

ANTECEDENTES PARA EL DISEÑO DE UNA POLÍTICA TECNOLÓGICA NACIONAL

José Miguel Benavente H.¹

¹ Este documento está basado en un informe técnico homónimo escrito por el autor a solicitud de la Comisión de Hacienda del Senado de la República durante el segundo semestre del año 2004. Deseo agradecer la eficiente ayuda de Jocelyn Olivari y los comentarios de Juan Vrsalovic. Todos los errores son responsabilidad del autor y no compromete en forma alguna a los miembros de dicha Comisión.

INTRODUCCIÓN

Existe un alto grado de consenso dentro de la profesión económica que junto con la acumulación de capital físico y humano, las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico explican en buena medida las diferencias observadas en las tasas de crecimiento del producto por habitante entre los países. No obstante lo anterior, si bien existe abundante literatura respecto a las diferentes medidas de política económica disponibles orientadas a elevar los niveles de acervo de capital físico y humano, ello no se observa para el caso de aspectos relacionados con la innovación tecnológica.

Una de las principales características de la tecnología, y del conocimiento en general, es su carácter de bien no rival, el cual sólo puede ser parcialmente excluible. A diferencia de la inversión física, la provisión privada de este tipo de bienes no necesariamente coincide con el óptimo social. Ello debido a la imposibilidad de una completa apropiación de los beneficios resultantes del nuevo conocimiento y tecnología por quienes lo desarrollan. La presencia de esta y otras fallas de mercado asociadas a la generación de nuevo conocimiento, justificaría la participación del sector público tanto en el financiamiento como en la realización de actividades científico-tecnológicas en una nación.

El principal objetivo de este informe es entregar los antecedentes necesarios para evaluar la situación del apoyo público actual a este tipo de actividades. Con este fin, se realiza un trabajo pionero de caracterización de la situación chilena respecto a sus esfuerzos en investigación científica y desarrollo tecnológico como también un esbozo de la forma en que puede ser implementado un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

El documento está organizado en cinco grandes capítulos. En el primero de ellos se discute la importancia de las actividades innovativas en el crecimiento económico junto a una caracterización de la situación actual del país en este tipo de actividades. En el segundo capítulo se discuten los aspectos teóricos que justifican la participación activa del estado en la promoción y financiamiento de actividades científico-tecnológicas. En el tercer capítulo se revisa la evidencia internacional acerca de las mejores formas de diseño institucional orientados a promover este tipo de actividades enfatizando fortalezas y debilidades de las diferentes alternativas. En seguida, en el cuarto capítulo, se caracteriza la arquitectura institucional chilena vigente de apoyo a la investigación y desarrollo realizando un análisis crítico de su operación, eficiencia y pertinencia. En el capítulo final se sugiere la forma de implementación de un Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación la que considera entre sus directrices, los lineamientos generales que deberían guiar una modificación de la institucionalidad de apoyo vigente en este tipo de actividades.

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN CHILE

En la presente sección se pretende caracterizar la situación actual de Chile en una serie de ámbitos científicos y tecnológicos de tal manera de poder tener una visión clara sobre el desempeño de nuestra economía en áreas claves de la dinámica innovativa.

Con este fin, en primer lugar se realiza una breve revisión de la literatura teórica y empírica más reciente sobre la relación entre tecnología y crecimiento económico de tal manera de motivar la importancia de la actividad científico-tecnológica para el desarrollo y crecimiento de un país. Enseguida, se discute sobre el desempeño de la actividad científico-tecnológica de Chile en términos de indicadores comúnmente utilizados en la literatura tales como el gasto nacional en Investigación y Desarrollo (I+D), número de científicos o patentes otorgadas a nacionales. En la tercera parte se caracteriza a Chile desde el prisma de la “Economía del Conocimiento” el cual considera indicadores más abarcativos en lo que se refiere a aspectos relacionados con la innovación tecnológica tanto en forma absoluta como relativa a otros países. Finalmente, en la cuarta parte se complementa la discusión anterior con un análisis exploratorio sobre la dinámica innovativa a nivel de firmas productivas basado en los resultados obtenidos de las Encuestas de Innovación de la Industria Manufacturera Chilena que realiza el INE en conjunto con Chile-Innova.

II.1 Relación Teórica y Empírica entre I+D y crecimiento Económico

Las nuevas teorías de crecimiento endógeno han dejado atrás las ideas del clásico modelo de Solow para dar lugar a revolucionarios modelos que consideran a la acumulación de

conocimiento como un componente esencial del crecimiento económico². El modelo neoclásico de crecimiento basado en las ideas de Ramsey (1928), Solow (1956), Swan (1956), Cass (1965) y Koopmans (1965), sugería que la tasa de crecimiento del producto era explicada por la dinámica del progreso tecnológico. Sin embargo, el modelo neoclásico considera dicho progreso como una variable exógena donde la política económica no tiene ningún papel que jugar.

Con el surgimiento de los primeros trabajos sobre crecimiento endógeno, Romer (1986, 1990), Lucas (1988), Rebelo (1991), se plantea que el progreso tecnológico es el resultado de esfuerzos en un variado espectro de ámbitos. Sala-i-Martin (1994) clasifica los modelos de crecimiento endógeno en cinco tipos según la fuente de crecimiento que consideren: modelos del tipo AK (Rebelo, 1991), los modelos basados en gasto público, (Barro, 1990), aquellos basados en aprendizaje y *spillovers* (Romer, 1986), modelos de capital humano (Lucas, 1988) y finalmente, modelos basados en Investigación y Desarrollo (Romer, 1990).

La mayor contribución de las teorías de crecimiento endógeno es que son capaces de explicar los determinantes de la tecnología en vez de asumir que ella es constante e idéntica entre países. La implicancia directa de estos modelos es que los países pueden alcanzar un crecimiento sostenido mediante la inversión en sectores asociados a I+D y en el desarrollo de nuevas y más eficientes formas de producción. La moderna teoría del crecimiento enfatiza el rol que tiene la acumulación de conocimiento como uno de los principales determinantes del crecimiento económico.

En consecuencia, diferentes niveles de ingresos observados entre los países estarían asociados, más que a la acumulación de factores productivos como capital y mano de obra, a la productividad de los mismos, aspectos relacionados ineludiblemente al progreso tecnológico.³ Es así como Easterly y Levine (2002) sugieren que más que la acumulación de factores, es el “residuo” el que explica principalmente las diferencias de crecimiento observadas; existe “algo más” que la simple acumulación de factores productivos que

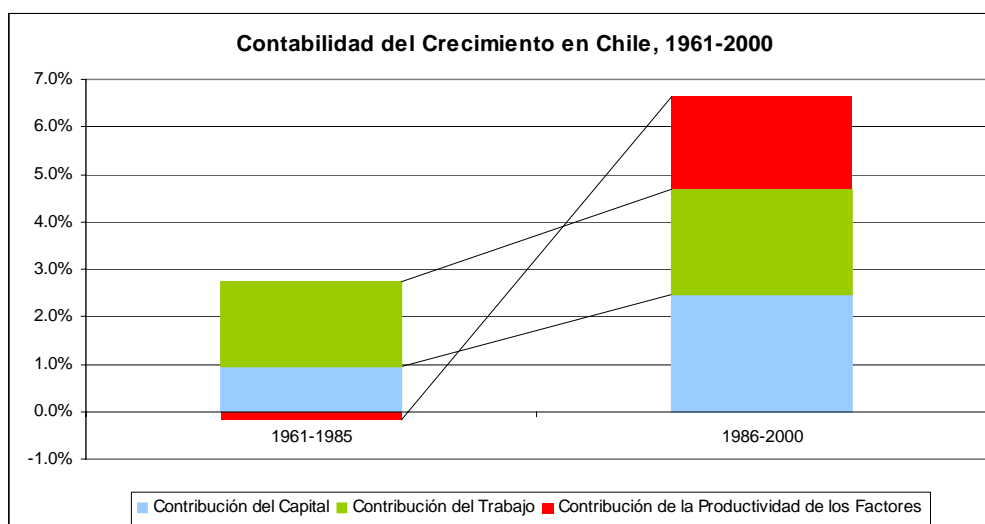
² Ver Romer (1987b, 1990), Grossman y Helpman (1994) y Aghion y Howitt (1992) por ejemplo.

³ Easterly y Levine (2002), Hall y Jones (1999), Dollar y Wolf (1997), Klenow y Rodríguez-Clare (1997).

estaría explicando los diferenciales de crecimiento económico. Ese “algo más” ha sido denominado comúnmente como la Productividad Total de Factores (PTF) la que generalmente se asocia a progreso tecnológico.⁴

Para ilustrar la importancia de la PTF en el crecimiento económico, Gallego y Loayza (2002) encuentran que las altas tasas de crecimiento que tuvo Chile después de 1985 se debieron esencialmente a un aumento de la PTF. La importancia relativa de la acumulación de capital físico, acumulación de capital humano y ganancias de productividad sobre el crecimiento pueden observarse en la siguiente figura:

Contabilidad del Crecimiento en Chile
(1961-2000)



Fuente: Gallego y Loayza (2002)

Por su parte, reciente evidencia empírica confirma que las diferencias observadas en la tasa de crecimiento de los países se explicarían por los distintos niveles de PTF alcanzados los que estarían directamente relacionados con su esfuerzo tecnológico⁵. Adicionalmente, cabe

⁴ Denominada originalmente por Solow (1957) como la “medida de nuestra ignorancia”.

⁵ Fagerberg y Verspagen (2003) y Ulku (2003).

señalar que estos esfuerzos presentarían altos retornos sociales debido a los externalidades asociadas a su generación y uso.⁶

De esta forma, la PTF estaría asociada estrechamente al concepto de crecimiento económico – particularmente aquel que no sería explicado por la acumulación de factores productivos tradicionales tales como el capital y el trabajo. En un reciente trabajo empírico, Rouvinen (2002) muestra que efectivamente el gasto en Investigación y Desarrollo explica en buena medida cambios de la PTF en un grupo de 15 países de la OECD. Sin embargo, un aspecto de fundamental interés de este estudio es el hallazgo de que sería el gasto en I+D el que causa cambios en la PTF y no al revés.⁷ Este resultado elimina por tanto la posibilidad de que para aquellos países que han crecido mas vigorosamente sea este último hecho el que explique tasas de inversión mas alta de actividades científico-tecnológicas; es decir, la causalidad inversa.

No obstante lo anterior, otro resultado de interés del mencionado estudio se relaciona con el hecho que si bien el gasto en I+D afectaría el crecimiento económico, lo haría con un rezago promedio de tres años. Es decir, no habría un impacto contemporáneo de dicho esfuerzo, sino mas bien se demoraría algún tiempo en surtir efecto. Coincidente con este resultado, Goto y Suzuki (1999) muestran que efectivamente existe un rezago en el impacto del gasto en I+D sobre el crecimiento para el caso del Japón. Mas aún, estos autores demuestran que dicho rezago cambia conforme el sector productivo se trate. Por ejemplo, para el sector electrónico y mecánico encuentran que los esfuerzos en I+D impactan al crecimiento del sector con un rezago de dos años mientras que para el caso del sector de fármacos dicho período se extiende por cinco años.

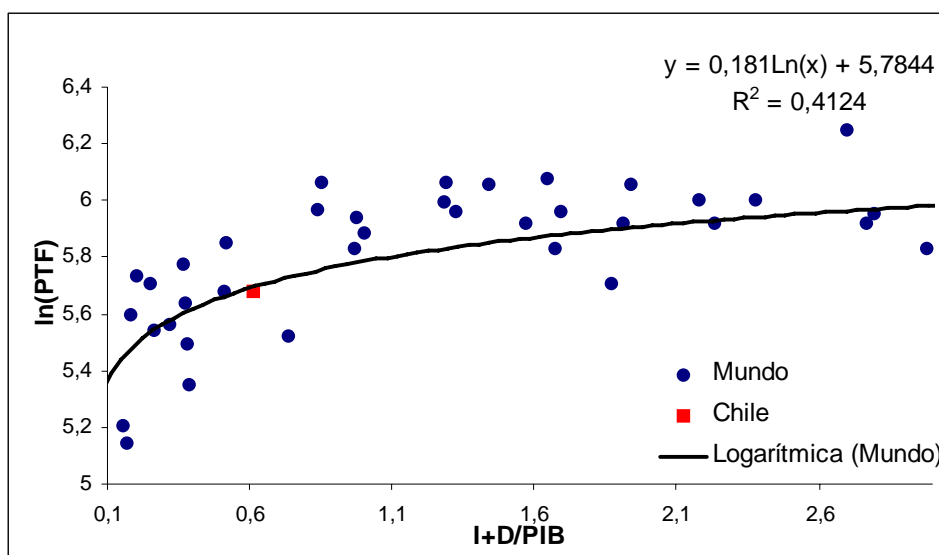
A modo ilustrativo, en el siguiente gráfico se muestra la relación entre la PTF y el gasto en I+D para el caso de 55 países para los cuales se tiene información reciente. Como se observa, existe una relación positiva entre ambas variables, medidas en promedio durante la

⁶ Lederman y Maloney (2003). Estos autores estiman que el retorno social al gasto en I+D en Chile alcanzaría al 60%.

⁷ Esto se demuestra mediante la denominada prueba de causalidad de Granger, mediante la cual, se determina la forma en que una variables causa, en el sentido estadístico a otra.

década de los noventa. En particular, los resultados sugieren que para el caso de Chile, un aumento de un 10% en la proporción del gasto en I+D sobre el producto tendrían un impacto de mediano plazo (una década) de 1,8 puntos porcentuales en el crecimiento económico. Tal como se desprende del cuadro anterior sobre contabilidad del crecimiento, el retorno a este tipo de actividades sería de una magnitud similar al resultante de aumentos del stock de capital.

Relación entre Productividad Total de Factores y Gasto en I+D
(Período 1985-2000)



Fuente: Elaboración propia en base a De Gregorio (2004) y Lederman y Saenz (2003)

Todo lo anterior, nos muestra que la actividad tecnológica, medida por uno de sus principales insumos – el gasto en Investigación y Desarrollo, tendría un impacto significativo sobre el crecimiento económico. No obstante lo anterior, dicho impacto no sería inmediato. Mas aún, reciente evidencia mostraría que el gasto en I+D podría incluso generar caídas en los niveles contemporáneos de la productividad de las firmas como consecuencia de las adaptaciones necesarias para implementar las mejoras resultados de la investigación realizada.⁸

⁸ Benavente (2004) tomando la industria manufacturera chilena, encuentra que el gasto en I+D tiene un impacto negativo sobre la productividad contemporánea de la firma. No obstante lo anterior, este impacto

Finalmente, todo el análisis anterior se ha realizado considerando como variable explicativa al gasto en Investigación y Desarrollo. Si bien este es uno de los principales insumos del proceso innovativo de un país, como se verá mas adelante, no es el único. En el siguiente acápite se amplia esta mirada al incorporar indicadores complementarios. Si bien no existe en la literatura un análisis acerca del impacto directo de este otro tipo de variables sobre, por ejemplo, el crecimiento económico, un análisis comparativo de éstos con un grupo seleccionado de países nos entrega una visión mas general acerca del quehacer científico tecnológico en nuestro país.

II.2 Caracterización de la Actividad Científico-Tecnológica en Chile

Existe un conjunto de indicadores relativamente avalados por la literatura especializada conocidos que permiten caracterizar la actividad científica tecnológica de un país. Adicional al conocido gasto nacional en Investigación y Desarrollo (I+D), se incluyen el número de patentes otorgadas, publicaciones en revistas internacionales, científicos por cada mil habitantes, por mencionar los más importantes. No obstante lo anterior, el conocimiento de estas cifras y otras variables relacionadas no ayudan a evaluar la situación de un país si no se compara con otras naciones.

