |
| 6.3 El Índice Mundial de Innovación | 48 |
| 7. SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN | 51 |
| 7.1 Introducción | 51 |
| 7.2 El concepto de Sistema de innovación | 52 |
| 7.2.1 Fortalezas del enfoque | 53 |
| 7.2.2 Debilidades del enfoque | 54 |
| 7.2.3 Arquitecturas del sistema nacional de innovación | 54 |
| 7.2.4 El periplo desde el triángulo de Sábato a la quintuple hélice | 56 |
| 7.3 SNI y Diseño del SPAI | 57 |
| 7.3.1 Agentes en el SNI | 57 |
| 7.3.2 Modelos institucionales internacionales de SPAI | 58 |
| 7.3.3 Análisis comparado de los modelos | 59 |
| 7.3.4 Modelo institucional Chileno de SPAI (Sistema Público de Apoyo a la Innovación) | 61 |
| 7.3.5 Principales Debilidades | 66 |
| 7.3.6 Presupuesto del SPAI | 68 |
| 7.3.7 Propuesta de institucionalidad para fortalecer la Ciencia, la Tecnología y la Innovación | 69 |
| 7.3.8 La proposición de ley del ejecutivo sobre Educación Superior | 70 |
| 7.3.9 Desarrollos recientes impulsados por CORFO | 71 |
| 8. CASOS DE INNOVACIÓN | 73 |
| 8.1 Aspectos Generales | 73 |
| 8.2 Fuentes de Asistencia Económica de la Innovación | 74 |
| 8.3 Fuentes de Asistencia Técnica | 75 |
| 8.4 Éxitos y fracasos en Innovación | 75 |
| 8.5 Características de la Innovación en Chile | 77 |
| 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 80 |
| 9.1 Conclusiones | 80 |
| 9.1.1 Situación actual de la innovación | 80 |
| 9.1.2 Razones de la baja innovación | 81 |
| 9.2 Recomendaciones | 83 |
| Anexo 1. Bibliografía | 88 |
| Anexo 2. Actores del Sistema Nacional de Innovación | 89 |
| Anexo 3. Glosario Indicadores de I+D del Banco Mundial | 91 |
| Anexo 4. Valores de la PTF entre 2010 y 2014 según Clades UC | 92 |
| Anexo 5. Nueva Institucionalidad Pública para la Educación Superior | 93 |

“SE AUTORIZA SU REPRODUCCIÓN, TOTAL O PARCIAL, O SU UTILIZACIÓN, CITANDO LA FUENTE”



AGRADECIMIENTOS

El Instituto de Ingenieros de Chile hace un reconocimiento especial a aquellas personas que aceptaron la invitación a compartir sus visiones e informar a la Comisión sobre los problemas, retos, y debilidades del tema objeto de estudio de la Comisión. Ellos son: Arnoldo Hax, Jorge Yutronic, Patricio Aguilera, Miguel Vera y Esteban Domic.

Se agradece también a cada uno de los integrantes de la Comisión por su asistencia y colaboración en las sesiones de trabajo, así como en la redacción del presente informe.

Finalmente, un reconocimiento al Ingeniero Sr. Raúl Uribe, Director de la Revista y Anales del Instituto, quien en su calidad de editor de las publicaciones de nuestra Corporación colaboró en la revisión y edición del material que integra el presente informe.

RESUMEN EJECUTIVO



La capacidad para incorporar la ciencia y la tecnología como factores para el progreso de un país depende de sus condiciones políticas, económicas y sociales. La competitividad, que se sustenta en la capacidad de generar y difundir el progreso técnico, se caracteriza como un fenómeno que depende del funcionamiento de otros elementos, como los sistemas educativos, productivo, y de ciencia y tecnología, así como de sus interrelaciones e interacciones con el resto del sistema social.

Para ello debe darse una articulación orgánica y de orden estructural entre los sistemas productivo, educativo y de investigación y desarrollo, que constituyen los ejes fundamentales en el proceso de construcción de una competitividad productiva. Por ello la Política de Ciencia y Tecnología, la Política de Educación y la Política Industrial deben ser parte integral de las Políticas Nacionales de Desarrollo, y deben encontrar en ellas su marco de articulación alrededor de objetivos comunes. La prioridad de cada uno de los tres sectores debe ser manifiesta y categórica.

Debe haber políticas de fortalecimiento de cada uno de los tres sectores, que integren las condiciones de consolidación y de sostenibilidad de su desarrollo en función de su naturaleza específica, lo cual necesariamente implica una planificación de largo plazo.

La educación es parte del capital social y su fortalecimiento es la estrategia más fuerte de construcción de esa capacidad social. Para ello se debe imprimir énfasis en la formación de calidades y aptitudes que apunten a la cohesión e integración social en todos los niveles de los programas educativos. Las normas y hábitos de conducta de la sociedad, así como sus valores culturales, integran también el acervo de capital social.

Para que haya innovación tecnológica, sea por generación o por adaptación de conocimiento, tiene que haber capacidad de investigación. Los países industrializados dedican entre el 2% y el 3% de su PIB a ciencia y tecnología, cuentan con un número de investigadores per cápita 50 veces mayor que Chile, y subsidian entre el 20% y el 40% del gasto privado en esta materia bajo diversas modalidades. Cualquier política que se establezca para fomentar la modernización productiva debe inscribirse en un contexto más amplio que contemple el fortalecimiento del aparato científico y tecnológico.

La descripción del aparato científico y tecnológico forma parte importante de este informe. La descripción está hecha tanto desde el punto de vista de la literatura especializada como de la forma que ha tomado en nuestro país. En efecto, el informe contiene un resumen de los aspectos conceptuales de la innovación, una referencia a los procedimientos (manuales e indicadores) usados en Chile y el mundo para cuantificar la Innovación, la estrategia y los recursos que se emplean para fomentar la Innovación, la medición que se hace en el país de esta actividad, una descripción del Sistema Nacional de Innovación y se plantea un resumen de las alternativas que han usado otros países para organizar este sistema.

También hemos incluido una descripción de casos importantes de Innovación en nuestro país con énfasis en la minería, así como conclusiones y recomendaciones.

Las conclusiones describen la situación actual de la Innovación en nuestro país y señalan la baja importancia que las autoridades públicas y privadas asignan a la innovación, lo que se refleja en el bajo porcentaje del PIB que representa, financiado principalmente por el gobierno. Esta situación es diametralmente opuesta a la de los países de la OCDE, en los que el gasto es financiado mayoritariamente por la empresa privada. La mayor parte del gasto nacional está dirigida a la educación superior y a las empresas públicas, lo que hace más difícil que el sector productivo implemente los resultados del esfuerzo innovativo.

El número de investigadores y técnicos, por millón de habitantes, dedicados a I+D, es bajo, en comparación a países desarrollados e incluso, al promedio de LATAM.¹ En el año 2010, éste fue de 545 investigadores y técnicos por millón de habitantes, un 57,2% del promedio de LATAM y 8,5% del promedio de Corea. Existe además un número insuficiente de profesionales en las áreas de Ingeniería y Ciencias, debido a que quienes egresan de la enseñanza secundaria prefieren las carreras de las áreas de ciencias sociales.

Aunque ha habido un aumento en el número de publicaciones, muchas no ofrecen un aporte innovativo y se efectúan sólo por razones de evaluación académica. Este aumento no se ve reflejado en las exportaciones de productos de alta tecnología. En el año 2013, éstas disminuyeron, desde un valor de 6,79% a 4,9% del total de productos manufacturados. En comparación a los países de la OCDE e incluso al promedio de países de Latinoamérica, las exportaciones de productos de alta tecnología son poco significativas.

Existen diferentes razones que explican el bajo porcentaje de Investigación y Desarrollo con respecto al PIB. A continuación listamos las que nos parecen más importantes, de las cuales las 6 primeras son las de mayor incidencia:

- a. la falta de una Estrategia Nacional de Innovación durable que se refleja en que en los diez años que lleva operando, el CNIC² ha tenido cinco presidentes, cada uno de los cuales ha propulsado diferentes visiones respecto a la Innovación;
- b. la cultura productiva nacional, muy focalizada hacia resultados de corto plazo (gobiernos de 4 años, directorios con bonos anuales, autoridades universitarias rotativas, etc.), tiende a rechazar los cambios innovadores que la saque de su posición cómoda, exenta de riesgos;
- c. los recursos disponibles no están focalizados en los sectores con mayor potencial de crecimiento o en los que nuestro país tiene ventajas competitivas;
- d. la falta de verdadera competencia entre las empresas que tienen una posición dominante en su mercado las hace buscar reducir sus costos para aumentar sus ganancias y no tienen ninguna razón para correr el riesgo de la innovación; algunas incluyen en sus contratos una cláusula por la cual no aceptan prototipos de parte de sus proveedores.
- e. los gerentes/directores de la industria, tanto minera como no-minera, son profesionales de carrera, normalmente muy ligados a la operación o los negocios, y su desempeño se mide por resultados financieros y contables, lo que los lleva a tomar decisiones que deben tener impacto de corto plazo; estas condiciones son opuestas al tiempo que se requiere para desarrollar, madurar y aprovechar un emprendimiento innovativo;
- f. el chileno es fuertemente desconfiado (más del 80% de la población), lo que hace difícil conseguir apoyos para materializar ideas innovadoras en cualquier ámbito;
- g. la propiedad intelectual es difícil de proteger, más aún cuando existe una falta de respeto generalizado en la industria chilena por la autoría en la Innovación;
- h. el apoyo financiero efectivo para la Innovación es parcial y limitado, sujeto a trámites y controles complejos;
- i. la falta de un número suficiente de científicos e ingenieros,

¹ Latinoamérica

² CNIC: Comisión Nacional para la Innovación y la Competitividad. Actualmente cambió a CNID, Comisión para la Innovación y el Desarrollo.

- j. las normativas empresariales que obstaculizan el comportamiento innovador,
- k. la falta de oferta de crédito.

Las recomendaciones se resumen en lo siguiente:

- a. Definir una política de Estado en I+D+i (Innovación, Desarrollo e investigación) que se mantenga en el tiempo, inmune a los cambios en el grupo gobernante, para lo cual creemos debe depender de una institución con la independencia de la que hoy está dotado, por ejemplo, el Banco Central de Chile, con las herramientas, capacidades y atribuciones que aseguren su independencia del gobierno.

La política de largo plazo de la Innovación debe estar basada en la educación concentrada en Ingeniería y Tecnología y con una inversión en I+D equivalente al promedio de la OCDE en lugar del escuálido 0,39% que hoy se destina.

Es necesario construir fuertes infraestructuras científicas, definir áreas de desarrollo e innovación en las que el país se focalice y apoyar e impulsar la innovación en la empresa a través de herramientas impositivas. Que la inversión en I+D+i sea actualmente hecha mayormente por el Estado a través de las universidades y no a través de la Industria, obra en contra de la eficacia de esa inversión.

Un ministerio de Ciencia y Tecnología, que centralice bajo una autoridad única el impulso que el Estado debe imprimir a las áreas de I+D+i a través de las Empresas y de la Infraestructura Científica, parece la buena solución, que debe combinarse con las directivas sobre I+D+i que debe recibir de una institución que tenga la permanencia e independencia similar a las del Banco Central de Chile.

- b. Establecer esfuerzos en torno a grandes objetivos estratégicos, para lo cual es necesario un consenso en los grandes lineamientos estratégicos de largo plazo en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación. Las autoridades se ven enfrentadas a optar por acciones que tienen costos inmediatos, pero beneficios que se verán después de su mandato, lo que es una traba importante.

Se requieren institutos de investigación especializados, públicos o privados, que garanticen en su gestión que los resultados sean incorporados al aparato productivo nacional de bienes y servicios y que contribuyan al aumento de su productividad y competitividad mundial.

- c. Formular y ejecutar políticas de desarrollo por sector, en respuesta a orientaciones precisas de una estrategia nacional de desarrollo económico para construir y consolidar tanto una estructura eficiente de instituciones como una capacidad de interacción cercana entre los actores públicos y privados.
- d. Fortalecer áreas con ventajas competitivas como la minería del cobre, la acuicultura, la pesca y el aprovechamiento de la energía solar y las oportunidades que resultan de las características geográficas especiales del territorio nacional, como el aprovechamiento para generación eléctrica de la alta radiación del desierto, los ecosistemas hiperáridos, los canales patagónicos, los hielos de los campos de hielo norte y sur, la cadena de altas montañas, etc.
- e. Aprovechar las oportunidades que generan los desafíos nacionales como los desastres naturales, la escasez de agua en el norte o los problemas sanitarios de la acuicultura en el sur para generar ventajas competitivas a partir de la investigación e innovación en estos sectores.
- f. Privilegiar la creación y mantención de expertos en áreas relevantes que al país le interesen (en especial en minería), porque Chile tiene características propias que hacen que, en muchos temas, no existan expertos en el extranjero.

- g. Adquirir innovación desde el sector público, que mantiene un poder comprador importante. Una política de adquisiciones del Estado que favorezca la innovación puede tener una importante consecuencia en la innovación productiva.
- h. Diseñar una institucionalidad adecuada a los fines. Es necesaria una autoridad que se haga políticamente responsable por el avance de la Ciencia, Tecnología e Innovación y de su aporte al desarrollo nacional.
- i. Resolver los problemas de coordinación para asumir objetivos de desarrollo, que resultan de la amplitud de áreas que ven las carteras relacionadas con Ciencia, Tecnología e Innovación. La cooperación en torno a problemas nacionales es la excepción y no la regla.

Concretar a nivel de regiones el esfuerzo por desarrollar un sistema de CTI articulado con las políticas sectoriales en desarrollo, bienestar social, medio ambiente y vinculado al territorio. Estas carecen de proyección estratégica por lo que muchos proyectos quedan a medio camino.

- j. Reducir la dispersión de iniciativas, programas y esfuerzos que dependen de diferentes ministerios, sin un marco común de políticas rectoras. Esta dispersión genera una falta de alineamiento con una mirada estratégica común y de largo plazo, y de foco estratégico. El sistema actual enfatiza una organización institucional definida por actores: por un lado, la ciencia y los científicos y por otro, las empresas y empresarios. Esto conspira contra la confluencia de esfuerzos en favor de impacto y objetivos.
- k. Fortalecer el papel del Comité de Ministros de Innovación (CMI) que fue creado para asegurar la coordinación entre las diferentes iniciativas y para orientar el proceso de planificación estratégica.
- l. Mejorar la capacitación de los innovadores para interactuar directamente con las fuentes estatales de financiamiento a la investigación.
- m. Incentivar la conexión entre la investigación universitaria y los grandes problemas nacionales. La historia de la hidráulica nacional fue pionera en la I+D+i, con fuerte presencia internacional, porque quienes la impulsaron querían resolver los problemas de la distribución del agua en los sistemas de canales de la zona central de Chile.

Un aspecto que tiene una gran importancia para explicar la falta de conexión entre la investigación universitaria y la práctica nacional es el sistema de promoción profesional de los académicos universitarios. El sistema de promoción debería premiar la obtención de patentes, el desarrollo de procesos industriales innovativos y la gravitación de la investigación universitaria en las prácticas nacionales. Pero el actual sistema premia las publicaciones en revistas internacionales y por ello es perjudicial para el logro de la conexión señalada más arriba.

La abundante referencia a la importancia nacional de las investigaciones, en la práctica es un saludo a la bandera que no implica un verdadero compromiso por favorecer la incorporación de los resultados a las prácticas nacionales. Esto es crítico, si se considera que esas actividades corresponden a casi el total de I+D+i contabilizado en el país.

- n. Fortalecer la relación Universidad Empresa. La industria requiere tecnologías internacionalmente competitivas provistas por las universidades. Deben implementarse esquemas de incentivos eficaces que induzcan la sinergia entre el sector industrial y el sector académico.
- o. Promover activa y sistemáticamente la innovación a través de instituciones como ICARE y SOFOFA (invitación a relatores internacionales, encuentros para difundir e intercambiar experiencias, benchmarking, etc.). Al respecto ICARE ya cuenta con un círculo de Innovación y Tecnología, cuya acción podría dinamizarse aún más.

- p. Fortalecer la alianza pública privada. Los ejemplos de otros países que han alcanzado adelantos económicos y sociales importantes gracias a la innovación, muestran que una sólida asociación entre grupos privados y el gobierno, focalizada sobre áreas seleccionadas y consensuadas, puede producir un gran avance económico y social.
- q. La industria chilena tiene una baja capacidad de investigación, por lo que es necesario contar con un fuerte y eficaz vínculo sinérgico entre este sector y las universidades e institutos de investigación. En este sentido, es importante continuar con el trabajo que ha venido desarrollando CORFO, en los últimos años, orientado a definir programas tecnológicos estratégicos regionales, mesoregionales y nacionales en áreas claves de la economía y programas de Fortalecimiento de Infraestructura Tecnológica y Capacidades Humanas Avanzadas, asegurando que estas iniciativas perduren luego de los cambios de gobierno.
- r. Promover y facilitar la interacción entre las empresas mayores y sus “satélites” proveedoras (muchas veces Pymes), para que estas últimas entren en la dinámica de la Innovación, formando clusters con el apoyo de las primeras y el concurso de las universidades.
- s. Se necesita un sistema educativo de calidad que desde la infancia promueva entre los niños la curiosidad, los estimule a preguntar y los entrene en cuestionar como producto del análisis crítico.

Esta educación innovadora no se restringe a los niños. Los adultos necesitan el roce de ideas, es decir el contacto con gente que entiende el problema con el que se enfrentan y que también saben del tema. Esto significa apoyar la visita a exposiciones internacionales y a participar en proyectos internacionales. En estos casos, el respaldo de las instituciones se podría materializar en apoyo económico y en proporcionar pautas para registrar lo que se vea.



INTRODUCCIÓN

1.1 General

La sociedad chilena ha tomado conciencia de la necesidad de un cambio cultural, social y económico que la haga más innovadora, en la multidimensionalidad de aspectos que esta noción incluye. De todos estos aspectos, sin embargo, el más visible es el económico, donde el modelo basado en la exportación de materias primas ha mostrado su fragilidad ante las intermitencias del mercado mundial. Por al menos una década, los términos de intercambio se mostraron favorables a los países productores de materias primas, invirtiendo una relación que hacía parecer el precio internacional de estos bienes en un continuo deterioro frente a los bienes industriales.

Hay en la actualidad un clamor de la sociedad entera por evitar que se vuelva a producir una situación como la que el país vivió después de la primera guerra mundial con el desmoronamiento del mercado del salitre y la que vive en la actualidad con la caída del precio del cobre. Todos los actores sociales están de acuerdo en que es necesario aumentar la productividad del país sobre la base de un desarrollo de la innovación, en un esfuerzo por coordinar los esfuerzos que se hacen en los ámbitos de las universidades, empresas y estado, en los que ese desarrollo debe darse.

En este contexto, el Instituto de Ingenieros de Chile decidió actualizar trabajos anteriores sobre este tema y el presente informe es el resultado.

El grupo de trabajo que para ello se formó estuvo integrado por personas que tienen la innovación, en alguna de sus formas, como actividad profesional. Además, recibió los aportes de varias presentaciones hechas por actores de la Innovación, que resultaron muy enriquecedores para la preparación de este informe. Entre ellos se cuentan: Eduardo Bitrán, Vicepresidente Ejecutivo de CORFO; Jorge Yutronic, Presidente de la Corporación de Bienes de Capital; Miguel Vega, inventor profesional; Patricio Aguilera, Gerente de Innovación de CORFO y Arnoldo Hax, profesor del MIT.

El informe se caracteriza por presentar el aparato conceptual que se ha creado para describir los aspectos sociales, culturales y económicos de la génesis y del impacto de la innovación. También destacamos que junto con el aparato conceptual hemos incluido los descriptores cuantitativos de la Innovación, con lo cual esperamos entregar una visión más precisa de nuestro tema.

El informe contiene una descripción de los objetivos que se plantearon para el trabajo (cap. 2), un resumen de los aspectos conceptuales de la innovación incluyendo la visión de CORFO (cap. 3), una referencia a los manuales e indicadores usados en Chile y el mundo para cuantificar la Innovación (cap. 4), la estrategia y los recursos que se emplean para fomentar la Innovación (cap. 5), la medición que se hace en el país de esta actividad (cap. 6), una descripción del Sistema Nacional de Innovación que incluye un resumen de las alternativas que han usado otros países para organizar este sistema (cap. 7), una descripción de casos importantes de Innovación en nuestro país con énfasis en la minería (cap. 7) y, para finalizar, un capítulo de conclusiones y recomendaciones (cap. 8).

Los capítulos 6 y 7 fueron sintetizados y no pudieron ser incluidos in extenso en el informe, so pena de sobrepasar el formato habitual de estos trabajos del Instituto. Su versión completa está disponible en la biblioteca digital del Instituto. (www.iing.cl)

1.2 Resumen del Informe sobre Innovación de 2009

En 1996 el Instituto de Ingenieros formó una Comisión de Creatividad, Conocimiento y Competitividad que elaboró una propuesta sobre la incidencia de la Educación, Ciencia y Tecnología en la competitividad internacional de Chile. La comisión se refirió a la necesidad de mayor creatividad y conocimiento en la producción, lo que requeriría esfuerzos radicalmente distintos en los campos mencionados. También se refirió a la necesidad de invertir en educación, en absorber el conocimiento existente fuera del país, en generar una industria de la educación, un aparato científico, y disponer de un contingente de empresas innovadoras al menos diez veces mayor al que se tenía.

Más tarde, en 2009, el Instituto constituyó la Comisión "Innovación, Pilar Estratégico para el Desarrollo", cuyas proposiciones fueron las siguientes:

- a) *Establecer un régimen institucional independiente del Gobierno que defina políticas de largo plazo y consensuadas, entre los diferentes sectores involucrados en el proceso.*
- b) *Aumentar la inversión pública en I+D, estableciendo los incentivos para que las empresas incrementen significativamente su inversión en I+D, hasta alcanzar para el país un 1,2% del PIB.*
- c) *Incentivar el cambio en la percepción del riesgo asociado a la innovación y desarrollo y disminuir el temor al fracaso facilitando el desencadenamiento del espíritu promotor.*
- d) *Mejorar el sistema de financiamiento de proyectos de innovación incentivando el desarrollo de un mercado de capitales de riesgo.*
- e) *Establecer los incentivos y fortalecer el desarrollo de redes y alianzas entre los diferentes actores del sistema nacional de innovación.*
- f) *Introducir cambios radicales en la formación de recursos humanos para mejorar la calidad de la educación y asegurar que se dispondrá en el futuro de los recursos humanos requeridos en cantidad y calidad para innovación y desarrollo.*
- g) *En las empresas, la innovación se debe buscar de una manera sistemática, desde el gobierno corporativo, y mediante políticas y procedimientos que estimulen la innovación de manera permanente y programada, con participación de todos los niveles de la organización.*
- h) *Establecer canales de comunicación y de vinculación entre ambas, de manera que las empresas estén informadas de las capacidades de investigación y de desarrollo que tienen las Universidades y que éstas a su vez conozcan las necesidades de aquellas.*
- i) *Establecer puentes entre la universidad, los institutos de tecnológicos y las empresas.*
- j) *Acercar la investigación y desarrollo realizada en las universidades y centros de Investigación a las empresas buscando la forma de satisfacer sus necesidades e incorporando investigadores con un perfil más orientado a resolver las necesidades de las empresas.*

Es fácil percibir que casi todas las proposiciones planteadas en aquel momento pueden repetirse, porque no se han materializado. En efecto:

- El régimen institucional ha sufrido cambios que han acompañado a cada nuevo gobierno que se ha instalado, sin que persista una política de largo plazo;
- la inversión en I+D permanece muy por debajo del promedio de la OCDE;
- la aversión al riesgo de las grandes empresas sigue siendo dominante;
- los recursos humanos siguen siendo insuficientes y
- las relaciones entre universidades con capacidades de I+D y las empresas siguen siendo escasas.

Podemos afirmar que el *boom* de las materias primas acompañado por la bonanza brindada por el superciclo del cobre ha colaborado de manera decisiva al letargo con que el país ha enfrentado las necesidades de Innovación. Hay que recordar que esta bonanza incluso redujo algunos sectores industriales, que con el bajo precio de la divisa no han podido resistir la competencia internacional.

El fin de esta bonanza y la caída del precio del cobre han vuelto el país a la realidad y hoy todos los sectores están contestes en que la innovación es indispensable para aumentar la productividad económica y devolver al país a la senda de crecimiento del PIB en el rango de 5,65 a 8,47%³, al que estuvo acostumbrado en los tres quinquenios que van desde 1990 hasta 2015.⁴

Sin embargo, la crisis de la economía ha mostrado un país con una resiliencia que le ha permitido mantener un crecimiento moderado, por encima del de muchos países de la región⁵. Pero para alcanzar el desarrollo al que todos aspiramos se necesita una dinámica económica mucho mayor, basada en el conocimiento y la innovación. Esta misma crisis es la que nos debe despertar de la modorra y acelerar el crecimiento para llevar a toda la sociedad a un nivel de equidad y participación como el que hoy encontramos en los países desarrollados. Creemos que, a diferencia de los años anteriores, se perfila hoy un nuevo espíritu que se manifiesta en desarrollos innovadores, de algunos de los cuales daremos cuenta en este informe.

³ Datos del Banco Mundial. Valores a paridad de poder adquisitivo.

⁴ Otros indicadores que señala la OCDE ponen a Chile en el promedio de la OCDE: esperanza de vida, educación y competencias, y bienestar subjetivo.

⁵ OCDE, noviembre de 2015. Estudios Económicos de la OCDE. Chile.

OBJETIVOS

2.

2.1 Objetivo General

El objetivo general de este informe es explorar la situación actual de la Innovación, como un aporte del Instituto al mejoramiento de la productividad y competitividad del país. Es evidente que la productividad del país, que creció de manera importante en la década del '90, fundamentalmente sustentada por fuertes aumentos de la producción minera, agrícola e industrial, hoy se ha deteriorado y constituye un objeto de preocupación. El modelo exportador de materias primas, impulsado principalmente por la demanda de China, enriqueció al país, pero restringió la variedad de su oferta exportadora. En la actualidad, la caída de la demanda de la economía de China ha impactado fuertemente el valor de las exportaciones y golpeado las finanzas públicas y privadas.

Hay dos objetivos generales que el estudio pretende satisfacer.

- a) Por una parte, conocer el uso de los recursos puestos por el país al servicio de la innovación, sobre la base del conocimiento de casos exitosos y fallidos de innovación, para explorar el buen uso de esos recursos y aconsejar acerca de su mejoramiento.
- b) Por otra buscamos responder, aunque sea parcialmente, la pregunta que se plantea el Banco Mundial en relación a los países que forman LAC⁶, a los que ve como un conjunto aquejado por un mismo mal. Este mal se resume en la pregunta ¿Por qué tan poca innovación entre tanto emprendimiento?

2.2 Objetivos específicos

Estos objetivos son:

- a) Entender las causas a las que apunta el Banco Mundial para explicar la poca innovación: la falta de verdadera competencia entre empresas, la falta de respaldo eficaz a las empresas jóvenes con alto potencial de crecimiento, la falta de un número suficiente de científicos e ingenieros, las normativas empresariales que obstaculizan el comportamiento innovador, la falta de oferta de crédito y la débil protección a la propiedad intelectual.
- b) Revisar la literatura y estudios disponibles (BID, Btrán, Banco Mundial, etc.) que dan cuenta de los niveles de innovación alcanzados y comprender las causas de su insuficiencia.
- c) Conocer y analizar los principales factores críticos de éxito y fracaso de innovadores chilenos en diferentes áreas productivas.
- d) Revisar y analizar el impacto de los esfuerzos económicos y de gestión, de distinta proveniencia, aplicados a la innovación.
¿Debemos preocuparnos por la productividad? ¿Podemos mejorarla? A juicio del Instituto la respuesta está en el fomento de la innovación. De este tema nos ocuparemos en el capítulo siguiente.

⁶ LAC; Latin America and Caribbean.

3.

ASPECTOS CONCEPTUALES

3.1 Introducción

Los avances científicos y tecnológicos permiten el crecimiento de la sociedad en su conjunto, lo que hace apreciar la importancia de la tecnología y la innovación en el crecimiento socio-económico de una nación. No obstante, aún hay discusión en torno a la importancia de la especialización productiva, el cambio tecnológico y la transferencia tecnológica, relacionada esta última con el aprendizaje y la formación del capital humano, para explicar los desempeños económicos relativos a nivel internacional.

Asimismo, se indica que la riqueza de las naciones depende de su capacidad productiva. Empero este análisis de causa y efecto se concentra en las causas inmediatas, sin considerar que la productividad de los sujetos depende de sus habilidades y capacidades, de su propia técnica y de las tecnologías que manejen, por lo que la productividad llega a ser un problema de educación y aprendizaje. Además de un crecimiento económico, la educación y el aprendizaje permiten un desarrollo en los sujetos, puesto que se enriquecen sus percepciones y el proceso creativo se refuerza y se crea así un escenario cada vez más propicio para la innovación. No cabe duda que la innovación tecnológica fomenta el crecimiento económico, al disminuir la dependencia de conocimientos foráneos y al crear tecnologías apropiadas a los contextos y las características particulares del país.

Ciertamente la tecnología no es un bien universal sino un producto que se desarrolla, se apropia y sitúa, para luego ser difundido, o mejor dicho vendido a otros actores o naciones. De esta forma la tecnología y el cambio tecnológico están muy relacionados al poder económico puesto que los países desarrollados destinan más recursos a Investigación y Desarrollo (I+D); a Ciencia y Tecnología (C+T) y a la educación, que los menos desarrollados; reservando más recursos para desarrollar y adquirir tecnologías, lo que sumado a la estructura oligopólica del mercado internacional, hace del cambio tecnológico un proceso desigual; escenario relevante ya que la ventaja tecnológica juega un papel decisivo en la distribución del poder a todo nivel.

Las diferentes interpretaciones de la relación de la tecnología y el desarrollo de los países muestran una evolución en este tema. Pero en todos ellos, los patrones de especialización terminan siendo decisivos para el desempeño relativo de los países.

Según señala CladesUC⁷: “La producción puede incrementarse debido a que el país aumenta sus factores productivos -trabajo y capital- o bien a que aumenta la productividad. De esta manera, en el análisis económico es usual descomponer el crecimiento económico (el aumento de la producción) a partir de sus distintas fuentes.

La Productividad Total de Factores (PTF) corresponde a aquella parte del crecimiento económico que no puede ser explicada por la acumulación de factores productivos, esto es, capital y trabajo.”

En la tradición neoclásica, el crecimiento puede resultar tanto de cambios en Capital y Trabajo como en la PTF. En algún momento, sin embargo, ya no resulta conveniente aumentar el capital y trabajo y a la larga el crecimiento de la producción depende enteramente en la creación de conocimiento o progreso tecnológico. Gran parte del debate concierne a si la acumulación de la PTF es el factor más importante en el crecimiento de la producción.

⁷ Informe Macroeconómico. Nueva Caída de Productividad en Primer Trimestre de 2015. Junio 2015.

Las Naciones Unidas⁸ señalan que el conocimiento tiene un efecto directo en la PTF⁹. Como se verá más adelante, la íntima relación entre relación de conocimiento y aumento de la PTF se quiebra cuando se la confronta con la realidad.

En este contexto, el escenario que genera la idea del Sistema Nacional de Innovación (SNI) proporciona un marco útil para la formulación de políticas científico tecnológicas, término que ha sido muy utilizado por los formuladores de políticas de los países industrializados.

3.2 La Productividad Total de los Factores (PTF) y la Innovación

En este punto nos proponemos abordar el efecto económico de la innovación, revisando la historia de la PTF en los últimos años, en lo posible separada de las coyunturas económicas.

Empleando la tradicional metodología del Residuo de Solow (1957), para determinar la productividad total de factores, se utiliza una función de producción como la siguiente:

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha}$$

donde **Y** es el PIB, **K** es el stock de capital, **L** es el número de ocupados, **α** es la participación del capital en el PIB, (1- **α**) es la participación del empleo en el PIB y **A** es la productividad de factores (PTF). De ahí que crecimiento Económico puede plantearse como:

$$\text{Crecimiento del PIB} = \text{Crecimiento de la productividad} + \alpha * \text{Crecimiento del stock de capital} + (1 - \alpha) * \text{Crecimiento del empleo}^{10}$$

La innovación es crucial para el progreso tecnológico y se complementa con la especialización, en el sentido de que la combinación de nuevas ideas aumenta la suma total de conocimiento, en un proceso dinámico de autogeneración y autoalimentación.