En general, la forma más utilizada para medir el esfuerzo que un país hace en innovación tecnológica es analizar su gasto en I+D. Ella da cuenta de los esfuerzos en términos financieros atribuibles a actividades relacionadas con la generación de conocimiento nuevo, al menos para el país. Basado en Zahler y Tokman (2004) el siguiente cuadro presenta la evolución del gasto en I+D como porcentaje del PIB, tanto para Chile como para algunas de las naciones líderes en innovación en la actualidad.⁹

negativo es revertido con creces por el impacto rezagado de uno y dos períodos que tiene dicho gasto sobre la productividad.

⁹ Dicho cuadro debe tomarse con precaución debido a que las mediciones de I+D no son iguales entre los países. En el caso de Chile, aparentemente el gasto del sector privado estaría subdeclarado debido a que, por un lado, el incentivo para hacerlo es bajo, al no existir incentivos tributarios a la inversión en I+D y, por otro lado, producto de que no se ha realizado una medición censal al respecto. En la actualidad, el Departamento de Economía de la Universidad de Chile y el Ministerio de Economía están por publicar el primer censo de I+D del país, Tokman y Zahler (2004).

Indicadores de I+D

(Datos más recientes)

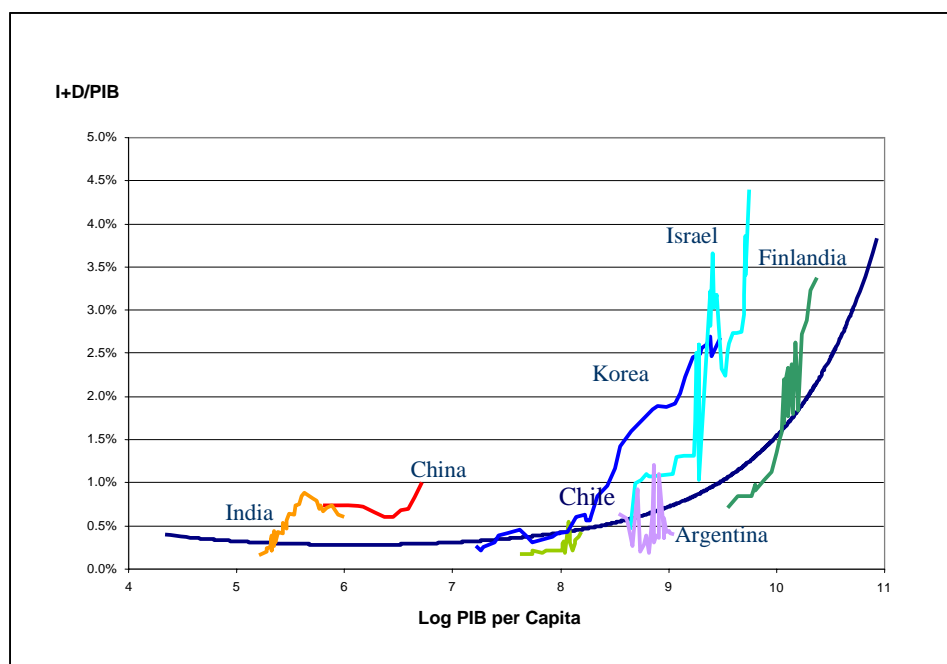
	Financiamiento de I+D (según fuente)				Investigación Básica (como % del PIB)
	Gasto en I+D (como % del PIB)	Empresas	Gobierno	Otro ¹⁰	
Chile	0.6	23.4	64.0	12.7	55.3
Finlandia	3.4	70.8	25.5	3.7	n/d
Nueva Zelanda	1.2	37.1	46.4	16.5	20.2
Irlanda	1.2	66.0	22.6	11.4	n/d
EE.UU.	2.8	64.4	30.2	5.4	18.4
Israel	4.7	69.6	24.7	5.7	19.6
Suecia	4.3	71.9	21.0	7.1	n/d
Corea	2.9	72.5	25.0	2.5	12.7
Singapur	2.2	53.1	39.3	7.6	n/d

Fuente: Tokman y Zahler (2004)

Del la información presentada hay varios aspectos interesantes de mencionar. En primer lugar, el nivel de gasto nacional en este tipo de actividades es comparativamente menor que el resto de los países considerados. Si bien los demás tienen un nivel de riqueza mayor, el gráfico siguiente muestra que para el nivel de desarrollo chileno de todos modos estamos gastando menos en este tipo de actividades de lo que nos correspondería gastar.

Esfuerzos en I+D

I+D vs. PIB per cápita



¹⁰ Otras fuentes nacionales y financiamiento exterior.

Fuente: Lederman y Maloney (2004)

El segundo aspecto de interés está relacionado con la pertinencia de dicho gasto. Si bien el gasto en I+D es un indicador importante del esfuerzo innovador que realizan los países, quizás aún más importante es la forma en que ésta se financia. Los países más exitosos han logrado que las empresas ejecuten y financien gran parte del gasto en I+D (más del 60% de acuerdo a la tabla anterior). Una práctica que es fundamental, ya que así tiende a asegurarse que la investigación sea productivamente pertinente y tenga efectos económicos reales. En Chile, esta proporción de gasto en I+D es cercana al 23%, mientras que el restante 64% es financiado principalmente por el gobierno.

Adicionalmente, existe evidencia de que el efecto productivo del gasto se incrementa cuando éste se orienta hacia la investigación aplicada o el desarrollo experimental. En los países más exitosos, la I+D aplicada se realiza en forma mayoritaria en las empresas, lo que tiende a garantizar una mayor productividad. A diferencia de los países más innovadores, la I+D realizada por las empresas en Chile es baja. Muestra de ello es que mientras en Finlandia más del 30% de los científicos que realiza I+D lo hace en las empresas, en nuestro país dicha cifra no supera el 6%. La investigación básica por su parte, generalmente requiere de financiamiento público por la baja apropiabilidad de sus resultados, sus elevados efectos de propagación y sus diluídos efectos productivos.

En comparación a los países exitosos, Chile muestra su mayor debilidad en la investigación aplicada. En efecto, la columna 5 de la tabla anterior muestra que países que efectivamente están moviendo la frontera de conocimiento mundial tales como Corea, EE. UU. e Israel destinan menos del 20% del gasto en I+D a investigación básica, mientras que Chile aún destina más de la mitad de su esfuerzo de I+D a este tipo de investigación.

Todo lo anterior indicaría, que el gasto nacional en este tipo de actividades es bajo, mal enfocado y donde el sector privado tiene una baja participación. Estos aspectos serán luego retomados al discutir propuestas de política tecnológica.

Otra variable indicativa de la intensidad y productividad innovativa de un país es la producción de patentes, ya que ellas son una buena guía de la producción de nuevas aplicaciones tecnológicas. Como se observa en la siguiente tabla, Chile prácticamente no inscribe patentes en mercados de relevancia como el norteamericano. Este resultado podría obedecer, entre otras cosas, al escaso interés de las empresas por invertir en I+D a lo que también se suma la falla de incentivos existentes en el ámbito universitario. Esto, porque las universidades chilenas premian al investigador sobre la base del número y la calidad de sus publicaciones, sin que éste obtenga beneficios adicionales por generar una invención y registrarla mediante una patente.

Generación o pago por Ciencia y Tecnología

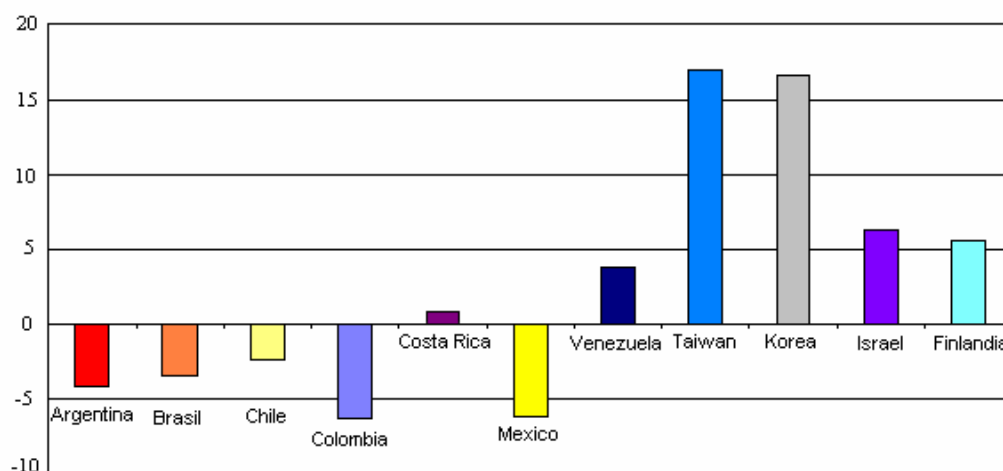
	Patentes en EE. UU. (por millón de hab.) Dato más reciente
EE.UU.	330
Finlandia	180
Irlanda	35
Israel	153
Suecia	195
Nueva Zelanda	35
Corea	70
Singapur	61
Chile	1

Fuente: Tokman y Zahler (2004)

Una forma alternativa de evaluar el desempeño de Chile en materia innovativa es examinar la transformación de las inversiones en I+D en patentes comerciales y comparar la “elasticidad” de éstas con respecto a la inversión promedio en I+D.¹¹ La siguiente figura muestra la elasticidad o sensibilidad de las patentes otorgadas a investigadores respecto de la inversión en I+D.

¹¹ Ver Bosch *et al.* (2003).

Eficiencia Del Gasto en I+D comparado con la OCDE



Fuente: Lederman y Maloney (2004)

De la figura anterior se desprende que comparado con el promedio de la OCDE, considerado el caso base, Chile presenta una notable ineficiencia respecto a su esfuerzo en I+D. Si bien no estamos tan mal comparados con algunos de nuestros vecinos, claramente estamos muy lejos de la performance mostrada por países que presentan tasas de crecimiento importantes durante las últimas décadas. Según Lederman y Maloney (2004), la alta ineficiencia podría explicarse por la falta de colaboración entre el sector privado y las instituciones dedicadas a las investigaciones, entre ellas las universidades, o también por las tasas relativamente bajas de matrícula en la educación secundaria y terciaria (universitaria).

Si bien los recursos financieros son importantes para solventar actividades científico tecnológicas, éste debe ser complementario al capital humano necesario para llevarlas adelante. En la siguiente tabla se presenta información respecto a la cantidad y calidad de los recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología para un grupo seleccionado de países. Como se observa, Chile también está muy atrasado en esta dimensión.

Dotación en Capacidad científico-tecnológica

	PhD Graduados en Ciencia (por millón de hab. 1996-99)	Científicos e Ingenieros en I+D (por millón de hab. 1990-2000)
EE.UU.	91	4.099
Finlandia	177	5.059
Irlanda	82	2.184
Israel	88	1.563
Suecia	197	4.511
Nueva Zelanda	n/d	2.197
Corea	49	2.319
Singapur	n/d	1.653
Chile	3	370

Fuente: Tokman y Zahler (2004)

Por último, en el mundo actual, las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTICs) son fundamentales para que un país pequeño y geográficamente aislado como Chile se integre exitosamente a la economía global del conocimiento. De acuerdo a diversos estudios, la infraestructura de las NTICs y las competencias informáticas de la población constituyen la “columna vertebral” del Sistema Nacional de Innovación (SIN), ya que permiten la obtención, el procesamiento y la difusión de los nuevos conocimientos generados. Sin embargo, no obstante los avances de los últimos años, el desarrollo y la penetración de la infraestructura de las NTICs en el país se mantienen rezagados respecto a los países más innovadores, tal como se ve en la siguiente tabla:

Penetración e Infraestructura NTICs

	Telefonía móvil / 100 hab. 1999	Nº de PCs / 100 hab. 2000	Hosts de Internet / 10.000 hab. 2000	Usuarios de Internet/ 10.000 hab. 2000
EE.UU.	n/d	n/d	n/d	n/d
Finlandia	66.1	39.6	1022.5	4034.0
Irlanda	37.8	36.5	296.4	2101.9
Israel	n/d	n/d	n/d	n/d
Suecia	n/d	n/d	n/d	n/d
Nueva Zelanda	23.0	36.0	900.9	2166.7
Corea	50.4	19.0	84.1	4025.4
Singapur	n/d	n/d	n/d	n/d
Chile	15.1	8.6	49.1	525.9

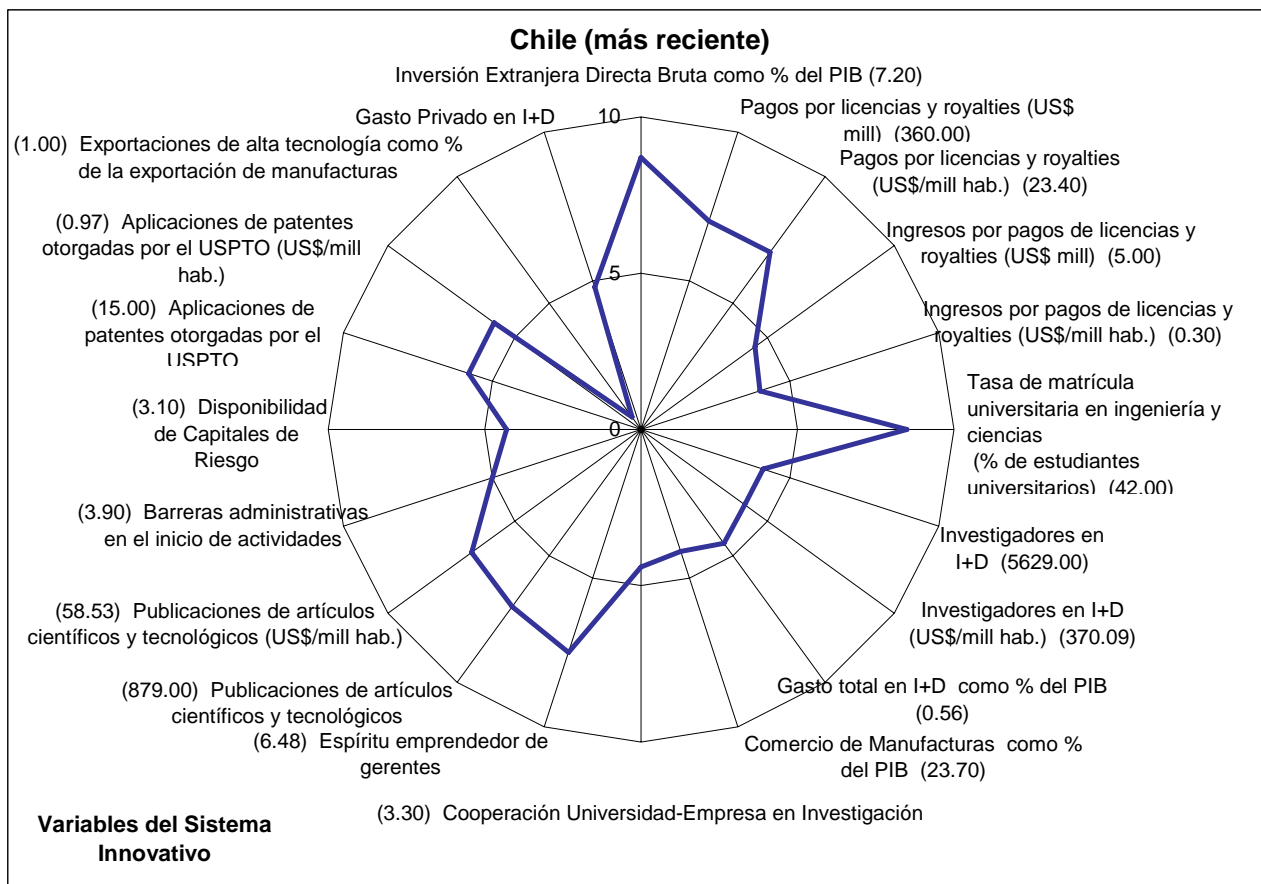
Fuente: Tokman y Zahler (2004)

Todos los antecedentes presentados explican en alguna forma la pobre performance que presenta nuestro país en los índices de competitividad internacional en áreas asociadas a innovación, capital humano y desarrollo y penetración de las NTICs.¹² Este mal desempeño, sin embargo, contrasta con los resultados en las áreas donde el país es presenta fortalezas relativas tales como eficiencia gubernamental, eficiencia en los negocios y desempeño económico.