Sin embargo, el encadenamiento entre PTF y conocimiento se debilita al considerar factores que también tienen influencia, tales como calidad institucional, grado de apertura y flexibilidad de la economía, y otros. El conocimiento aparece como uno más de varios determinantes de la PTF, pero quizás como el más importante.

El informe de McKinsey¹¹, hecho para la Confederación de la Producción y el Comercio, escoge 5 temas que impactan la PTF, a saber: la educación, la infraestructura, la facilidad para las importaciones, la intensidad de capital y la Innovación e I+D.

¿Qué ha ocurrido en Chile con la PTF en los últimos años? El informe de CladesUC no puede ser más desalentador. Según se desprende de las tablas del Anexo 4, de ellas se deduce que, a la fecha de preparación de este informe, el país llevaba 6 trimestres de contribución negativa de la PTF.

⁸ *Determinants of total factor productivity: a literatura review, julio 2007, UNIDO.*

⁹ *La producción necesita dos componentes: por un lado trabajo y capital y por otro conocimiento. Este último concierne al modo de organizar la producción para maximizarla, a igualdad de costo.*

¹⁰ *En esta simple expresión, los crecimientos deben entenderse en términos porcentuales respecto del valor previo al crecimiento.*

¹¹ *Desarrollando una agenda para impulsar la productividad de Chile. Diagnóstico macro. Septiembre 2015.*

En la Figura 1, que agrega el segundo trimestre de 2015, muestra cuatro curvas para describir la PTF trimestral.

La curva etiquetada PTFA, muestra el cálculo de la PTF según Solow; la etiquetada PTFB, la PTF corregida según la productividad de distintas categorías de trabajadores; la etiquetada PTFC, la productividad corregida según la productividad del capital en los distintos sectores y finalmente la etiquetada PTFD, la combinación de las dos correcciones.

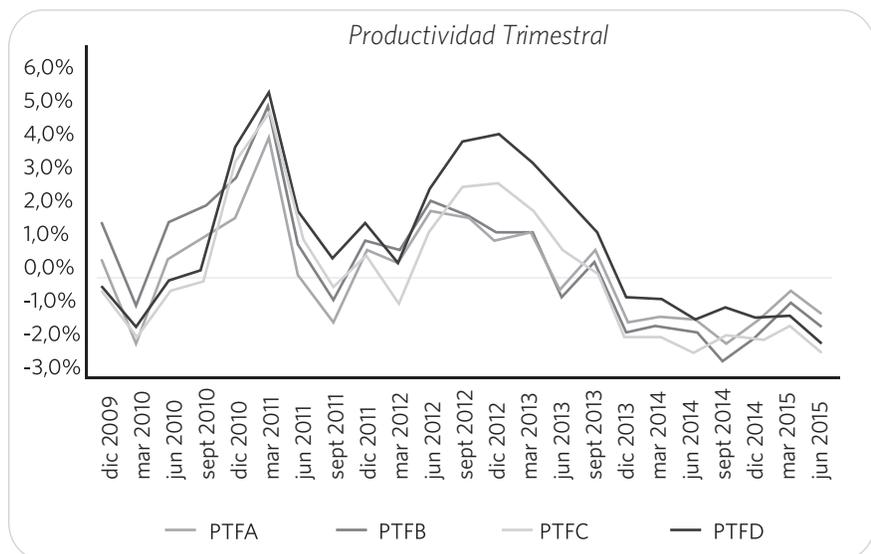


Figura 1
Productividad Trimestral.

Fuente: Índice de Productividad ICARE-CLAPES UC; Felipe Larraín B., septiembre 2015.

En la Figura 1 vemos que la PTF cae por séptimo semestre consecutivo.

La principal actividad económica del país es la minería. Sabemos que la productividad en la minería ha caído de manera notable. COCHILCO¹² afirma que entre 2007 y 2013, la PTF de la minería ha caído un 20%.

3.3 La visión de CORFO respecto de la innovación y la PTF

En opinión de CORFO la caída de la PTF en sectores asociados a Recursos Naturales es una muestra de la ausencia de innovación¹³ que prueba un agotamiento del modelo primario exportador y que ha causado la caída de la productividad de sectores basados en estos recursos. Se ha estancado la diversificación y sofisticación exportadora y ha caído la tasa de crecimiento de exportaciones de recursos naturales. Otro índice de agravamiento lo constituye el porcentaje de empresas que innovan en Chile, que ha caído sistemáticamente.

Mientras el porcentaje del PIB dedicado a I+D en los países de la OCDE se mantiene en el rango de 2,5 a 2,7%, el de Chile se mantiene entre 0,35 y 0,37. Incluso el promedio de LATAM, de 0,83, es mayor que el de Chile.

La Innovación requiere colaboración, confianza y capital social, elementos de los que Chile carece¹⁴. Chile se encuentra muy por debajo del promedio de la OCDE. CORFO lo atribuye a una baja integración entre sectores sociales y a la percepción de la falta de reciprocidad entre los ciudadanos, el Estado y las empresas (78% de la población opina que recibe del Estado menos de lo que éste le entrega, 68% a las empresas. PNUD).

¹² COCHILCO; Productividad en la Industria Minera en Chile DE 31/201.

¹³ Presentación hecha por Patricio Aguilera de CORFO a la Comisión de Innovación del Instituto de Ingenieros de Chile.

¹⁴ Los países con mayor índice de confianza son los escandinavos.

CORFO sostiene que los países con ingreso medio son menos competitivos que los países subdesarrollados con similares materias primas y que no tienen el nivel tecnológico ni son parte de la cadena de valor de los países desarrollados. Para salir de esta trampa, Chile debe plantearse como objetivos aumentar su productividad y alcanzar mayor sofisticación y diversificación. Chile tiene un bajo índice EXPY que mide la sofisticación de la oferta exportadora.

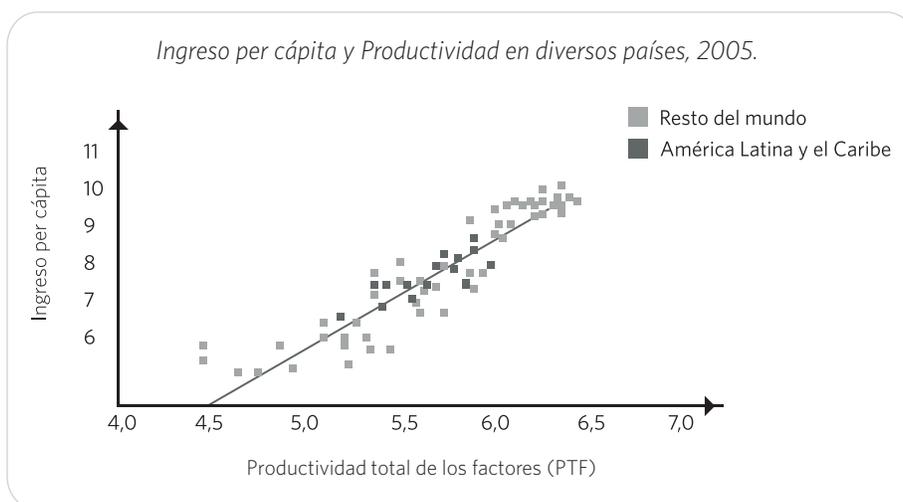
Lo indicado por CORFO se reafirma con los antecedentes que se entregan más adelante. Según se señala, nuestro país presenta una caída lenta pero progresiva en su nivel de Diversificación, habiendo disminuido 13 puestos en el intervalo 2000 a 2012. Chile y Venezuela tienen canastas exportadoras cada vez más concentradas en commodities. (Hausmann)

Con sus programas, CORFO procura mejorar la competitividad y la diversificación productiva del país, mediante el fomento a la inversión, la innovación y el emprendimiento, fortaleciendo, además, el capital humano y las capacidades tecnológicas para alcanzar el desarrollo sostenible y territorialmente equilibrado.

En relación a la PTF, CORFO señala que una muestra de 98 países indica que más del 85% de la variación del PIB per cápita se explica por diferencias de crecimiento de la PTF.

Figura 2
Ingreso per cápita y productividad.

Fuente: CORFO. Programas Estratégicos de Especialización Inteligente, noviembre de 2014.



También se afirma que la Productividad y el Crecimiento en Chile crece a 2,2% por año periodo 93-98, y cae a 0,8% de 2000 a 2013, según se muestra en la Tabla 1.

| Período | Contribuciones al crecimiento del PIB | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| | Variación de la PTF | Stock de capital | Horas trabajadas | Utilización del capital | Calidad del trabajo | Crecimiento del PIB |
| 1993-1998 | 2,2% | 3,0% | 0,7% | -0,4% | 0,9% | 6,5% |
| 1999 | -3,7% | 3,7% | -0,7% | 0,4% | 0,0% | -0,5% |
| 2000-2008 | 0,9% | 2,5% | 0,9% | 0,2% | 0,2% | 4,7% |
| 2009 | -2,5% | 3,5% | -0,1% | -2,6% | 0,6% | -1,1% |
| 2010-2013 | 0,8% | 2,7% | 1,5% | 0,3% | 0,1% | 5,3% |
| 2013 | -0,9% | 3,5% | 1,4% | 0,0% | 0,1% | 4,1% |
| 1993-2013 | 0,9% | 2,8% | 0,8% | -0,1% | 0,4% | 4,8% |

Imposible Converger al Ingreso per cápita promedio de OCDE con crecimientos de TPF inferiores a 1,5% por al menos 15 años.

Tabla 1
Contribuciones al crecimiento del PIB.

Fuente: Estudio CORFO.

3.4 Ideas y creencias acerca de la innovación

La discusión sobre el rol y la importancia de la innovación, como actividad clave para la competitividad, es preocupación latente para quienes están abocados al crecimiento económico. La hipótesis sobre la innovación, señala que esta actividad resulta estratégicamente importante al momento de competir.

Se ha reflexionado bastante acerca de la Innovación y el término ha sido ampliamente estudiado, con distintos acentos y perspectivas. Por ejemplo, como un todo (Shumpeter, 1939), como proceso de información (Tushman, 1977), como cualquier aspecto nuevo para un individuo dentro de un sistema (Hord, 1987), según la competitividad (Porter, 1990), como un proceso de aprendizaje (Muñoz-Seca, 1992). Así y todo, la innovación sigue siendo un hueso duro de roer para su formación e instalación porque los enfoques, así como los modelos y metodologías con los cuales se ha estado operando, no tienen una pertinencia cultural y eso al final pasa la cuenta al evaluar los resultados.

La innovación como proceso estratégico y estructural al interior de una cultura organizada por medio de subsistemas socio-técnicos que interactúan entre sí para producir cambios de diversa índole (productivos, técnicos, sociales, etc.); como una implantación en un mercado ya sea en la forma de comercialización o en la forma de adopción de nuevos métodos; como un nuevo significado de uso (creación de valor).

Innovar, al interior de una empresa, se traduce en posibilitar el aprendizaje y gestionar el cambio gatillado por las nuevas prácticas y saberes que se demanden, donde los espacios que incorporen la innovación como parte de su cultura “deben ser capaces de aprender”; ser capaces de adaptarse, por tanto, saber lidiar con lo nuevo y la tradición.

Instalar la innovación requiere salir del paradigma mecanicista de “entradas, procesos y salidas” de “fines, medios y eficiencia” para observar de manera distinta el quehacer; constatamos que la manera clásica de mirar los espacios y sujetos, es ciega a los fenómenos humanos donde el papel de las emociones, las expectativas y las conversaciones para la acción juegan un rol central. No es razonable separar innovación y cultura, es decir, el conjunto de prácticas, valores y conocimientos - el entramado significativo - al interior de una comunidad organizada (empresa, universidad, etc.) que atiende y determina formas de acción que promueven, al interior de esa comunidad organizada, nuevos conocimientos, la mejora de los ya existentes o cambios en los procesos productivos con el fin de generar competitividad. Prácticas que además imbrican sinérgicamente elementos emocionales, actitudinales y comportamentales, los que a su vez proponen tres dimensiones: confianza, coherencia y emprendimiento.

3.5 ¿Qué es innovación?

La innovación es un concepto muy amplio que depende del sujeto, su organización y la sociedad en la cual está inserta, lo que dará distintas visiones de la innovación.

En cualquier caso, las diferentes definiciones que es posible dar sobre innovación, destacarán los distintos campos de acción en los que se mueve la innovación, que van desde un contexto social, organizacional, tecnológico, hasta empresarial y económico, generando cambios en el mercado y en las formas de competir en éstos; a su vez generan cambios internos profundos en la empresa alterando la estructura clásica organizacional; estos cambios no sólo afectan la empresa sino que también su entorno, pudiendo influir en las personas ya sea con los beneficios que de la innovación se desprendan o bien con el impacto que cause. Por esto la innovación necesita considerar las limitaciones que impone el mercado tanto desde el punto de vista económico tecnológico como social.

La percepción y los supuestos que determinan el concepto de innovación dependen del contexto en que se encuentren. Estos supuestos asocian la innovación con ideas como: un proceso creativo de amplio alcance, la clave para obtener ventajas competitivas, romper con patrones establecidos, poner en práctica una idea dentro de una cultura, un buen negocio y por último introducir productos, procesos o servicios nuevos o mejorados a un mercado.

El hecho de considerar la innovación como un proceso creativo de amplio alcance no solo muestra la trascendencia que tiene en quien realiza la innovación, sino también su capacidad de integrar numerosos elementos, sean tecnológicos, productivos, organizacionales, sociales o económicos.

Suponer que la innovación es una clave para ganar ventajas competitivas, sugiere la importancia que tiene en un mundo en que las barreras económicas han sido derribadas y exige a las empresas responder en forma eficiente, efectiva y original ante los requerimientos de estos nuevos clientes y lograr distinguirse del resto de sus competidores.

Innovar no es sólo tener buenas ideas, no basta con tener buenos campeones o con definir comités de innovación. No es suficiente documentar el proceso; elaborar la cartera de proyectos; definir estrategias de innovación, etc.; la innovación sobrepasa la dimensión de proceso, porque es la capacidad organizacional de materializar las ideas, concretar el cambio junto con apropiar y arraigar la nueva práctica, es decir, instalar la cultura de la innovación.

El acercamiento al concepto de Innovación desde una perspectiva sistémica, ha sido más lento. Aquí innovar es crear valor nuevo y significativo, en alguna medida un ajuste a la identidad; es algo más que expandir y mejorar el margen. La práctica de la innovación induce procesos de cambio en la organización, exige el conocimiento necesario para hacer algo nuevo, así como la responsabilidad del líder y su estrategia de innovación, la disposición hacia el fracaso y lo novedoso, la disposición para asumir estos cambios por parte de los miembros de la empresa, los ajustes en las reglas y normas internas; es un viaje a la dinámica relacional de la empresa con su entorno y los espacios de conflictos internos.

3.6 Tipos de innovación

Según algunos autores la innovación en el contexto de la empresa puede darse en los siguientes aspectos:

| | |
|------------------------------------|---|
| Innovación tecnológica de producto | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación de un producto nuevo. ▪ Innovación gradual de un producto existente. ▪ Reformulación radical de un producto ya comercializado. ▪ Nuevas utilidades de un producto. |
| Innovación tecnológica de proceso | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación de un nuevo proceso. ▪ Introducción de una nueva materia prima en la fabricación. ▪ Nuevo sistema organizativo aplicado a la producción. ▪ Otros tipos (ahorro de energía, logística mejorada, mejora en los sistemas). |
| Innovación en métodos de gestión | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Introducción de nuevas tecnologías en el diseño. ▪ Introducción de nuevos procedimientos en la organización, información y control. ▪ Innovaciones comerciales. ▪ Nuevos mercados geográficos. ▪ Nuevos segmentos de mercado. ▪ Cambios en la presentación y acondicionamiento de productos. |
| Innovaciones sociales | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación de nuevas funciones. ▪ Mejora en las condiciones de trabajo. ▪ Formación de productos creativos. ▪ Descentralización de las tareas. |

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

El grado de novedad es un criterio muy utilizado en las clasificaciones sobre innovación, y se suele considerar que las innovaciones son:

- Radicales, cuando su originalidad es elevada y resultan de aplicaciones fundamentalmente nuevas de una tecnología o se deben a una combinación original de tecnologías ya conocidas e implican una ruptura con lo establecido. En este caso se habla de “quiebre tecnológico”.
- Incrementales, cuando son mejoras que se realizan dentro de la estructura existente y que no modifican sustancialmente la capacidad competitiva de la empresa a largo plazo.
- Adaptativas, cuando suponen la adquisición de esfuerzos innovadores ya efectuados en otro contexto con el solo fin de captar su información y adaptarla a una situación concreta y que, por otra parte, tratan de prolongar o remontar la curva del ciclo de vida de la tecnología, ampliando o regenerando una tecnología tradicional.

Se ha descrito cuál es la concepción sobre cuatro clases concretas de innovación: Innovación Tecnológica, Métodos de Gestión, Sociales, y según su Grado de Novedad. Desde este particular punto de vista, es importante, delimitar estas clasificaciones a la realidad nacional, ya que el hablar de “nuevos” productos, procesos, materias primas, tecnologías o funciones, no necesariamente se refiere al concepto de novedad mundial, sino que esta introducción puede ser novedosa tanto a escala nacional, como sectorial y empresarial. También es importante hacer notar que el concepto de innovación, desde el punto de vista de la Innovación Tecnológica de producto, está estrechamente relacionado y en cierta medida redefine lo que se conoce como rediseño y diseño de productos, donde este último corresponde a la creación de nuevas utilidades para el hombre.

Se llama innovación tecnológica todo cambio significativo de una tecnología que logra imponerse en el mercado o, en forma más general, que llega a emplearse en forma permanente por la sociedad. Distinguimos, por lo tanto, entre invento, etapa en la que se ha probado la factibilidad técnica de un nuevo producto o proceso, y una innovación, cuando ellos han logrado éxito en la fase de utilización.

La distinción anterior origina una diferencia de óptica entre el empresario interesado en evaluar el costo y la rentabilidad de la innovación como una operación integral y la tecnología que tiende a concentrar su preocupación sólo en las etapas de investigación y desarrollo, las que habitualmente representan sólo una pequeña fracción del esfuerzo y costo total. El proceso de innovación ya no está centrado en el individuo creativo, sino que ha pasado a ser un atributo organizacional. La empresa que opera en un mercado competitivo debe ser capaz de mantener una tasa sostenida de cambio técnico, para lo que requiere crear en su esquema organizacional una función especializada en el manejo del factor tecnológico.

En la innovación podemos distinguir las actividades innovativas mayores que originan cambios en la frontera tecnológica y las innovaciones menores o incrementales, que corresponden al proceso de cambio técnico posterior a una innovación substancial, que permite reducir costos y mejorar la calidad de un producto generalmente mediante cambios graduales y acumulativos.

Las transformaciones verdaderamente significativas surgen de la interrelación entre innovaciones, esto lleva a otras dos categorías en el análisis del cambio tecnológico:

- *Los sistemas tecnológicos*: Son constelaciones de innovaciones interrelacionados, ejemplo: a partir de las petroquímicas hacia las fibras sintéticas.
- *Revoluciones tecnológicas*: este viene del concepto de innovación radical, ejemplo: ferrocarril, motor de combustión interna, que, en sí, han transformado el modo de vivir, producir, etc.

Es condición para su propia supervivencia que toda industria incorpore innovaciones en los procesos y tecnología a los procesos productivos. Por esto, es prioritario que ésta incremente las innovaciones tecnológicas, para lo cual debe realizar Investigación y Desarrollo (I+D). No obstante, dicha actividad está estrechamente vinculada con la Gestión Tecnológica (GT) del país.

Dentro de este escenario tecnológico emergen tres grandes actores que desde sus propias realidades y áreas de acción intervienen automáticamente, ya que de alguna manera y en algún momento del proceso, sus acciones se entrecruzan o deberían hacerlo para lograr el objetivo de la innovación:

- Gobierno: la legislación, las restricciones y directrices.
- Instituciones de Educación Superior e Institutos Tecnológicos: la capacitación, preparación e investigación del elemento humano.
- Los Empresarios o Sector Productivo: quienes conciben e introducen la innovación en el mercado; el que impondrá las limitaciones y los requerimientos de la innovación.

3.7 Activación de la Innovación

“La novedad puede proceder del exterior o del interior, puede ser una agresión al sistema o, por el contrario, una solución; puede ser una desorganización o una promesa de reorganización” (Morin, 1981:16).

Las formas de impulsar el proceso innovador tradicionalmente han sido dos: aquellos gatillados por el “Tirón de la demanda” (Pull) y los activados por el “Empujón de la ciencia” (Push I+D); asimismo se reconocen dos formas de conducir dichos procesos: gestarlos bajo el enfoque de “innovación cerrada” o de “innovación abierta”.

3.7.1 Innovación Cerrada

Innovación cerrada¹⁵, representa el sistema mediante el cual los proyectos de investigación se gestionan exclusivamente con el conocimiento y los medios de la propia organización, de manera endógena; en este modelo clásico, los proyectos sólo pueden empezar en el interior de la empresa y terminar en su propio mercado. Se hacen esfuerzos para crear una unidad centralizada de I+D, responsable del proceso e intensiva en costos fijos (laboratorios, expertos, presupuesto I+D, etc.). Si bien es simple de operar, ya que se generan menos problemas con la estructura de la empresa, surgen problemas de transferencia tecnológica al resto de la empresa porque la unidad de I+D debe hacer que las otras áreas asimilen y operen con las nuevas reglas de la innovación.

Este modelo de gestión ofrece ventajas, como tener de manera continua ideas y proyectos para llevar a cabo. Pero la principal razón para implantar este tipo de innovación es controlar y proteger las ideas generadas en la empresa, porque las mejoras o productos desarrollados son exclusivos de la empresa, pudiendo decidir el futuro de los resultados.

¹⁵ Ver Lautaro Cárcamo Z., “Innovación” (2008): Biblioteca del Instituto de Ingenieros de Chile.

En el modelo de innovación cerrada, han surgido problemas en torno al:

- **Colapso del banco de ideas:** La investigación se desarrolla mucho más rápidamente que el desarrollo de la tecnología, con lo que se generaba un banco de ideas investigadas que difícilmente se llegaban a desarrollar. Esto generaba, además de frustración de los investigadores, problemas a la hora de ser competitivos ya que la tecnología salía tarde al mercado.
- **Mercado de capital riesgo:** En un principio, las empresas pequeñas y start-ups no podían competir en innovación con las grandes empresas por falta de capital. Esta situación cambió con la aparición de inversores. Gracias al capital de riesgo, pequeñas empresas pueden generar nueva tecnología, además de desarrollarla.
- **Movilidad de los trabajadores:** El descontento de los investigadores en las grandes empresas (por el colapso del banco de ideas y por el poco peso de sus opiniones en la empresa) generó una fuga de trabajadores. En general, estas personas creaban una nueva empresa con intención de desarrollar alguna de las investigaciones olvidadas en el banco de ideas. Otras simplemente eran contratadas en una empresa pequeña donde sus conocimientos eran más valorados.

Este modelo de gestión ofrece ventajas, tales como tener de manera continua ideas y proyectos para llevar a cabo. Pero la principal razón para implantar este tipo de innovación es controlar y proteger las ideas generadas en la empresa, porque las mejoras o productos desarrollados son exclusivos de la empresa, pudiendo decidir el futuro de los resultados.

3.7.2 Innovación Abierta

Éste término hace referencia a la apertura del proceso de investigación de una empresa a terceros. Supone delegar, en agentes externos a la organización, parte de las tareas del desarrollo de las innovaciones, compartiendo con ellos datos e información (Chesbrough, 2006). Los principios que subyacen detrás de la innovación abierta contrastan con los del tradicional enfoque cerrado:

- Reconoce que no todos los mejores profesionales del sector trabajan en la empresa y la necesidad de descubrir y aprovechar el conocimiento y la experiencia externos.
- Incide en aprovechar la propiedad intelectual externa y el uso que otros hacen de la propiedad intelectual propia, frente a las estrategias basadas exclusivamente en la protección y el control de la PI propia.
- Da prioridad al modelo de negocio como el aspecto clave para capturar el valor de la innovación, en lugar de una rápida entrada en el mercado.

3.8 Especificidad de la innovación en la minería chilena

En el caso de la minería en Chile, además del carácter de abierta o cerrada reconocemos que los casos de innovación también se diferencian por su origen y se pueden clasificar, según la causa que los desencadena, en tres grandes grupos:

3.8.1 Innovación Forzada

Corresponde a las innovaciones que deben ser realizadas por restricciones legales, sobre todo de tipo ambiental o para lograr sobrevivir en condiciones de baja rentabilidad.

Un ejemplo de este tipo de innovación lo constituye la obligación de todas las fundiciones de cobre del país de cumplir, a partir de fines del año 2018, con una norma muy estricta de emisión de gases contaminantes que las obliga a adoptar fuertes innovaciones en sus procesos (captación extrema de gases, molienda-flotación de escorias de convertidores, procesos de reducción de gases tóxicos, etc.).

Otro ejemplo podría ser una nueva regulación que evite la licuefacción de depósitos de relaves, exigiendo una depositación de relaves de alta concentración de sólidos. Ello obligaría a modificar la operación y los diseños de los depósitos de relaves considerando producción de pastas, relaves filtrados u otro esquema novedoso.

En la industria no-minera también han surgido innovaciones que pueden ser consideradas forzadas. Señalaremos algunas de ellas: sistemas de amortiguación de edificios y otras obras en caso de grandes sismos; control de material particulado en el aire y el agua, eliminación de metales pesados en el agua potable en las empresas sanitarias del Norte, uso de agua de mar desalada como complemento a la escasa agua dulce natural, etc.

3.8.2 Innovación Estructural

Corresponde a cambios mayores del proceso o de la gestión, que obligan a modificar sustancialmente la forma de operar de cualquier empresa. Se trata de cambios de procesos relevantes y de resultado incierto pero que normalmente presentan atractivas ventajas económicas.

Se incluyen en esta categoría los cambios de procesos de conminución en minería. Por ejemplo, eliminar los molinos SAG (hay casi 100 en Sudamérica) y reemplazarlos por chancadores de rodillos de uso más incipiente, que podría presentar ventajas de consumo de energía y otras ganancias.

Otro ejemplo de innovación estructural minera lo constituyen los ajustes en procesos hidrometalúrgicos para mantener las plantas SX-EW existentes operando con minerales de lixiviación compleja (sulfuros secundarios, relaves de concentración, etc.)

3.8.3 Innovaciones Específicas

Corresponden a innovaciones sobre una operación específica, normalmente insertas en un programa de mejoramiento continuo de cualquier empresa, como la optimización en uso de reactivos, los incrementos de agua recuperada o los manejos de impurezas.

En la industria no-minera, en este sentido han sido notables los cambios de tipos de cultivo para industrializar la agricultura de productos de exportación, la acuicultura de especies marinas no tradicionales (ostiones, locos, lapas y otros).



MANUALES

4.1 Manual de Frascati y Manual de Oslo

Para discurrir acerca de la innovación y la transferencia tecnológica a nivel mundial es ineludible mencionar los dos manuales fundacionales en esta materia: el Manual de Frascati y el Manual de Oslo, enlazados ambos con la expresión “economía basada en el conocimiento” que fue acuñada para describir la tendencia de las economías avanzadas a ser cada vez más tributarias del conocimiento, la información y la formación de alto nivel, así como de la necesidad creciente, de los sectores públicos y privados, de poder acceder fácilmente a todos estos elementos”. (OCDE & Eurostat, 2005, pág. 36). El alcance básico de ambos manuales se indica a continuación. Mayores antecedentes de ellos se adjuntan en Anexos.

El Manual de Frascati, elaborado por la OCDE el año 1963, es el documento fundacional que instala las categorías e instrumentos de seguimiento y evaluación de I+D, desarrolla una propuesta para la medición de las actividades científicas y tecnológicas y se constituye en la “Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental”. Se considera como la guía internacional de normalización de la toma de datos estadísticos para la medida de inversiones en I+D.

El Manual destaca el rol que juegan la I+D en una economía fundada en el conocimiento; se proponen directrices para el monitoreo y regulación de la I+D, entendiendo que es de vital importancia disponer de estadísticas e indicadores confiables y comparables, así como también acceder a datos más detallados sobre los recursos humanos de I+D. Asimismo, su contenido aporta las definiciones básicas y las categorías de las actividades de I+D que han sido aceptadas por las comunidades científicas de todo el mundo. No cabe duda que es una referencia obligada para determinar qué actividades son consideradas como de I+D.

El criterio básico que permite distinguir la I+D de actividades afines es la existencia en el seno de la I+D de un elemento apreciable de novedad y resolución de una incertidumbre científica o tecnológica. (OCDE, 2002)

La UNESCO, en relación a la Normalización Internacional de las Estadísticas de Ciencia y Tecnología propuso en 1978 algunos ajustes bajo el título de Guía de Recomendaciones que aportan una visión amplia de las estadísticas de C+T, contemplando las dimensiones científico-tecnológica, cultural y educativa. La Guía plantea un modelo estadístico destinado a proporcionar, para cada Estado miembro, datos normalizados sobre cierto número de actividades científicas y tecnológicas, incluyendo: actividades de investigación científica y desarrollo experimental, enseñanza y formación científica y técnica y servicios científicos y técnicos.

El Manual de Oslo del año 1995 es, sin duda, un referente obligado para el análisis y recopilación de datos en materia de innovación, en particular, de “innovación tecnológica”. Es una “Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación” (OCDE, 1995) que se ha constituido en una fuente básica para realizar estudios relacionados con el conjunto de actividades que dan lugar a la innovación tecnológica, sus alcances, los tipos de innovación y el impacto de las innovaciones en el desempeño de las empresas, contribuyendo a la implantación de una cultura tecnológica en constante adaptación.

Representa la principal fuente internacional de directrices para el análisis y recopilación de datos estadísticos en materia de innovación tecnológica, y también una fuente básica para realizar estudios relacionados con el conjunto de actividades que propicien la innovación tecnológica, como la transferencia de tecnología o el papel que desempeñan las universidades en el sistema de innovación. Actualmente se cuenta con la tercera edición del manual del año 2005.

La tercera edición de este Manual (OCDE & Eurostat, 2005), revisa los modelos, métodos de análisis y medición de la innovación, ceñidos hasta entonces fundamentalmente a los aspectos innovadores en tecnología de producto y de proceso en la fase de fabricación, actualiza el concepto de innovación a todo lo concerniente a la innovación no tecnológica, incluyendo dos nuevos tipos referidos a la comercialización y a la organización.

En el Manual, se establece que una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones. Toda innovación supone una implantación en un mercado.

En el Manual se define que en la empresa innovadora:

- a) **La Innovación tecnológica de producto (bienes y servicios)**, se caracteriza por “la implantación/comercialización de un producto con características mejoradas de desempeño con el fin de brindar objetivamente servicios nuevos o mejorados al consumidor”.
- b) **La Innovación tecnológica de proceso**, se caracteriza por “la implantación/adopción de métodos de producción o de suministro nuevos o mejorados, pudiendo englobar cambios en equipos, recursos humanos, etc.”.
- c) **La Innovación de proceso**, es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución. Ello implica cambios significativos en las técnicas, los materiales o los programas informáticos.
- d) **La Innovación de producto**, se corresponde con la introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se destina.
- e) **La Innovación de mercadotecnia**, es la aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos del diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento, su promoción o su tarificación.
- f) **La Innovación de organización**, es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa.

En relación al impacto de la innovación, se hace una diferencia entre innovación incremental y radical, donde las innovaciones incrementales corresponden al mejoramiento de productos, procesos o servicios existentes que son la base de los procesos de mejoramiento continuo, y las innovaciones radicales, que se refieren al reemplazo de parte importante de lo ya existente por algo completamente nuevo. La innovación radical es una irrupción que suele tener un fuerte impacto en la creación de ventajas competitivas para las empresas y afecta en mayor o menor medida al conjunto de la sociedad, transformando los patrones de consumo, los requerimientos de calificación de la mano de obra, las condiciones de vida de la población, etc. En este sentido, los procesos de innovación tienen consecuencias hacia todos los efectos, tanto sobre los requerimientos de producción como sobre las necesidades finales de los usuarios y consumidores.

Un aspecto primordial de la definición en el Manual de Oslo, es que toda innovación supone una implantación en un mercado, ya sea en la forma de una comercialización (cuando se trata del mejoramiento de un producto) o de la adopción de nuevos métodos (cuando se trata de una innovación de los procesos de diseño y producción); lo que constituye la principal diferencia entre invención e innovación; entendiéndose que la invención se refiere a la creación de algo nuevo y la innovación se refiere a inventos que se traducen en proyectos con viabilidad tecno-económica, tanto en los proyectos derivados de las políticas públicas para mejorar las condiciones de vida de los grupos sociales, como en los de iniciativa privada. Estos son entonces, proyectos con una demanda suficiente como para ser introducidos en el mercado o en los procesos productivos de iniciativa privada.