De manera de hacer más extensiva la comparación de Chile con otras naciones, en el siguiente gráfico se presentan en forma más aglutinada, los principales indicadores relacionados con el quehacer científico tecnológico de Chile durante el año 2000 y se les compara con el promedio observado para un conjunto de 100 países para un período similar.¹³

¹² Ver Índice de Competitividad Mundial (IMD).

¹³ La explicación detallada de las variables incluidas y las fuentes de información utilizadas se puede encontrar en Banco Mundial (2004).



Fuente : Banco Mundial (2004)

Del gráfico anterior, claramente se observa que hay un sinnúmero de áreas donde Chile presenta deficiencias relativas notables. Si se agrupan las variables en términos de insumos y resultados, con respecto a los primeros y como ya se mencionó, se observa que nuestro país presenta un gran déficit de investigadores en áreas de I+D como también un gasto bastante reducido en este tipo de actividades. Por otra parte, cabe destacar el bajo índice alcanzado en la participación privada como también la falta de vinculaciones de cooperación entre las universidades y las empresas productivas.

Por el lado de los resultados se observa que si bien la producción de artículos científicos es, en términos relativos, aceptable las exportaciones de bienes manufactureros de alta tecnología son casi inexistentes en Chile como así también el pago que realizan extranjeros por patentes y tecnologías desarrolladas por locales.

Todo lo anterior representa, sin embargo, una primera aproximación a esta temática pues estos indicadores sólo nos ofrecen una versión parcial de un fenómeno que a la larga compromete a toda la actividad económica de una nación. Es por ello que abordaremos aspectos adicionales asociados a estas actividades tomando como referencia dos enfoques complementarios. En el primero, basado en el concepto de “economía del conocimiento”, donde se enfatiza la creciente importancia que tiene el conocimiento como un factor crítico en el desempeño económico de un país. El énfasis aquí está colocado en las organizaciones y las personas que adquieren, crean, difunden y usan conocimiento de manera eficiente.¹⁴

El segundo enfoque, de corte más neoclásico, sitúa a la firma productiva al centro del proceso innovativo de la economía y concentra su análisis sobre los determinantes de la introducción de nuevos productos y nuevos procesos productivos en los mercados. Esta visión microeconómica pone el acento en aspectos relacionados con la estructura de mercado¹⁵, el tamaño de firma¹⁶ y sus interacciones con el mundo académico y externo¹⁷ como gatillantes de modificaciones al proceso productivo, que junto a los esfuerzos propios de investigación y desarrollo estarían detrás la mejora sistemática en la productividad de las firmas.

II.3 Chile como una Economía de Conocimiento

Caracterizar la actividad innovativa de un país desde una visión macro no es una tarea fácil. Como se mencionó, muchos estudios empíricos consideran al gasto en Investigación y Desarrollo como el principal indicador del esfuerzo tecnológico aunque sabemos que esta variable representa solo un insumo – si bien fundamental – en el proceso innovativo agregado. No obstante lo anterior, reciente literatura propone que el conocimiento sería uno

¹⁴ Banco Mundial (2004).

¹⁵ Sutton (1999).

¹⁶ Cohen (1997).

¹⁷ Crepon, Duguet y Mairesse (1998).

de los ejes fundamentales del desarrollo de las naciones debiéndose hablar en consecuencia de una nueva forma de “sociedad del conocimiento”.¹⁸

Cabe señalar que muchos de los términos involucrados son aún bastante difusos. Ello podría explicar en parte, la escasa literatura que relaciona conocimiento y aprendizaje con crecimiento. En virtud de esa dificultad, el Banco Mundial ha desarrollado un marco conceptual basado en el concepto de “economía del conocimiento” para el cual ha generado una batería de indicadores que en forma directa e indirecta permiten caracterizar la situación relativa de un país respecto a los demás en aspectos relacionados con la generación y utilización de conocimiento. Para ello, se han definido cuatro conjuntos o áreas que en forma interrelacionada afectan la dinámica de esta economía del conocimiento afectando en última medida los niveles de crecimiento económico de los países:

- *Régimen económico y de incentivos* : dada la creciente tasa de creación de nuevo conocimiento a nivel mundial, una efectiva utilización de éste requiere de un régimen de incentivos efectivos y de instituciones que faciliten la absorción y difusión de estos cambios mediante, por ejemplo, condiciones para la creación de nuevas empresas, mercados laborales flexibles que permitan la rápida movilización de la mano de obra, condiciones macroeconómicas estables y redes de capacitación que permita re entrenar a la gente en virtud de los cambios en las demanda que se avizoren.
- *Recursos humanos creativos y entenados*: dado que la educación es la base para la creación, adquisición, adaptación, difusión, y uso de conocimiento, se asume que la educación básica incrementa la capacidad de las personas para aprender y usar información. Por su parte, la educación superior orientada a la ingeniería y áreas científicas es fundamental para monitorear tendencias tecnológicas, determinar aquellos aspectos que pueden ser relevantes para la empresa o la economía y utilizar nuevo conocimiento. La producción de nuevo conocimiento, por su parte, está directamente relacionado con enseñanza e investigación de postgrado.

¹⁸ La OECD habla de sociedad del conocimiento como “aquello que está directamente relacionado con la producción, distribución y uso de conocimiento e información” OECD (1999) p.9

- *Sistema de Innovación*: un SIN consiste en una red de instituciones, reglas y procedimientos que afectan la manera en que un país adquiere, crea, difunde y usa conocimiento. Entre los actores principales en la creación de conocimiento están las universidades, centros públicos y privados de investigación y sobretodo las firmas productivas. Por su parte, aquellos relacionados con la difusión están los servicios de extensión industrial y agrícola y las firmas consultoras, todos ellos en constante interacción.
- *Infraestructura de información*: los rápidos avances en la ICT están afectando en forma dramática las actividades económicas y sociales como también en la forma en que se adquiere, difunde y usa el conocimiento. A medida de que el conocimiento se ha tornado más relevante para la competitividad, un uso efectivo de la ICT reduce los costos de transacción, tiempo y barreras geográficas permitiendo una producción de bienes y servicios orientados al cliente.

Basados en estos principios se ha construido un índice, denominado Knowledge Economy Index, el que incorpora tres indicadores para cada uno de estas cuatro áreas las que se resumen en la siguiente tabla:

Knowledge Economy Index

	Chile		Latino América		Grupo de los G7	
	1995	2000	1995	2000	1995	2000
Régimen Económico e Institucional						
Crecimiento PIB (%)	10.6	5.38	3.16	2.87	2.29	3.31
Índice Desarrollo Humano ¹⁹	0.89	0.83	0.77	0.76	0.94	0.93
Tarifas y barreras no arancelarias ²⁰	4.00	8.00	4.13	6.13	8.00	8.00
Derechos de propiedad ²¹	10.00	10.00	6.25	5.75	9.43	9.14
Regulación ²²	8.00	8.00	5.50	5.50	8.29	6.86
Sistemas de Innovación						
Investigadores en I+D	5499	6230	11999	9604	324716	325537
Exp. Manufactureras como % PIB	22.63	22.46	26.67	28.64	28.45	33.89
Artículos científicos por millón de habitantes (ln)	3.99	4.05	2.03	2.41	6.18	6.15
Educación y Entrenamiento						
Tasa de Alfabetización adulta	95.20	95.60	87.71	89.04	98.86	99.00
Matrícula Secundaria	69.50	85.00	59.39	74.88	106.84	109.14
Matrícula Superior	28.00	34.00	22.16	23.73	56.93	59.57
Tecnologías de Información y Comunicaciones						
Líneas de Teléfonos por 1,000 personas (ln)	4.95	6.09	4.50	5.32	6.40	7.02
Computadores por 1,000 personas (ln)	3.53	4.19	2.88	3.45	5.12	5.69
Host Internet por 10,000 personas (ln)	1.95	3.55	0.57	2.35	3.96	5.97

Fuente : Banco Mundial (2004) en base a : World Bank WDI, SIMA, UNDP Human Development Report 2001, Heritage Foundation, ITU-ICT Statistics

Nota G7 incluye a : Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Reino Unido y EEUU.

¹⁹ EL HDI está basado en tres indicadores: longevidad medida como expectativa de vida al nacer; nivel educacional, medida por un promedio ponderado entre tasa de alfabetización adulta (2/3) y la tasa combinada de matrícula en primaria, secundaria y superior (1/3); una medida de estándar de vida medida por PIB per cápita en PPP. Publicado por UNDP Human Development Report.

²⁰ Este es un puntaje agregado asignado a cada país basado en el análisis de las tarifas y barreras para arancelarias de cada país tales como cuotas, prohibiciones de importación y etiquetado y requerimientos de licencias. Este puntaje es parte de un grupo mas amplio de indicadores que conforman en Índice de Libertad Económica construido por el Heritage Foundation.

²¹ Está basado en un puntaje estadístico en una escala entre 1y 7 de una muestra amplia de entrevistados en un país en particular los que responden a la pregunta de si "la propiedad intelectual está bien protegida " en su país (1= débil o inexistente, 7 = la mas fuerte en el mundo). Publicado por el World Economic Forum Competitive Report

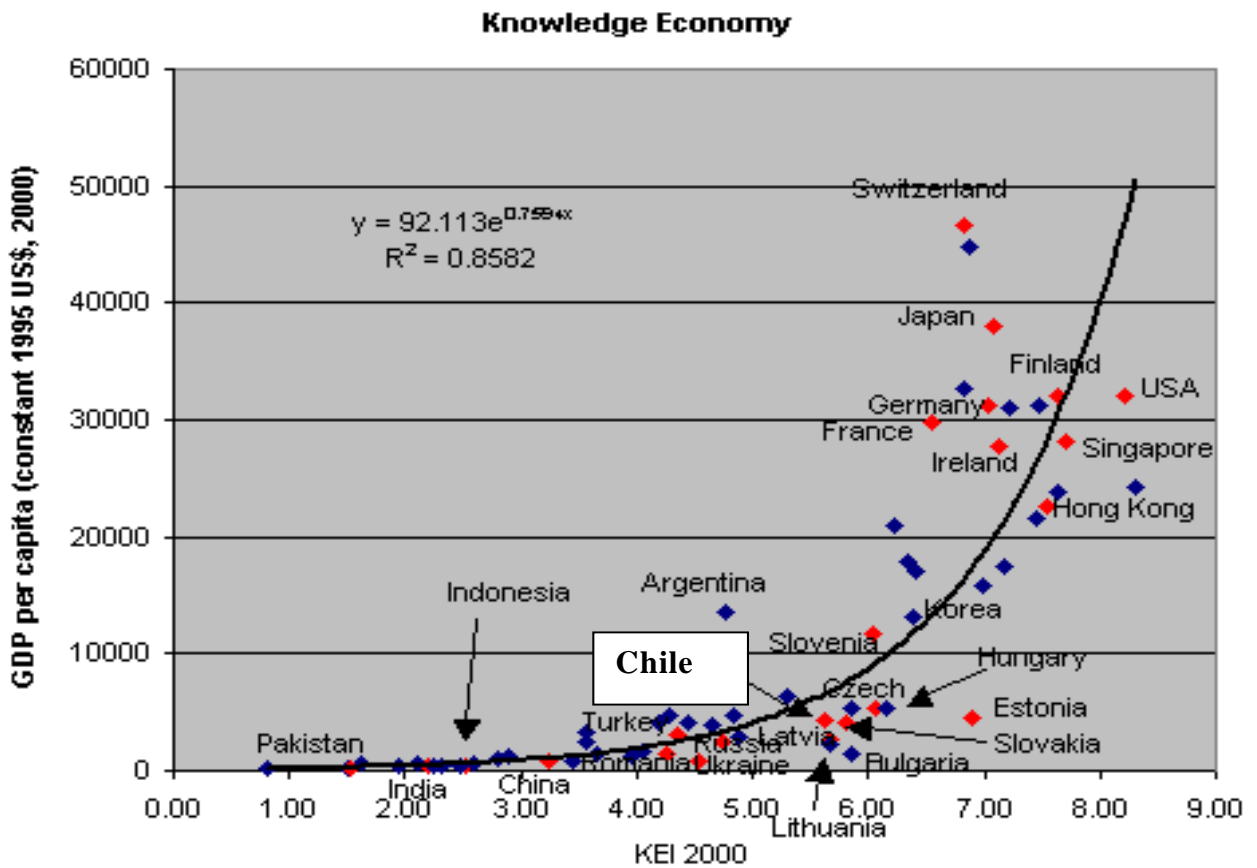
²² Este indicador mide la incidencia de políticas no amistosas con el mercado tales como control de precios o supervisión bancaria inadecuada como también percepciones de altas trabas regulatorias en áreas como el comercio internacional y el desarrollo de negocios. Ver Kaufmann, Kraay, y P. Zoido-Lobaton (2000).

Considerando este conjunto de variables, el índice KEI resultante es el siguiente:

Knowledge Economy Index		
	1995	Más Reciente
Chile	4.88	5.74
LAC	3.58	4.13
G7	7.03	7.10

Fuente : Banco Mundial (2004)

Como se observa, si bien Chile presenta una mejora en dicho índice durante la segunda mitad de los noventa, aún está muy por debajo de los niveles alcanzados por países más desarrollados. Ello es de particular relevancia toda vez que existe una relación positiva y creciente entre el nivel de producto y el valor de dicho índice, como se observa en el siguiente gráfico.



Con un ingreso per cápita cercano a los US\$ 5.500, Chile está en una posición intermedia con valores similares a países de Europa Oriental y de los Balcanes. No obstante lo anterior, del gráfico se observa que para el nivel de ingreso de Chile, su índice de conocimiento está por debajo del promedio mundial siendo el lado más débil aquellos aspectos relacionados con su sistema de innovación, anteriormente discutido.

II.4 Dinámica Innovativa a nivel de firmas: Visión Microeconómica

Una forma alternativa de caracterizar el fenómeno innovativo es mediante sus resultados económicos. En una economía de mercado, la firma productiva es la responsable última de la introducción de nuevos productos y procesos en la sociedad. Estos son la consecuencia del proceso innovativo, el cual se nutre no solo de los esfuerzos que se realizan al interior de las empresas sino que también del conocimiento desarrollado por otros agentes con los cuales interactúan. En esta sección situamos a la firma productiva en el centro del proceso innovativo y desde esta óptica analizamos sus resultados.

Para caracterizar la dinámica innovativa de las empresas chilenas utilizamos la información que se desprende de las tres encuestas de Innovación en la Industria Manufacturera Chilena levantadas por el INE.²³ Esta información es de gran importancia a la hora de responder preguntas sobre los principales determinantes de la actividad innovativa a nivel de la firma en nuestro país así como también si éstas han tenido algún impacto sobre la dinámica productiva de las mismas.

En la siguiente tabla se presentan algunos indicadores de la evolución del esfuerzo innovativo de las firmas manufactureras entre los años 1995 y 2001.

²³ La información recolectada corresponde a los años 1994 y 1995; 1997 y 1998; 2000 y 2001 en las tres encuestas realizadas respectivamente. Esta información es representativa de toda la industria manufacturera nacional la cual constituye cerca del 65% del esfuerzo nacional privado en Investigación y Desarrollo (Benavente 2004).

Indicadores del Esfuerzo Innovativo a nivel de firmas manufactureras

	2001	1998	1995
	Media	Media	Media
Número de empresas que gastan en I+D (en miles de pesos, sin factor de expansión)	199	180	295
Número de empresas que gastan en I+D (en miles de pesos, con factor de expansión)	697	497	1235
Gasto en I+D promedio plantas (miles de pesos por trabajador)	103,64	54,39	80,64
Gasto en I+D promedio plantas que hacen I+D (miles de pesos por trabajador)	518,48	420,26	293,32
Probabilidad que planta realice I+D (porcentaje)	19	13	25
Empleo (número de trabajadores)	68,81	66,18	83,50
Exportaciones (miles de pesos por trabajador)	3378,68	6820,47	2670,63
Inversión en Maquinaria (miles de pesos por trabajador)	658,96	529,28	601,90
Licencias (miles de pesos por trabajador)	42,88	15,88	24,60
Financiamiento público en I+D (porcentaje del total del financiamiento)	2,93	0,38	1,04
Firmas que innovaron en producto (porcentaje)	59,33	53,28	65,12
Firmas que innovaron en proceso (porcentaje)	56,04	54,24	70,77
Ventas Innovativas sobre ventas totales (porcentaje promedio)	12,75	23,13	18,26
Firmas con contratos Instituciones de Investigación (porcentaje)	3,87	1,00	10,51
Firmas con contratos Consultoras (porcentaje)	6,37	2,19	9,53
Firmas que reciben ideas de Clientes (porcentaje)	15,08	24,64	25,94

Firmas que reciben ideas de Asociaciones (porcentaje)	2,75	1,30	8,19
Firmas que usan ideas mediante Copia (porcentaje)	7,31	23,85	19,88
Firmas con capital extranjero (porcentaje)	7,00	3,36	5,12
Empleados sobre total trabajadores (porcentaje promedio)	40,87	37,81	21,39

Fuente: Benavente (2004)

Los resultados expandidos para toda la industria manufacturera muestran que durante el año 1998 todos los indicadores de actividades innovativas a nivel de firma tuvieron un retroceso con respecto a lo observado durante 1995. Si bien para el año 2001 muchos de estos indicadores habían mejorado no han logrado aún alcanzar los valores observados para la primera encuesta.

Quizá la única excepción al patrón sea el gasto en investigación y desarrollo por trabajador, donde se observa que el grupo de firmas que gasta en este tipo de actividades no ha crecido sistemáticamente pero que la intensidad de su gasto sí lo ha hecho. Ello se ha traducido en una mayor compra de maquinarias y equipos, mayores acuerdos de licencias tecnológicas y un mayor acercamiento a fuentes públicas de financiamiento para este tipo de actividades. Por otra parte, los resultados sugieren que las principales fuentes de ideas son más bien grupos y personas al interior de las firmas más que actividades rutinarias orientadas a este tipo de actividades, y que la búsqueda de ideas en el entorno de la firma, como universidades, consultores y la copia de la competencia son cada vez menos importantes.

Esquemáticamente, se podría considerar que el acervo de conocimiento incorporado en la firma es el resultado tanto del esfuerzo propio en generarlo como también de aquel realizado en otras partes el cuales incorporado a la firma a través de diversos canales. Por otra parte, dicho esfuerzo innovativo es moldeado por las circunstancias competitivas que enfrenta la empresa como también de la calidad de los insumos con que cuenta.

El primer paso para analizar el esfuerzo innovativo a nivel de firmas es caracterizar las variables que impactan sobre el gasto en I+D propiamente tal. En Benavente (2004) se detalla un modelo econométrico donde se modelan las determinantes en la probabilidad de reportar dicho gasto sino que también los determinantes sobre el monto de gastos reportados.

Los resultados muestran en primer lugar que el gasto en I+D tiene una persistencia temporal importante. Por su parte, se observa que las plantas más grandes tienen una mayor probabilidad de gastar en investigación aunque otras características de las firmas encuestadas, como el nivel de inversión en maquinaria y equipos y el nivel de gastos en licencias no tienen un impacto significativo sobre la probabilidad de reportar gastos en I+D. Estos resultados sugieren que este último tipo de inversiones podrían estar más vinculados a desarrollos innovativos complementarios del tipo adaptativo en las firmas más que inducir un gasto de investigación y desarrollo propiamente tal.

Las "fuentes internas de ideas para innovar", son siempre significativas y positivas en explicar la probabilidad de gastar en investigación como también las ideas provenientes de los consultores externos. Estos últimos resultados junto al hecho de que existe una correlación negativa entre la probabilidad de gastar y las ideas provenientes de los clientes y los competidores estarían dando la idea de la existencia de efectos escala asociadas a la cooperación o la red (cluster de clientes) que generarían menos necesidades de inversión autónoma en investigación (efecto ahorro). No obstante lo anterior, este efecto se disiparía en el tiempo.

Por su parte, la relativa importancia que adquiere la variable "copia" como también la competencia en forma asociativa sobre la probabilidad de reportar gastos en I+D respaldan la hipótesis de que la cooperación comienza a tomar alguna importancia relativa en el tiempo.

Ahora bien, el siguiente aspecto que se analiza en dicho estudio está referido a los determinantes del monto gastado en I+D. Los resultados son coincidentes con los

reportados previamente en la literatura²⁴ donde se observa que si bien con la escala el gasto "total" en investigación aumenta, este crecimiento es menos que proporcional conforme la firma crece en términos del número de trabajadores (rendimientos decrecientes a la escala), con lo cuál el gasto por trabajador ocupado en la planta cae.

Por su parte, los resultados muestran que para el caso chileno, la presión competitiva no estaría estrechamente relacionada con los esfuerzos de investigación de las firmas, lo que no descarta que pueda estar relacionado con los esfuerzos innovativos de éstas. Adicionalmente, los resultados muestran una creciente importancia de la propiedad extranjera sobre los montos declarados junto a una caída relativa de la importancia de las licencias en dicho esfuerzo.

En relación a la variable de "aprendizaje", los resultados sugieren que aquellas empresas que declararon que las ideas internas eran muy importantes para innovar aparecen gastando significativamente menos que las que no lo hicieron, aunque tienen una probabilidad de gastar mayor. Esto podría asociarse a que la verdadera naturaleza de buena parte de las ideas internas, no tienen que ver con la generación de grandes y formales presupuestos de investigación sino, por lo contrario, con la creación de pautas de gastos pequeñas pero más continuas en el tiempo.

La resultados también sugieren el "outsourcing" de los emprendimientos innovadores permite un ahorro de costos en los proyectos de investigación y que este efecto prima por sobre el efecto directo de la generación de una nueva línea de investigación a partir de las ideas generadas por los consultores. No obstante lo anterior, este último efecto de se revierte en el tiempo. Estos resultados confirman la percepción de que las firmas - condicional en que realizan I+D - cada vez utilizan menos el medio de competencia que los rodea y más a instituciones principalmente privadas vinculadas con el quehacer innovativo como fuente de ideas en sus actividades de investigación.

²⁴ Un resumen puede encontrarse en Benavente (2002)

En efecto, y en relación a las variables que representan la política pública, se encuentra que la oferta tecnológica contenida en las instituciones tiene un efecto sistemáticamente negativo sobre el monto declarado. Es decir, las empresas que usan ideas de las instituciones públicas gastan menos que aquellas firmas que no tienen interacción sugiriendo una especie de sustitución entre este tipo de organizaciones. Sin embargo, diferente es el caso del financiamiento público. Esta variable tiene coeficientes importantes y significativos positivos sugiriendo una complementariedad entre éstos no existiendo evidencia de algún efecto sustitución de fondos privados por públicos.

Hasta ahora se han analizado aquellas variables que explicarían que las firmas declaren estar realizando actividades de I+D así como también la escala de dicho esfuerzo. No obstante lo anterior, interesa conocer ahora los resultados del proceso innovativo el cual generalmente se mide por la introducción de nuevos productos y procesos al mercado relevante de la firma. Obviamente I+D constituye un insumo fundamental, como se verá enseguida pero existen otros determinantes que explican dicho éxito.

Los resultados presentados en Benavente (2004) muestran que efectivamente el gasto acumulado en investigación y desarrollo por trabajador es importante a la hora de predecir la introducción de un nuevo producto o proceso. No obstante lo anterior, los resultados sugieren que este gasto es más importante como insumo en el caso de innovaciones de producto que de proceso. Por otra parte, si bien los resultados también sugieren que la escala productiva de la firma es fundamental, no se observan grandes diferencias atribuibles al tamaño de la firma, medida por el número de trabajadores, entre los tipos de innovación.

Con respecto a otras características de las firmas, los resultados muestran que firmas nacionales innovaban más que aquellas de propiedad extranjera hacia la mitad de los años noventa pero que ese patrón se invirtió radicalmente durante los años siguientes. Este resultado sugiere que la caída en el número de socios del club de innovadores antes sugerida se debió principalmente a la salida de empresas de capital nacional.

Con respecto a la fuentes de ideas, los resultados sugieren consistentemente que tanto las condiciones de demanda y de oferta como suministradores de ideas están positivamente correlacionadas con la probabilidad de introducir innovaciones en las firmas. Así, firmas declaran que una mayor vinculación con instituciones públicas y consultoras como también el estudio de la competencia, son relevantes en la decisión de introducir nuevos productos y procesos. Cabe notar, no obstante lo anterior, que los resultados muestran claramente que la asociatividad con otros competidores no es relevante como fuente de información útil para innovar en productos.

Finalmente, el análisis de las magnitudes encontradas sugiere que las instituciones públicas cumplen un rol fundamental como fuente de ideas para la innovación. Los parámetros asociados a estas variables son largamente superiores a las demás fuentes de ideas consideradas.

Como se mencionó, otra forma para evaluar el éxito del proceso innovativo de una firma es a través de las ventas innovativas. Esto es, el porcentaje que, de las ventas totales de la empresa corresponden a productos nuevos introducidos en los últimos tres años a la fecha de haber realizado las encuestas. Los resultados alcanzados con metodologías complementarias a la anterior, sugieren que un mayor gasto en I+D está positivamente asociado a un aumento de la importancia que tienen las ventas de productos innovados sobre las ventas totales de la compañía. Aunque ello no ocurre ni con el tamaño de la firma ni con aquellas firmas que exportan e invierten en maquinaria y equipos ya que los coeficientes asociados a estas variables fueron en la mayoría de los casos no significativos.

Por su parte, tanto firmas que compran licencias extranjeras como aquellas que tienen en su propiedad a capitalistas foráneos están negativamente asociadas a cambios en las ventas de productos nuevos. Esto implicaría que cambios en la propiedad de las firmas y/o la contratación de licencias ha mermado el éxito relativo en términos de productos nuevos. Estas firmas que se encontraban en rangos mayores de ventas nuevas han ido perdiendo terreno relativo concentrando sus esfuerzos en innovaciones de procesos.

Junto al gasto en investigación y desarrollo, el origen interno de ideas innovativas a sí como también la revisión de la competencia y la incorporación de las ideas sugeridas por los clientes aumentan la razón de ventas innovativas sobre ventas totales. Ello sugiere que una mayor capacidad de observación tanto interna como externa puede traer frutos al éxito innovativo de la empresa. Si bien todo ello condicional en que se invierta en actividades de I+D como se mencionó anteriormente.

Finalmente, uno de los aspectos centrales de todo esfuerzo innovativo en una empresa es si ésta le reporta cambios significativos en su productividad. En este sentido Benavente (2004) plantea una estrategia empírica donde se estima la productividad de la mano de obra a nivel de firma en función de los insumos tradicionales ajustados por mejoras tecnológicas.

Los resultados encontrados sugieren que las innovaciones introducidas no alteran en forma sistemática la productividad contemporánea de las firmas durante la segunda mitad de los noventa. Estos resultados son coincidentes con aquellos presentados en acápite anteriores. No obstante lo anterior, para los últimos años se observa que ambos tipos de innovaciones presentan un efecto significativo aunque su importancia relativa es levemente inferior al capital físico y superior incluso al empleo.

Al analizar estos resultados con más detalle, se observa que al considerar el gasto en I+D como también el porcentaje de ventas innovativas como instrumentos para las innovaciones de proceso y producto, se observa que el gasto en I+D es un insumo importante en el nivel de productividad de las firmas como también lo son las ventas innovativas.

II.5 Síntesis de los Hallazgos

Resumiendo los diferentes resultados de investigaciones sobre el fenómeno innovativo en Chile, se puede concluir lo siguiente :

- Condicional al nivel de desarrollo del país, Chile presenta valores deficientes para la mayoría de los indicadores científico tecnológicos comúnmente utilizados. De particular preocupación es el monto total que gasta en I+D, la baja participación

privada tanto en el financiamiento como ejecución de estas actividades como también la falta de capital humano calificado orientado al desarrollo de nuevo conocimiento.

- Lo anterior es particularmente intrigante toda vez que la rentabilidad asociada a este tipo de actividades es largamente superior a otro tipo de inversiones de carácter más tradicional.
- A pesar de lo anterior, existen elementos que afectan en forma indirecta la creación de una economía del conocimiento mas fortalecida, tales como la estabilidad económica como también el marco regulatorio imperante, en que el país presenta rendimientos comparativos satisfactorios.
- Evidencia microeconómica sugiere que efectivamente el club de empresas innovadoras se ha ido reduciendo en el tiempo aunque sus miembros presentan presupuestos de investigación mas elevados.
- No obstante lo anterior, si bien estos esfuerzos se han traducido en nuevos productos y nuevos procesos en la economía chilena, las empresas no han visto aumentar su productividad de la misma manera, al menos en forma contemporánea. Ello podría explicar en parte, el bajo interés de los privados en estas actividades pues el horizonte para recuperar el capital es relativamente largo.
- Esta misma evidencia sugiere que existe una sustitución entre las actividades de investigación entre los institutos públicos especialmente creados con este fin y las empresas privadas. Aunque, los resultados también muestran que el financiamiento público de actividades de I+D complementa, mas que sustituye, esfuerzos financieros privados en estas actividades.
- Con respecto al entorno que rodea a la firma, el “learning by looking” y el “learning by interacting” son fuentes importantes de ideas que algunas firmas posteriormente materializan en nuevos productos y procesos. La evidencia, sin embargo, no muestra que estos efectos sean crecientes en el tiempo, sugiriendo que el Sistema Innovativo Nacional chileno está lejos de estar afiatado.

De lo anterior se desprende la importancia que tendría el sector público en el financiamiento de nuevas innovaciones al interior de las firmas sino que también en la

generación de las condiciones necesarias para que el fenómeno tecnológico fluya de manera expedita entre los diferentes actores que constituyen el Sistema Innovativo Nacional. Los motivos de porqué el estado tiene un rol indelegable en la promoción de este tipo de actividades constituye el tema central de la siguiente sección. Posteriormente se discute la situación actual de la institucionalidad pública nacional orientada a promocionar este tipo de actividades.

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL FOMENTO PÚBLICO A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

El principal objetivo de esta sección es discutir los elementos técnicos que justifican la participación pública, particularmente referida al financiamiento, de las actividades de investigación y desarrollo como de innovación tecnológica. Para ello, la discusión está organizada de la siguiente manera: primero se exponen las fallas de mercado asociadas a la actividad tecnológica e innovativa de una economía; en la segunda parte se discute sobre las fallas sistémicas de los SIN, las cuales están asociadas a los problemas de coordinación entre los distintos agentes involucrados en el quehacer científico-tecnológico de un país; en la tercera parte, se argumenta sobre el rol que le compete al gobierno en estos temas; en la cuarta parte, se describen algunos mecanismos comúnmente utilizados para superar o mitigar las fallas expuestas anteriormente; finalmente se da una breve revisión a la literatura empírica sobre el desempeño de los mecanismos descritos.

III.1 Fallas de Mercado asociadas al fenómeno innovativo

En esta sección nos concentraremos principalmente en aquellas fallas de mercado asociadas al financiamiento de actividades de I+D e innovación tecnológica. Esquemáticamente se han agrupado bajo cinco categorías dependiendo del problema que se trate, a saber, (i) insuficiente apropiabilidad de beneficios; (ii) alta incertidumbre – no cuantificable; (iii) dificultades para diversificar riesgo no sistemático; (iv) insuficiente difusión de conocimiento; y finalmente, (v) altos costos de transacción.