Respecto de la política de innovación, se señala que ésta se ha desarrollado a partir de la política de ciencia y tecnología y de la política industrial, reconociendo que el conocimiento, en todas sus formas, desempeña un papel crucial en el progreso económico, y que la innovación es un “fenómeno complejo y sistémico”, donde las aproximaciones sistémicas complementan las teorías que se centran en la empresa innovadora, en las razones para innovar, y en las actividades que las empresas emprenden, por lo que es muy importante saber por qué las empresas innovan; donde la razón última es que innovan para mejorar sus resultados, bien aumentando la demanda o bien reduciendo los costes, resultando empresas vinculadas, donde cada vínculo conecta la empresa innovadora con otros agentes del sistema de innovación: laboratorios oficiales, universidades, departamentos ministeriales, autoridades reguladoras, competidores, suministradores y clientes.

Concerniente a la innovación, señala que el elemento central de ella es la difusión de todo nuevo conocimiento y de toda nueva tecnología. Por medio de la innovación se crea y difunde un nuevo conocimiento, lo que aumenta el potencial de la economía para desarrollar nuevos productos y métodos de funcionamiento más productivos. Asimismo, el proceso de globalización es también un potente motor de innovación, ya que la competencia internacional ha obligado a las empresas a mostrarse más eficientes y a desarrollar nuevos productos.

El vínculo entre la innovación y el progreso económico es sin duda de máximo interés. “Si se quieren comprender los vínculos que subyacen en el proceso de innovación, es necesario determinar, sobre todo, cómo se efectúan las transferencias de conocimiento y tecnología, cuáles son, para las empresas, las principales fuentes de los flujos de conocimiento y tecnología y cuáles son, entre estas fuentes, las que revisten mayor importancia” (OCDE & Eurostat, 2005b, pág. 91).

4.2 Manuales de Bogotá, de Santiago y de Lisboa

En Iberoamérica, diversas instituciones relacionadas con el tema han desarrollado tres manuales: **(a) el Manual de Bogotá**, manual para la Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina, 2001, **(b) el Manual de Santiago**, manual de indicadores de internacionalización de la ciencia y la tecnología, 2007 y **(c) el Manual de Lisboa**, manual que desarrolla las pautas para la interpretación de los datos estadísticos disponibles y la construcción de indicadores referidos a la transición de Iberoamérica hacia la Sociedad de la Información, 2009.

El Manual de Bogotá, año 2001, fue elaborado por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana-(RICYT) y la Organización de los Estados Americanos (OEA) para la Normalización de Indicadores de **Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe**. Dicho documento está inspirado en el Manual de Oslo y propone pautas para la normalización y construcción de los indicadores de **innovación tecnológica** en la región que garanticen la comparabilidad regional e internacional.

El Manual de Santiago del año 2007, fue elaborado por RICYT para la medición de la intensidad y la descripción de las características de la **internacionalización de la ciencia y la tecnología** de los países iberoamericanos, tanto a nivel nacional como de las instituciones y organismos que realizan tareas de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

El Manual de Lisboa del año 2009, fue elaborado por RICYT en el marco de la Subred de **Indicadores de la Sociedad de la Información**. Se trata de una propuesta metodológica denominada “Manual de Lisboa. Pautas para la interpretación de los datos estadísticos disponibles y la construcción de indicadores referidos a la transición de Iberoamérica hacia la Sociedad de la Información”, y pretende homogeneizar criterios y métodos empleados en la región para la medición del desarrollo de la Sociedad de la Información y el Conocimiento en Iberoamérica desde una visión integrada. La reciente revolución en el campo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) ha abierto un proceso de profundos cambios políticos, culturales y económicos. La marcha de este proceso, que conduce a la que se ha denominado “Sociedad de la Información”, ha despertado un gran interés en los círculos políticos, periodísticos, empresariales y académicos. Con ello, la necesidad de contar con información fidedigna se ha vuelto un imperativo. Un paso importante en esa dirección es homogeneizar los criterios y los métodos empleados en la región para la recolección de información y la construcción de indicadores. El Manual de Lisboa busca ser una herramienta para el análisis de las distintas mediciones y metodologías existentes. Así, su objetivo principal es brindar a los usuarios de datos estadísticos una mejor comprensión de la información existente mediante la combinación y complementación de los distintos avances que se han venido produciendo, en materia de medición, en la denominada Sociedad de la Información.

ESTRATEGIA Y RECURSOS DE LA INNOVACIÓN EN CHILE

5.1 Estrategia de Innovación

En noviembre del año 2005, bajo el gobierno del Presidente Ricardo Lagos, se constituyó por Decreto Presidencial el Consejo Nacional de innovación para la Competitividad (CNIC). Este se definió como un organismo público-privado que tenía por misión asesorar al Presidente de la República en la *“identificación, formulación y ejecución de políticas y acciones que fortalezcan la innovación y la competitividad en Chile, como elementos clave para el desarrollo del país, incluyendo como áreas de su competencia aquellas que son base fundamental para la innovación, tales como la ciencia, la formación de capital humano y el desarrollo, la transferencia y la difusión de tecnologías”*.

Su primer presidente fue el ex-Senador Edgardo Boeninger, quien terminó su labor con la entrega de un informe con los lineamientos generales que permitirían elaborar una estrategia nacional de innovación para la competitividad de largo plazo.

En el año 2006, fue nombrado presidente del CNIC, el ex - Ministro de Hacienda Nicolás Eyzaguirre quien elaboró la Estrategia Nacional de Innovación para el Desarrollo, que orientaría al país en el ámbito de la Innovación, en la segunda década del siglo XXI. Esta estrategia se presentó en dos etapas. La primera, en enero de 2007, en un documento titulado: Hacia una estrategia nacional de Innovación para la Competitividad, que contenía las bases conceptuales de la estrategia, y la segunda, en enero de 2008, indicó cómo debe actuar el Estado en los tres pilares de la innovación: Capital Humano, Ciencia e Innovación Empresarial.

Una vez entregada la estrategia, fue nombrado presidente del CNIC el ingeniero civil Eduardo Bitrán, quien terminó su mandato con la publicación de la Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020, documento que consideraba las políticas y acciones requeridas para que el país mejorara su crecimiento potencial y se acercara a la meta de alcanzar el desarrollo hacia el año 2020.

En 2010, al asumir el gobierno, don Sebastián Piñera, fue nombrado Presidente del CNIC, el ex - Ministro Fernando Flores, quien centró su acción en el *“fortalecimiento de una cultura de la innovación”*. Esta visión quedó reflejada en el libro *“Surfeando hacia el futuro”*, documento que buscó *“generar en Chile una nueva comprensión y sensibilidad respecto del fenómeno de la competitividad y la innovación como elementos centrales para el desarrollo del país”*.

En abril de 2014, al producirse un nuevo cambio de gobierno, la Presidenta Michelle Bachelet nombró Presidente del CNIC a don Gonzalo Rivas quien planteó nuevos objetivos estratégicos para el período 2014 -2017.

Como se puede apreciar, en un plazo de diez años, desde el año 2005, hasta el año 2015, el CNIC ha tenido cinco presidentes, cada uno de los cuales definió una estrategia de largo plazo que duró solamente por el período en el que estuvieron a cargo del Consejo.

A juicio del Instituto, esta falta de continuidad en el liderazgo del CNIC impide definir estrategias de desarrollo estables que potencien la innovación. Urge definir algún esquema político consensuado que permita dar más estabilidad al organismo rector de la innovación en Chile, en forma similar a la generación de autoridades en el Banco Central de Chile o en la Corte Suprema de Justicia, entre otros.

5.2 Capital humano, recursos, focalización, incentivos

5.2.1 Capital humano

Un aspecto relevante para que se desencadene la innovación es que exista un número suficiente de ingenieros y científicos. La experiencia ha mostrado que su presencia en un número importante es esencial para que se generen emprendimientos innovadores. En el siguiente gráfico se observa que existe una alta correlación entre la inversión en I+D (como porcentaje del PIB) y el número de ingenieros y científicos (por cada millón de habitantes) de un país. Se puede observar que los países que han alcanzado mayores niveles de desarrollo, son precisamente aquellos que han invertido cantidades mayores en I+D y que a su vez disponen de una mayor proporción de Ingenieros y Científicos.

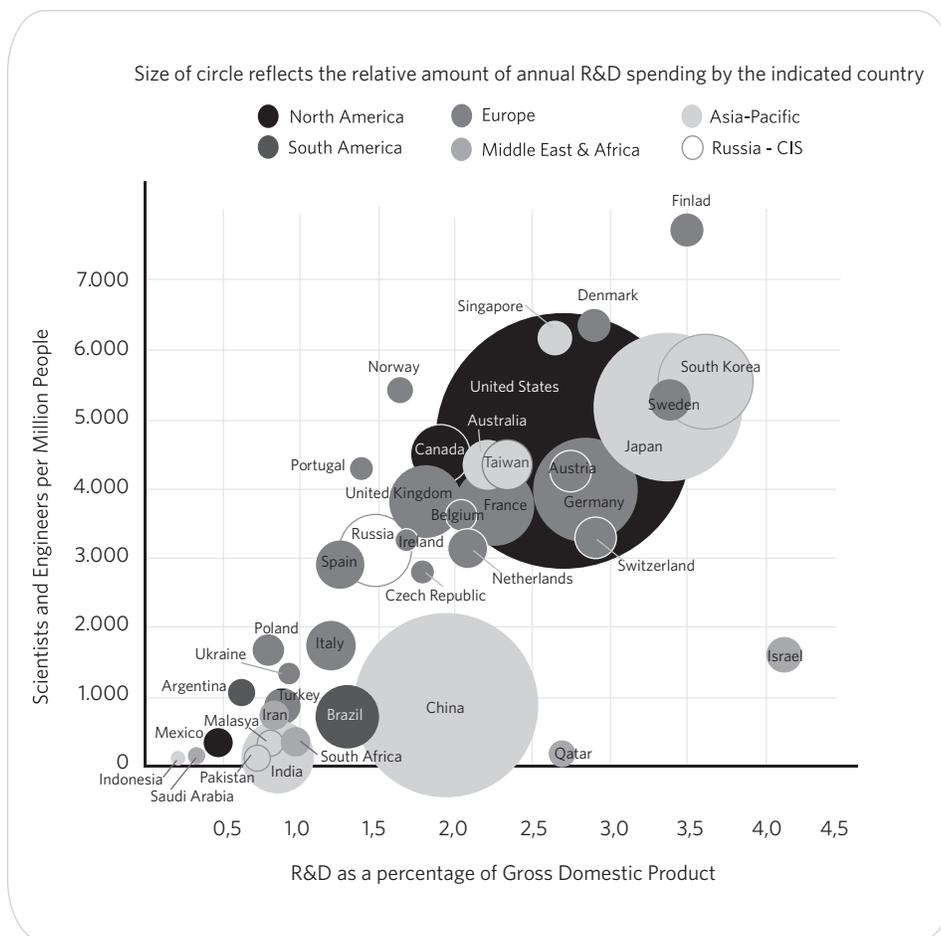


Figura 3
Relación R&D, Ingenieros y Científicos, año 2014.

Fuente: *Global R&D Funding Forecast, 2014.*

En Chile, históricamente ha existido un número reducido de Ingenieros. La tendencia que se observa es que quienes egresan de la enseñanza secundaria prefieren las carreras de las áreas de ciencias sociales. En el gráfico siguiente, se observa el número de matriculados en primer año, de las carreras que atraen un mayor número de estudiantes, para el proceso de admisión 2013.

Figura 4
Carreras con mayor matrícula de pregrado, año 2012.

Fuente: Consejo Nacional de Educación.



5.2.2 Recursos

La experiencia de los países más desarrollados es que para que crezcan empresas innovadoras, se requiere un sistema de financiamiento en el que interactúen diferentes actores: empresas con alto potencial de crecimiento, grupos de emprendedores que las lideren, inversionistas privados e instituciones que apoyen a los emprendedores en la preparación de sus planes y en la búsqueda de inversionistas. Esto, dentro de un marco regulatorio que facilite y fomente el proceso de innovación.

En Chile se observa que el financiamiento del emprendimiento depende fuertemente del Estado y que los privados prefieren participar mayoritariamente en el financiamiento de empresas que ya están en operación. La industria de capital de riesgo aún no ha alcanzado su madurez. Si se compara con EE.UU, el capital de riesgo en este país es diez veces mayor que el chileno y *“existen muy pocos incentivos para que las empresas de capital de riesgo desarrollen internamente las habilidades para identificar y seleccionar proyectos capaces de obtener por sí mismos nuevas fuentes de financiamiento”*¹⁶. No podemos dejar de mencionar la pesada burocracia asociada al fomento estatal a la innovación (vía CORFO u otros), que desmotiva a muchos innovadores científicos o tecnológicos, que deben someterse a trámites complejos y largos y que prefieren autofinanciarse o suspender sus trabajos de I+D.

5.2.3 Focalización de recursos

La Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020, entregada al término de la presidencia de Eduardo Bitrán planteaba focalizar los recursos en aquellos sectores con mayor potencial de crecimiento o en los que nuestro país tiene ventajas competitivas. Por ello propuso cinco pilares estratégicos, de los cuales dos apuntaban a este objetivo: Fortalecer la Innovación

¹⁶ Ref.: *Emprendimiento e Innovación en Chile – Una Tarea Pendiente*. Patricio Cortés Durán, Editor. Ediciones Universidad del Desarrollo. Periodista Karin Grollmus Fritz. Reg. Prop. Intelectual- Inscripción N°163332, Santiago – Chile. ISBN: 978-956-7961-14.

Empresarial y Generar Capacidades de Ciencia con Orientación Estratégica. El primer pilar buscaba, entre otras acciones, desarrollar verdaderos clusters de innovación que permitieran la generación y acumulación de conocimientos en sectores estratégicos en los que el país tiene ventajas comparativas. El segundo buscaba poner el foco en la generación de capacidades científicas y tecnológicas que estén asociadas a la resolución de problemas del sector productivo, que no puedan ser resueltas con la importación de tecnología.

El documento elaborado por el ex-senador Fernando Flores “Surfeando hacia el futuro”, no propone una estrategia, sino más bien *“ofrece una oportunidad para pensar el Chile del futuro desde el espacio que abre la innovación, es decir, desde lo nuevo que el país requiere para integrarse mejor a un mundo de cambios acelerados, complejo, competitivo y global”*, argumentando que no es posible definir una estrategia en un mundo que se encuentra en un período de cambio acelerado. De ésta forma, el documento desarrollado es una invitación a: *“conversar e imaginar el futuro necesario, el futuro posible, pero no intentando predecirlo, más bien, buscando generar un relato de cómo el futuro se está configurando y cómo podríamos aprovechar las posibles oportunidades y sortear las amenazas que ello nos pueda deparar, tomando en cuenta las tendencias de futuro que se están insinuando en el mundo, pues son ellas las que, más temprano que tarde, suelen imponerse en todos lados como verdaderas avalanchas”*.

Desgraciadamente, el fomento de los clusters por la vía del financiamiento de empresas privadas chilenas es muy poco estable, y muchas líneas de I+D han quedado suspendidas por la imprevista suspensión del financiamiento en el curso de su desarrollo.

5.2.4 Incentivos para innovar

El primer incentivo que tienen las empresas para innovar es el aumento de los costos de operación y la competencia que enfrentan en los mercados de destino de sus productos y servicios. Si existe mucha competencia, existirán los incentivos suficientes para innovar, pero si existe poca competencia no existe la necesidad de innovar.

En la Figura 5 se compara la concentración del mercado de las exportaciones totales, en el año 2010, de Chile, en relación a un grupo de países de Latinoamérica, Asia y Oceanía. Se puede apreciar que Chile es el país que tiene la mayor concentración de mercado de los países seleccionados. Esta falta de competencia atenta contra el incentivo a innovar, ya que es la posición dominante en el mercado el que hace que las empresas sigan siendo rentables y no los esfuerzos innovadores.

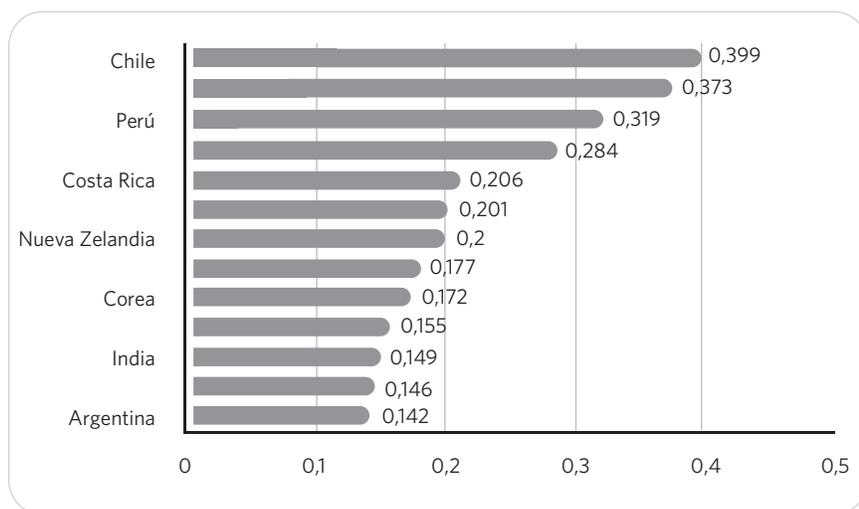


Figura 5
Concentración de mercado de las exportaciones totales (Índice de Herfindahl-Hirschman)¹⁷, año 2010.

Fuente: Meller, Patricio y Moser, Rodrigo¹⁸.

Una buena manera de comprender que las motivaciones importantes de la Innovación son los desafíos que presentan el mercado y las características de la materia prima, es el comportamiento de la industria del cobre en el mundo y en nuestro país. Esteban Domic ha graficado muy bien el comportamiento de la industria del cobre en Chile que, a pesar del conservantismo que todos le atribuyen, ha sabido reinventarse en tiempos de crisis e innovar en su tecnología para enfrentar los desafíos del mercado.

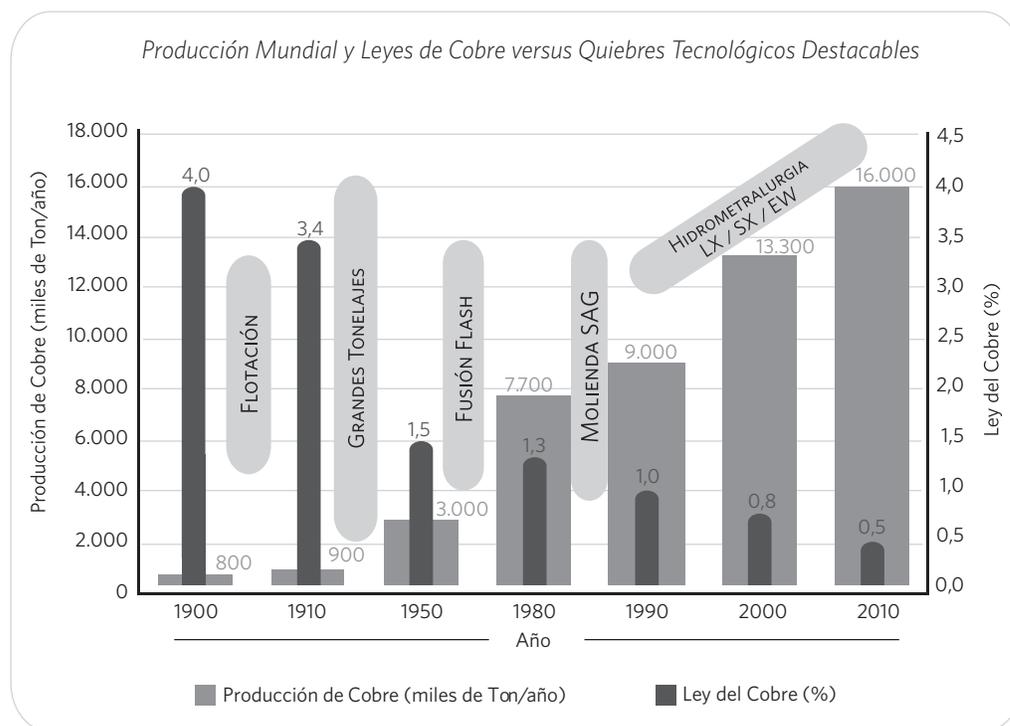
Domic se pregunta ¿Cómo se han conciliado los aumentos en la Demanda y con ello la Producción de Cobre Mundial, con el progreso industrial y tecnológico de todo el Siglo XX? Expresado en dólares de 2003 el precio del cobre en 1900 era de 5 dólares y de 2 dólares en 2000. ¿Cómo es que el precio ha disminuido, en forma continuada durante todo el Siglo XX, si progresivamente se han agotado las reservas más ricas y accesibles? Domic señala que ha sido vía la explotación de recursos de menores leyes (menor contenido de Cu) y de más difícil extracción pero que son más abundantes. Pero eso no hubiera sido posible si, a la vez, no hubieran ocurrido importantes Innovaciones disruptivas (Domic las llama quiebres tecnológicos) capaces de absorber la mayor demanda y proporcionar soluciones más económicas para estas menores leyes y mayor dificultad de extracción y, en el largo plazo, bajar los precios del metal.

¹⁷ El Índice de Herfindahl o Índice de Herfindahl e Hirschman (IHH) es una medida, empleada en economía, que informa sobre la concentración económica de un mercado. O, inversamente, la medida de falta de competencia en un sistema económico. Un índice elevado expresa un mercado muy concentrado y poco competitivo. El índice se calcula elevando al cuadrado la cuota de mercado que cada empresa posee y sumando esas cantidades. Los resultados van desde cerca de 0 (competencia perfecta) a 10.000 (control monopolístico). Por ejemplo, considérese un monopolio que controle la totalidad (100%) del mercado. 100 elevado al cuadrado es 10.000, dando un índice de 10 mil. Dos empresas que compartan igualmente el mercado: 50% del mercado cada una: $50^2 + 50^2$ nos da un índice de 5 mil. Cuatro empresas con control del mercado de 30%, 30%, 20% y 20% respectivamente nos dan $30^2 + 30^2 + 20^2 + 20^2 = 2.600$. Es decir: el índice es la suma de la fracción del mercado al cuadrado de las n empresas que lo componen.

¹⁸ Documento preparado para la Conferencia Internacional CAF-CIEPLAN. Análisis de las Relaciones Económicas Chileno-Asiáticas. Lecciones para América Latina. (Santiago, 29 de marzo de 2012)

Figura 6
Producción Mundial y
Leyes del Cobre.

Fuente: Presentación de Esteban Domic a la Comisión de Innovación del Instituto de Ingenieros de Chile.



La Figura 6 muestra el descenso, con el tiempo, de la ley de cobre explotado en Chile acompañado de un aumento de la producción y las innovaciones disruptivas que hicieron posible sobrellevar el desafío.

La flotación, proceso patentado en 1898 e implementado gradualmente en las primeras dos décadas del Siglo XX permitió cambiar la concentración de las especies minerales presentes en los yacimientos, cambiando el foco de la exploración y explotación minera, desde la búsqueda de yacimientos muy ricos (ya agotados y escasos) - donde se aprovechaba el mineral en bruto directamente extraído- a los yacimientos de "baja ley" mucho más abundantes, antes despreciados y sin valor comercial hasta entonces. Así, el producto requerido para la refinación en las fundiciones pasó a ser un concentrado de 25 a 40% en vez de los inexistentes minerales de esa misma ley.

Pero esta tecnología provocó una nueva crisis al requerir un transporte masivo de grandes tonelajes desde la mina a la planta, lo que ya no era posible con carguío manual y carretas de tracción animal. La explotación masiva de grandes tonelajes que se hizo posible gracias a la disponibilidad de los motores a combustión interna, derivó en la motorización del carguío (palas mecánicas) y en el transporte de minerales (primeros camiones) implementado masivamente después de la Primera Guerra Mundial, también en las primeras dos décadas del Siglo XX.

La motorización vehicular reemplazó el carguío manual, las carretas a tracción animal y también los ferrocarriles del interior de las minas, permitiendo abrir los primeros rajos abiertos, debido a la novedosa gran movilidad en las máquinas para el carguío y el transporte de los minerales hacia las plantas concentradoras por flotación.

Más tarde la fusión autógena o "flash smelting": proceso original desarrollado en Finlandia, por los metalurgistas de la empresa Outokumpu, hacia fines de la década de los 1940', respondió a la crisis provocada por la dificultades de disponibilidad y precios de combustibles y el empobrecimiento generalizado de este pequeño país, tras quedar en el bando perdedor en la Segunda Guerra Mundial, y verse compelido a pagar compensaciones de guerra a la URSS, habiendo perdido territorialmente todas sus mayores fuentes energéticas a manos de los mismos soviéticos.

La molienda autógena o semi-autógena "sag milling" es un proceso derivado de la crisis energética provocada por los elevados precios del petróleo (cuoteo de la producción controlada por la OPEP, a fines de los años 1970') y desarrollado por los proveedores de equipos de molienda, que enfrentaban crecientes costos en la molienda convencional con bolas de acero, debido a los aumentos de tonelaje del mineral - por las menores leyes del mineral que se requiere procesar con el envejecimiento de las minas -, para molinos cada vez más numerosos, de mayor tamaño y difíciles de controlar, además de los costos y problemas de mantenimiento de tan numerosas unidades operativas simultáneamente.

En los EEUU, hacia finales de los '50, se desclasificaron documentos y tecnologías usados durante la 2ª Guerra Mundial, en el Proyecto Manhattan, para producir industrialmente el uranio necesario para las primeras aplicaciones pacíficas en sus nuevas centrales de Energía Nuclear. Con ello la tecnología de la Extracción por Solventes (SX), una de las tecnologías desarrolladas en el esfuerzo bélico, se focalizó en concentrar soluciones diluidas de lixiviación de uranio, con reactivos orgánicos específicos creados para este metal. Los científicos que trabajaron en esos reactivos pensaron usar la misma tecnología en otros metales, enfocando su trabajo, entre otros, en el cobre.

5.3 Colaboración, confianza y capital social

Chile es un país muy conservador y está muy influenciado por la tecnología extranjera. Existe además poca cultura de patentamiento y, lo que es peor, de respeto a la propiedad intelectual.

El rol que le cabe a las empresas en la innovación es fundamental en el desarrollo de productos que impacten generando un salto cualitativo en la creación de valor y comercialización internacional. Como hemos visto, en Chile el porcentaje del PIB dedicado a I+D está compuesto aproximadamente por dos tercios de inversión del Estado en investigación universitaria (ver sección 2 del capítulo sobre medición de la Innovación). Estos desarrollos tienen luego serias dificultades para transformarse en innovaciones industriales. Por su parte, las empresas chilenas invierten poco en innovación y tampoco realizan grandes contribuciones en el desarrollo de patentes. Existen pocas empresas que realicen innovaciones, ya sea en nuevos productos, procesos o modelos de negocio. Por otra parte, el castigo social al fracaso es alto, lo que hace que, a diferencia de otros países que valoran la experiencia de un emprendedor, en Chile sea más difícil volver a emprender, si se ha fracasado.

Algunas recomendaciones dadas por Mendoza¹⁹ para incentivar el desarrollo de la innovación son:

- Promover la cultura de la propiedad intelectual por medio de la educación y de un marco institucional y legal más efectivo, ágil y de menor costo.
- Modernizar la educación superior, incorporando a los programas universitarios, especialmente de las ingenierías, ciencias y derecho, cursos obligatorios de formación en creatividad, emprendimiento y desarrollo y administración de la propiedad intelectual.
- Reducir drásticamente los costos de inicio del emprendimiento, los costos de quiebra y los del capital de riesgo.

¹⁹ <http://sergiomendozaco.blogspot.cl/2014/07/para-que-la-innovacion-en-chile-despegue.html?m=1>.

- Fomentar la creación de spin-offs, diversificando la propiedad del capital, y la creación de nuevas empresas para la Innovación.
- Proteger a los nuevos emprendimientos del poder de mercado de los grandes clientes, especialmente en relación a los plazos de pago, y el desarrollo de propiedad intelectual.

Otras recomendaciones que surgen del Instituto son:

- Fomentar los hábitos de intentar la innovación en todos los ámbitos de la industria nacional, aceptando los fracasos como enseñanzas y destacando los logros como méritos.
- Establecer condiciones para que las autoridades (públicas y privadas) incentiven y materialicen esfuerzos de Innovación, aunque estos deban tener plazos de mayor duración que los de su permanencia en el poder.

5.4 Aspectos que se deben fortalecer en el SNI

En un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo²⁰, se reconoce que Chile, a partir del año 2000, fecha en la que inició acciones tendientes a incorporar la innovación como uno de los pilares de su estrategia de desarrollo, ha tenido importantes avances en el diseño e implementación de políticas de innovación que se pueden resumir en:

- obtener un consenso en torno a la innovación como un motor de desarrollo del país,
- aumentar el apoyo público y los recursos financieros destinados a la innovación y
- fortalecer la institucionalidad para la innovación.

El mismo estudio señala que existen tres aspectos críticos que deben ser fortalecidos. Éstos corresponden a:

- asegurar el compromiso de apoyar la innovación en el largo plazo,
- mejorar el mecanismo para la asignación de recursos y
- coordinar las acciones que realizan las diferentes reparticiones estatales.

5.4.1 Asegurar el compromiso de apoyar la innovación en el largo plazo

La experiencia que han tenido los países de la OCDE indica que es necesario asegurar la continuidad de las inversiones que se realizan en apoyo a la innovación. Es necesario tener un enfoque sistémico y de continuidad en la asignación de estos recursos, particularmente en lo relacionado con la formación de recursos humanos calificados y con el desarrollo de instituciones de investigación. Lo anterior no significa que las políticas no deban ser revisadas, en la medida en que la

²⁰ Inter-American Development Bank, *Social Sector, Science and Technology, Division Strengthening, Institutional Capacities for Innovation Policy Design and Implementation in Chile, 2010.*

economía y sociedad evolucionen y tengan nuevas necesidades. Esta acción puede implementarse por la vía de crear órganos consultivos para la ejecución de la estrategia con la participación de expertos independientes, a nivel nacional y regional, y el desarrollo de un diálogo de política permanente en el que los actores discutan el diseño e implementación de la política de innovación.

El informe indica que debe reforzarse el papel del CNIC como un organismo estratégico calificado e independiente para la construcción de la estrategia, junto con empoderar a actores regionales en el diseño y aplicación de políticas de innovación. La experiencia de los países de la OCDE es que, al estar involucradas en el diseño y el manejo de la política y su implementación diferentes ministerios, agencias de gobierno y asesores, es recomendable tener un órgano institucional responsable de supervisar este proceso.

Es preciso que la política de Innovación sea una política de Estado y no una decisión de gobierno. Junto con ello, es necesario aclarar las responsabilidades institucionales en el diseño y desarrollo de la estrategia a nivel nacional y regional, además de distinguir a los responsables de ello.

Finalmente, en este aspecto, se recomienda establecer una adecuada coordinación entre los organismos gubernamentales, para asegurar la implementación y sostenibilidad de la política, incorporar un enfoque participativo en la estrategia de desarrollo, integrar a las regiones y obtener el compromiso del sector privado. Esta necesidad se debe a que, al mejorar la participación de los diferentes involucrados, se gana un mayor consenso para la Innovación, se fortalecen las instituciones a nivel regional y se aclaran las responsabilidades centrales y regionales en la aplicación de la estrategia. Este compromiso público hacia la innovación debe ser acompañado de un aumento de la inversión privada en innovación.

5.4.2 Mejorar el mecanismo para la asignación de recursos

Existe consenso generalizado en que el proceso de asignación de recursos a la innovación es burocrático e ineficaz. Los mecanismos para la asignación de recursos a la innovación se deciden sobre una base anual, durante el proceso de aprobación del presupuesto nacional. Esta situación, además de limitar los programas de innovación y la acción de las agencias relacionadas con la innovación, le entrega un poder excesivo al Ministerio de Hacienda.

El Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) creado en 2006 por el Ministerio de Economía destina recursos a proyectos de investigación científica, innovación empresarial y emprendimiento, entre otros, a través de agencias públicas especializadas. Las principales son Innova Chile de CORFO y CONICYT, que totalizaron el 93% del gasto del año 2007. Adicionalmente, hay programas implementados a través de la FIA, la Iniciativa Científica Milenio (ICM) y algunos programas del Ministerio de Educación.