A continuación abordaremos cada una de las fallas de mercado desde un punto de vista teórico de tal manera que el lector se familiarice con conceptos económicos clave los que serán de utilidad una vez que se analice la situación institucional chilena en la siguiente sección,

Insuficiente apropiabilidad

Quizá esta sea una de las más citadas justificaciones de por qué privadamente el nivel de gasto en actividades de investigación no alcanza el óptimo social. Particularmente, la falta de apropiabilidad total o parcial de los beneficios derivados de la actividad innovativa genera un desincentivo a invertir en este tipo de actividades por parte de los agentes privados.

Lo anterior se debe a que no es posible aplicar exclusión a la innovación efectuada aún cuando ésta sea valorada privada y socialmente. Esto proviene del carácter de bien público del conocimiento - no rival y parcialmente excluible. Con rivalidad nos referimos a la idea de que el uso de nuevos conocimientos o tecnologías puede efectuarse simultáneamente por varias empresas pues la “receta nueva” no viene unida a restricciones físicas de uso. Así, la nueva tecnología está disponible para todo aquel que sea capaz de utilizarla en un momento dado del tiempo. Por otro lado, con exclusividad parcial nos referimos al hecho que muchas veces no es posible cobrar por ciertos bienes aún cuando éstos sean valorados por la sociedad. Esto puede deberse a excesivos costos de implementar un sistema de cobro eficiente, los que pueden superar los beneficios de cobrar, porque no es socialmente deseable cobrar o porque simplemente la disposición a pagar es desconocida. El problema que acarrea estas características es que por el hecho de no haber rivalidad en el consumo de innovaciones tecnológicas se produce un fenómeno de *free rider* en el cual las firmas esperan que otras inviertan para poder ellas beneficiarse de los resultados sin haber incurrido en costo alguno.²⁵ Por lo tanto, el hecho que otra firma acceda gratuitamente a esta nueva información y la use en beneficio propio volviéndose más productiva y

²⁵ Con esto nos referimos a que la firma no tuvo que invertir para desarrollar personalmente la innovación, sino que pudo adquirirla sin incurrir en costos de inversión. Pero sí puede incurrir en costos de implementación de la nueva tecnología pues para incorporarla es necesario disponer de ciertos equipos o personal calificado por ejemplo. Es por esto que se dice que copiar no es gratis.

capturando para sí parte del mercado que le correspondería a la firma innovadora provoca un profundo desincentivo a innovar dentro de las firmas.

Debido a lo anterior, dado que las firmas saben que existe un potencial comportamiento de *free rider* y que una vez efectuada la inversión el resto de las firmas hará uso de sus resultados sin pagar por ello, los beneficios de la innovación puede que no sean recuperados por la firma innovadora. En este contexto claramente los desincentivos a invertir son poderosos y lo óptimo en consecuencia es esperar que otro lo haga. No obstante lo anterior, se genera un segundo problema. El conocimiento que potencialmente se puede generar a consecuencia del desarrollo de la innovación tiene grandes externalidades positivas para la sociedad, las que se dejan de ganar si el esfuerzo no se lleva adelante. Así, el sector privado no internaliza las externalidades positivas que se generan con su inversión en I+D, claramente la cantidad privada es inferior a la socialmente óptima. Veamos esta situación de ineficiencia en la siguiente figura:

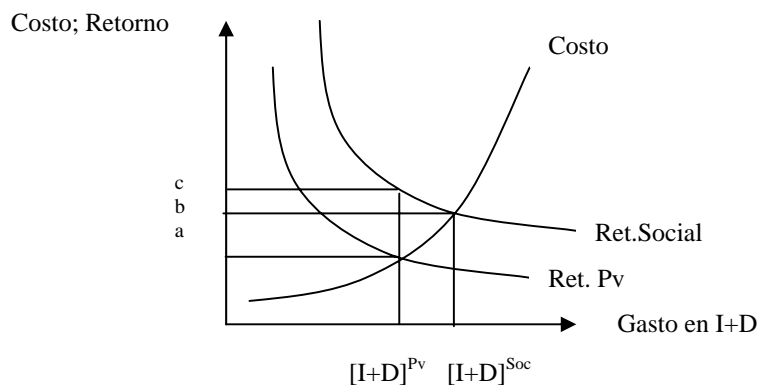


Figura 1.

En el eje de las abscisas se encuentra el gasto en I+D y en el de las ordenadas el costo de cada peso invertido en I+D junto con el retorno marginal del último peso gastado en esta actividad. El sector privado invertirá hasta que el costo del último peso gastado en I+D iguale al retorno marginal, situación que se da en la provisión $[I+D]^{Pv}$ en la figura. Como puede apreciarse, el retorno social de este nivel de I+D corresponde a c , mientras que para el sector privado el retorno está dado por a , provocándose un diferencial en el retorno

asociado a $[I+D]^{Pv}$ que no puede ser apropiado por el sector privado. Por lo tanto, el rol del gobierno recae en promover $[I+D]^{Soc}$ mediante, por ejemplo, un subsidio al sector privado en el monto $(b-a)$ de tal forma de igualar el retorno privado con el social, es decir, que el sector privado internalice en cierta forma las externalidades positivas que generan sus inversiones en I+D.

Teóricamente el problema parece simple, pero bien es sabido que no es fácil estimar cuál es el retorno social y por lo tanto no existe una certera idea de dónde se encuentran puntos como el b y el c y tampoco $(b-a)$, surgiendo la interrogante de cuánto subsidiar para promover justamente $[I+D]^{Soc}$. Esta brecha $(b-a)$ varía según la industria en estudio, el país, el tipo de tecnologías y del tipo de I+D.

Toda esta problemática relativa a la apropiabilidad limitada de los retornos derivados de la innovación, crea una instancia para que el gobierno participe y promueva la actividad innovativa hacia un nivel socialmente deseable. La justificación del apoyo público a este tipo de situaciones, muy comunes en el desarrollo de nuevas tecnologías, se ampara en cotejar parte de los costos asociados al proyecto con las externalidad o benéficos no apropiables por el ejecutante.

Alta incertidumbre

Una de las principales características de los proyectos de investigación y también los tecnológicos es la escasa capacidad de predecir, ex ante, el nivel de éxito en el esfuerzo realizado. En aquellos proyectos con una orientación más de investigación, por definición, no se sabe si se alcanzará un resultado que tenga un potencial de desarrollo comercial. Más aún, como parte de los resultados que alcanza el proyecto puede suceder que la idea original no tenga un potencial de desarrollo. Obviamente este grado de alta incertidumbre desincentiva cualquier esfuerzo privado de financiamiento. No obstante lo anterior, la ejecución misma del proyecto conlleva la adquisición de capacidades técnicas y experiencias de investigación en aquellos que realizan el trabajo, la cual puede ser reproducible y útil posteriormente. Este conocimiento incorporado en el investigador junto al hecho que el nuevo conocimiento desarrollado si bien puede no tener una aplicación

práctica directa, sirve de base para esfuerzos futuros en el área que justifican la participación pública en su promoción.

Dificultades para diversificar riesgo

Existen ciertos esfuerzos de investigación que a pesar de tener una orientación mucho más aplicada y comercial, de todos modos sufren el problema de la escasa posibilidad de cuantificar con un grado alto de certeza, los beneficios económicos que éste puede generar. Estos resultados pueden depender de un conjunto de factores idiosincráticos como del ambiente o disciplina donde se desarrolla. En ciertas ocasiones este riesgo puede ser diversificado especialmente cuando se desarrolla una cartera de proyectos de investigación donde los resultados potenciales están interrelacionados. No obstante lo anterior, existe una parte de dicho riesgo que no tiene características sistemáticas y por tanto no es diversificable. Ello puede generar, al igual que en el caso anterior un desincentivo a la participación de capitales privados en el desarrollo de proyectos de presenten estas características. Si efectivamente estas actividades de investigación tiene el potencial de generar algunas de la externalidades ya mencionadas, esta falla de mercado debido al riesgo no diversificable justificaría el apoyo público en un monto idealmente igual a dicho riesgo.

Sin embargo, el problema no solo yace en la dificultad de acceder a formas alternativas de financiamiento como los Capitales de Riesgo por el gran castigo en términos de retorno exigido, sino que en muchas economías simplemente no cuentan con este instrumento financiero. Así, mercados incompletos pueden incluso perjudicar aún más la inversión en actividades innovativas por parte de las firmas. Es fundamental, en consecuencia, contar con instrumentos financieros alternativos para apoyar el desarrollo tecnológico.

Costos de transacción, doble esfuerzo y asociatividad

Muchas veces las innovaciones realizadas son aplicables a varias firmas del mismo rubro o incluso a una industria completa. Sin embargo, si es que no existe una coordinación entre los proyectos tecnológicos abordados por las firmas de la industria, podría resultar que varias de ellas se embarquen en proyectos similares apuntando al mismo objetivo, lo que obviamente constituye duplicidad de esfuerzos que no se justifican.

Sumado al problema de doble esfuerzo, la inexistencia de coordinación entre empresas de una misma industria perjudica la difusión de conocimiento y la sinergia que puede derivarse de las interacciones entre empresas. Una de las etapas más importantes en las actividades tecnológicas e innovativas es la difusión tecnológica pues permite poner a disposición de la comunidad información relevante. Por lo tanto, falta de comunicación y coordinación obstaculizan los mecanismos de retroalimentación - *feed-back*, haciendo de la difusión de conocimientos un proceso más lento e ineficiente. Acceso a esta información permite una incorporación más fluida de las innovaciones y con ello un avance más rápido en la tarea de aumentar la productividad.

Sin embargo, aún cuando las firmas reconocieran que la asociatividad entre ellas es eficiente, existe sobrada evidencia de que el desarrollo de actividades conjuntas que involucre a varios agentes económicos puede generar costos de transacción que incluso pueden contrarrestar los beneficios que se generen. Esto es de particular relevancia en aquellas asociaciones que se crean en torno al desarrollo de un proyecto de investigación.

En forma particular, si como parte de los objetivos de dicha asociación están la posibilidad de finalizar con un nuevo producto o proceso que tenga un potencial comercial, los costos de coordinación entre aquellos agentes encargados de desarrollar la investigación con aquellos potenciales beneficiarios de la misma y aquellos encargados de su financiamiento pueden ser relativamente altos. Ello es particularmente factible en aquellos agentes que tiene poca experiencia previa en este tipo de asociaciones. La literatura sugiere que esta falla de mercado justificaría la participación pública principalmente orientada a cubrir parte de dichos costos y la promoción de asociaciones que en una primera etapa sería dificultoso lograr debido a la falta de información con respecto a sus beneficios potenciales y formas de operar óptimas.

III.2 Fallas sistémicas de los SIN

Mas allá de las fallas anteriormente revisadas, bajo un esquema evolucionista, se plantea un conjunto adicional de fallas que justificarían el apoyo público a la promoción de las actividades de I+D y desarrollo tecnológico. Dicha literatura²⁶ habla de fallas de sistema refiriéndose a la falta de instituciones en la articulación nacional del esfuerzo en este tipo de actividades. Un ejemplo clásico es la falta de una política nacional en que se explicita el sentido del esfuerzo tecnológico, su pertinencia, coordinación, metas y mecanismos de evaluación. Como se puede intuir ello no responde a una falla en la asignación de los recursos directamente asociados a externalidades sino que mas bien responde a la falta de una institucionalidad que oriente el quehacer de investigación y desarrollo tecnológico de una economía, en forma análoga a la labor que realiza un banco central en el ámbito monetario.

En forma particular y, sustentado en los conceptos propuestos por Schumpeter, Smith (2000) plantea cuatro tipos de manifestaciones de estas últimas fallas: fallas en la provisión de infraestructura, fallas en alcanzar transiciones a regímenes tecnológicos nuevos, fallas para vincularse a paradigmas tecnológicos actuales y fallas institucionales (i.e. regulación, estándares y cultura política). Así, estas últimas estarían relacionadas más bien con la falta de instituciones que permitan un adecuado flujo del conocimiento entre la ciencia pública y la industria y viceversa.

La evaluación de la superación de dichas fallas pasa por analizar el desempeño de la arquitectura institucional actual asociada a la actividad innovativa de nuestro país, tema que se abordará posteriormente en la siguiente sección.

III.3 Rol del Gobierno en materia innovativa

“Limited appropriability, financial market failure, external benefits to the production of knowledge, and other factors suggest that strict reliance on a market system will result in

²⁶ Ver Teubal (1996) y las referencias que allí se citan.

underinvestment in innovation, relative to the socially desirable level. This creates a prima facie case in favor of public intervention to promote innovative activity”

Martin y Scott (2000)

De la discusión anterior se entiende que el gasto privado en I+D así como el nivel de actividad científico-tecnológica serán subóptimas si se deja al mercado actuar por su cuenta. Dado que la investigación es socialmente benéfica existe un fuerte argumento para que el Estado participe en su financiamiento. Así, se justifica el apoyo público tanto para la generación de conocimiento por parte del estado como el apoyo al financiamiento de las etapas tempranas de la I+D industrial.

Si bien puede ser sencillo entender qué es necesario hacer al interior de un país para innovar, puede no ser tan claro cómo hacerlo. En esta línea, el diseño de incentivos correctos es primordial al momento de establecer una estructura institucional de fomento a la I+D puesto que un esquema incorrecto puede provocar más costos que beneficios. Conocido es el caso de la sustitución entre el financiamiento público y privado en este tipo de actividades - *crowding out* de la inversión pública. Si bien existe un amplio espectro de medidas de promoción de la actividades tecnológicas tales como políticas de competencia, políticas de impuestos, subsidios o provisión pública y otras similares, el diseño del instrumento se ha tornado un tema central en la discusión.

Teubal (1996) plantea que previo al diseño del instrumento de política pública, deben tenerse muy claros los objetivos que se desea lograr y conocer la naturaleza de las fallas de mercado que justifican la intervención del gobierno. Pero estas fallas de mercado no son las únicas a las que podemos vernos enfrentados al momento de discutir sobre innovación tecnológica e I+D. Fallas en las mismas empresas y de las mismas políticas pueden hacer que los esfuerzos de las autoridades para incentivar estas actividades sean infructuosos. Por ejemplo, el mismo autor plantea que si la firma productiva no ha internalizado la necesidad de incorporar innovación al interior de ella, entonces no importa qué políticas de subsidio o fomento de la I+D se apliquen, las firmas no responderán. Por otro lado, debe considerarse la capacidad de las firmas para realizar innovación donde varios factores pueden limitar

esta capacidad, como los costos de transacción, problemas de derecho de propiedad intelectual, limitaciones en la generación y/o acceso de/a agentes especializados que realicen I+D.

Así, en una fase inicial, las políticas que busquen promover I+D en forma generalizada, normalmente asociadas a innovaciones genéricas en vez de idiosincráticas, deberán enfocarse a fomentar tanto la demanda como la oferta de I+D en las firmas. A este tipo de políticas denominadas comunmente como "*Políticas Tecnológicas Horizontales (PTH)*", se caracterizan por promover actividades socialmente deseables en un amplio espectro de sectores industriales y de tecnologías, incluyendo la I+D clásica en las empresas, la transferencia tecnológica, la absorción y la difusión, ciertos tipos de infraestructura tecnológica, entre las mas importantes.

Claramente, este tipo de políticas contrasta con el apoyo a la tecnología en sectores determinados y con políticas dirigidas a ciertas industrias nacientes o a tecnologías específicas. Así, en la tarea de incentivar la innovación genérica, las PTH deben enfocarse a generar un proceso de aprendizaje acumulativo de la I+D y la innovación u otras actividades tecnológicas críticas para la reestructuración y adaptación de las empresas. Esta estrategia implica una cooperación colectiva en la que todos los sectores puedan acceder a los resultados de las firmas innovadoras de tal manera de aprender de los logros del resto. Sin embargo, este tipo de medidas no está exentas de problemas. En primer lugar, es poco probable que las innovaciones de una firma estarán disponibles para todo el resto y esto tiene claros efectos en los incentivos de una firma a realizar innovación. Y segundo, existen dificultades en el proceso de transformar un conjunto de procesos de aprendizaje individual en aprendizaje colectivo y por lo tanto la difusión es lenta y disminuye la velocidad de acumulación de conocimiento y experiencia dentro de la organización de una firma.

Es importante reconocer que, en principio, cualquier cartera razonablemente aceptable de políticas dirigidas a promover la reestructuración de sistemas nacionales de innovación no puede excluir ni las políticas horizontales ni las focalizadas. Todo depende de los objetivos que se deseen alcanzar y de reconocer que las políticas aplicadas al ámbito innovativo

deben ser flexibles y con visión dinámica. Esto debido a que, en cierto momento del tiempo, una política genérica y de subsidios puede parecer primordial, pero con el tiempo, una vez que ciertos sectores han alcanzado un desarrollo aceptable en la oferta y demanda, las políticas a seguir pueden ser otras más focalizadas y con otro tipo de incentivos.

Este tipo de situaciones puede ser caracterizada bajo el concepto de "*ciclos de política*" en el cual distingue entre las fases "*infante*" y "*madura*". La primera se caracteriza por promover la actividad innovativa a nivel general, mediante procesos colectivos, acumulativos y multidisciplinarios de I+D. La segunda fase tiene como objetivo reestructurar las políticas de fomento a I+D mediante la reducción de apoyo a actividades de I+D rutinarias y un mayor incentivo a que las firmas realicen proyectos tecnológicos más complejos y riesgosos, pero con mayores retornos esperados.

Cabe mencionar que una condición necesaria para un despegue y consolidación exitosos en la I+D realizada a nivel de firmas depende de la flexibilidad de las políticas adoptadas. Es decir, se requieren políticas con retroalimentación; que aprendan de los resultados de ellas mismas y no políticas de simple planificación a plazo. Es esencial el aprendizaje derivado de los instrumentos aplicados pues esto permite ir rediseñándolos para lograr mejores resultados en el tiempo e ir redefiniéndolos en pos de nuevos objetivos y nuevas necesidades que van surgiendo en el camino. Si bien esto pareciera de perogrullo, en la práctica no se realizan. La evidencia internacional es rica lo dificultoso que es realizar cambios de esta naturaleza.

III.4 Soluciones a las fallas de mercado: instrumentos de política pública

Habiendo ya discutido algunas de las principales fallas de mercado asociadas a la actividad innovativa y la justificación que tiene el Estado para intervenir en el proceso innovativo de una economía, se describirán a continuación un conjunto de políticas que puede aplicar un gobierno para incentivar dicha actividad. Estas políticas difieren no sólo en sus objetivos y

en los sectores a los cuales están enfocadas sino que las fallas que tratan de cubrir son diferentes.

Matching Grants

Bien se sabe que la inversión en ciertos tipos de innovaciones genera *spillovers* y por lo tanto se da una apropiabilidad limitada de los beneficios o los retornos derivados de la innovación que incluso pueden no llegar a cubrir los costos de inversión. Dado que ciertos de estos proyectos son socialmente deseables, el gobierno está dispuesto a co-financiar la inversión y así generar incentivos a llevar a cabo actividades tecnológicas de alto impacto social. Teubal (1996) sugiere que la implementación de políticas de incentivos a la I+D en la "*fase infante*" debería basarse en subsidios de por lo menos un 50% de los costos del proyecto por, al menos, cinco años. Este esquema implica una división razonable del riesgo y financiamiento del proyecto entre el gobierno y el sector privado y, por lo tanto, permitiría generar incentivos a las firmas además de evitar problemas de riesgo moral.

Consortios Tecnológicos

Este instrumento consiste en juntar los esfuerzos de investigación de las firmas de alguna industria en particular, de tal manera de compartir los costos y beneficios derivados de I+D. Al "unir fuerzas", las firmas internalizan las externalidades derivadas de la existencia de *spillovers* en la actividad de I+D como también se reducen los costos de transacción antes mencionados. No obstante lo anterior, puede ocurrir que bajo ciertas situaciones este instrumento puede tener algunas desventajas tales como desincentivar el gasto en I+D. Esto último se daría en un mercado donde las firmas comparten los resultados de la actividad conjunta de I+D pero compiten al momento de vender sus productos. Si un mayor nivel de I+D provoca una intensa competencia de mercado *ex post* debido, por ejemplo, a una disminución en los costos marginales de producción, los beneficios pueden verse mermados constituyendo un desincentivo para efectuar I+D. Luego, en un contexto donde los *spillovers* recibidos por una firma son independientes de su gasto en I+D y bajo mercados competitivos, un consorcio de investigación podría conducir a disminuir los esfuerzos innovativos. Pero si los *spillovers* recibidos por una firma dependen positivamente de su

gasto en I+D, entonces la participación en dicho consorcio, en este caso, fomentaría los niveles de gasto de I+D.

Programas de Exención Tributaria

Una de las particularidades de este instrumento de política pública es que deja a las firmas la decisión sobre qué proyectos financiar, a diferencia de otros programas públicos que entregan subsidios para financiar proyectos previamente establecidos. En general, este tipo de esquema debería ser aplicado a firmas más grandes con importantes portafolios de proyectos en I+D, donde las actividades innovativas ya hayan sido internalizadas. Esto debido a que las firmas pequeñas o nuevas pueden disponer de un bajo nivel de ingresos sujeto a impuestos y, aún cuando la exención tributaria sea máxima, la firma no dispone de ingresos suficientes para invertir en I+D. La exención tributaria sobre el gasto en I+D puede aplicarse de dos maneras diferentes: un esquema incremental basado en el I+D adicional realizado por la firma y un esquema de volumen basado en la actividad total que realiza la firma en materia de I+D. La evaluación de la conveniencia de aplicar uno u otra forma debe realizarse tomando en cuenta la alta heterogeneidad existente entre las firmas ya que pueden generarse incentivos heterogéneos y perversos. Además debe tenerse claro el grupo al que va dirigido el programa pues, puede darse por ejemplo, que ciertas firmas (especialmente firmas jóvenes o en recesión) dispongan de un bajo nivel de ingresos sujeto a impuestos y aún cuando la exención tributaria sea máxima, la firma no dispone de ingresos para invertir en I+D. En este contexto sería más conveniente entregar financiamiento directo vía subsidios.²⁷

Subvenciones y préstamos

En un contexto de I+D genérica donde el objetivo de la autoridad es lograr un aprendizaje colectivo, se sugiere que, dentro de la categoría de incentivos directos, las subvenciones son preferibles respecto de los préstamos para financiar las actividades innovadoras de las firmas. Ello es especialmente relevante para las PYMEs que son empresas que por lo

²⁷ Si bien en Chile actualmente no existe un esquema de incentivo como este, en Benavente (2003) se discute la mejor forma de implementar un sistema de apoyo con estas características. En ese mismo estudio se realiza una simulación del impacto que este tendría para las finanzas públicas dependiendo de la forma de implementación.

general poseen más restricciones para efectuar actividades innovativas y que en la fase inicial poseen poca experiencia en materia tecnológica. En este aspecto, Teubal plantea que se deben dar subsidios en vez de préstamos para innovación e I+D en este tipo de firmas: *"... por la transparencia del incentivo provisto, la relativa facilidad de administración y el bajo costo administrativo y de transacción para las empresas beneficiarias. Estas ventajas aumentarán la factibilidad de estimular rápidamente una masa crítica de proyectos, que es una condición indispensable para llevar a cabo un proceso de aprendizaje colectivo y acumulativo de la innovación y la I+D, el principal objetivo de la política de innovación en la fase inicial de implementación de políticas de tecnología horizontal."*

Como se observa, si bien existe un amplio conjunto de política de apoyo a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico, una única política dista de ser la receta óptima. Lo importante, tal como se dijo anteriormente, es tener una visión dinámica de los objetivos, de las políticas y de sus resultados, de tal manera que una vez que los objetivos primarios han sido cumplidos, una política alternativa pueda ser aplicada. A modo de ilustrar este punto, una vez que una firma ha alcanzado un notable desempeño en la actividad innovativa y ha acumulado sustanciales conocimientos, ésta podría ser capaz de enfrentar mayores riesgos en la realización de sus proyectos y pasar de un esquema de subvenciones a uno de préstamos vía capitales de riesgo. La discusión anterior sugiere una flexibilidad eficiente de políticas fomentadoras de I+D.

III.5. Evidencia del desempeño de los mecanismos para superar las fallas de mercado

Dada la amplia lista de instrumentos de política dirigidos a incentivar el gasto privado en I+D, la interrogante sobre cuál es el mejor diseño del instrumento se ha tornado un tema central en la discusión sobre políticas tecnológicas. Sin embargo, tanto la literatura teórica como la evidencia empírica sugieren que no parece haber una única receta .

Martin y Scott (2000) realizan una caracterización de las diferentes problemas que se pueden encontrar en la práctica y en función de ello sugieren acerca del mejor instrumento de política a aplicar. En la siguiente tabla se identifican cuatro tipos de mercados que

difieren en el tipo de innovación que efectúan y describen las fallas de mercado asociadas a ellos además de sugerir instrumentos de política que son elegibles de aplicar en cada uno. Cabe señalar, sin embargo, las categorías no son excluyentes ni exhaustivas.

Tipos de Innovación, fallas de mercado sectoriales e instrumentos de política

Principal modo de innovación	Fuentes de las fallas sectoriales	Sectores típicos	Instrumentos de política
Mercado 1 Desarrollo de <i>inputs</i> a ser usados en otras industrias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos de transacción en mercados financieros que son enfrentados por PyMEs ▪ Riesgo asociado a los estándares de nuevas tecnologías ▪ Apropiabilidad limitada de tecnologías genéricas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Industria del software 2. Industrias de equipos 3. Industrias de instrumentos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apoyo en mercados de capital de riesgo ▪ Fomento de instituciones puente que faciliten la adopción de estándares tecnológicos
Mercado 2 Aplicación de <i>inputs</i> desarrollados por industrias tipo mercado 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tamaño pequeño de las firmas ▪ Grandes externalidades derivadas de las tecnologías aplicadas ▪ Apropiabilidad limitada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Industria de la agricultura 2. Industria de la luz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instituciones puente de baja tecnología que faciliten la transferencia tecnológica
Mercado 3 Desarrollo de complejos sistemas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costos altos ▪ Apropiabilidad limitada (especialmente para infraestructura tecnológica) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Industria de tecnología aeroespacial, eléctrica y electrónica 2. Tecnologías de telecomunicaciones y de computación 3. Industria de semiconductores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cooperación en I+D mediante consorcios ▪ Subsidios ▪ Instituciones puente que faciliten el desarrollo de infraestructura tecnológica
Mercado 4 Aplicación de tecnologías de alto contenido científico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incrementos en la base de conocimiento pueden generar nuevos sectores comerciales a partir del desarrollo de nuevas tecnologías, sin embargo los creadores de estas tecnologías pueden no identificar las potenciales aplicaciones de sus creaciones o pueden no ser capaces de comunicar efectivamente sus innovaciones a potenciales usuarios. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Industria de la Biotecnología 2. Industria Química 3. Industria Farmacéutica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instituciones puente de alta tecnología que faciliten la difusión de avances derivados de investigaciones importantes

Fuente: Martin y Scott (2000)

De la tabla anterior se desprende que es necesario tener presente que los mercados son heterogéneos pues las industrias difieren bastante en aspectos relacionados con, por ejemplo, el tipo de investigación que efectúan (básica o aplicada), en el grado de

apropiabilidad de la tecnología que enfrentan, y en los diferentes grados de vinculación con clientes, proveedores e instituciones de investigación y educación. En consecuencia, el diseño de la política pública asociadas al fomento de la innovación puede diferir según el tipo de falla de mercado que se pretenda atacar. Por ejemplo, el tipo de política a seguir difiere si analizamos la insuficiencia de I+D en una industria en la cual la innovación es esencialmente genérica versus una industria en la cual existe alta complejidad y especificidad de la innovación. También depende de si la innovación es incremental (se da en forma continua) o toma la forma de "avances extraordinarios" por una vez (en forma discreta). Además, previo diseño de los instrumentos de política a implementar, es necesario un análisis sobre el grado en el cual patentes u otros mecanismos existen y permiten a los innovadores apropiarse de una buena parte de los beneficios derivados de una innovación exitosa. Así, un conjunto de factores deben identificarse al momento de analizar las fallas en una industria en particular, de tal forma de atacarla de la manera más eficiente posible.

A modo de ejemplo, puede verse que si el tipo de innovación está ligado al desarrollo de insumos de calidad a ser usados en industrias relacionadas verticalmente (Mercado 1), la falla de mercado asociada es la poca apropiabilidad de los retornos asociados a la innovación. Esto se debe a que estos insumos tienen muchas veces un carácter genérico en el sentido que pueden ser utilizados en varias industrias sin tener que incurrir en demasiado I+D adicional para poder incorporarlos a los procesos o actividades de las firmas, es decir, se puede "copiar" a bajo costo. Debido a esto, no habrá suficiente capital privado para el desarrollo de insumos de carácter genérico. El rol del gobierno en este tipo de fallas de mercado es promover la disponibilidad de financiamiento o de capital especialmente para las PyMe's y empresas nuevas que no disponen de capital para llevar a cabo tales innovaciones. Con esto, se disminuirían las barreras a la entrada de firmas intensivas en innovación y fomentaría la competencia de la industria. Así la idea es promover una estructura de mercado apta para financiar proyectos de innovación en este sector de la economía pero no ofrecer subsidios, pues en general el gobierno no posee información suficiente para identificar qué proyectos son más apropiados de financiar, mientras que las

firmas especializadas en capital de riesgo tienen más habilidad y experiencia en este tipo de negocios.

Otro tipo de innovación es aquel asociado al desarrollo de sistemas complejos como en el sector aeroespacial y de telecomunicaciones (Mercado 3). En este caso, la falla de mercado recae también en la poca apropiabilidad de los retornos, pero a esto se suma el alto riesgo asociado a los resultados de los proyectos de innovación tecnológica y el elevado costo asociado. Por lo mismo, la disposición a invertir en este tipo de proyectos de alto riesgo y elevado costo es baja si las expectativas de recolectar los retornos de la inversión son pocas. Los autores proponen, por ejemplo, adoptar políticas de competitividad que permitan una cooperación en materia de I+D (como consorcios de I+D en el cual se comparten los costos y beneficios de la I+D). Otra alternativa es subsidiar la actividad innovativa, donde los subsidios deben ser entregados a cambio del compromiso de la firma innovadora a difundir sus resultados. Esto último fomenta el acceso a la innovación a un costo razonable, evitando que una sola firma se lleve todos los beneficios (y todo el riesgo) lo que en última instancia favorece al consumidor, ya que en un entorno más competitivo enfrenta, generalmente, precios más bajos.

Por otro lado, la evidencia internacional acerca de la mejor política tecnológica no es iluminadora. En efecto, existe un número reducido de trabajos empíricos donde se evalúan programas concretos de promoción a la actividad tecnológica²⁸ mientras otros pocos discuten si políticas como la exención tributaria es eficiente para promover el gasto en I+D en la empresa privadas.²⁹ Desgraciadamente, hasta nuestro conocimiento no sabemos de investigaciones donde se compare la eficiencia de los diferentes tipos de programas de fomento a la actividad tecnológica. Mas aún, la evidencia internacional muestra que los países han adoptado un portafolio de políticas de apoyo en que algunos países han privilegiado algunas medidas por sobre otras. El siguiente cuadro muestra estas diferencias.

²⁸ Branstetter L. y M. Sakakibara (1998), Irwin, D y P. Klenow (1996) y Wallsten, S. (2000)

²⁹ Griffith, R. (2000) y Hall, B. y Van Reenen, J. (2000).