Para asegurar que el FIC cumpla con el objetivo para el que fue creado, debe disponer de financiamiento permanente. Lo anterior requiere disponer de una infraestructura institucional consolidada a nivel nacional y el desarrollo y el fortalecimiento de la institucionalidad a nivel regional. Se deben asegurar la transparencia y la rendición de cuentas al transferir las capacidades y autonomía a las regiones.

5.4.3 Coordinar las acciones de las diferentes reparticiones estatales

En Chile existen programas similares, administrados por diferentes ministerios y agencias gubernamentales; por lo que un gran desafío es establecer una adecuada coordinación entre éstos para alcanzar un objetivo común. En los países de la OCDE, la tendencia ha sido crear comités interministeriales o consejos de coordinación que operan a niveles altos de gobierno y permiten sistematizar adecuadamente la política de innovación. Existe en Chile un Comité de Ministros de Innovación (CMI) que fue creado para asegurar la coordinación entre las diferentes iniciativas y orientar el proceso de planificación estratégica. Es importante fortalecer el papel de este Comité, estableciendo claramente sus responsabilidades y funciones de coordinación. El CMI debería no solamente garantizar la existencia de una adecuada coordinación interministerial sino que debería participar además en la preparación del presupuesto de Innovación.

En el momento en que los países comenzaron a destinar recursos a las actividades de I+D, se vieron en la necesidad de crear indicadores del rendimiento de esos recursos para verificar el efecto sobre el crecimiento económico. Al comienzo no había claridad sobre la relación entre inversión en C+T (Ciencia y Tecnología) y el crecimiento económico. Luego la C+T no fue solamente importante en determinados momentos, sino que se necesitó fortalecer permanentemente los distintos sistemas de actividad humana (países, empresas, etc.), por lo que la Investigación Científica y Tecnológica se convirtió en un proceso continuo.

El análisis del desempeño de la tecnología y la definición de normas, han sido enfocados tradicionalmente en las entradas (como gastos en la investigación y desarrollo tecnológico y el número del personal de investigación) y las salidas (como patentes). Sin embargo, las limitaciones de este enfoque han llegado a ser evidentes con el tiempo. Mientras estos indicadores son fuentes importantes de información acerca del contenido y la dirección de la tentativa tecnológica, su habilidad de medir la capacidad innovadora de una economía es pequeña.

Para entender la innovación tecnológica y maximizar sus efectos sobre el crecimiento económico y el bienestar social, es necesario, primero, disponer de datos que reflejen con fidelidad los recursos que se dedican a los procesos de innovación, los agentes que participan en ellos, y los resultados obtenidos. La OCDE ha generado versiones de manuales con el objetivo de estandarizar los métodos de recolección de información relativa a la innovación en los países a los que nos hemos referido anteriormente. El Manual de Oslo, al que se ha hecho referencia anteriormente, es la guía más aceptada por los expertos para la recogida de datos sobre innovación y, gracias a él, se ha conseguido que las estadísticas nacionales sean comparables, lo cual es necesario para evaluar la eficacia de las políticas de fomento de la innovación y para promover la mejora sistemática de las mismas. Por otra parte, como se ha señalado, el Manual de Frascati, también de la OECD, fija los criterios para la medición de las actividades de I+D, que son un elemento fundamental de la innovación.

La situación de la innovación en Chile se caracterizará utilizando los indicadores de ciencia y tecnología que utiliza el Banco Mundial (BM). Posteriormente, se considerarán los resultados de las encuestas nacionales de innovación.

6.1 La visión del Banco Mundial

La visión del BM se mostrará considerando los indicadores de Ciencia y Tecnología que ésta institución ha definido. Estos serán complementados por información proveniente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).

Los indicadores del BM corresponden a:

- Gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB.
- Número de investigadores y técnicos dedicados a investigación y desarrollo.
- Artículos en publicaciones científicas y técnicas.
- Solicitudes de patentes, tanto de no residentes como de residentes en el país.
- Solicitudes de marca comercial de no residentes directos y de residentes directos.
- Exportaciones de productos de alta tecnología.

De los indicadores señalados anteriormente, los dos primeros, están relacionados con los recursos económicos y humanos que destina el país a I+D, el tercero y cuarto, están asociados a los productos obtenidos de I+D y los dos últimos miden el impacto comercial de la I+D.

6.1.1 Importancia que le asigna el país a I+D y su evolución temporal

El principal indicador utilizado para medir porcentualmente el esfuerzo relativo que realiza cada país en I+D es el porcentaje del PIB que se destina a actividades de I+D. El gasto promedio en I+D en Chile, en los últimos siete años, ha sido estimado en un 0,35% del PIB. En los últimos tres años se ha producido un leve incremento. El valor máximo alcanzado fue de 0,39%, en 2013. Este gasto es bastante inferior al gasto promedio de los países de la OCDE (2,35%). Chile ocupó, en el año 2012, el lugar 61, en el ranking de gasto en I+D, muy lejos del promedio de los países de la OCDE que, con un gasto promedio de 2,36% del PIB, ocupan el lugar número 10 y más lejos aún de Israel, que con un gasto de 3,97% del PIB ocupa el primer lugar.

6.1.2 Factores que impulsan el gasto en I+D

El gasto en I+D en Chile, por sector de financiamiento, a diferencia de los que ocurre en los países de la OECD, es financiado principalmente por el Gobierno (37,11%), seguido de Empresas Públicas y Privadas (32,92%), Extranjero (18,07%), Educación Superior (9,71%) y Organizaciones privadas sin fines de lucro (2,2%).

Cabe destacar que la cuantificación del gasto en I+D de las empresas (públicas y privadas) no siempre es fácil y segura. Hay empresas que no dan relevancia a sus trabajos innovativos y no separan el gasto de I+D de los gastos habituales de producción, y hay otras que para recuperar créditos tributarios abultan los gastos en I+D transfiriendo gastos corrientes a dicha partida.

El gasto en I+D en Chile, por sector de ejecución, a diferencia de los que ocurre en los países de la OECD, se dirige mayoritariamente a la educación superior (35,3%), seguido de Empresas Públicas y Privadas (32,45%), organizaciones privadas sin fines de lucro (28,05%) y Gobierno (4,2%).

6.1.3 Conocimiento que se ha privilegiado

El gasto en I+D, realizado por Chile, se ha clasificado en Investigación aplicada (41,25%), Investigación básica (30,13%) y desarrollo experimental (28,62%). El gasto en I+D, realizado por Chile, por objetivo socio económico, en el año 2012, se concentra en producción y tecnología industrial, investigación no orientada y producción y tecnología agrícola. La Figura 7 muestra, en las ordenadas, el Gasto realizado en I+D (%) por objetivo socioeconómico.



Figura 7
Gasto en I+D por objeto socioeconómico, año 2012.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos de RICYT.

En la Figura 8 se muestra, en las ordenadas, el Gasto realizado en I+D (%) por disciplina científica. Según éste, el gasto en el año 2012, se concentra en Ingeniería y Tecnología, seguido de Ciencias Naturales y Exactas y Ciencias Agrícolas.

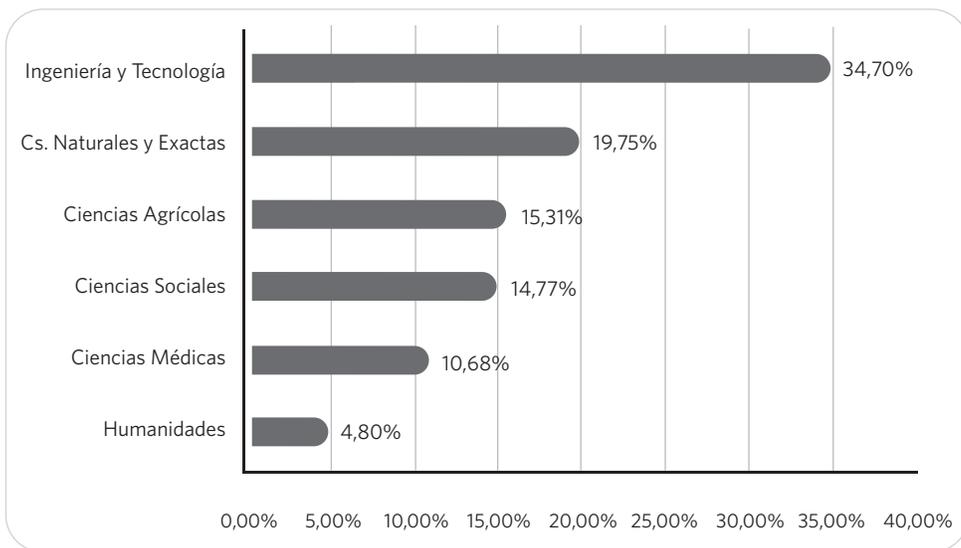


Figura 8
Gasto en I+D por disciplina científica, año 2012.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos de RICYT.

6.1.4 Investigadores y técnicos dedicados a investigación y desarrollo

Al analizar el número de investigadores y técnicos, por millón de habitantes, dedicados a I+D, se puede apreciar que, luego de alcanzar un máximo de 647 Investigadores y Técnicos, en el año 2008, disminuyó, hasta alcanzar un mínimo de 498, en el año 2009. Luego de esto, aumentó hasta alcanzar el valor de 545, aún bajo el valor máximo alcanzado en el año 2008.

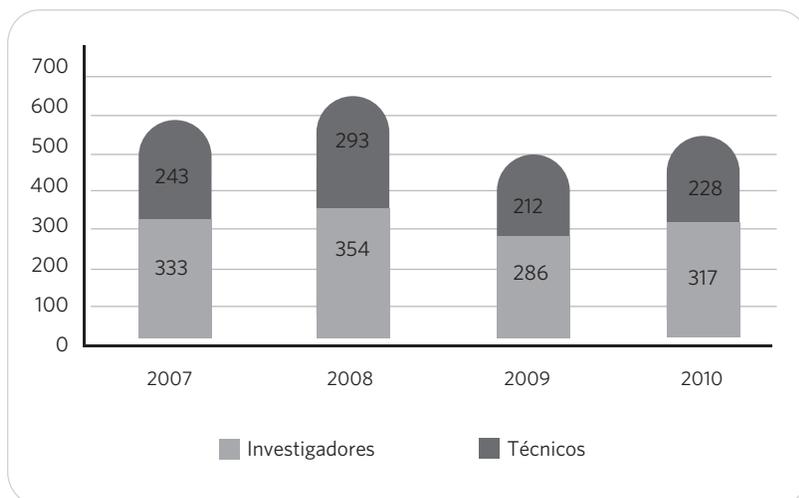


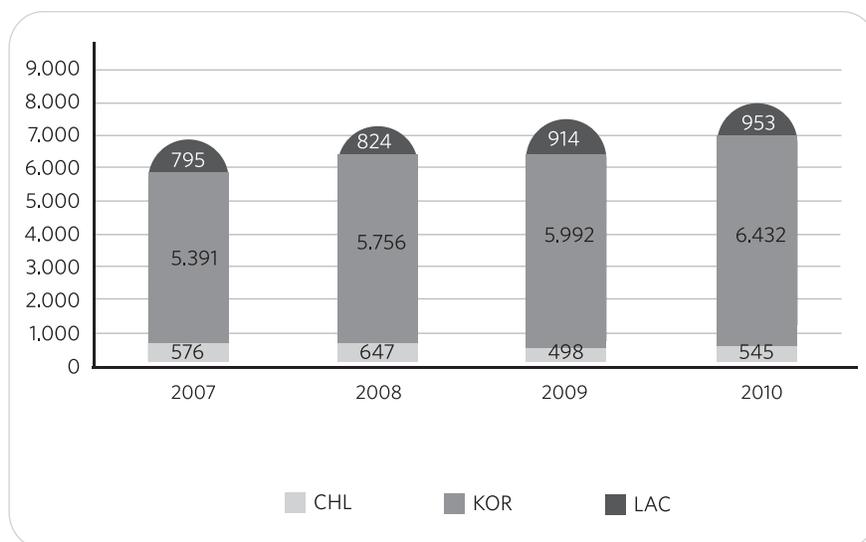
Figura 9
Investigadores y Técnicos dedicados al I+D, en Chile a tiempo, por millón de habitantes.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.

Al analizar el número de investigadores y técnicos, por millón de habitantes, dedicados a I+D, de Chile y compararlos con Corea del Sur y con el promedio de Latinoamérica y el Caribe (LATAM), se puede apreciar que, existe una diferencia importante en los RR.HH. de Chile en relación a Corea y también, pero menor, respecto a LATAM.

Figura 10
Investigadores y Técnicos dedicados al I+D a tiempo completo, por millón de habitantes.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.



6.1.5 Resultados del gasto en I+D

El número de artículos publicados en revistas científicas y técnicas es un indicador utilizado para medir el resultado obtenido del uso de recursos económicos y humanos en I+D. Es necesario tener en cuenta que no todos los resultados de I+D son publicados en revistas científicas y técnicas, ya que es posible que los resultados de I+D se vean reflejados en patentes o, en marcas comerciales. Asimismo, no todas las publicaciones que son aceptadas por revistas constituyen un aporte innovativo, ya que muchos son repeticiones y actualizaciones solo para ganar puntos en las evaluaciones académicas.

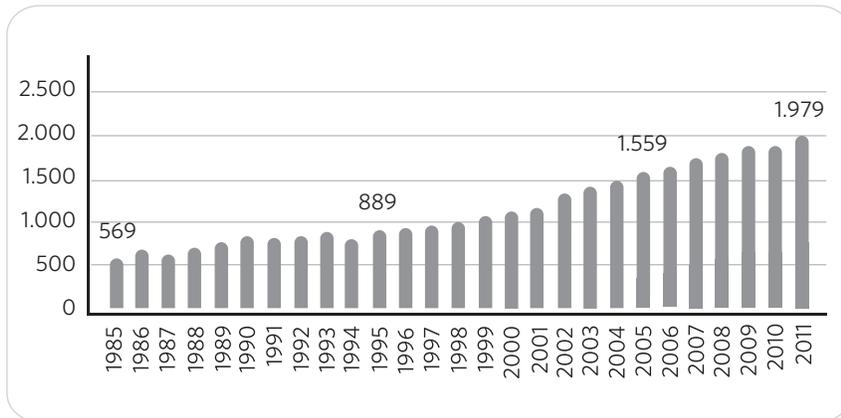


Figura 11
Número de publicaciones por año.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.

El número de artículos chilenos en revistas científicas y técnicas aumentó de manera significativa en el período comprendido entre el año 1985 y 2011, desde 569 por año en 1985, a 1979 en 2011. En el primer período de 10 años (1985 a 1995), el número de publicaciones creció a una tasa de 56,2%. En el segundo período de diez años (1995 a 2005), la tasa de crecimiento de las publicaciones aumentó a 75,4% y en el último período (2005 a 2011), esta disminuyó a 26,9%.

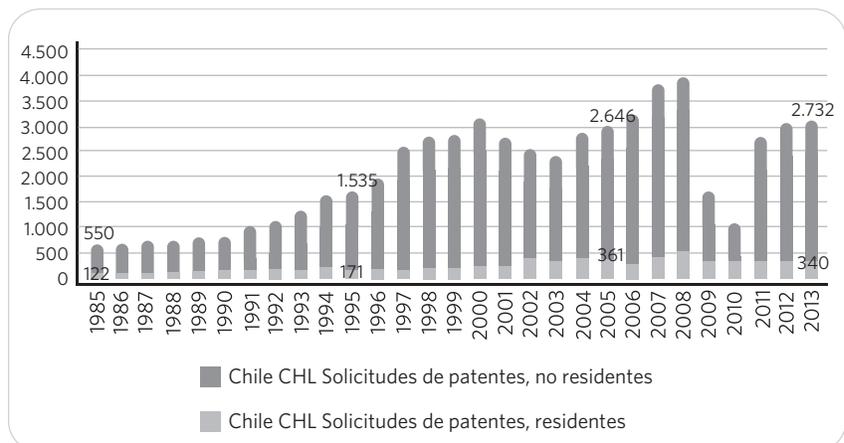
En relación al grupo de países de América del Sur, Chile, con 1979 publicaciones en el año 2011, está en el tercer lugar, en el número de publicaciones anuales científicas y técnicas, a gran distancia de Colombia, que con 727 publicaciones está en cuarto lugar y lejos de Brasil (13.148) y Argentina (3.863). En relación a la relevancia de Chile en el número de publicaciones, éstas representan el 10,35% de las publicaciones realizadas en los países de América Latina y el Caribe y el 0,23% de las publicaciones mundiales.

Otro indicador utilizado para medir el resultado del gasto en I+D es el número de patentes que han sido solicitadas en cada país, tanto por residentes como por no residentes. Es necesario considerar que no todas las patentes se deben a esfuerzos de I+D y que existen productos generados por I+D que no son patentados. A pesar de lo indicado anteriormente, este indicador es utilizado para efectos de comparación.

Como se puede apreciar en la Figura 12, el número de patentes solicitadas en Chile ha tenido un importante aumento. De un número total de 672 patentes solicitadas en el año 1985, aumento a un valor de 3.072, en el año 2013. En el primer período de 10 años (1985 a 1995), el número de solicitudes de patente creció a una tasa de 174%. En el segundo período de diez años (1995 a 2005), la tasa de crecimiento fue de 76% y, en el último período, (2005 a 2011), esta aumentó en 2%. Las patentes en Chile, son solicitadas principalmente por no residentes en el país.

Figura 12
Solicitudes de patentes en Chile.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.



En relación al grupo de países de América del sur, Chile, con 3.072 patentes está en el tercer lugar, en el número de solicitudes de patentes, a muy poca distancia de Colombia que está en cuarto lugar, con 2.032 y muy lejos de Brasil (30.884) y Argentina (4.772). Considerando la relevancia de Chile en el número de solicitudes de patente, estas representan el 5,96% de las solicitudes realizadas en los países de LATAM y el 0,13% de las solicitadas en el mundo.

6.1.6 Impacto comercial de I+D

Un indicador utilizado para medir el impacto comercial del gasto en I+D, son las solicitudes de marcas comerciales y las exportaciones de productos de alta tecnología. El número de solicitudes de marcas comerciales en Chile ha tenido un importante aumento. De un total de 16.804 solicitudes en 1990 aumentó a 33.564 en 2013, alcanzando un máximo de 45.104 solicitudes, en el año 2010.

En el primer período de 10 años (1990 a 2000), el número de solicitudes de marca creció a una tasa de 105%. En el segundo período de diez años (2000 a 2010), la tasa de crecimiento fue de 31% y, en el último período, (2010 a 2013), esta disminuyó en 26%. Las solicitudes de marcas comerciales patentes en Chile, son realizadas principalmente por residentes en el país.

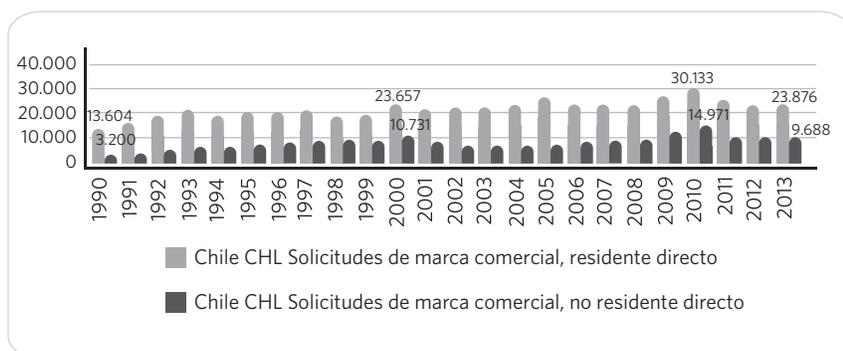


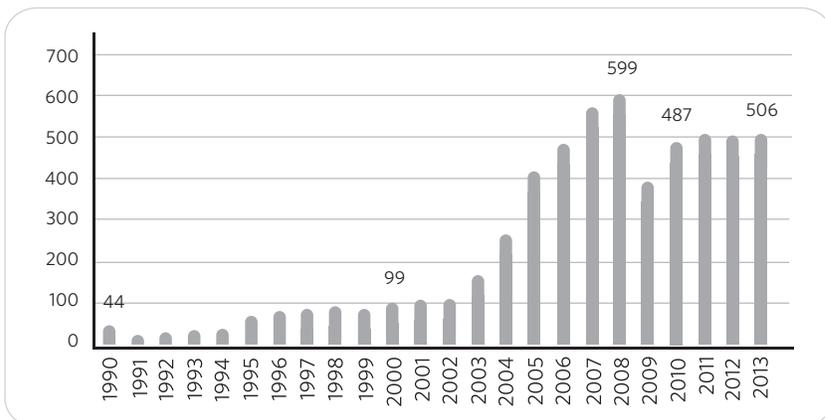
Figura 13
Solicitudes de Marcas Comerciales en Chile.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.

La exportación de productos de alta tecnología permite cuantificar el paso de una economía exportadora de materias primas o de recursos naturales a una economía basada en el conocimiento. Las exportaciones de productos de alta tecnología han tenido un aumento significativo, en los últimos 25 años. De un valor de 44 MUS\$ en 1990, hasta el valor de MUS\$506, en el año 2013, alcanzado un máximo de MUS\$599, en el año 2008.

Figura 14
Exportaciones de Productos de Alta Tecnología en Chile US\$.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.



Las exportaciones de productos de alta tecnología como % de productos manufacturados han tenido, en el período comprendido entre 1990 y 2013, un comportamiento creciente pero irregular.

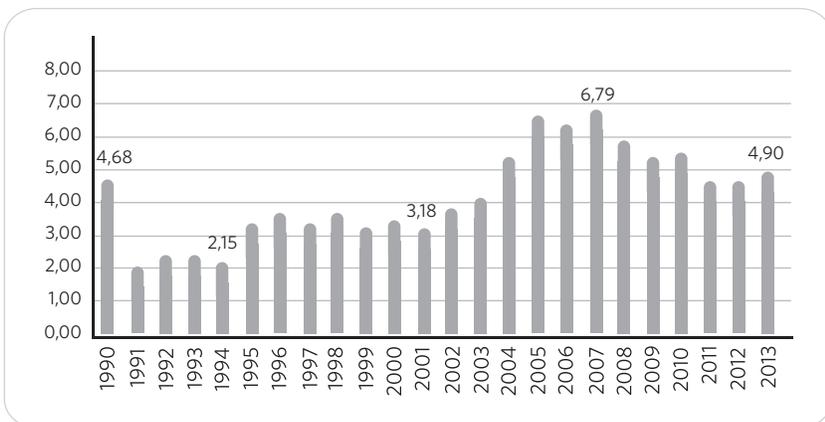


Figura 15
Exportaciones de Productos de Alta Tecnología en Chile (% Exportaciones de productos manufacturados).

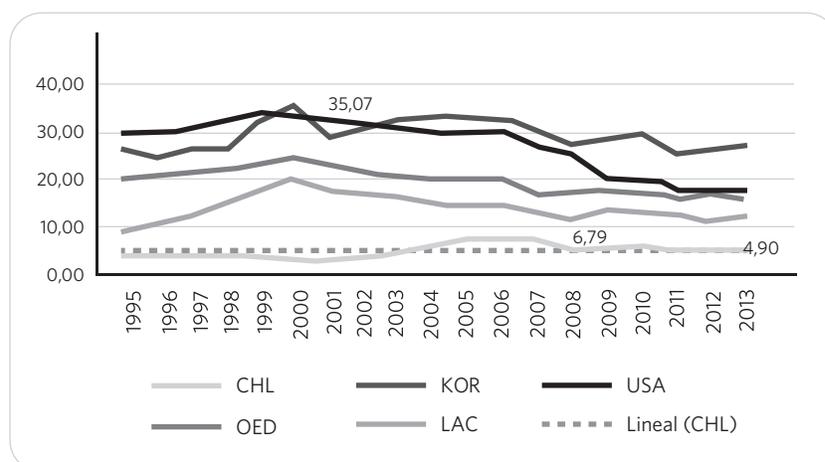
Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.

Desde un valor de 4,68%, en el año 1990, disminuyó en los años siguientes, hasta alcanzar un valor de 2,15%, para posteriormente alcanzar un valor máximo de 6,97%, en el año 2007 y disminuir hasta llegar al valor de 4,9%, en el año 2013.

En la Figura 16 se muestra la forma en la que han variado las exportaciones de productos de alta tecnología para Chile y un grupo de países seleccionados, en un periodo de 25 años. En este gráfico se puede apreciar que, los países más desarrollados tienden a exportar un mayor porcentaje de productos de alta tecnología que los menos desarrollados.

Figura 16
Exportaciones de Productos de Alta Tecnología (% de Exportaciones de productos manufacturados).

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión en base a datos del Banco Mundial.



Otro indicador que puede utilizarse es la exportación de servicios de ingeniería, debidamente clasificada por el Banco Central. Las empresas que prestan servicios de ingeniería están agrupadas en una asociación gremial, la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile (AIC). Las empresas asociadas a AIC, han logrado formar una masa crítica que les permite exportar servicios de ingeniería. Estos, en los últimos años alcanzaron en 2011 un peak de MUS\$ 257, lo que da cuenta de que no sólo se satisface la demanda nacional, sino que, además, la demanda de otros países.

Debido a la detención de proyectos, principalmente en Perú, en 2013, las exportaciones tuvieron una baja de 34% en relación al año 2012, alcanzando un valor de MUS\$146, cifra inferior a la de MUS\$220 alcanzado el año 2012. En 2013, el 67% de las exportaciones se realizó a ese país.

Las exportaciones de servicios a Argentina, que llegaron a representar el 27% del total de exportaciones, disminuyeron de un 14% a un 7% debido a la suspensión parte de Argentina del acuerdo de doble tributación, a los problemas de acceso al mercado de divisas por parte de los clientes en ese país, a las paralizaciones de proyectos y a trabas burocráticas.

6.2 Encuestas nacionales de innovación

6.2.1 Cuarta Encuesta Nacional (2013) sobre Gasto y Personal en I+D

Esta encuesta del Ministerio de Economía sigue los lineamientos generales sugeridos por la OECD para este tipo de encuestas, que están plasmados en el Manual de Frascati, con la finalidad de hacer comparables los resultados obtenidos con los de otros países.

La Encuesta I+D fue diseñada por la División de Innovación del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo en colaboración con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). El levantamiento de la encuesta fue realizado durante el año 2014 por el INE y consideró a 2013 como año de referencia. A partir de 2014 el levantamiento de la Encuesta de I+D se realizará anualmente.

Los resultados están compuestos por la Encuesta de I+D en el sector Empresas (Sexta Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D) y la Encuesta de I+D en el sector Estado, Educación Superior e Instituciones Privadas sin Fines de Lucro (Cuarta Encuesta sobre Gasto y Personal en I+D).

Los resultados que a continuación se presentan, obedecen a datos oficiales preliminares para 2013, los cuales pasarán a ser finales en enero de 2016.

- El gasto en I+D de año 2013 fue de 530.292 millones de pesos corrientes, equivalente a un 0,39% del PIB. Este dato es significativamente inferior al 2,4% promedio de la OCDE.
- El monto equivale a un incremento de 9,4% real.
- Según fuente de financiamiento, el Estado explica el 63% de este incremento, mientras que las empresas el 29%.
- El Estado financió el 2013 el 38% del gasto total en I+D, cuatro puntos porcentuales por sobre las empresas, que financiaron un 34%.
- Las universidades fueron las que más ejecutaron gasto en I+D -39%del total- financiadas principalmente por el Estado. La siguieron las empresas con un 36%.
- El 22% del gasto en I+D realizado por empresas lo ejecutó la industria manufacturera, seguido del sector explotación de minas y canteras, y el sector de actividades profesionales, científicas y técnicas, ambos con un 17%.

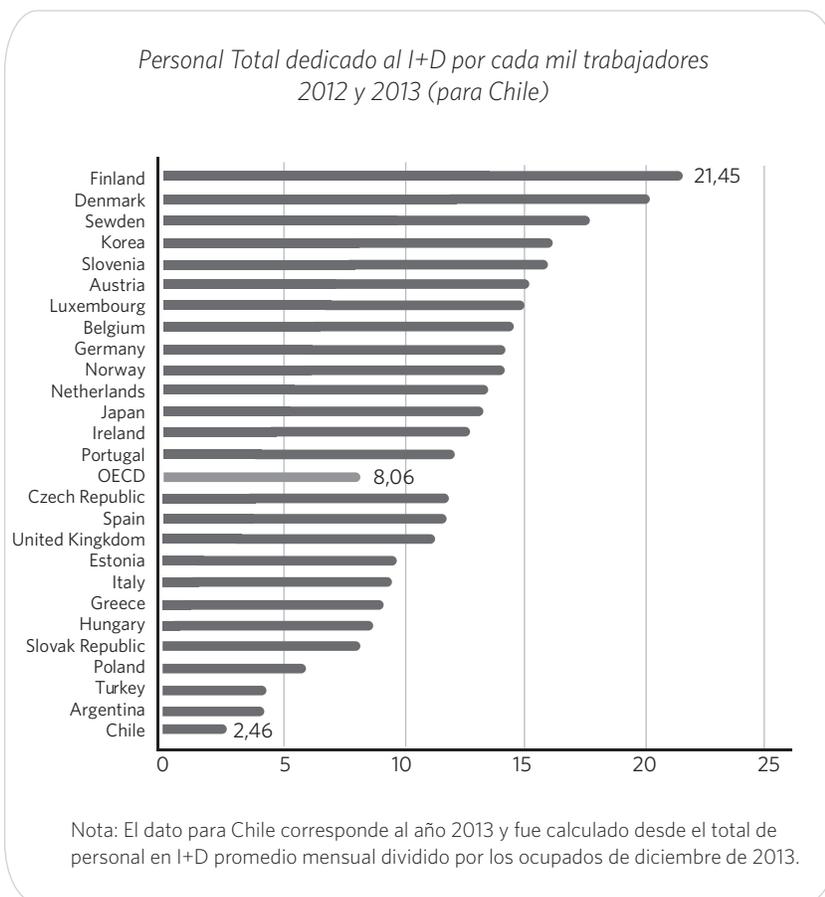


Figura 17
Personal dedicado a I+D.

Fuente: OECD Stat. Encuesta de Gasto y Personal en I+D e Informe de Empleo Trimestral INE, enero 2014.

6.2.2 Octava Encuesta de Innovación en Empresas, 2011-2012. (Ministerio de Economía)

La Encuesta de Innovación tiene por objetivo proporcionar información sobre la estructura del proceso de innovación de las empresas en Chile (insumos y resultados) y mostrar las relaciones entre dicho proceso y la estrategia de innovación de las empresas, el esfuerzo innovativo, los factores que influyen en su capacidad para innovar y el rendimiento económico de las empresas.

La Encuesta mide variables como el tipo de innovación (producto, proceso, gestión organizativa o marketing), grado de novedad, derechos de propiedad intelectual, las actividades innovativas (incluyendo la I+D), que realizan las empresas chilenas en los distintos sectores productivos y regiones del país.

El diseño del formulario y metodología de levantamiento, sigue los lineamientos generales sugeridos por la OECD y la Community Innovation Survey (CIS) de Eurostat para este tipo de encuestas, que están plasmados en el Manual de Oslo. Estos lineamientos son aplicados en la mayoría de los países miembros de la OECD, con la finalidad de hacer comparables los resultados y estadísticas en materia de innovación.

La base de datos disponible a continuación, corresponde a la octava versión de la Encuesta de Innovación, levantada durante el año 2013, y toma como años de referencia, 2011 y 2012.

Los resultados de la encuesta fueron los siguientes:

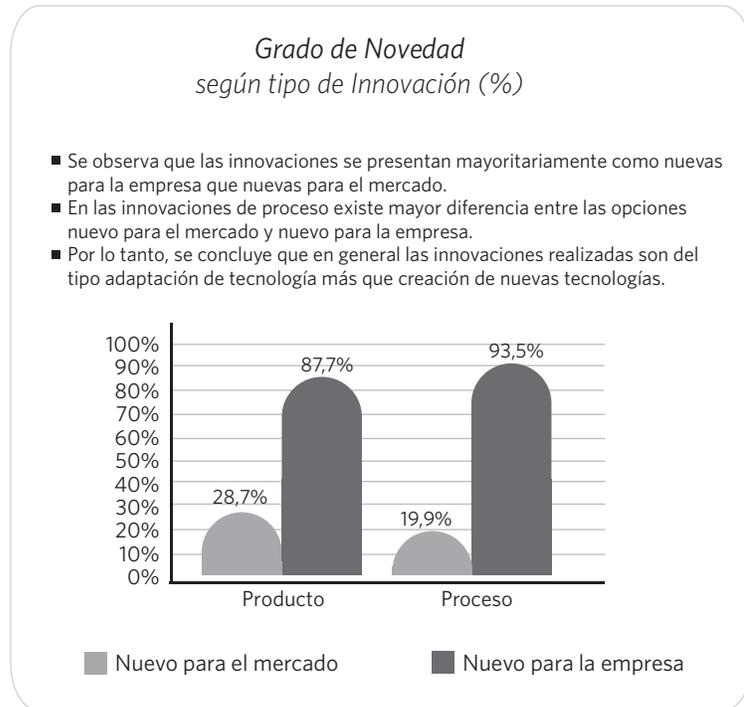
- De acuerdo a los estándares internacionales y homologando la forma de medición de la tasa de innovación con la Unión Europea (empresas con más de 9 trabajadores, excluyendo sector agricultura), el porcentaje de empresas que innovaron en Chile es de 26,9%, mientras que el promedio de la Unión Europea es de 26,8%, lo que nos permite ubicarnos un puesto sobre el promedio de Europa. Cabe mencionar que este es un proxy, dado que la tasa calculada por la Unión Europea incluye aquellas empresas que realizan actividades de innovación tecnológica en curso o abandonadas durante el período.
- Por otra parte, la tasa de innovación de acuerdo a estándares OECD y UE, y a la realidad nacional²¹, alcanza un valor de 23,68% para los años 2011 y 2012. Es decir, el 24% de las empresas chilenas realizaron algún tipo de innovación (producto, proceso, gestión organizativa y/o marketing) durante los años de medición.

La innovación en Chile que aquí se detecta, tiene también limitaciones en relación a la originalidad.

²¹ Considerando todos los sectores económicos (incluso agricultura) y a su vez considerando Pequeñas, Medianas y Grandes empresas (de acuerdo a su nivel de ventas y no número de trabajadores).

Figura 18
Octava Encuesta sobre Innovación.

Fuente: Ministerio de Economía.



6.3 El Índice Mundial de Innovación

A pesar de estas visiones pesimistas de la situación de la innovación en Chile, la universidad de Cornell, la Escuela de Negocios Insead y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual declaran que Chile es el primero en América Latina y cuadragésimo primero del mundo en Innovación. En esto Chile ha mejorado su posición en el mundo desde el lugar 46 en el mundo y segundo en América Latina.

El Índice Mundial de Innovación clasifica los resultados de la innovación de 143 países y economías de distintas regiones del mundo, sobre la base de 81 indicadores. En esta versión se examina la función que desempeñan las personas y los equipos en el proceso de la innovación. Asimismo, se arroja luz sobre distintos aspectos del capital humano necesario para la innovación, incluida la mano de obra cualificada, la intersección del capital, humano, financiero y tecnológico, la retención del talento y la movilización de personas con formación superior. Comprender el factor humano en la innovación es esencial para la concepción de políticas nacionales y locales que contribuyan a promover el desarrollo económico.

| Año | Ranking Global | Ranking Latinoamérica y Caribe |
|-------------|----------------|--------------------------------|
| 2015 | 42 | 1 |
| 2014 | 46 | 2 |
| 2013 | 46 | 2 |
| 2012 | 39 | 1 |
| 2011 | 38 | 1 |
| 2009 - 2010 | 42 | 2 |
| 2008 - 2009 | 40 | 1 |

Tabla 2
¿Por qué Chile volvió a liderar el Índice de Innovación Global en Latinoamérica?

Fuente: Centro de Innovación UC.

Para el director del Centro de Innovación UC²², el resultado del último índice es positivo dado que genera “un quiebre en la tendencia a la baja que mostraba el país, volviendo al sitio histórico que tenía Chile en las mediciones de 2009-2010. Esta mejor posición en el ranking global se debe al mejoramiento del potencial y la capacidad que estamos desarrollando para innovar, y en factores como el mejor acceso y uso de TIC, además de las empresas que ofrecen entrenamiento formal a sus trabajadores”.

Para entender el alza de Chile en esta medición, los subíndices **Innovation Input** e **Innovation Output** son los factores que marcan la diferencia al comparar el desempeño de Chile entre 2014 y 2015.

Los subíndices mencionados contienen los siete pilares en los que se basa la medición, los que, a su vez, miden tres dimensiones:

Innovation Input:

1. Instituciones (Ambiente político, Ambiente regulatorio, Ambiente de negocios).
2. Capital humano e investigación (Educación, Educación terciaria, Investigación y desarrollo).
3. Infraestructura (TIC, Infraestructura general, Sustentabilidad ecológica).
4. Sofisticación del mercado (Crédito, Inversión, Mercado y competencia).
5. Sofisticación de negocios (Trabajadores de conocimiento, Vinculaciones de innovación, Absorción de conocimiento).

Innovation Output:

1. Resultados de tecnología y conocimiento (Creación de conocimiento, Impacto de conocimiento, Difusión de conocimiento).
2. Resultados creativos (Bienes intangibles, Bienes creativos y servicios, Creatividad online).

En la Tabla 3 se ve la mejora en ambos subíndices, al comparar los indicadores de 2014 y 2015:

| Tabla 3 | | 2014 | 2015 |
|---|-------------------------------|-------------|-------------|
| ¿Por qué Chile volvió a liderar el Índice de Innovación Global en Latinoamérica? | Posición en el Ranking Global | 46 | 42 |
| | Innovation Output | 32,8 | 33,4 |
| | Innovation Input | 48,4 | 49,0 |
| | Innovation efficiency ratio | 0,7 | 0,7 |

Fuente: Centro de Innovación UC.

²² Ver www.centrodeinnovacion.uc.cl/resultados-gii-2015/

¿Cuáles fueron los factores que incidieron en la medición del Global Innovation Index?

- Mejora en ambiente para negocios, donde influyó la puesta en marcha de la nueva ley de reemprendimiento. (factor GII subió de 30 a 47,4)
- Alza en gasto público en educación. (factor GII subió desde 4,5 a 4,6)
- Acceso a TIC. (factor GII subió desde 56,5 a 63,5)
- Uso de TIC. (factor GII subió desde 36,7 a 40,8)
- Indicador de trabajadores del conocimiento (factor GII subió desde 42,1 a 45,2) donde, al mismo tiempo, destaca el número de empresas que ofrecen entrenamiento formal a sus trabajadores, que disparó el indicador desde 45,9 a 57,5.
- En vinculaciones de innovación, factor GII subió desde 30,1 a 30,6, destacando el aumento del Gasto Interno Bruto en I+D financiado por capital extranjero, que subió desde 15,7 a 17,5.
- Difusión de conocimiento sube desde 26 a 29,9.
- En tanto, disminuyeron los indicadores de sofisticación del mercado.

SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN



7.1 Introducción

El término Sistema Nacional de Innovación (SNI) es una construcción mental, cuya identidad está determinada por las percepciones y la experiencia del observador. El SNI, de acuerdo con la definición de la OCDE, es *“un sistema de interacción de empresas (pequeñas o grandes) del sector público y privado, de universidades y organismos estatales orientado a la producción de ciencia y tecnología dentro de fronteras nacionales. La interacción entre estas unidades puede ser técnica, comercial, jurídica, social o financiera, siempre y cuando el objetivo de la interacción sea el desarrollo, la protección, el financiamiento o la reglamentación de ciencia y tecnología nuevas”*²³. (OECD, 1997)

El SNI está integrado por lo tanto por un conjunto de agentes, instituciones y prácticas interrelacionadas, que constituyen, ejecutan y participan en los procesos de innovación tecnológica.

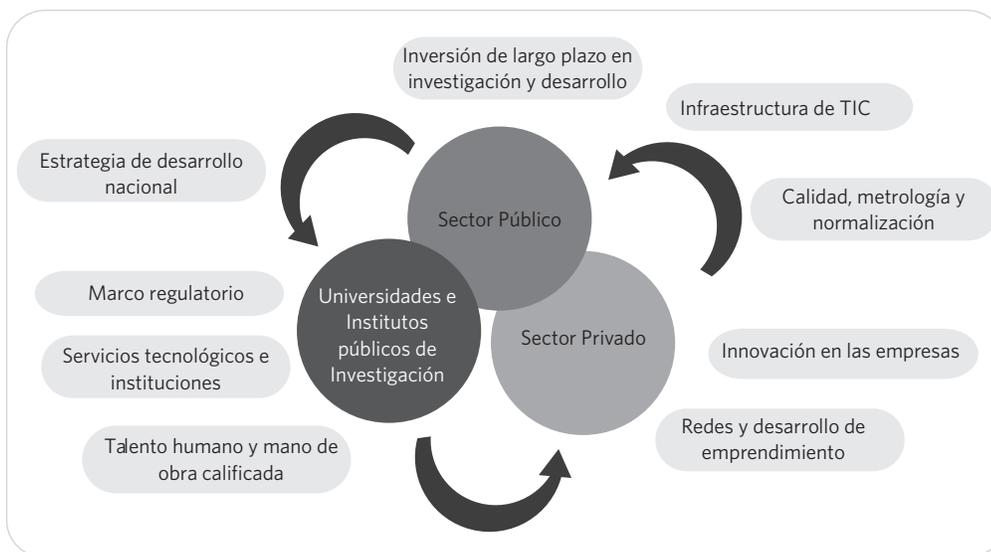


Figura 19
Sistema Nacional de Innovación.

Fuente: Juan Carlos Navarro, BID, 2014.

Existe un conjunto complejo de relaciones entre las diferentes instituciones, organizaciones y empresas que producen, distribuyen y aplican varios tipos de conocimientos. No existe una entidad única con el poder de controlar el funcionamiento del sistema, pero hay muchas que tienen una influencia importante.

En el SIN se pueden distinguir agentes del sector privado y del sector público. En el sector público se puede identificar el Sistema Público de Apoyo a la Innovación (SPAI), que corresponde a la estructura que el gobierno ha instaurado para subsanar las fallas sistémicas y de mercado que no permiten el desarrollo del proceso innovador.

²³ OECD, 1997.

La innovación se genera en el marco de un SNI que está integrado por diferentes actores: empresas públicas y privadas, instituciones gubernamentales, universidades y centros de formación técnica, bancos, inversionistas ángeles e instituciones de apoyo a la innovación, entre otros.

7.2 El concepto de Sistema de innovación

La idea no es reciente, ya que, a mediados del siglo XIX, F. List (1841) exploraba este campo concentrando su atención en las relaciones económicas vinculadas al desarrollo de las fuerzas productivas, estableciendo que para ello el Estado tenía una responsabilidad indelegable en la provisión de educación, entrenamiento e infraestructura de apoyo industrial; todos ellos, elementos centrales de lo que contemporáneamente se define como el Sistema Nacional de Innovación (SNI).

El concepto SNI aparece a finales de la década de los 80 en una publicación de Freeman (1987 Cit. en Sutz, 1999:1) sobre la innovación en Japón²⁴, donde se refiere al sistema como: *“la red de instituciones en el sector público y los sectores privados cuyas actividades e interacciones, importan, modifican y difunden las tecnologías nuevas”*.

Asimismo, encontramos definiciones, de otros autores, que aportan a la comprensión del concepto:

- a) “Un conjunto de las instituciones cuyas interacciones determinan el desempeño innovador... de las firmas nacionales.” (Nelson, 1993).
- b) “Las instituciones nacionales, sus estructuras de estímulo y sus competencias; eso determina la tasa y la dirección del aprendizaje tecnológico (o el volumen y la composición de actividades para engendrar el cambio) en un país.” (Patel y Pavitt, 1994).
- c) “Una red de instituciones del sector público y privado, cuyas actividades y acciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías.” (OECD, 1997).
- d) “Un sistema de interacción de empresas (pequeñas o grandes) del sector público y privado, de universidades y organismos estatales orientado a la producción de ciencia y tecnología dentro de fronteras nacionales. La interacción entre estas unidades puede ser técnica, comercial, jurídica, social o financiera, siempre y cuando el objetivo de la interacción sea el desarrollo, la protección, el financiamiento o la reglamentación de ciencia y tecnología nuevas.” (OECD, 1997).
- e) Una serie de instituciones que, tanto individual como conjuntamente, contribuyen al desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías, y proveen el marco dentro del cual los gobiernos deben diseñar e implementar políticas dirigidas a estimular los procesos de innovación. Es un sistema de instituciones conectadas para crear, almacenar y transferir los conocimientos, destrezas y desarrollos que definen nuevas tecnologías (Metcalf).

En estas definiciones hay consenso en que la innovación y el progreso técnico de un país, son el resultado de un conjunto complejo de relaciones entre varias instituciones, organizaciones y empresas participantes, que producen, distribuyen y aplican varios tipos de conocimientos. En esta utilización del término SNI, no existe una entidad única con el poder de controlar el funcionamiento del sistema, pero hay muchas que tienen una influencia importante.

²⁴ Freeman, C. 1987. *“Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan”*. London: Printer. 23 OP. Cit. 1999:1.

Latinoamérica ha comenzado a reconocer en su planificación de mediano y largo plazo de CTI la importancia de desarrollar capacidades endógenas en los nuevos paradigmas tecno-económicos como las TIC, la nanotecnología y las biotecnologías.

La percepción en muchos países, es que un cambio técnico es la fuente principal del crecimiento económico, lo que significa que las políticas económicas, de ciencia y tecnología (C+T) e innovación y desarrollo (I+D), tienen que reconocer el interés central de los dos procesos, la innovación y la difusión de la tecnología, que constituyen los agentes motores de ese cambio técnico.

El reconocimiento de la necesidad de estudiar los procesos de innovación bajo una visión sistémica; la importancia del contexto institucional; el factor organizacional en el aprendizaje y la difusión de tecnologías, permiten potenciar el trabajo en los SNI. De esta manera, en los procesos de innovación tecnológica no basta la capacidad que separadamente posean las empresas, los laboratorios, y el sector público, sino que necesitan de un SNI, por cuanto se requiere un conjunto de agentes involucrados y sus relaciones mutuas. De allí que un mayor dinamismo tecnológico sólo puede originarse en la sociedad si en ésta coexisten las infraestructuras y redes necesarias para apoyar la actividad innovadora, los procesos de generación, transferencias, adaptación y difusión de tecnologías (Martínez, 1994, pág. 9).

7.2.1 Fortalezas del enfoque

Para los fines de análisis, un SNI puede ser considerado como un conjunto de instituciones, organizaciones y políticas en funcionamiento que interactúan constructivamente en busca de un conjunto de objetivos y logros sociales y económicos comunes y que utilizan la introducción de innovaciones como promotor fundamental del cambio. Por lo tanto, dentro del contexto definido, los siguientes pueden considerarse los cuatro intereses claves de cualquier país:

- Garantizar que exista un conjunto de institutos, organizaciones y políticas que hagan efectivas las distintas funciones del SNI.
- Garantizar que exista un conjunto de interacciones constructivas entre estos institutos, organizaciones y políticas.
- Garantizar que exista un conjunto de objetivos y logros acordados en consonancia con una visión articulada del futuro buscado.
- Garantizar que exista un ambiente político destinado a promover la innovación.

El enfoque de SNI tiene importancia analítica en el campo de la tecnología debido a los siguientes factores:

- El uso creciente de enfoques de sistemas.
- Da la oportunidad de examinar medios para promover la coherencia y la integración entre actividades nacionales.
- El reconocimiento de la importancia económica del conocimiento.
- Centra la atención en la “innovación”, en hacer cosas nuevas de maneras nuevas, y no simplemente en la producción de conocimientos.
- El número creciente de instituciones implicadas en la generación del conocimiento.

El enfoque sistémico del desarrollo tecnológico permite una mejor visualización del estado de la tecnología en un país, en comparación con “el modelo lineal de la innovación”, considerando que, en el modelo lineal, los flujos del conocimiento se modelan con mayor simpleza y siguiendo un patrón lineal marcado de causa y efecto. El iniciador de la innovación es la ciencia y un aumento en entradas científicas en la tubería aumentarán directamente el número de innovaciones y tecnologías. En la realidad, sin embargo, las ideas para la innovación pueden venir de muchas fuentes y en cualquier etapa de la investigación, el desarrollo, la venta y la difusión. Además, un aumento en entradas científicas no provoca un aumento

proporcional de innovaciones porque hay otros factores que intervienen, como, por ejemplo, la cultura de innovación de los sujetos del sistema, en especial de los investigadores, quienes son los responsables en gran parte del rendimiento de los recursos destinados a C+T. La innovación puede tomar muchas formas, inclusive adaptaciones de productos y mejoras de procesos. La innovación es así el resultado de una interacción compleja entre varios actores e instituciones. El cambio técnico no ocurre en una sucesión lineal.

7.2.2 Debilidades del enfoque

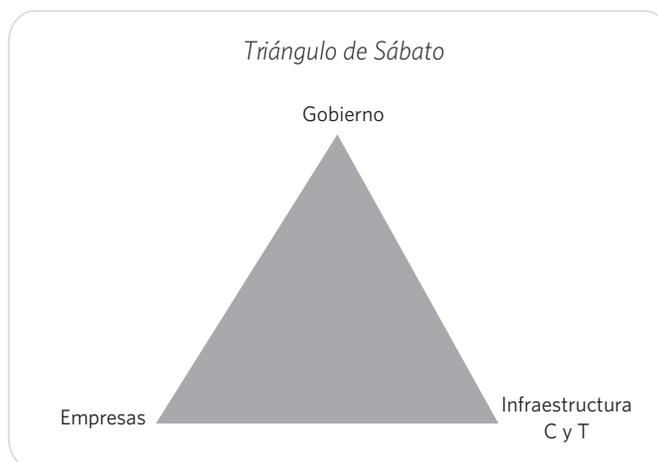
Hay una fe ciega en la tecnología como promotor del desarrollo del país. Crecimiento económico no es lo mismo que Desarrollo Nacional, este último involucra la educación, la cultura y la inserción en la sociedad de los sectores marginados. Es indiscutible que no basta con mejorar las interrelaciones entre ciertas instituciones para promover la innovación porque la causa está mucho más atrás; no se toma en cuenta la cultura, entre otros factores. La sociedad necesita tener una cultura de innovación y para ello se requiere Educación, Cooperación y Capacitación; con estas componentes desarrolladas en la sociedad, las interrelaciones para la innovación se darán de manera espontánea.

7.2.3 Arquitecturas del sistema nacional de innovación

Jorge Sábato (Malcolm, 1999), reconoce tres actores fundamentales: el Gobierno, la estructura productiva (empresa) y la infraestructura científico-tecnológica, quienes se encuentran inmersos dentro de un proceso político.

Figura 20
Triángulo de Sábato.

Fuente: Malcolm, 1999.



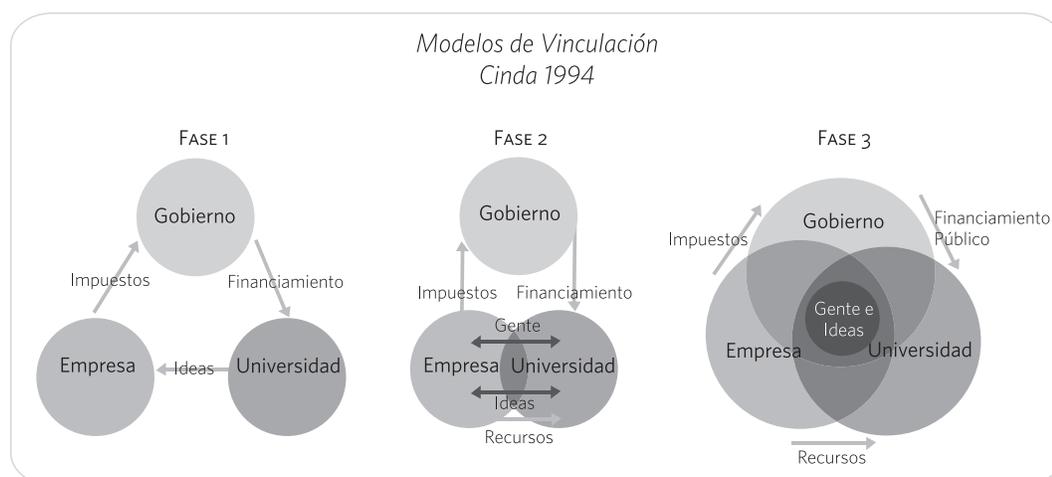


Figura 21
Modelos de
Vinculación.

Fuente: CINDA, 1994b.

Estos sujetos, grupos y organizaciones desempeñan diferentes papeles dentro del SIN pues están encargados de generar políticas, financiar actividades, reglamentar y realizar actividades de C y T, educar, capacitar o suministrar infraestructura. Pueden intervenir en uno o más sectores de la economía nacional, y actúan generalmente a través de organizaciones de mayor complejidad, de manera individual o colectiva. En segundo lugar, se encuentran las instituciones, que son el conjunto de hábitos comunes, rutinas, prácticas establecidas, reglas o leyes que regulan las relaciones e interacciones entre los distintos actores, denominadas entonces como “las reglas del juego” (Navarro, 2001a), reglas que dentro de una economía pueden ser tanto explícitas como implícitas, o de carácter formal e informal. El CINDA (1994b) propone, basado en el triángulo de Sábato, tres modelos vinculantes:

Según la perspectiva tradicional de SNI (CINDA, 1994b), se distinguen dos grandes grupos, que están en distintas etapas de evolución: uno centrado en el gobierno y que tiene como base la entrega de recursos hacia el componente científico y tecnológico para que éste aporte ideas y profesionales al sector productivo; y otro centrado en las Industrias que están asociadas cooperativamente para fomentar entre ellas la Innovación, fortaleciendo su capacidad de recursos y necesitando la intervención del estado sólo en casos donde se vean sobrepasadas. En primer grupo se puede incluir a los países Latinoamericanos, en especial Chile. Este grupo se encuentra entre la etapa Etapa1 y 2 del modelo de vinculación del CINDA. El segundo grupo corresponde a los países desarrollados, en especial los europeos como Alemania; en ellos las Industrias son el motor del SNI, proveyendo recursos al componente científico y tecnológico para la investigación e incluso haciendo que la investigación y desarrollo sea parte de la empresa misma; hay autonomía en este sentido del gobierno, este último debe generar las políticas necesarias para que las empresas tengan la estructura legal adecuada para su accionar. Que la empresa sea el principal actor no significa que no necesite a los demás y por eso surge la etapa Etapa3 del modelo de vinculación del CINDA. En el primer grupo el flujo más importante es el de recursos, en cambio en el segundo grupo es el de conocimientos, por último, en el tercero es una conjunción de recursos, conocimiento e individuos, que participan interactivamente del proceso innovador.

Estas visiones relacionales del SNI se contextualizan dentro de un ámbito nacional, pues reconocen que las características de un país influyen fuertemente en el desarrollo de innovaciones. Sin embargo, si se considera que las diferencias entre organizaciones son también importantes, entonces, es posible reconocer una correlación entre el desarrollo de un país y el de sus firmas, producto de la persistente heterogeneidad entre ellas. Si además dicha correlación se enmarca en un ámbito de generación de políticas, debido a las fuerzas que surgen entre estructuras e instituciones, entonces se da pie a la búsqueda y reconocimiento de los límites existentes en todo proceso de vinculación, para hacer más manejable las variables que de éste surgen.

En este contexto, se identifican los siguientes sistemas:

Sistemas Regionales de Innovación (SRI): La idea implícita de homogeneidad interna en un SNI resulta poco realista (Heijs, 2000), pues es sólo una caracterización de lo que ocurre en sus regiones, pudiéndose equiparar distintos SNI, pero no así un SNI con los Sistemas Regionales que éste contiene. Esto resulta de la concentración del proceso innovador en aquellas regiones que poseen ventajas comparativas, ya sea en la generación de políticas, en su ubicación, materias primas, concentración de personal idóneo o simplemente por la concentración de cierta masa crítica mínima de inversiones para generar innovaciones.

Sistemas Sectoriales de Innovación (SSI): Se define como el sistema o grupo de empresas activas en el desarrollo y fabricación de los productos de un sector, y en la generación y utilización de las tecnologías de dicho sector. Aunque suele confundirse con la idea de cluster, en el sentido que éstas son "redes de producción de empresas fuertemente interdependientes (incluyendo proveedores especializados), ligadas unas a otras en una cadena de producción que añade valor (Navarro, 2001b); no obstante, los clusters van más allá del enfoque sectorial, pues en él toman importancia los lazos fuera de los límites sectoriales.

A estos enfoques se agrega aquel orientado al ámbito de las tecnologías, el Sistema Tecnológico:

Sistemas Tecnológicos (ST): Definido como una red o redes de agentes que interactúan en un área tecnológica específica, dentro de una particular infraestructura institucional, con el propósito de generar, difundir y utilizar tecnología (Navarro 2001a). En este enfoque los límites están definidos por la tecnología, incluso pudiendo abarcar un área tecnológica dentro de otro país, enfocando su énfasis en la difusión y utilización de la tecnología, más que en su creación.

Independientemente de las diferentes representaciones de los SNIs, existe entre ellas un factor en común, la permanente búsqueda de los determinantes de la innovación, principal objetivo de los SNI (Navarro, 2001a). Dichos determinantes varían de un sistema de innovación a otro; es por eso que la definición de innovación cobra relevancia.

7.2.4 El periplo desde el triángulo de Sábato a la quintuple hélice

En la actual sociedad del conocimiento, las universidades se consideran una pieza clave en el engranaje que genera el desarrollo científico-tecnológico que apalanca el crecimiento socio-económico sostenible de una región (Etzkowitz H., 2008). Por tanto, son de gran importancia las actividades de I+D que llevan adelante estas instituciones para contribuir en la generación, apropiación y la transferencia de nuevos conocimientos y tecnologías a la sociedad.

Respecto al papel que juegan las universidades en el contexto de la innovación y el desarrollo tecnológicos, la literatura señala que: *"Los procesos de gestión y transferencia de conocimientos y tecnologías, articulados en la cuarteta: Universidad-Empresa-Estado-Sociedad (U-E-E-S) son, en sí mismos, uno de los mecanismos 'naturales' dentro de la universidad para transferir sus hallazgos y conocimientos al servicio de las necesidades de los sectores productivos de sus zonas de influencia. Mediante estos procesos, se pueden abordar y acompañar la solución a problemáticas de sectores empresariales tan variadas como: cultura para la innovación, reconversión tecnológica, mejoramiento de la productividad, aseguramiento de la calidad, ampliación de mercados, gestión del talento humano, integración de las TIC (tecnologías de la información y las comunicaciones); todas estas acciones son en general implementadas para que redunden en la mejora o la innovación empresarial y la competitividad sectorial y regional".* (Bermeo, González-Bañalez y Segovia, 2013: 2)

En el análisis de la literatura, son variadas las evidencias que se ofrecen referentes a la relación de la Universidad con su entorno. Entre los modelos para la innovación más referenciados en la literatura está el Modelo de la Triple Hélice (Universidad, Empresa y Estado), el mismo que se extendió a lo que se ha denominado el Modelo de la Cuádruple Hélice (Universidad, Empresa, Estado y Sociedad) e incluso el modelo de la Quíntuple Hélice (Universidad, Empresa, Estado, Sociedad y Medio Ambiente), referida a la innovación basada en desarrollo de conocimiento cooperativo que integra las necesidades de la economía, la sociedad civil y el ambiente, considerando la sustentabilidad ambiental y los desafíos del cambio climático.

7.3 SNI y Diseño del SPAI

El diseño del SPAI requiere determinar los elementos que, a la luz de la experiencia internacional, deben ser considerados para instaurar las bases de un SNI, en el que el SPAI tenga un rol relevante. Como se ha indicado anteriormente, el SIN busca establecer una relación entre los diversos agentes asociados a la innovación. En este sistema, la intervención del estado es fundamental.

7.3.1 Agentes en el SNI

La evidencia internacional permite distinguir tres tipos de agentes, según la cercanía que tienen con las actividades dentro del sistema, ellos son: los que generan las políticas de innovación, lo que implica establecer los objetivos de investigación y desarrollo y fijar las prioridades para éstos objetivos; los que realizan la actividad de innovación propiamente tal y los que intermedian entre los primeros y los segundos. Estos se describen a continuación.

Agencias de política

Corresponden a los órganos encargados de definir las directrices de las políticas de innovación y determinar los presupuestos. Se encuentran a la cabeza del SNI.

Agencias intermediadoras

Son las instituciones que llevan a cabo la política y las asignaciones presupuestarias junto con entregar asesoría técnica a los agentes innovadores. Su labor es vincular la política de innovación con la actividad innovadora. Se encuentran en el centro del SNI.

Agentes Innovadores

Son los encargados de desarrollar las actividades de innovación. Se encuentran en la parte más baja del SNI.

Vinculación entre agentes del SNI

En la siguiente figura se puede apreciar la forma en la que se vinculan los agentes del SIN. Nótese que sólo son verdaderamente aportadoras las "Agencias Innovadoras" en tanto que las otras constituyen la necesaria burocracia.

Figura 22
Un cambio de foco al Modelo de Desarrollo Actual.

Fuente: Gert H. Greve, Tesis de Licenciatura Ciencias Jurídicas y Sociales, Facultad de Derecho de la Universidad de Chile.



Desafíos de los países, políticas de innovación y SPAI

Los diferentes países, dependiendo de sus objetivos, definen sus políticas de innovación y la estructura de apoyo público. A medida que pasa el tiempo y se van cumpliendo los objetivos, la institucionalidad y las políticas se van ajustando a los nuevos escenarios.

Los países que actualmente son líderes en los índices científico-tecnológicos y de innovación se vieron enfrentados en su momento a importantes reformas estructurales. Estas les permitieron superar su problema de productividad, tal como debe hacerlo Chile. Estos países establecieron sus estrategias de innovación a partir de los desafíos a los que se vieron enfrentados. Si bien cada país tuvo en su momento diferentes desafíos, existen algunos desafíos comunes a los que se ven enfrentados países que deben innovar.

7.3.2 Modelos institucionales internacionales de SPAI

Los diferentes países, dependiendo de sus objetivos de largo plazo, características culturales y nivel de desarrollo económico, han desarrollado diversos modelos institucionales de SPAI. Si bien diferentes países pueden compartir objetivos finales a alcanzar por el SIN, cada uno de ellos ha optado por desarrollar el modelo más adecuado a su realidad, lo que se traduce en que, en cada modelo, los agentes que participan en las diferentes actividades del SIN y las funciones que realizan en él son diferentes. Podemos considerar que existen tres modelos institucionales de SPAI que constituyen la base del SIN. Ellos son: el modelo de jugador dominante, el modelo de división del trabajo y el modelo por pilares, los que se explican y ejemplifican a continuación.

▪ Modelo del jugador dominante

Este modelo se caracteriza por la existencia de un agente que monopoliza la actividad de generación de políticas de innovación. Un ejemplo modelo de jugador dominante, es el que implementó Irlanda. En él, el Departamento de Empresas, Comercio y Empleo es el único agente encargado de generar las políticas de innovación. Los agentes Science Foundation Ireland, Enterprise Ireland e IDA Ireland son los agentes intermediarios responsables de ejecutar las políticas de innovación, entregando subsidios, fondos concursables o financiando directamente a los agentes innovadores para que desarrollen sus proyectos. En este modelo, existe una agencia que se encarga de coordinar la política y la ejecución de los intermediarios junto con evaluar la efectividad y funcionamiento de éstas políticas, asegurando de esta manera la coordinación de las distintas agencias públicas.

■ *Modelo de división del trabajo*

En este modelo, existen diferentes agentes que colaboran con el proceso innovador, desde distintas áreas como pueden ser educación, investigación, tecnología o desarrollo económico. Este modelo se caracteriza por la existencia de importantes agentes que generan las políticas de innovación, como los ministerios. Estos están dotados de recursos y funcionan de manera independiente. Un ejemplo de modelo de división de trabajo es el de Finlandia. En ese país el Ministerio de Educación y Cultura, desarrolla las políticas de educación e investigación y el Ministerio de Comercio e Industria, las de tecnología y desarrollo económico. Ambos ministerios definen los objetivos y prioridades políticas y posteriormente, desarrollan los instrumentos que son implementados posteriormente por los agentes intermediadores que dependen de estos ministerios.

■ *Modelo por pilares*

Este modelo se caracteriza por presentar un grupo de agentes especializados en diferentes ámbitos que buscan desarrollar innovación en distintas áreas, como pueden ser la ciencia, tecnología, comunicaciones o desarrollo económico. En este modelo, cada área tiene un órgano generador de políticas de innovación, que es el encargado de ejecutar estas políticas. Eso significa que se realizan múltiples procesos innovadores, en una estructura muy fragmentada. Un ejemplo de modelo por pilares es el que utilizó hasta hace poco tiempo Corea del Sur. En él, los agentes de generación de políticas eran los ministerios de: Ciencia y Tecnología, Comercio, Industria y Energía y otros ministerios que desarrollan este trabajo, en menor medida, tales como los ministerios de Educación, Recursos Humanos, Información y Comunicación, entre otros. Cada ministerio tiene a su vez agentes intermedios encargados del financiamiento y vinculación con los agentes innovadores de su sector.