Instrumentos de política de Gobierno utilizadas para apoyar la I+D
(1985-1996)

	Concesiones Tributarias	Grants	Préstamos	Grants+ Préstamos
Estados Unidos	65	35		
Canadá		100		
Japón	35	25		40
Dinamarca		80	20	
Francia	25	75		
Alemania	10	90		
Grecia		100		
Irlanda		100		
Italia		10	90	
Holanda		50	40	10
Portugal		100		
España		100		
Reino Unido		65		35
Austria	50			50
Finlandia	22.5	37.5	40	
Noruega		100		
Suecia		70	30	
Suiza		100		
Australia	70	30		

Fuente: Teubal (1996)

Estos resultados sugieren que no existe una receta óptima en términos del portafolio de políticas a implementar. Lo importante, según OECD (1999), es tener una visión dinámica de los objetivos, de las políticas y de sus resultados, de tal manera que una vez que los objetivos primarios han sido cumplidos una política complementaria pueda ser aplicada considerando el aprendizaje institucional que ello conlleva.³⁰

³⁰ Por ejemplo, una vez que una firma ha alcanzado un notable desempeño en la actividad innovativa y ha acumulado sustanciales conocimientos, ésta podría ser capaz de enfrentar mayores riesgos en la realización de sus proyectos y pasar de un esquema de subvenciones a uno de préstamos vía capitales de riesgo.

APOYO PÚBLICO A LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EVIDENCIA INTERNACIONAL

El objetivo de esta sección es entregar elementos que, a la luz de la experiencia internacional, son relevantes para el diseño institucional público asociado a actividades innovativas. Para ello, se revisará la estructura institucional de un grupo seleccionado de países con el objetivo de identificar elementos clave para el diseño de una política tecnológica pública para nuestro país. Este aspecto será el objetivo central del siguiente capítulo.

Para lo anterior, el marco de análisis de referencia será el denominado Sistema de Innovación Nacional o SIN. Este incorpora los principales elementos asociados a la actividad innovativa de un país, entre ellos, agentes, sus interrelaciones, políticas y sus resultados. Dentro del SIN dichos elementos se vinculan estratégicamente de tal manera de lograr los objetivos prefijados por la política innovativa. De la evidencia internacional ha sido posible identificar varios objetivos y prioridades de política comunes entre los países, sin embargo, la estrategia diseñada para alcanzar dichos objetivos difiere de país a país. A partir de esto se han identificado tres tipos de modelos institucionales, para los que se revisan sus fortalezas y debilidades.

A continuación se realiza una revisión de los actores clave del sistema innovativo, los objetivos de la política innovativa y las estructuras institucionales adoptadas por distintos países. Previamente, es necesario mencionar que solo se considerará para este análisis la participación pública en el financiamiento de la I+D dejando de lado la participación

privada debido al objetivo de este capítulo de identificar elementos claves para el diseño de políticas públicas en materia tecnológico-innovativa.

IV.1 El Sistema Público de Apoyo a la Innovación Tecnológica

El primer aspecto a destacar es que el sistema público de apoyo a las actividades innovativas se enmarca dentro de la estructura del Sistema de Innovación Nacional, SIN. El concepto de SIN se ha tornado cada vez más conocido debido a la evidente vinculación existente entre ciencia, tecnología, economía y política pública. De esta manera, la forma en la que se organizan los actores del SIN determinará el tipo de estructura institucional en la que se desenvolverá la actividad innovativa.

Junto a los agentes que participan directa e indirectamente en la introducción de nuevos productos y procesos tecnológicos a los mercados, el SIN incorpora además, la política pública relacionada con este tipo de actividades como también las organizaciones públicas y privadas, la infraestructura y al contexto legal en el cual se desenvuelven los actores.

Con el fin de caracterizar las diversas formas como puede estar organizado el sistema de apoyo público a la actividad innovativa, a *grosso modo* puede pensarse en tres tipos de actividades efectuadas al interior del SIN. Por una parte se encuentra la generación de la política innovativa y el financiamiento que se pretende asignar a diversas actividades relacionadas con ciencia y educación, investigación y desarrollo tecnológico, y desarrollo económico y empresarialidad. Por otro lado se encuentran quienes efectivamente realizan la actividad innovativa, tales como universidades, empresas, institutos tecnológicos, por mencionar algunos. Pero existen también aquellas instituciones encargadas de vincular al financiamiento con aquel que lleva a cabo la innovación, denominado generalmente como agente intermediario. Así, dentro del SIN se distinguen tres tipos de actores según la proximidad hacia la política y financiamiento o a la realización de innovación.

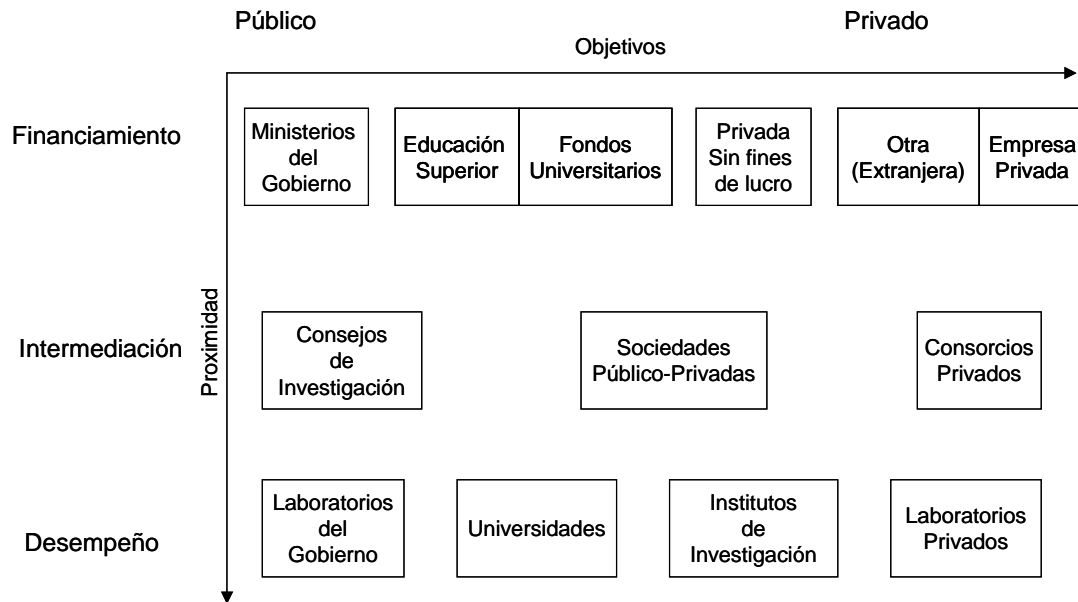
- *Agencias y Organizaciones de Política y/o Financiamiento:* Como su nombre lo indica, son organizaciones encargadas tanto del financiamiento de las actividades de

I+D como en algunos casos, de definir direcciones de política. En este nivel es donde nace la política innovativa, donde se definen objetivos, medios y direcciones de política. Además se determinan los presupuestos asignados a la actividad innovativa. Estas organizaciones se encuentran a la cabeza del sistema de apoyo a la actividad innovativa en un país.

- *Organizaciones Intermediadoras:* En éstas se delega la conducción de las política y la asignación de financiamiento a la I+D. Como su nombre lo indica, son organizaciones encargadas de vincular a la política misma con aquel que finalmente desempeñará la innovación. Estas organizaciones permiten relacionar eficiente y coherentemente las políticas y financiamiento con las distintas necesidades de los usuarios del sistema. Un ejemplo de un intermediario es Tekes en Finlandia o Chile-Innova en Chile. Situados al centro del sistema de apoyo, son aquellos que orquestan la política tecnológica; su cercanía con el nivel inferior permite un mayor grado de vinculación con las necesidades del “cliente”, lo que permite implementar tratos más personalizados y eficientes. Sin embargo esto requiere de una mayor flexibilidad en cuanto a la toma de decisiones.
- *Innovadores y realizadores de I+D:* Son aquellos que finalmente llevan a cabo la actividad innovativa. En este grupos encontramos a las universidades, institutos sin fines de lucro, firmas dedicadas a la investigación con fines de lucro, entre las mas importantes.

La forma en la que se relacionan y ubican estos actores en el SIN se detalla en la siguiente figura. En ella, se definen dos dimensiones; una referida al grado de dependencia el que va desde lo netamente público hasta lo esencialmente privado, y en la otra, la cercanía con aquellos que efectivamente realizan las actividades innovativas. En particular, la fila superior incluye a las instituciones que definen las políticas y financian la actividad tecnológico-innovativa. En seguida, la fila del medio, representa a las organizaciones intermediadoras y en la fila inferior se describe a aquellos que llevan a cabo I+D.

*Relación entre los actores del SIN y su rol respecto
del financiamiento de la I+D.*



En este esquema, que permite ubicar espacialmente a los diferentes actores dentro del SIN bajo estas dos dimensiones, es de particular utilidad a la hora de caracterizar los sistemas de apoyo existentes en diversos países a las actividades científico-tecnológicas. Como veremos en la siguiente sección, en todos los países es posible encontrar estos niveles, pero por lo general difieren en la manera en la que se estructuran al interior del SIN. Algunos países dan más importancia a la eficiencia del intermediario, mientras que en otros existe menos énfasis en este tipo de organizaciones y existe una mayor distancia entre el primer y último nivel.

Los países definen su estructura institucional innovativa y políticas científico-tecnológicas basándose en los objetivos que pretenden cumplir, en la manera en la que pretenden alcanzarlos y las restricciones a las que se ven enfrentados. Con el tiempo, las estructuras institucionales y políticas tecnológicas van modificándose para adaptarse a nuevas circunstancias, a nuevas metas, a nuevas recetas.

Previo a describir la situación institucional de un grupo seleccionado de países siguiendo el marco anteriormente descrito, efectuamos un análisis más profundo acerca de los desafíos de lo política tecnológica que han servido de contexto bajo el cual se han implementado las políticas, las que se describen en la tercera sección de este capítulo.

IV.2 Desafíos de la Política Tecnológica

Existe un amplio consenso sobre el significativo efecto que posee la innovación en la productividad a nivel firma, industria y país, constituyendo un elemento clave para el crecimiento económico. Debido a esto las políticas enfocadas a estimular la innovación se han tornado centrales en la discusión de los gobiernos de todo el mundo. Si bien parte importante de la innovación se efectúa a nivel privado, el gobierno juega un rol importante en cuanto a las condiciones en las que se desarrolla la actividad tecnológico-innovativa.

Un instrumento principal de la política tecnológica de un gobierno es el apoyo financiero debido a las ya mencionadas fallas de mercado asociadas a la actividad innovativa. Por otro lado, la estimulación del ambiente para la innovación (transferencia y acceso a fuentes de conocimiento generales, patentes) juega un importante rol en la ejecución de actividades innovativas. Adicionalmente, la regulación es una herramienta adicional que busca definir los parámetros y normas en los cuales se desenvuelven los actores del SIN.

Sin embargo, la dinámica y complejidad del entorno innovativo genera numerosos desafíos para los gobiernos pues deben estructurar las políticas, instituciones e instrumentos de tal forma de adecuarse a las cambiantes circunstancias del entorno. En cuanto a la búsqueda de la “*receta*” de política, en general los países han identificado y definido prioridades similares al momento de diseñar sus políticas tecnológicas en un contexto globalizado. Lo que distingue a los países es el orden de dichas prioridades y los puntos de partida.

A continuación se describen los principales desafíos a los que constantemente se ven expuestos los países al momento de definir sus políticas tecnológicas. Más tarde se describen los cambios estructurales a los que se pueden enfrentar los países y que se

derivan directamente de estos desafíos. Esto permitirá dar luces sobre lo que potencialmente pueden realizar los países en términos de política e institucionalidad.

IV.2.1 Desafíos

En lo que sigue se enumeran los principales desafíos a los cuales los países se ven enfrentados a la hora de definir su política tecnológica. Si bien la lista no es exhaustiva, esta surge de la revisión realizada por TEKES (2002) a un grupo importante de países de la OECD.

Cambios económicos y tecnológicos

La creciente globalización está influenciando a las naciones mediante la generación de una cultura global. Se ha generado un mercado global que no solo promueve el intercambio de bienes y servicios entre países, sino que también genera un intercambio de tradiciones y culturas, así como también la diseminación de tecnologías. Esto provoca un tremendo impacto en la economía, política, sociedad y cultura del diario vivir.

Así, existe una evidente vinculación entre globalización e innovación y por lo tanto los países deben desarrollar políticas tecnológicas acordes con la dinámica del mundo. Es importante penetrar en la globalización de manera que las naciones salgan airoas y no se vean aplastadas por los más fuertes.

Contexto de la política de innovación

Es necesario tener una *visión amplia de la política tecnológica*, esto es, ir más allá del fomento de programas de investigación cuyo objetivo principal es el desarrollo de nuevos resultados científicos y tecnológicos. La política debe abarcar otras áreas como la creación interactiva y la aplicación directa de la ciencia y la tecnología, es decir, la política de innovación debe pensarse como una política integral, que abarca diversas facetas del proceso innovativo (por ejemplo creación, adopción y difusión). Esta forma de hacer política está directamente relacionada con el punto anterior pues solo así es posible percibir los cambios del entorno y adaptarse a ellos.

Además, dada la aceptación de la importancia de la innovación en el crecimiento económico, más y más actores se adhieren al sistema innovativo provocando cierta confusión sobre las fronteras del SIN. Esto, sumado a un entorno en constante cambio y los múltiples impactos que poseen los cambios sobre todos estos actores, vuelve muy compleja la coordinación de las estrategias en pos de un éxito de largo plazo. En este contexto debe ponerse atención no solo a las relaciones verticales entre los actores (como por ejemplo gobierno y universidades) sino que también en las relaciones horizontales. *La coordinación es esencial en el SIN*, de tal manera de evitar recursos asignados de manera ineficiente.

Por otro lado, si bien el gobierno y sectores privados tienden a coincidir en los objetivos de la política innovativa, por lo general no coinciden en cómo deben implementarse estos objetivos. Muchas veces esto sucede por intereses divergentes entre el sector público y el sector privado o por la existencia de asimetrías de información: una parte no conoce la posición de la otra y por lo tanto genera insatisfacción entre las partes. Otra razón es el problema de administración centralizada versus “hecho a la medida”: muchas veces los gobiernos prefieren mantener un esquema centralizado que sea coherente con los objetivos propuestos, lo que dificulta el enfoque en problemas particulares y necesidades específicas de ciertas organizaciones.

Cambios en el rol de gobierno

Si bien la percepción del rol del gobierno puede variar de país a país, en general se ha dado una tendencia hacia la “modernización del estado” buscando mejorar su desempeño. En general la tendencia ha sido hacia un gobierno más flexible, orientado al cliente, hacia la provisión de servicios descentralizadamente lo que se sustenta con un amplio poder de decisión en mandos bajos. Sin embargo la flexibilidad y descentralización de las decisiones implica importantes desafíos en coordinación y control.

Principales temas de política tecnológica

Si se revisan las políticas tecnológicas de diversos países exitosos en materia innovativa, pueden identificarse ciertos tópicos comunes que surgen como prioritarios en las estrategias implementadas.³¹ Estos temas se asocian al estímulo del potencial innovativo de los países y a la promoción de una posición competitiva en el mundo. Sin embargo los países reconocen que las circunstancias en las que se desenvuelven son heterogéneas y por lo tanto una misma receta no necesariamente da el mismo resultado. Aún así, algunos objetivos son compartidos:

- Enfatizar colaboración entre ejecutores (Universidades, Empresas).
- Estimulación de PYMEs.
- Promoción de la empresariedad.
- Apoyo al desarrollo regional (cluster y parques tecnológicos).
- Promoción de la ciencia básica (aplicada ya existe).