7.3.3 Análisis comparado de los modelos

En general, diferentes países, con condiciones iniciales muy adversas y pequeños territorios, en situaciones de relativa o gran precariedad, lograron surgir mediante la innovación y hoy se ubican en los más altos lugares de emprendimiento e innovación y presentan altos estándares que los ubican en posiciones relevantes a nivel mundial. Se presentan a continuación algunos casos, que se consideran representativos y dignos de mirar como ejemplo.

Corea del Sur

El desarrollo de Corea del Sur se basa en la implementación de una serie de modelos y políticas públicas focalizadas en: educación con sólida formación en innovación, desarrollo tecnológico y competitividad. En un inicio, la innovación se orientó a la copia de bajo costo y bajo valor agregado. A partir de los 80 se comienza a desarrollar una infraestructura científica, que crea institutos científicos y tecnológicos, acompañada de importantes estímulos fiscales para que las empresas coreanas comiencen a adoptar las nuevas tecnologías. Como ejemplo, grandes conglomerados de empresas, tales como Hyundai, LG o Samsung, reciben una agresiva subvención de parte del Estado, mediante la eliminación de determinados impuestos, lo que junto con la ayuda tecnológica les permite focalizar gran parte de su esfuerzo en el salto tecnológico.

Desde los años 90 el sistema coreano evoluciona desde un modelo controlado por el Estado y planificado de forma centralizada a uno más orientado al mercado. A finales de los años 90 se genera el "Primer Plan Quinquenal de Ciencia y Tecnología (1997-2002)" en el que se definen objetivos de corto y de largo plazo, y el "Proyecto Alto Avance Nacional (1992-2002)" en el que se definen las áreas tecnológicas de frontera en las que el país decide focalizarse.

Entre los principales instrumentos de política fiscal que ha implementado Corea del Sur están los esquemas de depreciación acelerada de equipo de I+D, una agresiva deducción de impuestos sobre el gasto en I+D, así como deducción especial para el comercio de tecnología extranjera y uso de tecnología importada. Con esto se ha logrado que la participación del sector privado en las actividades de I+D sea muy importante, llegando al 80%.

Uno de los puntos por el que más claramente ha apostado Corea del Sur es por promover políticas destinadas a impulsar la educación y la formación de personal especializado. En este sentido, Corea tiene uno de los sistemas educacionales más desarrollados y de más alta calidad. Además, se exige a cada estudiante estudiar de una forma correcta el idioma "global", inglés, lo que ha ayudado a Corea a ser competitiva en todo el mundo.

Respecto al marco legal que da cobertura a las actividades de innovación, en la Ley de Ciencia y Tecnología del 2001, se replantea la promoción y se enfatiza la coordinación de las políticas en CyT y los esfuerzos en I+D y se generan las bases de la institucionalidad.

La institución encargada de coordinar las actividades científicas y tecnológicas es el **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (NSTC3)** quien junto con el **Instituto Coreano de Planeación y Evaluación en CyT (KISTEP4)** realiza las actividades de planeación y ejecución de la PTI. Otros organismos de particular relevancia son el subcomité de política de CyT, el subcomité de I+D, el subcomité de biotecnología y bioindustria y el subcomité de nanotecnología (las que corresponden a las áreas de desarrollo definidas por el país).

Los factores de éxito de Corea del Sur son la gradualidad en la implementación de las reformas, con una planificación en que se definieron objetivos muy claros y delimitados, la articulación de la innovación con la educación y la industria y la definición de áreas científico-tecnológicas de frontera.

Singapur

Desde su independencia, en 1965, Singapur decidió invertir agresivamente en infraestructura, educación e innovación. De forma lenta pero constante, construyó su sistema de innovación basado en políticas de: provisión de fondos públicos para operadores de capital de riesgo; ayudas directas a proyectos de alta tecnología para empresas establecidas en Singapur; educación bilingüe (Inglés con malayo/mandarín/tamil), innovadora y emprendedora desde la base; capital inicial y asesoramiento a nuevas empresas (especialmente, de base tecnológica); atracción de instituciones de nivel mundial con grandes vínculos industriales para crear centros de excelencia educativa e investigación; ayudas directas para investigadores de élite que se ubicaran en Singapur, especialmente en el campo de la biotecnología; premios y reconocimientos para emprendedores que fracasaran (estímulos a la asunción de riesgos); sistema de promoción de la ciencia y tecnología apoyado en la creación de la **Agencia de Ciencia, Tecnología e Investigación, adscrita al Ministerio de Comercio e Industria.**

Esta **estrategia intensiva en capital y la inversión en la educación y en infraestructura**, ha permitido que, siendo el país más pequeño del Sudeste de Asia y sin recursos naturales, sea hoy el cuarto centro financiero más importante y esté entre los países más innovadores del mundo. El país piensa a largo plazo y considera prioritario impulsar capital a programas de desarrollo en innovación. La base económica del país está en la investigación y el desarrollo innovador, lo que se considera como la principal ventaja para su éxito.

Suiza

Entre las razones más importantes por las que Suiza está tan alto en el ranking de innovación son:

- Inversión: el sector privado cubre dos tercios del costo en I+D, y es uno de los países que más gasta en I+D.
- Rol de la confederación y de los cantones: el estado es activo en las áreas de I+D, donde tiene un mandato explícito constitucional.
- Cooperación internacional: Suiza participa en muchos proyectos internacionales y promueve acuerdos bilaterales de cooperación de investigación con países seleccionados.
- Alto nivel de competitividad: Suiza publica (y publica bien, en revistas reconocidas) y patenta mucho para su nivel de población, y participa con éxito en fondos europeos para investigación. Estos proyectos internacionales son en general muy exitosos.

Hay bastante historia detrás. Las primeras dos instituciones que financiaban investigación en universidades se establecieron cerca de 1943. La relación entre los sectores públicos y privados es muy importante para el éxito de Suiza. El gasto del gobierno se enfoca en investigación genérica, pues no se enfoca en áreas o temas.

En Suiza existe el State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI), que está dentro del Departamento Federal de Economic Affairs, Education and Research y es una agencia federal gubernamental especializada en materias nacionales e internacionales relacionadas con las políticas de educación, investigación e innovación.

7.3.4 Modelo institucional Chileno de SPAI (Sistema Público de Apoyo a la Innovación)

Evolución del SNI

Los primeros pasos de Chile en materia de investigación y desarrollo se remontan a los años 60, época en la que se formaron los primeros institutos tecnológicos públicos, que inicialmente fueron creados y administrados por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y posteriormente trasladados a diferentes ministerios. En este período se fortaleció además el Sistema Universitario con la creación de sedes regionales y se creó, en el año 1967, la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), como organismo asesor de la Presidencia en materia de desarrollo científico.

El objetivo que se buscaba con la creación de estas instituciones era fortalecer las capacidades del sector público para entregar financiamiento estatal directo a diversos proyectos y programas de investigación. Durante un largo período de tiempo, los proyectos de innovación fueron desarrollados a partir de motivaciones en áreas específicas sin una visión de largo plazo, de carácter estratégico, asociada al rol de la innovación en el desarrollo del país. El objetivo de estos programas era entregar becas para apoyar la investigación académica y desarrollar, por intermedio de los institutos tecnológicos, investigaciones de interés público orientadas a sectores industriales y agrícolas.

A partir de los años 90, se inició una política de investigación y desarrollo más compleja que, mediante la entrega de fondos de contrapartida para las universidades, empresas e instituciones públicas y privadas de investigación, buscaba dar solución a las fallas del proceso innovador. Los programas destacados en este periodo fueron el Programa de Ciencia y Tecnología (PCT) que, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), tenía como principal objetivo, fomentar

la innovación tecnológica en las empresas chilenas y fortalecer las actividades de investigación y desarrollo; el Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico (FONTEC), que tenía por objetivo promover la innovación tecnológica en empresas privadas a través del cofinanciamiento de proyectos de innovación y, el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), dependiente de CONICYT, que tenía por objetivo fortalecer las capacidades de investigación y desarrollo y mejorar la infraestructura tecnológica por medio del cofinanciamiento de proyectos precompetitivos desarrollados por universidades e institutos tecnológicos, en conjunto con empresas privadas.

Estas reformas generaron un cambio importante en el modelo de financiamiento de la investigación y desarrollo, al pasar de un modelo de financiamiento directo a un modelo concursable basado en la competencia entre los postulantes, sin ninguna discriminación entre sectores, público, privado, sectores productivos o áreas tecnológicas. El objetivo principal que se buscaba con este cambio era incrementar transversalmente el número de empresas e instituciones participantes en las actividades de transferencia, absorción y difusión de tecnologías.

A fines del año 1995, el PCT terminó, produciendo importantes resultados, pero demostrando a su vez diversos defectos en los mecanismos de incentivo a la investigación y desarrollo. El programa no logró alinear a universidades, institutos tecnológicos y empresas en el proceso innovador; tuvo bajo nivel de convocatoria en las empresas privadas y no respondió a las necesidades de las industrias exportadoras. Al término del PCT se realizaron ajustes a las políticas de investigación y desarrollo, se crearon fondos concursables por área del conocimiento, estableciendo incentivos para los sectores que eran considerados importantes para el desarrollo del país. De esta forma, se concentraron los esfuerzos de investigación científica en áreas prioritarias, al crearse el Programa de Investigación Avanzada en Áreas Prioritarias (FONDAP). Este programa dio origen a los centros de excelencia y a la Iniciativa Científica Milenio.

En paralelo a lo anterior, se modificaron los criterios y mecanismos utilizados para financiar los institutos tecnológicos administrados por CORFO. El financiamiento de estos institutos fue reducido y condicionado al logro de objetivos específicos de investigación, obligándolos de esta forma a autofinanciarse, buscando proyectos de interés de la empresa privada. De esta manera, los institutos tecnológicos dejaron de ser financiados directamente por el Gobierno y pasaron a depender de otras fuentes de ingresos tales como: fondos concursables y servicios prestados a agentes privados. Dichas reformas forzaron a diferentes agentes a cambiar su comportamiento en relación a la investigación y desarrollo. En particular, las Universidades tuvieron que modificar sus políticas y capacidades internas respecto a la gestión de proyectos de investigación y orientarlas hacia el valor económico de sus resultados.

Otro aspecto importante en este período, fue el desarrollo en el año 2000 del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, con el objeto de crear centros científico tecnológicos a lo largo de todo el país, en conjunto con los gobiernos regionales, universidades y empresas privadas. En el año 2001, se reformularon diferentes fondos y programas y se crearon otros importantes, como fue el Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica (PDIT) conocido como Chile-Innova, a partir de la fusión de dos fondos a cargo de CORFO: el FDI (Fondo de Desarrollo e Innovación) y el FONTEC. El programa Chile-Innova se estableció con el objeto de entregar apoyo a los esfuerzos de las empresas en diferentes actividades, junto con incentivar la competitividad y productividad.

Las políticas de innovación fueron cambiando y se ha producido un proceso de aprendizaje en virtud del cual se construyó un portafolio cada vez más completo de instrumentos dirigidos a un grupo objetivo más amplio. Se empezó a asentar la idea de la necesidad de instaurar ciertas condiciones marco para incentivar la innovación, más allá de la estabilidad macroeconómica y la competencia. Se comenzó a compartir la idea de que el financiamiento tradicional de CORFO y CONICYT no era satisfactorio para incentivar la Ciencia y Tecnología.

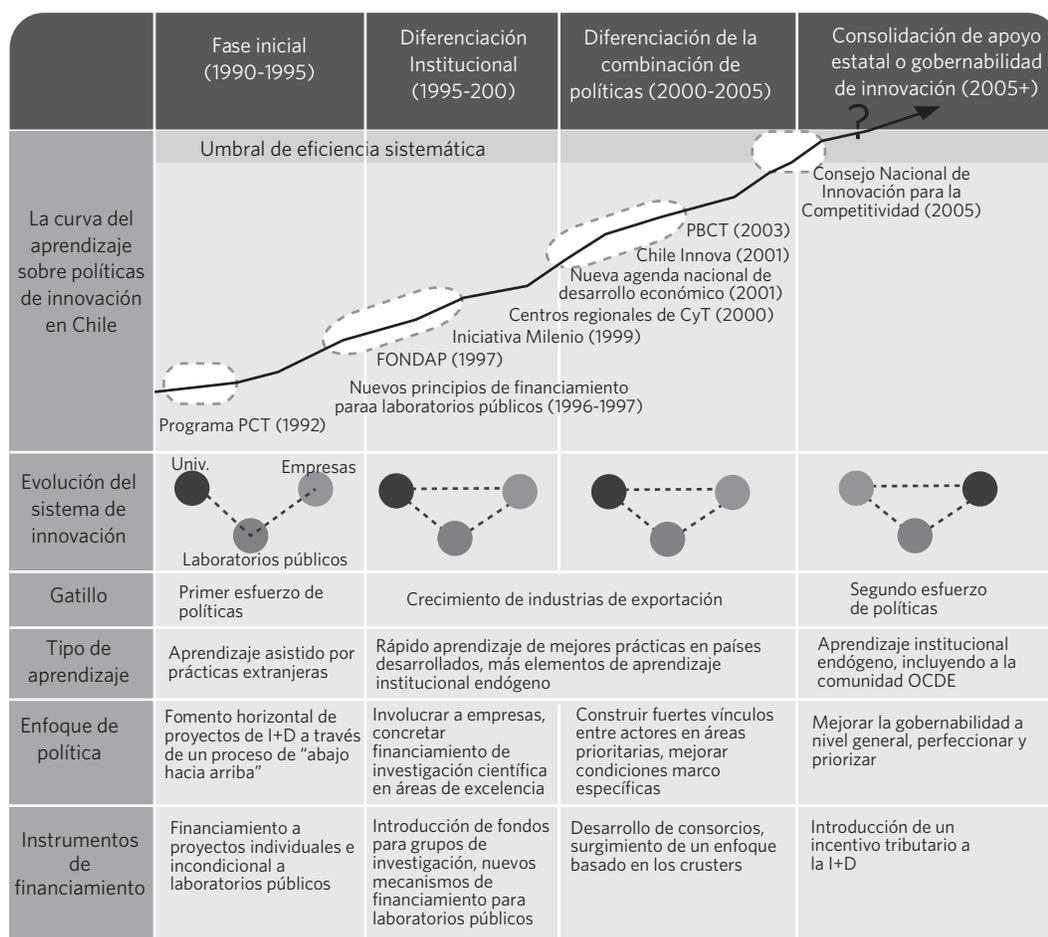


Figura 23 Evolución del SIN.

Fuente: OCDE, 1999.

A finales del año 2004, se ingresó un proyecto de ley al Congreso con el objeto de crear el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC) y el Fondo Nacional de Innovación para la Competitividad (FIC). Este último proyecto de ley, hasta el día de hoy se encuentra en trámite legislativo. En espera de su promulgación se ha creado por decreto supremo del Presidente de la República un Consejo para la Competitividad interino, que ha funcionado desde la presentación del proyecto a la fecha y cuyo financiamiento está a cargo del Ministerio de Economía. Este Consejo interino se ha encargado de la misión de proponer líneas guía para una estrategia nacional de innovación en un espectro temporal de 12 años, por medio de medidas para fortalecer las políticas públicas de innovación y su efectividad y proponer distintos criterios de asignación de recursos presupuestarios.

Con la intención de establecer un incentivo para aumentar la inversión privada en investigación y desarrollo, el año 2008 se promulgó y publicó la ley de incentivo tributario a la inversión privada en investigación y desarrollo (ley N° 20.241). Debido a que esta ley no logró incentivar al sector privado a realizar actividades de investigación y desarrollo, el año 2012 se dictó una nueva ley (N° 20.570) con el objeto de subsanar y mejorar la anterior. Tras la promulgación de la ley que modificaba el incentivo tributario a la inversión privada en investigación y desarrollo, se ha observado un aumento en la participación del mundo privado, aumento del cual todavía no se pueden sacar conclusiones pues ha pasado muy poco tiempo y aún se encuentra en período de evaluación.

Los Institutos Tecnológicos estatales: INTEC Y CIMM

■ INTEC

El Instituto Tecnológico de Chile (INTEC) fue creado, el 30 de septiembre de 1968 por el Gobierno, con el propósito de actuar como un activo agente en el proceso de la modernización tecnológica en los sectores de la producción y los servicios. Entre la fecha de su creación y el año 2002, INTEC realizó importantes aportes al Estado en materias de desarrollo y transferencia tecnológica. El 14 de agosto de 2003, mediante el decreto 587 del Ministerio de Justicia, se canceló su personalidad jurídica y todos sus bienes fueron traspasados a Fundación Chile. La justificación de esa fusión fue que el país necesitaba tener un sistema de innovación tecnológica de buen nivel y que era preferible, fusionar dos entidades que cumplían roles similares. INTEC, al depender de CORFO, enfrentaba limitaciones para seguir creciendo y por ley no podía generar negocios ni crear empresas, lo que sí podía realizar la Fundación Chile.

Otras razones, no indicadas públicamente, apuntaban a que el objetivo de la fusión fue salvar a la Fundación Chile que pasaba por una difícil situación debido a que entre fines de los años 80 y principio de los 90 tomó decisiones de invertir en diferentes empresas que generaron pérdidas, afectando el patrimonio de la fundación. Al concretarse la fusión, INTEC aportó US\$19 millones al patrimonio de US\$15 millones de Fundación Chile.

■ CIMM

El Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM, fue creado oficialmente el 11 de agosto de 1970, para dar respuesta a la "indispensable necesidad de disponer de respaldo tecnológico propio para sostener el desarrollo de la minería nacional". El centro alcanzó a operar un poco más de 40 años, llegando a ser el mejor centro de investigación minero de América Latina. Durante el gobierno de Sebastián Piñera, se decidió cerrar la entidad. El "CIMM fue la gran herramienta pública que tuvo el Estado chileno para formar profesionales para la minería"²⁵, además, realizó un importante trabajo en generar y mejorar procesos productivos aplicados a la minería. Hoy la industria no tiene esa capacidad. Las razones dadas para la disolución del Centro fueron que ya no estaba cumpliendo con sus propósitos, debido a que por razones de falta de presupuesto se había orientado a la venta de servicios, perdiendo de esta manera terreno frente a otras instituciones.

Otras razones dadas fueron la venta del terreno de más de 32.000 m², en el que se ubicaban sus principales instalaciones, en Santa María de Manquehue, en la comuna de Vitacura. Este terreno fue valuado en alrededor de US\$ 30 millones en estudios efectuados entre los años 2005 y 2008" y vendido posteriormente en MUS\$ 25 millones.

Modelo institucional chileno de SPAI

Si bien existe en Chile un Sistema Nacional de Innovación, el Sistema Público de Apoyo a la Innovación no cumple con los requisitos básicos indicados anteriormente. Existe el Consejo Nacional de Innovación para el desarrollo (CNID), anteriormente denominado Consejo Nacional de Innovación para la competitividad (CNIC), que define la estrategia

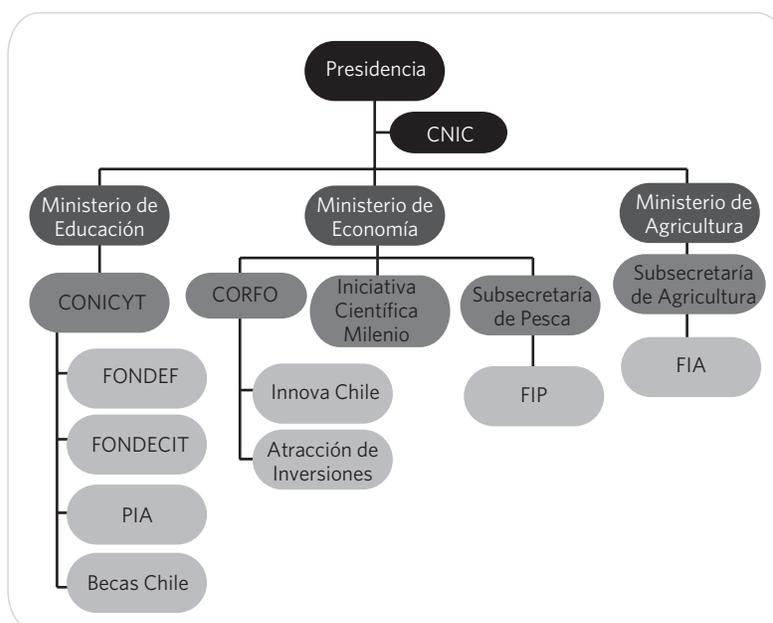
²⁵Entrevista a Ignacio Moreno en Revista Nueva Minería y Energía, 8 de septiembre de 2014.

de innovación, pero el diseño de las políticas es responsabilidad de cada una de las agencias intermedias. Ellas se encargan del diseño de las políticas de innovación y de la entrega de financiamiento y asesorías de acuerdo a su propia concepción de política nacional de innovación, no existiendo coordinación con las demás agencias en relación a esta política. Chile-Innova ha tratado de asumir el rol de coordinación, pero, no se le han entregado las herramientas suficientes para ello.

En términos de modelo, el SPAI chileno se asemeja más a un modelo por pilares. En él se pueden identificar distintas áreas de especialización como educación, a cargo de CONICYT e investigación, desarrollo tecnológico y económico a cargo de CORFO. Además de estas agencias principales, se pueden identificar diferentes agencias, con una menor participación, vinculadas a la investigación científica y tecnológica, en diferentes áreas del sistema público.

Figura 24
El Molde del SPAI chileno.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.



Organización actual.

El sistema actual de Ciencia, Tecnología e Innovación, se organiza en tres niveles: formulación de estrategia, diseño de políticas y ejecución de políticas. El sistema actual corresponde a un modelo de división del trabajo en el que el Ministerio de Economía y el de Educación comparten las tareas de conducción política. El Ministerio de Economía, con una mirada desde los retos del desarrollo productivo y el mundo empresarial, y el Ministerio de Educación, desde la mirada del avance de la ciencia y de la formación de capital humano avanzado. Cada uno de estos ministerios tiene a su cargo una agencia especializada (CORFO y CONICYT).

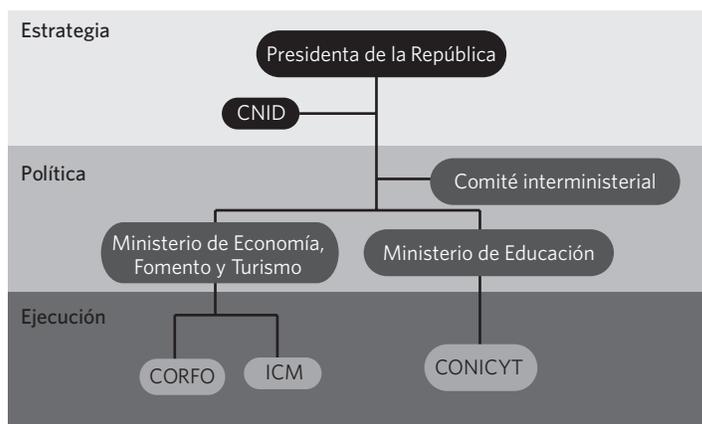


Figura 25
Sistema actual de Ciencia,
Tecnología e Innovación.

Fuente: Un sueño compartido para el futuro de Chile. Comisión Presidencial Ciencia para el Desarrollo de Chile.

La responsabilidad por la coordinación recae en un Comité interministerial. Este diseño ha enfrentado en la práctica una serie de limitaciones. La principal es que la formulación estratégica recae en el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). Este consejo opera en virtud de un decreto presidencial y no al amparo de una ley. Esta situación atenta contra la continuidad de sus objetivos y atribuciones, y lo hace dependiente de la buena voluntad presidencial. A nivel político, el desarrollo de la estrategia es una responsabilidad compartida entre ambos Ministerios: Educación y Economía. El fomento de estas actividades sin embargo no ha sido asumido por éstos como una prioridad. Además, el Comité Interministerial para la Innovación, que debería coordinar la articulación de los esfuerzos del gobierno en la materia, no ha funcionado como se esperaba y tampoco cuenta con un marco legal que lo respalde.

Las principales fortalezas de la organización actual están a nivel de las agencias responsables de la ejecución de las tareas de innovación (CORFO y CONICYT). Ambas entidades tienen una larga trayectoria y han acumulado un importante aprendizaje sobre la forma de gestionar diversos instrumentos de apoyo público. Sin embargo, la ausencia de una conducción política coordinada no ha permitido el desarrollo de una práctica de trabajo conjunto. Los acuerdos entre las entidades han apuntado fundamentalmente a delimitar adecuadamente sus respectivos campos de intervención y a asegurar el intercambio de información sobre la asignación de recursos a proyectos.

7.3.5 Principales Debilidades

Dispersión de esfuerzos

- Existe una notoria descoordinación entre los diversos mecanismos que el Estado tiene para impulsar el desarrollo científico y tecnológico. Esos mecanismos, en muchos casos, se han generado para resolver problemas puntuales sin una mirada general sobre las necesidades de un sistema científico-tecnológico que debiera crecer con organicidad y con un pensamiento de fondo.
- El sistema actual presenta un alto grado de dispersión de iniciativas, programas y esfuerzos que dependen de diferentes ministerios, sin un marco común de políticas rectoras.
- Esta dispersión genera una falta de alineamiento con una mirada estratégica común y de largo plazo, y de foco estratégico.

- El sistema actual enfatiza una organización institucional definida por actores: por un lado, la ciencia y los científicos y por otro, las empresas y empresarios, lo que conspira contra la confluencia de esfuerzos en favor de impacto y objetivos.

Falta de relevancia política del sector

- Históricamente, los Ministerios de Educación y Economía han sido débiles en cumplir con sus obligaciones en relación al fomento de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- No se cuenta con una instancia ministerial que esté exclusivamente dedicada a estas áreas, que han sido reconocidas como fundamentales para el desarrollo del país.
- El comité interministerial no ha cumplido con su labor en términos de frecuencia de reuniones y asignación de la importancia de la innovación en los respectivos Ministerios.
- Falta de una autoridad que se haga políticamente responsable por el avance de la CTI y por su aporte al desarrollo nacional.

Discontinuidad de esfuerzos en torno a grandes objetivos estratégicos

- Es necesario tener un consenso transversal de los grandes lineamientos estratégicos de largo plazo en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Las autoridades se ven enfrentadas a optar por acciones que tienen costos inmediatos, pero beneficios que se verán después del término de su mandato.

Problemas de coordinación para asumir objetivos de desarrollo

- Debido a la amplitud de áreas que ven las carteras relacionadas con CTI, éstas no logran diseñar y asegurar la implementación de acciones integrales de política que permitan fortalecer y movilizar capacidades científico tecnológicas y de innovación en ámbitos o temas relevantes para el desarrollo nacional. Cada Ministerio y sus agencias relacionadas avanzan en función de sus propios objetivos, por lo que la cooperación en torno a problemas nacionales es la excepción y no la regla.
- Más que organizarse en torno a grandes objetivos o propósitos, la actividad de apoyo a la CTI se estructura en base a instrumentos y, ante cada nuevo problema, la respuesta es desarrollar un nuevo instrumento de apoyo.
- El personal de las agencias se ha transformado en evaluador de proyectos y revisor de informes, las entidades públicas han ido perdiendo inteligencia y conocimiento sectorial actualizado.

Problemas de desarrollo regional

- El esfuerzo por desarrollar un sistema de CTI articulado con las políticas sectoriales en desarrollo, bienestar social, medio ambiente y vinculado al territorio, se concreta a nivel de regiones. Éstas carecen de proyección estratégica, por lo que muchos proyectos quedan a medio camino. Esto dificulta un despegue regional en este campo. Se requiere un enfoque integral de política, mejor coordinación y más integración a las prioridades del gobierno regional.

7.3.6 Presupuesto del SPAI

El Ministerio de Economía recopila las partidas de financiamiento para I+D, de las instituciones, programas y proyectos, clasificadas de acuerdo a los objetivos socioeconómicos de la actividad financiada. Esta estadística permite identificar las intenciones u objetivos de gasto en I+D de las administraciones públicas.

Financiamiento público de actividades de I+D

Los Créditos Presupuestarios Públicos para I+D o GBAORD (Government budget appropriations or outlays for R&D) es una estadística utilizada por la Oficina de Estadísticas de la Comunidad Europea, Eurostat, y OCDE que permite identificar el presupuesto público destinado a Investigación y Desarrollo (I+D), con el objetivo de determinar del potencial financiero destinado a I+D por la administración pública. También permite conocer la inversión del Estado en I+D y cuáles son las áreas de objetivo socio-económico que presentan mayor importancia en el financiamiento público.

El financiamiento público a las actividades de I+D presenta un alza. En el año 2013 el GBAORD alcanzó 0,23% del PIB.

Tabla 4
GBAORD de Chile.

Fuente: Ministerio de Economía.

| GBAORD de Chile (Presupuesto vigente \$MM corrientes) | | | |
|---|---------|---------|---------|
| | 2011 | 2012 | 2013 |
| GBAORD | 241.662 | 285.391 | 320.914 |
| GBAORD/PIB | 0,20% | 0,22% | 0,23% |

Presupuesto destinado a I+D en los Institutos Tecnológicos Públicos

El presupuesto de I+D según sector de ejecución, muestra que los principales ejecutores de las actividades de investigación y desarrollo son las universidades, seguidas de las instituciones sin fines de lucro. Se observa además una gran brecha con el sector privado.

| GBAORD por Sector de Ejecución (millones \$ corrientes) | | | |
|---|---------|---------|---------|
| | 2011 | 2012 | 2013 |
| Empresarial Privado | 9.853 | 12.814 | 22.319 |
| Educación Superior | 179.502 | 229.694 | 248.647 |
| Sector Gubernamental | 11.195 | 13.608 | 15.371 |
| Instituciones sin Fines de Lucro | 27.603 | 23.958 | 26.941 |
| No distribuido | 13.509 | 5.317 | 7.634 |
| Total | 241.662 | 285.391 | 320.914 |

Tabla 5
GBAORD por Sector de Ejecución.

Fuente: Ministerio de Economía.

En las partidas presupuestarias se encuentran los institutos tecnológicos públicos (ITPs). Estos son un total de 12 y se encuentran distribuidos en 7 ministerios. Los institutos que tienen un mayor presupuesto de I+D son INIA (37% en el 2013), INFOR (30% en 2013) y IFOP (23% en 2013). Los Institutos Tecnológicos que más han aumentado su presupuesto destinado a I+D son: el Instituto de Fomento Pesquero, el Instituto Forestal, y la Comisión Chilena de Energía Nuclear.

7.3.7 Propuesta de institucionalidad para fortalecer la Ciencia, la Tecnología y la Innovación

En julio de 2015, la Comisión Presidencial: Ciencia para el Desarrollo de Chile, entregó a la Presidenta de la República, el documento "Un Sueño Compartido" en el que cerca de 300 personas aportaron diferentes visiones respecto al camino que debería seguir el país en temas de ciencia, tecnología e innovación.

En el capítulo que hace referencia a la propuesta de nueva institucionalidad, se indica que la Comisión no llegó a un acuerdo sobre el modelo institucional más apropiado para impulsar el avance de la CTI y su contribución al desarrollo nacional, por lo que se plantearon dos propuestas.

La primera propuesta corresponde a la de Modelo de Jugador Dominante y considera realizar ajustes en los tres niveles funcionales: estratégico, político y de ejecución. A nivel estratégico, se crea un Consejo que entrega una mirada de largo plazo sobre los retos y oportunidades que el país tiene que permita atraer los intereses de las generaciones futuras a la conversación actual. El propósito de este consejo sería analizar tendencias globales y locales que representen retos u oportunidades para el desarrollo nacional. Este Consejo reemplazaría al actual Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID).

A nivel político, se crea un Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación que define las prioridades y organiza y dirige la acción gubernamental en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación. Este Ministerio asumiría las funciones vinculadas de elaboración de lineamientos estratégicos que desarrolla el actual CNID, así como el apoyo que este Consejo entrega en materia de articulación y coordinación de esfuerzos a favor de la innovación. A nivel de implementación, se ordenan agencias especializadas con altas competencias técnicas que tienen la responsabilidad de ejecutar las acciones definidas: CONICYT que ha tenido como foco principal el fomento de la actividad científica y la formación de capital humano avanzado y CORFO que se ha concentrado en aquellas áreas relacionadas con el fomento de la competitividad empresarial y el desarrollo de nuevos sectores de actividad económica, fomento de la innovación, emprendimientos dinámicos y transferencia y difusión tecnológica.

La segunda propuesta corresponde al Modelo de División del Trabajo y considera realizar ajustes en los tres niveles funcionales: estratégico, político y de ejecución. A nivel estratégico, se considera reforzar el actual CNID, creándolo por ley y teniendo la responsabilidad de establecer la propuesta de Estrategia Nacional de Innovación para el Desarrollo y actualizarla cada cuatro años. Este consejo abordaría el estudio de las tendencias globales y de la economía chilena con el objeto de identificar oportunidades para focalizar esfuerzos de I+D y de creación estratégica de capacidades científica, tecnológicas y de capital humano. Este Consejo estudiaría, además, el aporte que la Ciencia, Tecnología e Innovación pueden hacer para abordar desde una perspectiva de largo plazo los desafíos del desarrollo de Chile. A nivel político, se crea por ley un Comité Interministerial de coordinación de políticas de desarrollo productivo, científico, tecnológica y de capital humano. Este sería presidido por el Ministro de Economía e Innovación con la participación de los Ministros de Ciencia y Tecnología, Educación y Ministerios sectoriales. Además, se crea un Ministerio de Ciencia y Tecnología que, junto con dar continuidad a los diferentes programas de financiamiento de la investigación gestionados

actualmente por CONICYT, fortalecerá la promoción de la investigación de base de excelencia y multidisciplinaria que aborde los grandes desafíos del desarrollo del país, que promueva la formación de capital humano avanzado de acuerdo a las necesidades del país y que genere capacidades de colaboración con el sector productivo en programas de I+D. Finalmente, se fortalecerá el Ministerio de Economía e Innovación. A nivel de implementación, se mantienen las agencias especializadas: CONICYT y CORFO, traspasando la primera desde el Ministerio de Educación hasta el nuevo Ministerio de Ciencia y Tecnología. Éstas desarrollarán programas estratégicos con programas orientados a grandes desafíos nacionales, en el caso de CONICYT y con un enfoque de desarrollo productivo, en el caso de CORFO.

7.3.8 La proposición de ley del ejecutivo sobre Educación Superior

A la fecha de emisión del presente informe se encuentra en discusión en el parlamento la ley de Educación Superior propuesta por el ejecutivo. Esta proposición tiene particular interés para la Innovación, porque:

- exigirá a la educación superior con soporte del estado la innovación como criterio de calidad;
- empujará a la agrupación de los recursos de las universidades estatales en equipos de investigación y en el uso de infraestructura;
- asignará recursos del presupuesto del sector público basados en el desempeño en investigación, creación artística e innovación.

La proposición establece la creación de tres nuevas instituciones, a saber la Subsecretaría de Educación Superior, el Consejo para la Calidad de la Educación Superior y la Superintendencia de Educación Superior. Las funciones de estas Instituciones están resumidas en el anexo 5.

En relación a la investigación universitaria, el artículo 45 de la ley señala que el Consejo Nacional de Educación deberá elaborar criterios y estándares de calidad que sean específicos para instituciones de los subsistemas universitario y técnico profesional de nivel superior. Entre los criterios figura *“la generación de conocimiento, creación e innovación. En el caso del subsistema universitario, en esta dimensión se evalúa la capacidad para realizar creación e investigación básica y aplicada, así como transferencia de conocimiento. En el caso del subsistema técnico profesional, en esta dimensión se evalúa la capacidad de realizar innovación y de alcanzar logros en asociación con los sectores relevantes para el desarrollo social y económico del territorio en el que se inserta la institución. ... los criterios de evaluación deben referirse, al menos, a que las actividades de investigación o innovación que desarrolla la institución sean conducentes a mejorar el acervo de conocimiento, mejorar los procesos productivos y la actualización de la formación entregada; asimismo, la institución debe demostrar que cuenta con políticas y mecanismos formales para la promoción, registro y valoración de la producción académica.”*

El artículo 143 establece la creación de una Red de Instituciones de Educación superior Estatales coordinadas por la Subsecretaría que *“...tendrá como funciones proponer iniciativas para el desarrollo conjunto y el mejoramiento continuo de la calidad de las instituciones que lo integran. Entre ellas se encuentran la creación de programas y equipos de investigación, ya sea conjuntamente o en colaboración entre ellas, así como la creación y uso de infraestructura común para investigación, creación e innovación”*.

Además, el artículo 187 señala que *“La Ley de Presupuestos del Sector Público considerará recursos para un fondo de desarrollo y mejora de las funciones de investigación y creación artística de aquellas universidades que accedan al financiamiento institucional para la gratuidad de la presente ley. La distribución de dichos recursos se realizará considerando el desempeño de éstas, medido a través de indicadores de investigación, creación artística e innovación”*.

7.3.9 Desarrollos recientes impulsados por CORFO

Corfo está desarrollando iniciativas que tienen por objetivo que empresas, centros tecnológicos y universidades trabajen en conjunto para resolver problemas prioritarios. En esa línea, existen dos programas que es importante destacar.

El primer programa corresponde a los Programas Tecnológicos Estratégicos cuyo objeto es *“incrementar la tasa de innovación tecnológica en productos y procesos de las empresas en sectores estratégicos, mediante la ejecución articulada de portafolios de proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico con visión de largo plazo, que permitan cerrar las brechas detectadas, mejorar la productividad del sector y contribuir a diversificar y sofisticar el tejido productivo y están orientados a personas jurídicas, públicas o privadas, con o sin fines de lucro constituidas en Chile, que posean capacidades técnicas, de gestión tecnológica y propiedad intelectual. Asimismo, ser un referente tecnológico en el sector estratégico, poseer experiencia en la gestión y/o ejecución de proyectos de base tecnológica, entre otras”*.

Más precisamente, los programas están destinados a:

- Conformar dinámicas asociativas y cooperativas entre empresas, de preferencia nacional, centros tecnológicos, universidades y otras entidades participantes de un programa, que logren masa crítica, especialización y profundidad tecnológica en el sector abordado.
- Establecer un portafolio de proyectos de I+D aplicada e innovación con visión a largo plazo en relación a un sector o plataforma habilitante, que permita cerrar las brechas de conocimiento científico/tecnológico detectadas y abordar los desafíos tecnológicos del sector, generando innovaciones de frontera.
- Crear mecanismos de transferencia del conocimiento y tecnologías generadas, que permitan una adecuada gestión de la propiedad intelectual e industrial, y una implementación efectiva dentro del sector estratégico.
- Difundir los resultados del programa y proyectos del portafolio, dentro del sector estratégico o plataforma habilitante.
- Desarrollar mecanismos de gestión de programas tecnológicos de alta complejidad, que incorporen y adapten las mejores prácticas internacionales.

Actualmente los programas abiertos a postulaciones son los de minería, alimentos, y tecnología frutícola, habiéndose cerrado ya el de diversificación acuícola.

El segundo programa corresponde a los de **Fortalecimiento de Capacidades Tecnológicas Habilitantes para la Innovación**, que tiene por objetivo crear y/o fortalecer la infraestructura tecnológica y capital humano avanzado en entidades tecnológicas, como Centros Tecnológicos nacionales, Universidades o Empresas, tal que permita activar la demanda por innovación de las empresas para la creación de nuevos productos o servicios de alto valor y potencial de mercado.

A través de este programa Corfo apoya el desarrollo de programas de capacitación y entrenamiento, compra de equipo tecnológico como equipamiento de laboratorio, habilitación de infraestructura, costos operacionales directos y la administración general.

Asimismo, Fundación Chile, en conjunto con Corfo y otras instituciones, ha desarrollado una **Hoja de Ruta Tecnológica para la Minería del Cobre** cuya premisa radica en que el cobre puede desempeñar un rol crucial vinculado a la innovación tecnológica. Cuando un país representa el 30% de la producción mundial de un commodity y, además, posee un porcentaje similar de las reservas mundiales, cabe preguntarse: ¿por qué este país no es el centro mundial de la investigación, desarrollo e innovación tecnológica asociada a éste?.

El documento define como:

- **Núcleos Traccionantes** aquellos ámbitos que, en el corazón del proceso minero, constituyen los desafíos tecnológicos más cruciales para la evolución de la industria. Los núcleos priorizados en la Hoja de Ruta de la Minería son: Relaves; Fundición y refinería; Operaciones y planificación minera; Concentración de minerales; Hidrometalurgia.
- **Núcleos Habilitadores** aquellas dimensiones que, sin ser exclusivas del proceso minero, condicionan la capacidad de la industria para llevar a cabo su plan de desarrollo. Estos son: Capital Humano; Proveedores e Innovación y Minería Inteligente (redes y protocolos).

Nos interesa destacar el núcleo de Proveedores e Innovación. El documento señala que la industria minera nacional se encuentra transitando hacia una nueva etapa, donde la incorporación de conocimiento, innovación y desarrollo tecnológico se convierten en fuentes significativas de ventajas competitivas. En este contexto, la consolidación de un sector de proveedores STEM (servicios, tecnologías y equipos mineros) constituye un aspecto habilitador para el desarrollo futuro de la minería chilena y, a su vez, ofrece una oportunidad única de desarrollo tecnológico, diversificación productiva y de una canasta exportadora de servicios, tecnologías y equipos para la minería mundial. Para disminuir la dependencia de la minería se requiere que ésta ayude a generar innovación tecnológica.

La hoja de ruta tecnológica señala que “Potenciar el desarrollo de proveedores locales intensivos en conocimiento y tecnologías requiere la articulación de un ecosistema de innovación abierta, para lo cual se deben superar una serie de brechas que dificultan el desarrollo de innovación. Entre ellas se encuentra la inexistencia de espacios de prueba para que en condiciones reales de operación los proveedores puedan probar las soluciones y tecnologías desarrolladas, el limitado acceso a fuentes de financiamiento que sustenten el desarrollo de innovación e I+D, la existencia de relaciones de abastecimiento “transaccionales” entre proveedores y compañías mineras, y los bajos niveles de asociatividad con universidades y centros de I+D”.

CASOS DE INNOVACIÓN

8.

8.1 Aspectos Generales

En este capítulo pretendemos dar cuenta de algunos casos exitosos desarrollados en el país en años recientes. Cabe destacar que en forma explícita se ha dejado fuera la innovación de las TIC, ya que son desarrollos de naturaleza muy distinta al resto.

El análisis se ha aplicado a la industria minera, dada la importancia que ésta tiene para la economía del país y la amplia experiencia que en la implantación de las innovaciones han tenido las empresas de ingeniería de consulta.

Del análisis de un conjunto de casos concretos se puede concluir que:

- La minería chilena, que podría ser el motor de la Innovación como lo fue en países como Finlandia, Australia o Sudáfrica, es normalmente refractaria a los cambios, sean de tipo tecnológico o de gestión, en especial cuando el precio de los metales está en el ciclo de alza de precios y sólo interesa incrementar la producción y maximizar las ganancias.
- La minería es más abierta a la innovación cuando los metales están en el ciclo de baja de precios y se pretende mantener la rentabilidad con cambios de procesos, optimizaciones tecnológicas y cambios de gestión.
- La innovación en minería también puede surgir por nuevas restricciones ambientales, reclamos de comunidades vecinas, restricciones internacionales y otras.
- Aunque existen recursos económicos abundantes para aplicar en I+D, obtenidos por la aplicación del royalty a la minería en el último largo ciclo de alto precio del cobre, dichos montos no han tenido impacto destacable en incrementar la innovación en la minería.

Concluimos que la industria minera en Chile no ha sabido administrar, registrar, evaluar ni usufructuar la innovación de Sector. Un ejemplo desastroso es la reciente disolución del Centro de Investigación Minero Metalúrgico (CIMM) creado con apoyo de Naciones Unidas.

La innovación en minería tiene un gran adversario, constituido por la tecnología extranjera impulsada por los proveedores de equipos que empuja al gigantismo de equipos y sistemas, que permite economías de escala y mejoras de productividad, sin cambiar ni los procesos ni la gestión. Como ejemplo, cabe considerar que hoy en día una sola sección de molienda SAG permite tratar hasta 150.000 toneladas por día, seis veces más que la primera sección SAG de la Concentradora Chuquicamata, materializada a principios de la década del 90.

La contrapartida al gigantismo de equipos es, sin embargo:

- la magnitud de las inversiones que se requieren, que muchas empresas mineras no pueden solventar, y
- el hecho que problemas en uno solo de los equipos puede paralizar una planta entera.

La disminución del precio de los metales, la inexorable baja de las leyes de los minerales y el aumento de los costos de los insumos, han hecho que ahora la industria reconozca las dificultades del gigantismo y recurra preferentemente a la innovación como solución a sus problemas técnicos y económicos.

8.2 Fuentes de Asistencia Económica de la Innovación

Desde hace algún tiempo, quizás no más allá de un par de décadas, los gobiernos empezaron a considerar el apoyo a la Innovación en forma separada del apoyo al Emprendimiento, que es más fácil de entender, evaluar y cuyo éxito o fracaso es más fácil de determinar. En efecto, si en un Emprendimiento Industrial, el nuevo producto o servicio no logra despegar económicamente en un período entre 1 a 3 años, ha sido un fracaso, y si logra estabilizarse y crecer, ha sido un éxito y se puede decir que la semilla germinó.

La evaluación pública de la Innovación es mucho más difícil. Se requieren especialistas que entiendan y evalúen adecuadamente todas las propuestas tecnológicas (algunas bien aplicadas y otras bastante etéreas), que definan procedimientos de control de los fondos aportados en la Innovación (y no en otro tema) y (lo más complejo) que evalúen los resultados de la I+D, que a veces son de aparición tardía (sobre 5 años).

La solución que han adoptado las instituciones estatales (CORFO, CONICYT, otros) es una fuerte burocratización del proceso de apoyo a la Innovación, con instructivos complejos y largos de llenar que desaniman a los involucrados y a muchos grupos de investigación. Desgraciadamente también ha surgido un conjunto de empresas consultoras, comúnmente llamadas "expeditores", que apoyan al emprendedor en I+D, llenándole los formularios y apoyándolo en el proceso burocrático, por un porcentaje no despreciable del monto financiero que el Estado entrega.

También es destacable que el aporte que hace el Estado a la Innovación varía entre un 1/3 y 1/2 del monto global estimado para un proyecto de innovación específico. Ello implica que los innovadores deben buscar otras fuentes de adicionales de financiamiento o usar recursos propios.

Finalmente, el control del Estado sobre el uso de los recursos que proporciona, si bien es necesario para evitar malversaciones, normalmente es muy estricto y poco aplicable a una actividad que no tiene certezas. Por ejemplo, si se piden fondos para adquirir o arrendar un equipo A y éste no funciona y hay que cambiarse a un equipo B, la tramitación es larga y a menudo no se acepta el cambio.

Resulta curioso que CORFO haya promocionado que aporta más de 100 millones de dólares a centros de investigación extranjeros para que se instalen en Chile y no apoye con la misma prodigalidad a los escasos centros chilenos de investigación.

En resumen, el Estado está dando apoyo financiero a la Innovación, pero en una forma compleja y a menudo poco flexible. Urge mejorar la educación de los innovadores para interactuar directamente con las fuentes estatales de financiamiento a la investigación y que los organismos del Estado sean más eficaces en entender los procesos de innovación y tengan la flexibilidad requerida para controlar adecuadamente sus aportes.

Los aportes financieros no-estatales a la innovación son escasos pero crecientes. En la industria minera surgieron, durante las dos últimas décadas del siglo pasado, en forma espontánea para la materialización de tres tecnologías relevantes: curado ácido para lixiviación en pilas, horno convertidor Teniente (CMT) y transporte de pulpas mineras a larga distancia. En la actualidad Codelco y AMSA hacen aportes relevantes a la innovación, destacando la Minería Continua y la Minería sin Residuos respectivamente. Otras empresas mineras hacen aportes específicos pero esporádicos, a trabajos de investigación a nivel universitario o a centros de investigación extranjeros.

8.3 Fuentes de Asistencia Técnica

La asistencia técnica es el apoyo de expertos internacionales a la innovación sobre el equipo de I+D, provengan estos apoyos de organizaciones o de consultores. Los apoyos técnicos más relevantes que existen hoy en minería son de origen alemán y en el pasado cercano fueron de origen japonés.

Los resultados de las ofertas de apoyo técnico recibidas son pobres, ya que el Estado chileno no las ha sabido encauzar adecuadamente y los privados no las entienden. Como ejemplo, un organismo francés de investigación gastó varios millones de euros en definir un proyecto muy innovativo para conducir agua dulce del Sur de Chile (donde hay superávit) al Norte donde es altamente deficitaria. Aunque el resultado era muy prometedor, ninguna institución estatal continuó desarrollando la idea planteada.

Otra fuente de asistencia técnica son los consultores expertos, cuyas visitas de trabajo al país podrían ser financiadas parcial o totalmente por el Estado. Empero, los trámites son tan engorrosos que cuesta mucho coordinar la disponibilidad de estos expertos con los tiempos que toma la burocracia chilena en definir si apoya la visita.

Por otra parte, Chile tiene características propias que hacen que, en muchos temas, no existan expertos en el extranjero, porque tenemos una mega-minería y una industria exportadora de alta eficacia y somos o deberíamos ser los que lideramos muchas tecnologías.

Por tanto, en especial en Minería, el aporte de la asistencia extranjera, si bien es conveniente, no es tan relevante para el desarrollo de Chile y el Estado debería preocuparse más de la creación y mantención de expertos autóctonos en los campos que al país le interesa (en especial en minería).

8.4 Éxitos y Fracasos en Innovación

Todas las innovaciones pueden terminar en éxito o en fracaso.

En caso de éxito, la innovación es incorporada a la cultura operacional, es rápidamente copiada por otras empresas (con o sin permisos o pagos de patentes) y pasa a ser el "huevo de Colón", habitualmente sin destacar ni reconocer el mérito del equipo que lideró o presionó por materializar el emprendimiento.

En caso de fracaso, la empresa hace la pérdida contable, habitualmente desvincula a los responsables o impulsores del cambio, por el impacto negativo que implica en los resultados de la Empresa y se sepultan todos los datos y antecedentes del intento fallido, lo cual es lamentable, dado que los fracasos también enseñan. Si se entiende bien porque ocurrieron.

En Chile hay muchos ejemplos de éxitos y fracasos en la gran minería. Hemos resumido y comentado algunos en la Tabla 6. Sin desmedro de ello, hay muchos otros ejemplos de innovación que también pueden ser consideradas en el análisis de esta industria tal como se señala más adelante, en la Tabla N° 6.

| Tipos de Innovación | Éxito | Fracaso |
|--------------------------|--|--|
| Innovación Forzada | <p>Tostación Concentrados División Ministro Hales sólo podría explotar un yacimiento con alto contenido de As si procesa los concentrados con una tecnología moderna en Chile, la tostación en contra-corriente. Esta tecnología se implementó el 2014 y tras superar diversos problemas tecnológicos ya está operando en forma satisfactoria.</p> | <p>Control de Polvos La ley chilena exige un estricto control de polvo generado en la industria minera, tanto con minas como en área seca de las plantas. Lamentablemente hoy más del 90% de las plantas de chancado generan polvo en cantidades que afectan la salud de los trabajadores, visitantes y vecinos. Urge aplicar la ley y obligar a hacer innovaciones que eliminen o controlen el polvo.</p> |
| Innovación Estructural | <p>Lixiviación con Curado Ácido Minera Pudahuel desarrolló durante las décadas 70/80 la tecnología de curado ácido que permitió lixiviar en pilas minerales oxidados de baja ley con resultados rentables para esa empresa. Esa tecnología fue patentada y protegida para luego ser exitosamente exportada a otras industrias mineras chilenas.</p> | <p>Lixiviación Amoniacal de Concentrados Minera Escondida desarrolló en la década del 90 una planta de lixiviación química de concentrados de cobre en Coloso (Antofagasta), la cual fue operada con dificultades por varios meses después de su materialización. Los resultados fueron muy lejanos a lo esperado y la empresa pasó a pérdida un emprendimiento de varios cientos de millones de dólares de inversión, con la consiguiente pérdida de impuestos para el Fisco.</p> |
| Innovaciones Específicas | <p>Mejora en Captura de Mo Varias concentradoras han establecido planes de mejoramiento de sus plantas de Molibdeno, flexibilizando circuitos, adicionando equipos, cambiando reactivos, etc., y las recuperaciones metalúrgicas han aumentado desde niveles cercanos al 50% en la década del 90 hasta valores superiores al 70% en la actualidad.</p> | <p>Instrumentación y Control Discontinuado En diversas empresas mineras se han realizado intentos de mejorar la instrumentación y control de sus instalaciones antiguas con la meta de automatizar procesos y mejorar eficiencias. Lamentablemente la mayoría de esos intentos fracasan por falta de completitud, mantenciones inadecuadas, sabotajes de los trabajadores y otras.</p> |

Tabla 6
Ejemplos de
Innovación en
Minería.

Fuente: Elaboración Propia de la Comisión.

8.5 Características de la Innovación en Chile

La Innovación no da certezas; sólo da expectativas de incrementar metas de producción o de eficiencia que pueden ser alcanzadas con un trabajo de conceptualización profundo, diseños adecuados, a los que se agregan controles de diversa índole y ajustes inteligentes durante la materialización del nuevo proceso.

Las Empresas deben entender que innovar es emprender una aventura, que puede ser exitosa si se resuelven en forma temprana y adecuada todos los inconvenientes e imprevistos, pero que también puede ser un fracaso si surge una falla fatal no prevista en los estudios iniciales.

Para motivar a una empresa a acometer una innovación, la apuesta siempre debe ser alta (continuidad operacional, alto VAN, mejora sustancial del negocio). Los ingenieros que diseñan, operan o dirigen empresas, deben tener claros estos conceptos para no pedir certezas donde no las hay, y para ser actores y no espectadores de los cambios cuando ellos son atractivos para la industria chilena, y muy especialmente para la minería.

Es importante dejar constancia que la innovación no puede estar normada según los códigos o prácticas de la ingeniería tradicional, sino que debe tener la flexibilidad suficiente para ajustarse a los imprevistos, resolver dificultades y demostrar sus ventajas, pudiendo abortar, sin consecuencia para los gestores, en cualquier momento que se detecte una falla insalvable.

Un país que no entiende las ventajas estratégicas de innovar, tanto en procesos tecnológicos como en gestión, independientemente de algunos fracasos ocasionales, está condenado a ser mediocre o depender de terceros para su desarrollo.

En Chile la importancia de la industria minera está decayendo, por sus altos costos de materialización y de operación, así como por una creciente oposición comunitaria y de la autoridad a su desarrollo. La innovación podría ser la herramienta de gestión industrial que revierta este decaimiento y repotencie el desarrollo para seguir creando riquezas en forma sustentable, sobre todo en las regiones mineras.

Éxitos y Fracasos en Minería

- Lixiviación con curado ácido – Minera Pudahuel-E. Domic.
- Lixiviación bacteriana de sulfuros (Se construyó planta en Chuqui que algún tiempo después fue cerrada).
- Tostación de concentrados- División M. Hales- Codelco.
- Lixiviación amoniaca de concentrados- Minera Escondida. Planta construida y luego abandonada.
- Diseño de bombas para la recuperación de aguas de relaves, empleando dinámica de fluidos computacional. (Equipo profesionales de Bombas Neptuno-Iquique) -2011.
- Diseño innovador de embalses de relave usando desmonte de minas (JRI).
- Eliminación de orejas de cobre en ánodos, reemplazadas por material no cobre. División Chuqui (desarrollado por Innovaxion) 2014.
- Secado solar de concentrados. División El Salvador (Desarrollado por Alejandro Steiner –CADE) 1981.
- Convertidor El Teniente – Codelco – Herman Schwarze (Ref. Fernando Pino, actualmente Jacobs) 1974.
- Modelo computacional MUCH – Optimización minera a largo plazo. Desarrollado por Codelco (Sougarret, Araneda) con un equipo de profesores de la Escuela de Ingeniería de la U, de Chile (Epstein, Weintraub). Actualmente aplicado en Teniente y Chuqui. (Premio ORSA 2014).
- Minería Continua. Proceso patentado por Codelco (2012). Método de extracción y manejo de mineral en forma continua, en minería subterránea.
- Agrocopper. Compuesto de sulfato de cobre para combatir bacterias en la agricultura. Desarrollo de Cía. Minera San Gerónimo (Juan Carlos Sáez, gerente).

- Bioseal. Control de polvo en faenas mineras mediante bacterias. Desarrollo de Aguamarina S.A., Antofagasta (Pamela Chávez, gerente).
- Lixiviación bacteriana de sulfuros (Se construyó planta en Chuqui que algún tiempo después fue cerrada).
- Lixiviación amoniacal de concentrados- Minera Escondida. Planta construida y luego abandonada.

Éxitos y Fracasos en Otras Áreas

- TAOTE - Ecógrafo portátil. Desarrollado Dr. John Mackinon (Clínica Alemana) y Carlos Conca (Centro de Modelamiento Matemático y Centro de Bioingeniería U. de Chile).
- Bebida antioxidante a base de maqui. Producto desarrollado por Celulosa Arauco, en fase de lanzamiento comercial. Francisco Lozano, Gerente de Innovación.
- Diseño de pavimentos de hormigón de geometría optimizada (TCP). Patentado por Juan Pablo Covarrubias. 2011.
- Amortiguadores pendulares para oscilaciones sísmicas en edificios altos. (Zemp, De la Llera, Bresch- PUC) 2009.
- Pulsos magnéticos para la eliminación del Cáligus (parásito del salmón). Desarrollo de MARCO-chilena y Peter Ziller-Puerto Montt 2015.
- Desarrollo y producción de melamina antimicrobial "Vesto" (CelulosArauco--CODELCO-Textil Cooper Andina) 2013.
- Redes con cobre para la construcción de jaulas para salmones. Desarrollado por ECOSEA/Codelco 2013.
- Amortiguadores para sismos mediante placas elásticas ubicadas en la base de edificios.

Centraremos el análisis más detallado de ejemplos de Innovación no-minera en sólo 2 casos exitosos relevantes chilenos que han trascendido a nivel mundial: lagunas recreacionales Crystal Lagoon y amortiguadores Anti-Sísmicos.

Lagunas Recreacionales

Las lagunas recreacionales con nombre de fantasía Crystal Lagoon, fueron creadas en la década del 90, cuando con motivo de un proyecto inmobiliario en Algarrobo se analizó la idea de crear una gran piscina. El gestor de la idea innovadora fue el bioquímico chileno Fernando Fischman. Su éxito en Algarrobo en el año 2007 lo exportó en forma masiva, logrando patentar en U.S.A. en los años 2009 y 2012 como "tecnología verde" y hoy día se tienen considerados más de 180 proyectos en curso o en diseño, que han llevado la tecnología chilena a lugares alejados como Egipto donde pretenden crear una laguna artificial con aguas claras de 100 hectáreas en medio del desierto.

¿Qué hizo esta Innovación que fuera tan exitosa? Aunque los conceptos básicos de la purificación del agua existían, fue la distribución de inyectores y los esquemas de filtrado, más la acumulación del know-how y la garantía de éxito para los usuarios que hacen que las grandes inmobiliarias a nivel mundial la prefieran. Fue la excelencia técnica y tomar una oportunidad novedosa la que logró fundamentar el éxito de esta innovación.

Disipadores sísmicos para edificios

En la década del 90, la empresa chilena de ese entonces (VULCO) inició la fabricación de disipadores plásticos para mitigar los efectos sísmicos sobre los grandes edificios. Esta tecnología complementa el desarrollo también chileno denominado aislación sísmica.

Los resultados del sismo del 27/02/2010 demostraron que el sistema de disipación era efectivo y permitía que no sólo se respetara la vida de los que moran o trabajan en los edificios protegidos contra terremotos, sino que también permitían que las actividades del edificio pudiesen ser reestablecidas en plazos muy reducidos (algunas horas o pocos días).

Durante esta década esta tecnología antisísmica chilena de avanzada ha proliferado tanto en aplicaciones nacionales (torre Titanium / Hospital Militar, otros edificios y puertos), dado que las simulaciones pueden asegurar una disminución de más del 40% de las deformaciones estructurales en los sismos máximos posibles.

Asimismo, la tecnología desarrollada ha sido exportada a Japón y USA (los otros países más sísmicos del mundo) y la aceptación del primer mundo sobre esta tecnología chilena nos llena de orgullo.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

La experiencia de otros países que han tenido éxito innovando es que han tomado decisiones que han permanecido en el tiempo. Se puede decir que las claves, en términos de innovación, son: pensar a largo plazo, con una muy fuerte base en la educación; contar con políticas de largo plazo, impulsadas por el Estado, sin que ocurran cambios en las decisiones fundamentales; construir fuertes infraestructuras científicas; apoyar e impulsar la innovación en la empresa a través de herramientas impositivas; y definir áreas de desarrollo e innovación en las que el país se focalice.

9.1.1 Situación actual de la innovación

El país en general y las autoridades (públicas y privadas) le asignan poca importancia a la innovación. Esto se puede apreciar en el gasto promedio en I+D. En los últimos siete años, éste ha sido de 0,35% del PIB. Si bien se observa una tendencia creciente, alcanzando en el año 2013 un valor de 0,39%, este gasto es bajo en comparación al gasto promedio de los países de la OCDE (2,35%).

El gasto en I+D en Chile, es financiado principalmente por el Gobierno. Esta situación es diametralmente opuesta a la de los países de la OCDE, en los que el gasto es financiado mayoritariamente por la empresa privada (de difícil cuantificación). La mayor parte del gasto a su vez, está dirigida a la educación superior y a las empresas públicas. Esto hace más difícil que el sector productivo y la industria en particular implementen los resultados del desarrollo.

El gasto en I+D, está enfocado en investigación aplicada (41,25%) e investigación básica (31,13%), a diferencia de lo que ocurre en países desarrollados, en los que el gasto está focalizado en Desarrollo Experimental e investigación aplicada. El gasto en I+D, por objetivo socio económico, se concentra en producción y tecnología industrial, investigación no orientada y producción y tecnología agrícola. El gasto en I+D realizado por disciplina científica, se concentra en Ingeniería y Tecnología, seguido de Ciencias Naturales y Exactas y Ciencias Agrícolas.

El número de investigadores y técnicos, por millón de habitantes, dedicados a I+D, es bajo, en comparación a países desarrollados e incluso, al promedio de LATAM. En el año 2010, éste fue de 545 investigadores y técnicos por millón de habitantes, un 57,2% del promedio de LATAM y 8,5% del promedio de Corea. La cuantificación de investigadores en la industria es incipiente y no ha sido debidamente cuantificada. Existe además un número insuficiente de profesionales en las áreas de Ingeniería y Ciencias, debido a que quienes egresan de la enseñanza secundaria prefieren las carreras de las áreas de ciencias sociales.

Este punto queda ilustrado por el último concurso informado (2016) para postulaciones a Magister en el extranjero por Becas Chile, Además de reducirse nuevamente el número de becas, un 70% corresponden a las Ciencias Sociales y Humanidades y sólo un 12% a Ingeniería y Tecnología.

El número de artículos chilenos en revistas científicas y técnicas aumentó de manera importante entre el año 1985 y 2011, desde 569 por año, en 1985, a 1979, en 2011. La tasa de crecimiento sin embargo ha disminuido, desde 75,4%, en el periodo: 1995 a 2005 a 26,9%, en el período: 2005 a 2011. Esta situación se repite con el número de patentes solicitadas en Chile, que aumentó desde 672 patentes solicitadas en el año 1985, a 3072, solicitadas en el año 2013. La tasa de crecimiento, al igual que en el caso anterior, ha disminuido, desde 174% en el período 1985 a 1995, a 2% en el período 2005 a 2011. En relación al grupo de países de América del Sur, tanto en publicaciones como en solicitudes de patente, Chile se encuentra en el tercer lugar, luego de Brasil y Argentina. Cabe destacar que muchas publicaciones no ofrecen un aporte innovativo y se efectúan sólo por razones de evaluación académica.

El importante aumento en el número de publicaciones y de patentes no se ve reflejado en las exportaciones de productos de alta tecnología. En el año 2013, estas disminuyeron, desde un valor de 6,79% a 4,9% del total de productos manufacturados. En comparación a los países de la OCDE e incluso, al promedio de países de LATAM, las exportaciones de productos de alta tecnología son poco significativas.

Un aspecto relevante que conviene destacar es la exportación de ingeniería hacia países menos desarrollados que el nuestro, cuya industria se está innovando con know-how chileno.

9.1.2 Razones de la baja innovación

Existen diferentes razones que explican el bajo porcentaje de I+D en relación al PIB, entre las que se encuentran, entre otras, las siguientes:

Estrategia de innovación

Uno de los principales problemas que se han presentado para el desarrollo de la Innovación ha sido la falta de una Estrategia Nacional de innovación. En los diez años que lleva operando, el CNIC ha tenido cinco presidentes, cada uno de los cuales ha propulsado diferentes visiones respecto a la Innovación. Falta definir una estrategia política de permanencia de autoridades responsables de la Innovación.

Visión de corto plazo

Aunque han llegado a Chile muchas de las ideas de innovación y emprendimiento y aunque se comparten algunos principios básicos para entendernos hablamos cuando nos referimos a innovación y emprendimiento con los actores del SIN involucrados en I+D; a pesar que se han hecho esfuerzos por “formar innovadores y emprendedores”, entregando diversas y variadas herramientas, estas iniciativas están aún en una fase de “experiencias pilotos”, de “micro acciones” y “esfuerzos individuales puntuales”, que enfrentan agudos conflictos con las prácticas conocidas y validadas, con las voluntades políticas y las resistencias individuales y las estructuras. Vale decir que la cultura productiva nacional, muy focalizada hacia resultados de corto plazo (gobiernos de 4 años, directorios con bonos anuales, autoridades universitarias rotativas, etc.), tiende a rechazar los cambios innovadores que la saquen de su posición cómoda, exenta de riesgos.

Focalización en áreas prioritarias

La Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020, entregada al término de la presidencia de Eduardo Bitrán planteaba focalizar los recursos en aquellos sectores con mayor potencial de crecimiento o en los que nuestro país tiene ventajas

competitivas. Actualmente, no se ve que los recursos disponibles estén focalizados en los sectores con mayor potencial de crecimiento o en los que el país tiene ventajas competitivas.

Exportación de commodities

Existen pocos incentivos para innovar porque los principales productos que exporta Chile tienen poca competencia; comprar tecnología empaquetada es más cómodo, y también porque los líderes tienen una fuerte visión conservadora o cortoplacista. A juicio del Instituto, las conclusiones del BID acerca de las causas de la poca innovación en LAC se aplican también a Chile. La falta de verdadera competencia entre las empresas que tienen una posición dominante en su mercado las hace buscar reducir sus costos para aumentar sus ganancias y no tienen ninguna razón para correr el riesgo de la innovación. Algunas incluyen en sus contratos una cláusula por la cual no aceptan prototipos.

Resistencia al cambio de los ejecutivos de las empresas

Los gerentes y directores de la industria, tanto minera como no-minera, son profesionales de carrera, normalmente muy ligados a la operación o los negocios, y su desempeño se mide por resultados financieros y contables. Ello hace que sus decisiones deben tener impacto de corto plazo (para el balance anual), lo que es totalmente opuesto al tiempo en que se requiere desarrollar, madurar y obtener provecho de un emprendimiento innovativo. Por eso los ejecutivos chilenos son refractarios a gastar esfuerzos o comprometerse en procesos de innovación, aunque los encuentren adecuados para su industria.

Confianza mutua

Los estudios sociológicos han mostrado que el chileno es fuertemente desconfiado (más del 80% de la población), lo que hace difícil conseguir apoyos para materializar ideas innovadoras en cualquier ámbito.

Respeto a la propiedad intelectual

La propiedad intelectual es difícil de proteger, más aún cuando existe una falta de respeto generalizado en la industria chilena por la autoría en la innovación. Un ejemplo notable fue el de una empresa minera que copió la idea del curado ácido, agregando el ácido en otro punto como única innovación.

Dificultades para obtener recursos

El apoyo financiero efectivo para la innovación solo es parcial y limitado, sujeto a trámites y controles complejos. Las incubadoras o start-up existentes en su mayoría están ligadas a Universidades, dependiendo muchas de ellas del financiamiento de CORFO para funcionar. En Chile no hay mecenas para apoyar la innovación. Los recursos financieros son escasos porque el financiamiento del emprendimiento depende fuertemente del Estado y los privados prefieren participar mayoritariamente en el financiamiento de empresas que ya están en operación. Aún no existe una industria madura de capital de riesgo. Asimismo, la burocracia para acceder a estos recursos todavía es alta.

También son importantes la falta de respaldo eficaz a las empresas jóvenes con alto potencial de crecimiento, la falta de un número suficiente de científicos e ingenieros, las normativas empresariales que obstaculizan el comportamiento innovador, la falta de oferta de crédito y la débil protección a la propiedad intelectual.

Otras razones

En Chile existen aspectos relevantes que dificultan el desarrollo de emprendimiento innovadores. Estos van desde la formación de los futuros profesionales en temas tales como: creatividad, emprendimiento y desarrollo y administración de la propiedad intelectual, hasta reducir los costos de inicio del emprendimiento, de quiebra, desarrollar el mercado de capital de riesgo, fomentar la creación de spin-offs y proteger a los nuevos emprendimientos del poder de mercado de los grandes clientes.

9.2 Recomendaciones

Definir una política de Estado en I+D

- a) Para que esta estructura de instituciones sea eficiente, debe actuar en función de una política de I+D+i que se mantenga en el tiempo. Condición necesaria para este propósito es que esa política se vuelva independiente de los cambios en el grupo gobernante. Creemos que esa institucionalidad y la política de I+D+i deben depender de una institución con la independencia de la que hoy está dotado el Banco Central, dotada de las herramientas, capacidades y atribuciones que aseguren su independencia del gobierno.
- b) La clave en términos de Innovación, es pensar a largo plazo, con base en la educación. Para ello es necesario contar con políticas de largo plazo, impulsadas por el Estado, sin que ocurran cambios en las decisiones fundamentales. Parte de esas políticas de largo plazo debe ser alcanzar una inversión efectiva en I+D+i, concentrada en Ingeniería y Tecnología, equivalente al promedio de la OCDE en lugar del escuálido 0,39% que hoy se destina.
- c) Es necesario construir fuertes infraestructuras científicas, definir áreas de desarrollo e innovación en las que el país se focalice y apoyar e impulsar la innovación en la empresa mediante herramientas impositivas. Que la inversión en I+D+i sea hecha mayormente por el Estado, por intermedio de las universidades, y no a través de la Industria, obra en contra de la eficacia de esa inversión.
- d) Un ministerio de Ciencia y Tecnología, que centralice, bajo una autoridad única el impulso que el Estado debe imprimir a las áreas de I+D+i en las Empresas y en la Infraestructura Científica, parece una buena solución. Sin embargo, esta alternativa debe combinarse con las directivas sobre I+D+i que debe recibir de una institución que, como hemos señalado en a), tenga permanencia e independencia similares a las del Banco Central. Esta institución puede ser el CNID, en la medida que este último tenga un presupuesto propio e independencia.

Establecer esfuerzos en torno a grandes objetivos estratégicos

- e) Garantizar la continuidad de esfuerzos en torno a grandes objetivos estratégicos. Es necesario tener un consenso transversal en los grandes lineamientos estratégicos de largo plazo en materia de CTI. El lastre para lograrlo es que las autoridades se vean enfrentadas a optar por acciones que tienen costos inmediatos, pero beneficios se verán después de su mandato.
- f) Los esfuerzos en la dirección de los objetivos estratégicos se reflejaron en el pasado en institutos de investigación especializados, como lo fueron el INTEC y el CIMM. Son tan necesarios como lo son hoy el IFOP y sus similares. La discusión acerca de si deben ser públicos o privados no es relevante, mientras se garantice en su gestión que los resultados serán incorporados al aparato productivo nacional de bienes y servicios y que contribuirán al aumento de su productividad y competitividad mundial.

Formular y ejecutar políticas de desarrollo por sector, en respuesta a orientaciones precisas de una estrategia nacional de desarrollo económico.

- g) La construcción y consolidación, tanto de una estructura eficiente de instituciones como de una capacidad de interacción cercana entre los actores públicos y privados, pasa por la formulación y ejecución de políticas de desarrollo por sector, en respuesta a orientaciones precisas de una estrategia nacional de desarrollo económico y social, complementadas con políticas de articulación entre la actividad de los sectores y de apoyo operativo a su acción.

Fortalecer áreas con ventajas competitivas

- h) Chile es, o más bien se considera a sí mismo, una economía pequeña y abierta al mercado mundial, por lo que no cree que sea práctico o conveniente innovar. El argumento es malo, porque hay numerosos países pequeños, con un tercio de la población de Chile, que tienen sociedades pujantes, creativas e innovadoras. El tamaño no es un argumento apropiado, pero aun si lo aceptáramos a título provisorio, debemos convenir que Chile tiene en su territorio un 30% de las reservas mundiales de cobre.

Esta situación pone al país en una condición que no tiene en otros sectores. Esta condición es la capacidad de empujar los productores a que una fracción de sus insumos industriales sea de producción nacional, tal como lo hace Brasil con el conjunto de su industria. Esto empujaría al crecimiento de la industria proveedora de la minería para convertirla en una exportadora de bienes y servicios.

- i) Pero este crecimiento de la industria proveedora de la minería no tiene que restringirse a este campo. Las empresas de Ingeniería de Consulta y de Proyectos tienen la capacidad para una exportación de un carácter más sofisticado y un número de ellas lo están haciendo, al menos a los países de la región. Incluso las que son propiedad de empresas de ingeniería transnacionales deben aprovechar los menores costos locales para exportar sus servicios aprovechando la buena calidad de la ingeniería del país y en eso deben ser apoyado por el sistema de impuestos.

Privilegiar la creación y mantención de expertos en áreas relevantes

- j) Generar preocupación en el Estado por la creación y mantención de expertos autóctonos en los campos que al país le interesa (en especial en minería), porque Chile tiene características propias que hacen que, en muchos temas, no existan expertos en el extranjero. En efecto, tenemos una mega-minería y una industria exportadora de alta eficacia y somos (o deberíamos ser) los que lideramos muchas tecnologías.

Adquirir innovación desde el sector público

- k) Un impulsor de la innovación que está en condiciones de empujar en la dirección adecuada es el Estado, que mantiene un poder comprador importante. Una política estatal de adquisiciones que favorezca la innovación puede tener una importante consecuencia.

Diseñar una institucionalidad adecuada a los fines

- l) Realzar la relevancia política del sector. No se cuenta con una instancia ministerial que esté exclusivamente dedicada a estas áreas, que han sido reconocidas como fundamentales para el desarrollo del país. En efecto, el comité interministerial no ha cumplido con su labor en términos de frecuencia de reuniones y asignación de la importancia de la innovación en los respectivos Ministerios. Es necesaria una autoridad que se haga políticamente responsable por el avance de la CTI²⁶ y de su aporte al desarrollo nacional.
- m) Resolver los problemas de coordinación para asumir objetivos de desarrollo, que resultan de la amplitud de áreas que ven las carteras relacionadas con CTI. La cooperación en torno a problemas nacionales es la excepción y no la regla. La actividad de apoyo a la CTI se estructura en base a instrumentos y, ante cada nuevo problema, la respuesta es desarrollar un nuevo instrumento de apoyo. El personal de las agencias se ha transformado en evaluador de proyectos y revisor de informes. La consecuencia es que las entidades públicas han ido perdiendo inteligencia y conocimiento sectorial actualizado.
- n) Concretar a nivel de regiones el esfuerzo por desarrollar un sistema de CTI articulado con las políticas sectoriales en desarrollo, bienestar social, medio ambiente y vinculado al territorio. Estas carecen de proyección estratégica por lo que muchos proyectos quedan a medio camino. Esto dificulta un despegue regional en este campo. Se requiere un enfoque integral de política, mejor coordinación y más integración con las prioridades del gobierno regional.
- o) Mejorar la coordinación entre los diversos mecanismos que tiene el Estado para impulsar el desarrollo científico y tecnológico. Esos mecanismos, en muchos casos, se han generado para resolver problemas puntuales, sin una mirada general sobre las necesidades de un sistema científico-tecnológico, que debiera crecer con organicidad y con un pensamiento de fondo.
- p) Reducir la dispersión de iniciativas, programas y esfuerzos que dependen de diferentes ministerios, sin un marco común de políticas rectoras. Esta dispersión genera una falta de alineamiento con una mirada estratégica común y de largo plazo, y de foco estratégico. El sistema actual enfatiza una organización institucional definida por actores: por un lado, la ciencia y los científicos y por otro, las empresas y empresarios. Esto conspira contra la confluencia de esfuerzos en favor de impacto y objetivos.
- q) Existe un Comité de Ministros de Innovación (CMI) que fue creado para asegurar la coordinación entre las diferentes iniciativas y para orientar el proceso de planificación estratégica. Es importante fortalecer el papel de este Comité, estableciendo claramente sus responsabilidades y funciones de coordinación. El CMI debería no solamente garantizar la existencia de una adecuada coordinación interministerial, sino que debería participar además en la preparación del presupuesto de Innovación.

Mejorar la educación de los innovadores

- r) Mejorar la educación de los innovadores para interactuar directamente con las fuentes estatales de financiamiento a la investigación. También flexibilizar los organismos del estado para que sea más eficaces en entender los procesos de innovación y tengan la versatilidad requerida para controlar adecuadamente sus aportes.

²⁶ CTI: Ciencia, Tecnología e Innovación.

Incentivar la conexión entre la investigación universitaria y los grandes problemas nacionales

- s) Incentivar la conexión entre la investigación universitaria y los grandes problemas nacionales. La historia de la hidráulica nacional fue pionera en la I+D+i, con fuerte presencia internacional, porque quienes la impulsaron querían resolver los problemas de la distribución del agua en los sistemas de canales de la zona central de Chile.

Un aspecto que tiene una gran importancia para explicar la falta de conexión entre la investigación universitaria y la práctica nacional es el sistema de promoción profesional de los académicos universitarios. El sistema de promoción debería premiar la obtención de patentes, el desarrollo de procesos industriales innovativos y la gravitación de la investigación universitaria en las prácticas nacionales. Pero el actual sistema premia las publicaciones en revistas internacionales y por ello es perjudicial para el logro de la conexión señalada más arriba.

La abundante referencia a la importancia nacional de las investigaciones, en la práctica es un saludo a la bandera que no implica un verdadero compromiso por favorecer la incorporación de los resultados a las prácticas nacionales. Esto es crítico, si se considera que esas actividades corresponden a casi el total de I+D+i contabilizado en el país.

Fortalecer la relación Universidad Empresa

- t) La industria requiere tecnologías internacionalmente competitivas provistas por las universidades. Además de la debilidad del sector de I&D, se presenta desde la perspectiva de espacios eficaces de vinculación universidad/empresa, el hecho de que la mayoría de las universidades carece de esquemas de incentivos a los profesores, así como de un marco normativo y administrativo de manejo expedito de los ingresos contractuales. Este es un primer paso imprescindible, y existe la suficiente experiencia internacional para lograrlo en forma rápida y expedita (Waissbluth, 1996: 405). Deben implementarse esquemas de incentivos eficaces que induzcan la sinergia entre el sector industrial y el sector académico.

Fortalecer la alianza público privada

- u) Los ejemplos de otros países que han alcanzado adelantos económicos y sociales importantes gracias a la innovación, muestran que una sólida asociación entre grupos privados y el gobierno, focalizada sobre áreas seleccionadas y consensuadas, puede producir un gran avance económico y social.

Incentivar la investigación en empresas

- v) La industria chilena tiene una baja capacidad de investigación, por lo que es necesario contar con un fuerte y eficaz vínculo sinérgico entre este sector y las universidades e institutos de investigación. En este sentido, es importante continuar con el trabajo que ha venido desarrollando CORFO, en los últimos años, orientado a definir programas tecnológicos estratégicos regionales, mesoregionales y nacionales en áreas claves de la economía y programas de Fortalecimiento de Infraestructura Tecnológica y Capacidades Humanas Avanzadas, asegurando que estas iniciativas perduren luego de los cambios de gobierno.

Incentivar la educación innovadora

- w) Se necesita un sistema educativo de calidad que desde la infancia promueva entre los niños la curiosidad, los estimule a preguntar y los entrene en cuestionar como producto del análisis crítico.

Esta educación innovadora no se restringe a los niños. Los adultos necesitan el roce de ideas, es decir el contacto con gente que entiende el problema con el que se enfrentan y que también saben del tema. Esto significa apoyar la visita a exposiciones internacionales y a participar en proyectos internacionales. En estos casos, el respaldo de las instituciones se podría materializar en apoyo económico y en proporcionar pautas para registrar lo que se vea.

ANEXO 1: Bibliografía

- BENAVENTE, J. y CRESPI, G. 1994. Hacia una Caracterización del Sistema Innovativo Nacional Chileno. Secretaría Ejecutiva, Programa de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. 51p.
- ZAHLER, A. 2014. Diagnóstico y Perspectivas de Política de Innovación, Ciencia y Tecnología. Presentación Consejo PyMes, 4 agosto 2014.
- Estructura organizacional para la Innovación Tecnológica. El caso de América Latina. Tatiana Láscaris Commeno, Universidad Nacional de Costa Rica. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. ISSN 1681-5645, Número 3/mayo-agosto 2002.
- Banco Mundial, El emprendimiento en América Latina Muchas empresas y poca innovación, Daniel Lederman, Julián Messina, Samuel Pienknagura, y Jamele Rigolini, 2014.
- CEPAL, Dialogo Interamericano, Las tendencias mundiales y el futuro de América Latina, Sergio Bitar.
- Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020.
- Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Surfando hacia el futuro, Chile en el horizonte 2015, Fernando Flores.
- Inter-American Development Bank, Social Sector, Science and Technology, Division Strengthening, Institutional Capacities for Innovation Policy Design and Implementation in Chile, 2010.
- Banco Mundial, El emprendimiento en América Latina Muchas empresas y poca innovación, Daniel Lederman, Julián Messina, Samuel Pienknagura, y Jamele Rigolini, 2014.
- Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020.
- Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), Surfando hacia el futuro, Chile en el horizonte 2015, Fernando Flores.
- Inter-American Development Bank, Social Sector, Science and Technology, Division Strengthening, Institutional Capacities for Innovation Policy Design and Implementation in Chile, 2010.
- Reuniones de trabajo de la Comisión de Innovación del Instituto de Ingenieros de Chile durante el año 2015
- FORFÁS, 2013. Forfás Annual Report 2013.
- Ministerio de Economía. División de Innovación abril 2015. Boletín Estudio Medición de Créditos Presupuestarios Públicos para I+D_GBAORD, segunda versión.
- Gobierno de Chile, Ministerio de Economía. 70 Historias exitosas de innovación y Ciencia. Una recopilación de iniciativas destacadas en Chile entre 2000 y 2008.
- Innova Chile, CORFO, 70 Casos de innovación apoyados por innova Chile de CORFO entre 2000 y 2006.
- Instituto de Ingenieros de Chile, Seminario Emprendimiento e Innovación, Presentación de Casos Ejemplares. 2010.
- Oppenheimer, Andrés. Crear o morir: Las claves de la innovación en América Latina, 2014.
- SOFOFA Innova, HECHO EN CHILE12, Historias de Emprendimiento Corporativo en la Industria Nacional.
- <http://javiermegias.com/blog/2009/11/caso-de-estudio-de-innovacion-corea-del-sur/>
- http://www.academia.edu/213423/Pol%C3%ADticas_de_Innovaci%C3%B3n_en_Corea_y_M%C3%A9xico
- <http://xavierferreras.blogspot.mx/2012/01/historia-de-dos-paises.html>
- <http://www.sbf.admin.ch/themen/01367/index.html?lang=en>
- <http://www.sbf.admin.ch/themen/01367/index.html?lang=en>

ANEXO 2: Actores del Sistema Nacional de Innovación

Institutos de investigación del Estado

Los institutos de investigación del Estado de Chile, con su fecha de creación y dependencia son los siguientes:

- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN, 1985), dependiente del Ministerio de Economía.
- Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM, 1971), dependiente del Ministerio de Minería.
- Comisión Chilena de Energía Nuclear (CChEN, 1965), dependiente del Ministerio de Minería.
- Corporación de Investigación Tecnológica (INTEC-Chile, 1968), dependiente del Ministerio de Economía.
- Fundación Chile (1976). Institución con participación estatal (Gobierno de Chile) y privada (ITT Corporation y BHP Billiton).
- Instituto Antártico Chileno (INACH, 1963), dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP, 1962), dependiente del Ministerio de Agricultura.
- Instituto de Fomento Pesquero (IFOP, 1964), dependiente del Ministerio de Economía.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, 1964), dependiente del Ministerio de Agricultura.
- Instituto de Salud Pública de Chile (ISP, 1979), dependiente del Ministerio de Salud.
- Instituto Forestal (INFOR, 1965), dependiente del Ministerio de Economía.
- Instituto Geográfico Militar (IGM, 1922), dependiente del Ministerio de Defensa.
- Instituto Nacional de Hidráulica (INH, 1967), dependiente del Ministerio de Obras Públicas.
- Instituto Nacional de Normalización (INN, 1973), dependiente del Ministerio de Economía.
- Servicio Aero fotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile (SAF, 1963), dependiente del Ministerio de Defensa.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA, 1990), dependiente del Ministerio de Defensa.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN, 1980), dependiente del Ministerio de Minería.

Instituciones públicas

- Ministerio de Economía.
- Fundación Chile.
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).
- Servicio de Cooperación Técnica (SERCOTEC).
- Fondo de Solidaridad e Inversión Social (FOSIS).
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).
- Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI).
- Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (Cultura).
- Consejo Nacional de Televisión (CNTV).
- Empresa Nacional de Minería (ENAMI).
- Fondo de Fomento para la Pesca Artesanal (Fondo Fomento).
- Fundación para la Innovación Agraria (FIA).
- Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).
- Instituto Nacional de la Juventud (INJUV).
- Dirección de promoción de Exportaciones (ProChile).

- Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADI).
- Servicio Nacional del Adulto Mayor (SENAMA).
- Servicio Nacional de Capacitación y Empleo (SENCE).
- Servicio Nacional de la Mujer (SERNAM).
- Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR).
- Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE).
- Subsecretaría de Minería.
- Subsecretaría General de Gobierno (SEGEGOB).

Instituciones privadas

- **Comunidad de emprendedores:** Webprendedor; Reset and Start Up; Sub35 - Fundación País Digital; First Tuesday; Arriego- Zona de emprendedores; Emprendo Verde; Endeavor Chile; Atrevete Hoy; Mentores por Chile.
- **Organización de apoyo al emprendimiento:** Acción Emprendedora, ACTI; Asociación de Incubadoras de Empresas; ASECH; ASEXMA; Centro Iniciativa UDP; Asoex; Centro de Innovación y Emprendimiento UAI; Centro de Innovación Un Techo para Chile; CCII; CCS; CCV; Cinde; Corporación Simón de Cirene; CODEPROVAL; Codesser; CONAPYME; CNC; CONUPIA; COPEVAL; CORDENOR; CORPARAUCO; CORPROA; Co-work Chile; CPC; Desafío Levantemos Chile; Empeñejoven; EMPRETEC; FEDEFruta; Fundación Emprender; Fundación Mercator; InnovaCien; INTECH; La nube de Valdivia; Momento Cero; Nesst-Chile; SOFOFA Innova; SOFO; Techolab.com.
- **Incubadoras de negocios:** Incuba UNAP; Incuba2; Asoincuba; Novos; Santiago Innova; Incuba UC; Innova USACH; UDD Venture; Eleva Global; Gesta Mayor; Movistar Innova; Acción Incuba; Fundación Chile; 3IE - USM; Chrysalis; Crece; CDE UBB; Idea Incuba; INETEC; INCUBATEC; Austral Incuba; Iner Los Lagos.
- **Red de inversionistas Ángeles:** Ángeles DICTUC; Ángeles de Chile; Chile Global Angels; Proyecta Chile.
- **Fondo de inversión de riesgo:** Mater; Patagonia; Austral Capital; Tridente; COPEC- UC; Medio Ambiente; IG Capital; Precursor II; Chile Innovación Fund; IM Trust Energías renovables; Agrosdesarrollo; Aurus Bios; Burril Chile Life Science Fund; IMT Exploración Minera; Asset Chile Exploración Minera; Mining Equity; EPG Exploración Minera; MINING.
- **Organización de microcréditos:** Corporación WWB - Finam; Empeñe Microfinanzas; Fundación Esperanza; Fundación Banigualdad; Fundación Contigo; Fundación Crecer; Fundación Kolping; Fundación Trabajo para un Hermano; Fundación Rodelillo; Inversiones para el Desarrollo - Indes; ONG de Buena Fe.
- **Cooperativa de Crédito:** COOCRETAL; COOPEUCH; ORIENCOOP; CAPUAL; DETACOOOP; CREDICOOP; UNIONCOOP.
- **Sociedad administradora de garantías recíprocas:** Aval Chile; Aval Pyme; Confianza; Congarantía; First Aval; Más Aval; MultiAval; Proaval Chile; Pymmer; SuAval.
- **Bancos:** Banco Estado; Banco de Chile; Scotiabank Chile; Banco del Desarrollo; Banco de Crédito e Inversiones; Corpbanca; Banco Santander; BCI NOVA; CrediChile - Banco de Chile; BANEFE - Santander.

ANEXO 3: Glosario de Indicadores de I+D del Banco Mundial**Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)**

Son gastos en investigación y desarrollo corrientes y de capital, tanto público como privado, utilizado en el trabajo de incrementar los conocimientos sobre la humanidad, la cultura y la sociedad. Esto abarca: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental.

Investigadores dedicados a investigación y desarrollo por millón de personas

Son investigadores que están dedicados al diseño o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos o sistemas, y a la gestión de los proyectos correspondientes. Se incluyen en este grupo a estudiantes de doctorados dedicados a I+D.

Técnicos de investigación y desarrollo por millón de personas

Corresponden a personas cuyas tareas principales exigen tanto conocimiento técnico como experiencia en ingeniería, ciencias naturales (técnicos), o ciencias sociales y humanidades y que participan en labores de investigación y desarrollo, siendo supervisados por investigadores.

Artículos en publicaciones científicas y técnicas

Son artículos publicados en revistas científicas y técnicas en los siguientes campos: física, biología, química, matemática, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, y ciencias de la tierra, del espacio y ciencias sociales.

Solicitudes de patentes (no residentes y residentes)

Corresponden a solicitudes presentadas en todo el mundo a través del Tratado de Cooperación en materia de Patentes o, en una oficina nacional de patentes, por los derechos exclusivos sobre un invento: un producto o proceso que presenta una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema.

Solicitudes de marca comercial (no residente directo y residente directo)

Son solicitudes de registro de una marca presentada en una oficina nacional o regional de Propiedad Intelectual (PI) que identifica ciertos bienes o servicios como producidos o suministrados por una persona o empresa específica.

Exportaciones de productos de alta tecnología

Corresponden a exportaciones de productos altamente intensivos en investigación y desarrollo, tales como productos de las industrias aeroespacial, informática, farmacéutica, de instrumentos científicos y de maquinaria eléctrica.

ANEXO 4: Valores de la PTF entre 2010 y 2014 Según Clades UC

| Año | Crecimiento del PIB | Contribución PTF | Contribución del capital | Contribución del trabajo |
|------|---------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2010 | 5,8 | 0,8 | 1,1 | 3,8 |
| 2011 | 5,8 | 0,2 | 3,0 | 2,6 |
| 2012 | 5,5 | 1,2 | 3,3 | 1,0 |
| 2013 | 4,2 | 0,4 | 2,8 | 1,1 |
| 2014 | 1,9 | -1,3 | 2,4 | 0,8 |

Tabla Anexo 4.1
Contribuciones de Factores al Crecimiento Económico en 2010-2014

Fuente: CladesUC. Informe Macroeconómico, junio 2015.

Tabla Anexo 4.2
Variación de la PTF entre 2010 y 2014.

Fuente: CladesUC. Informe Macroeconómico, junio 2015.

| Año | Trimestre | Crecimiento PTF en % |
|------|-----------|----------------------|
| 2010 | I | -1,9 |
| | II | 0,5 |
| | III | 1,0 |
| | IV | 1,9 |
| 2011 | I | 4,1 |
| | II | 0,1 |
| | III | -1,2 |
| | IV | 0,7 |
| 2012 | I | 0,4 |
| | II | 2,0 |
| | III | 1,7 |
| | IV | 1,1 |
| 2013 | I | 1,3 |
| | II | -0,4 |
| | III | 0,7 |
| | IV | -1,3 |
| 2014 | I | -1,1 |
| | II | -1,1 |
| | III | -2,0 |
| | IV | -1,3 |
| 2015 | I | -0,4 |

ANEXO 5: Nueva Institucionalidad Pública para la Educación Superior

En el Proyecto de Ley se establecen las características, funciones y atribuciones de las nuevas instituciones que se crean, de las cuales cabe destacar:

- a. A la **Subsecretaría de Educación Superior**, en materia de educación superior, le corresponderá proponer las políticas destinadas al desarrollo, promoción y mejoramiento del subsistema universitario y el subsistema técnico profesional; las políticas de acceso e inclusión; la asignación de recursos públicos que disponga la ley y la gestión de sus instrumentos; administrar el procedimiento de otorgamiento y revocación del reconocimiento oficial del Estado a las instituciones de educación superior; administrar y mantener el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior y el Sistema Común de Acceso a las Instituciones de Educación Superior; coordinar ejecución y evaluación de la política para la educación superior, así como a los organismos y servicios públicos con competencias en educación superior.
- b. **El Consejo para la Calidad de la Educación Superior**, será un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, se relacionará con el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Educación y estará afecto al Sistema de Alta Dirección Pública.

El objeto del Consejo para la Calidad será evaluar, acreditar y promover la calidad de las instituciones de educación superior autónomas y de las carreras o programas de estudio que estas impartan.

Le corresponderá desarrollar los procesos de acreditación institucional, los de acreditación de carreras y programas de estudios de pre y postgrado, de conformidad con esta Ley.

En este contexto le corresponderá proponer los criterios y estándares para llevar cabo dichos procesos, establecer los evaluadores pares, dictar las normas de carácter general sobre la materia, resolver las solicitudes de nuevas sedes, carreras o programas.

- c. **La Superintendencia de Educación Superior**, será un servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que se relacionará con el Presidente de la República por intermedio del Ministerio de Educación. Será una institución fiscalizadora, y estará afecta al Sistema de Alta Dirección Pública. El objeto de la Superintendencia será fiscalizar y supervigilar el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias que regulan la educación superior. Asimismo, fiscalizar la legalidad del uso de los recursos por parte de las instituciones de educación superior y supervisar su viabilidad financiera.

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

San Martín N° 352 D Santiago de Chile
Teléfonos (56-2) 26968647 - 26984028 - 26726997
iing@iing.cl
www.iing.cl

CONSEJO CONSULTIVO

Raquel Alfaro Fernandois
Jaime Allende Urrutia
Elías Arze Cyr
Marcial Baeza Setz
Juan Carlos Barros Monge
Bruno Behn Theune
Mateo Budinich Diez
Lautaro Cárcamo Zilveti
Juan Enrique Castro Cannobbio
Jorge Cauas Lama
Joaquín Cordua Sommer
Luis Court Mook
Carlos Croxatto Silva
Alex Chechilnitzky Zwicky
Raúl Espinosa Wellmann
Alvaro Fischer Abeliuk
Roberto Fuenzalida González
Tristán Gálvez Escuti
Alejandro Gómez Arenal
Tomás Guendelman Bedrack
Diego Hernández Cabrera
Jaime Illanes Piedrabuena
Agustín León Tapia
Sergio Lorenzini Correa
Jorge López Bain
Jorge Mardones Acevedo
Germán Millán Pérez
Guillermo Noguera Larraín
Luis Pinilla Bañados
Igor Saavedra Gatica
Mauricio Sarrazin Arellano
Raúl Uribe Sawada
Luis Valenzuela Palomo
Solano Vega Vischi
Hans Weber Münnich
Andrés Weintraub Pohorille
Jorge Yutronic Fernández

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

EMPRESAS SOCIAS

AGUAS ANDINAS S.A.
AGUAS NUEVAS S.A.
ALSTOM CHILE S.A.
ANGLO AMERICAN CHILE LTDA.
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.
ARCADIS CHILE S.A.
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO
BESALCO S.A.
CIA. GENERAL DE ELECTRICIDAD S.A.
CIA. DE PETROLEOS DE CHILE COPEC S.A.
COLBÚN S.A.
EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.
EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A.
EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES S.A.
EMPRESAS CMPC S.A.
ENAEX S.A.
FLUOR CHILE S.A.
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SIGDO KOPPERS S.A.
JAIME ILLANES Y ASOCIADOS CONSULTORES S.A.
METROGAS S.A.
MINERA ESCONDIDA LTDA.
MINERA LUMINA COPPER CHILE S.A.
SOCIEDAD QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A.

EMPRESAS DE INGENIERÍA COLABORADORAS

IEC INGENIERÍA S.A.
JRI INGENIERÍA S.A.
SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
ZÑARTU INGENIEROS CONSULTORES SpA.