IV.2.2 Cambios Estructurales

De la sección anterior se desprende que es inevitable que la política tecnológica deba ir redefiniéndose ante los constantes cambios. Esto genera cambios profundos en prioridades, objetivos y estrategias. Si bien los objetivos no difieren sustancialmente entre los países, las estrategias diseñadas para lograr dichas metas difiere de país a país. Las principales fuerzas generadoras de los cambios y la implementación de dichos cambios se describen a continuación.

Principales fuerzas para el cambio

Dentro de las reestructuraciones de las políticas tecnológicas pueden identificarse las siguientes fuerzas:

- *Necesidad de nuevas misiones, estructuras y responsabilidades de los actores involucrados en el SIN.*

³¹ Ver TEKES (2002)

- *Clarificar la división existente entre tareas y responsabilidades*, de tal manera de evitar traslapes de ellas entre los distintos actores del SIN. Esto con la idea de fomentar la eficiencia del sistema, lo que claramente se logra con una buena coordinación. Dentro de este punto es muy importante identificar la importancia de la división de tareas: de haber actores efectuando tareas similares sería lógico incorporarlos bajo la responsabilidad de una misma organización.
- *Necesidad de creciente coordinación*. El gran alcance del sistema innovativo y la heterogeneidad de sus actores requiere una eficiente coordinación de las políticas implementadas acorde a las distintas instituciones involucradas. Una vez más, esto es posible de llevar a cabo mediante la descentralización de decisiones.
- *Necesidad de evaluar (externamente) organizaciones y políticas*. En este contexto es necesario retroalimentar las políticas. Es necesario evaluar desempeños y mejorar. Para ello, es bueno implementar unidades permanentes de evaluación de tal manera de identificar oportunamente aciertos o desaciertos de las políticas implementadas.
- *Instituciones nuevas con masa crítica necesaria para generar el impacto requerido de las políticas implementadas*.

Implementación

En general las fuerzas y cambios observados en las políticas innovativas de los países han provocado que los gobiernos se especialicen esencialmente en dos direcciones. En primer lugar, estimulando el desarrollo orientado a intensificar la colaboración entre organizaciones existentes. Y, en segundo lugar, implementando cambios estructurales más profundos en el SIN.

IV.3 Contexto Internacional

En este acápite se entrega un resumen de la evolución de la política científico-tecnológica de un grupo seleccionado de países. Si bien este análisis está lejos de ser exhaustivo, entre luces sobre el contexto en que los sistemas de apoyo público para estas actividades sufrieron modificaciones radicales durante los años recientes. Dichos cambios son analizados posteriormente bajo el marco desarrollado en la sección anterior.

A comienzos de 1990 *Finlandia* cayó en una profunda recesión que provocó altas tasas de desempleo, alcanzando un 20% en 1994. El país se recuperó rápidamente de la recesión mediante la implementación de cambios estructurales en la industria manufacturera, basados esencialmente en la implementación de una sólida política tecnológica e innovativa a cargo de Tekes. El resultado de esto es la excelente posición relativa en la que hoy se ubica dicho país.

Así, la inversión de Finlandia en investigación y desarrollo fue exitosa pues su reestructuración generó empleo y crecimiento económico. La tecnología y el *know-how* fueron implementados como las principales fuentes de crecimiento en la productividad y con ella, el crecimiento de la economía. Esto fue logrado con un significativo apoyo público a las empresas de tal manera de incentivarlas a invertir en innovación. La reacción a estos incentivos fue positiva y la inversión en I+D ha venido creciendo en los últimos 15 años y ha sido utilizada exitosamente. Esto ha definido el constante desarrollo de este país que hoy se ubica dentro de los ejemplos más importantes en cuanto a política tecnológica.

La política innovativa de Finlandia se resume en los siguientes puntos:

- Alta inversión en I+D (3.5% del PIB), la cual es coordinada por el Concejo de Política Científica y Tecnológica.
- Sistema universitario público con especial énfasis en ciencias y tecnología.
- Financiamiento a la I+D a través de la Academia de Finlandia y la Agencia de Tecnología Nacional, Tekes.

- Disponibilidad de capitales de riesgo para innovaciones en fase inicial de financiamiento a partir del organismo SITRA.
- Intensiva cooperación y trabajo en conjunto entre empresas y organizaciones del sector público.
- Políticas con avanzadas tendencias a la flexibilidad y desregulación.

Por otro lado, dentro de los países con cambios más notables se encuentra **Alemania**. Dicho país ha priorizado la mejora de las habilidades educativas y de investigación mediante la innovación. Adicionalmente a las inversiones en el sistema universitario, ha priorizado también importantes reformas en el ámbito educativo y de capacitación. El gobierno alemán pretende lograr esto mediante una modernización de las regulaciones que pudiesen estar impidiendo las relaciones entre investigación básica, investigación aplicada y la aplicación de éstas en el mercado.

Por su parte **Irlanda** efectuó una modernización de todas las organizaciones intermediarias entre 1994 y 1999. El principal objetivo consistió en clarificar la división de tareas entre dichas organizaciones y tener menos de ellas, pero mejor coordinadas. Así, Irlanda crea en 1994 una nueva agencia llamada “Forfas” con el rol de coordinar y aconsejar al resto de las organizaciones. Por otro lado en 1998 se crea “Enterprise Ireland” la que se encarga de la distribución de las ayudas financieras entregadas por el gobierno destinadas a innovación. Además se creó en 1997 un nuevo consejo asesor denominado “Irish Council for Science, Technology and Innovation”.

Por otro lado, **Noruega** ha efectuado pocos cambios en su estructura. Muchas de las divisiones de trabajo y responsabilidades se derivan de cambios que no tienen que ver directamente con la política tecnológica sino más bien con afanes administrativos. Éstos apuntan a establecer distinciones entre la formulación e implementación de las políticas además de modernizar los instrumentos utilizados por el Ministerio de Temas Económicos.

En **Singapur** se han efectuado considerables cambios en la estructura institucional que coordina la política científico-tecnológica. Inicialmente las funciones de coordinación e

implementación de dichas políticas quedaron bajo el mando de un solo ministerio que además es el responsable de promover desarrollo económico, el Ministerio de Comercio e Industria (MIT). Actualmente se identifica una tendencia hacia la descentralización y aparición de estructuras más específicas a ciertos roles y tareas.

Suecia ha efectuado considerables cambios en su SIN a partir del año 2001. El anterior NUTEK (*Swedish National Board for Industrial and Technical Development*) fue dividido en tres nuevas autoridades: “Agencia de Desarrollo del Comercio Sueco” (NUTEK), “Agencia Sueca de Sistemas de Innovación” (Vinnova) y el “Instituto de Estudios de Crecimiento” (ITPS). Se descontinuaron varios consejos de investigación y se crearon tres nuevos. Esta nueva organización de consejos busca, entre otras cosas, promover la colaboración entre distintas áreas de investigación de tal manera de mejorar la difusión de información asociada a la investigación realizada y sus resultados. Esta nueva organización posee mejores condiciones para estimular investigaciones interdisciplinarias y multidisciplinarias además de ofrecer apoyo suficiente a investigadores talentosos que deseen desarrollar investigaciones innovativas independientes. En general la reorganización de la estructura institucional busca focalizar los esfuerzos públicos en áreas de importancia estratégica, mayor eficiencia y de mejorar la adaptación a las necesidades de grupos objetivo.

En 1999, ciertas partes del SIN de **Corea del Sur** fueron modificadas. El “Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología” (NSTC) fue creado con el objetivo de coordinar la política nacional de ciencia y tecnología. Adicionalmente, el “Instituto de Ciencia y Tecnología” (STEPI), una organización pública especializada en política tecnológica y científica, fue reorganizada como una entidad independiente perteneciente “Consejo Coreano de Institutos de Investigación Económica y Social” (KCESRI). El rol de STEPI es proveer análisis y consejo en los tópicos asociados a ciencia y tecnología.

Los mayores avances efectuados por el **Reino Unido** son el resultado de dos artículos publicados por el gobierno a partir del año 1998. En 1998 en “*Our Competitive Future*” el Reino Unido introdujo algunas medidas que pretendían 1. coordinar la política científico-

tecnológica a través de los ministerios, 2. vincular al gobierno, ciencia y comercio para identificar nuevas oportunidades de mercado, 3. mejorar el apoyo entregado a las empresas recién establecidas, etc. Por otro lado, el siguiente artículo denominado “Science and innovation policy for the 21st century” implicó un mayor financiamiento al “Fondo Innovativo de Educación Superior” para aumentar las habilidades de las universidades para trabajar con la industria, en particular con pequeñas firmas. Además más fondos fueron asignados a desarrollar buenas ideas, apoyar clusters, incubadoras y nuevas asociaciones de científicos, empresarios, administradores y financistas, etc. Adicionalmente se cambiaron las reglas sobre derechos de propiedad en investigaciones efectuadas con fondos públicos: el Derecho de Propiedad Intelectual pertenece al cuerpo investigador y no al que financia.

IV.4 Resultados: Nuevas Estructuras Institucionales

Si bien los objetivos de los países descritos coinciden en varios de ellos, la manera en la cual se estructura el SIN para lograr dichos objetivos difiere entre los países descritos. Esto debido al nivel de desarrollo económico asociado a cada país, las tradiciones políticas de cada uno de ellos y sus aspectos culturales, entre otros.

El objetivo de esta sección es caracterizar las estructuras de apoyo a la investigación científica e innovación tecnológica resultante del grupo de países analizados. Este ejercicio de síntesis se basa en la identificación de tres temas centrales de la innovación : ciencia y educación, investigación y desarrollo tecnológico y desarrollo económico y de negocios. A partir de estos tres temas centrales es posible definir la política tecnológica en el sentido de diseñar instrumentos de política acorde a las necesidades de cada área e implementar organizaciones que se agrupen en torno a cada una de ellas.

Por otra parte, y dado el contexto económico, cultural, político y social en que se han llevado a cabo estos cambios, la estructura resultante ha sido diferente entre los países considerados. Si bien cada país muestra su estructura propia, se ha hecho el esfuerzo de sintetizar las estructuras en bajo tres grandes clasificaciones : Jugador Dominante, División

del Trabajo y Por Pilares, los que se describen a continuación siguiendo el marco desarrollado al inicio de este capítulo.

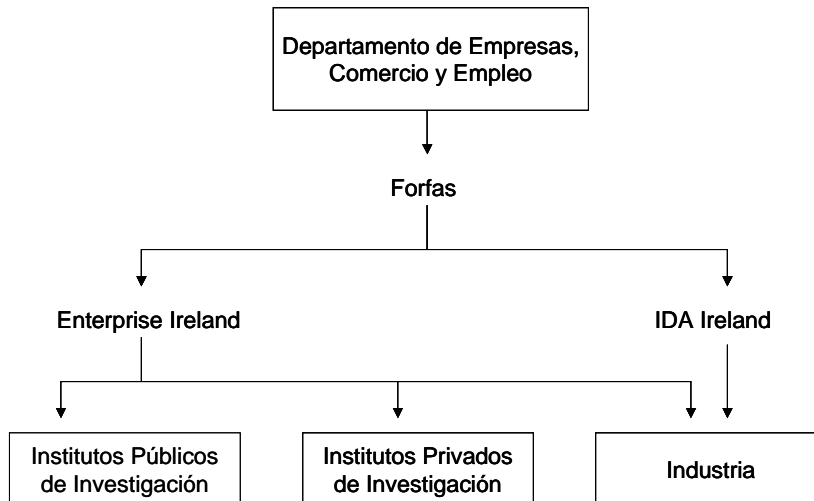
IV.4.1 Modelo del Jugador Dominante

El Modelo del Jugador Dominante se caracteriza por la existencia de una organización que se responsabiliza por una buena parte de la cadena de políticas innovativas. En este modelo pueden existir dos jugadores dominantes: a nivel de política innovativa y/o a nivel intermediario. A nivel de política innovativa encontramos una integración de las políticas científico-tecnológicas con las políticas de desarrollo económico y comercial. Ejemplos del modelo de “*jugador dominante*” son Irlanda, Suecia y el Reino Unido.

La existencia de un jugador dominante permite la coordinación mayoritaria desde una única organización, sin embargo esto requiere de una gran coordinación, lo que muchas veces puede resultar altamente complejo. Además, estar pendiente de muchas cosas a la vez no permite dedicarse al conocimiento de ciertas áreas en particular. Sin embargo los países que han adoptado este esquema han establecido organizaciones dedicadas especialmente a la coordinación, como por ejemplo el Forfas en ***Irlanda***. Esta institución tiene como misión coordinar y aconsejar, mas no tomar decisiones asociadas a financiamiento. Así, si bien este modelo centraliza la organización en un solo organismo, las diversas dimensiones del sistema innovativo pueden dificultar significativamente la coordinación de la política innovativa. Esto incluso puede terminar en una política muy ineficiente y poco específica donde los esfuerzos realizados generen resultados escasos.

Modelo de Jugador Dominante

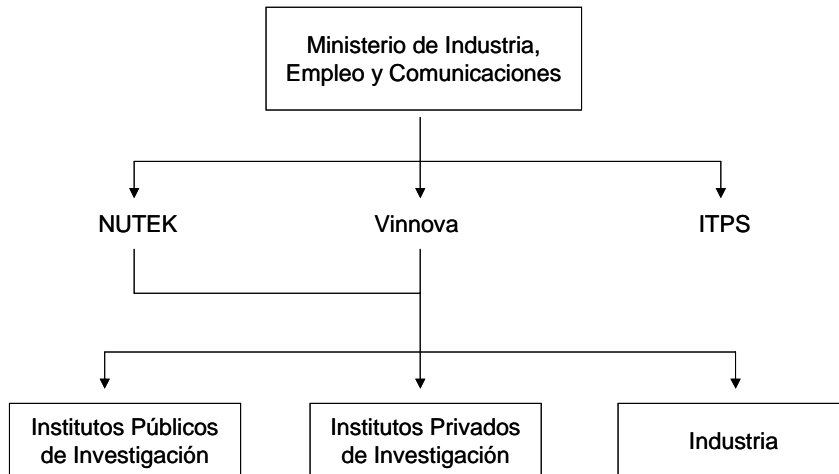
IRLANDA



Por otro lado, *Suecia* pasó de un sistema centralizado en Nutek a un sistema más descentralizado en el cual se dio énfasis a las políticas de desarrollo y económicas a cargo de Nutek, a las políticas de innovación a cargo de Vinnova y a las políticas de investigación a cargo de ITPS. Todas estas agencias dependen del Ministerio de Industria, Empleo y Comunicaciones.

Modelo de Jugador Dominante

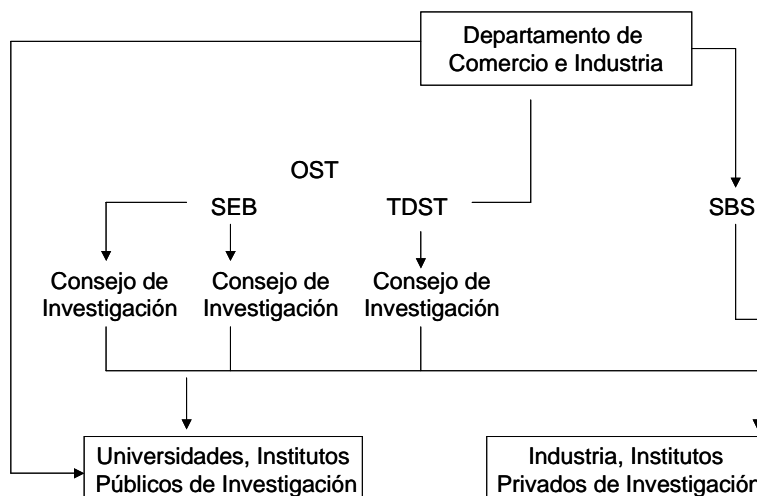
SUECIA



Por su parte, el *Reino Unido* creó varias unidades independientes que dependen del jugador dominante: el Departamento de Comercio e Industria. Estas unidades poseen funciones de coordinación sobre los ministerios en materias de implementación de políticas innovativas.

Modelo de Jugador Dominante

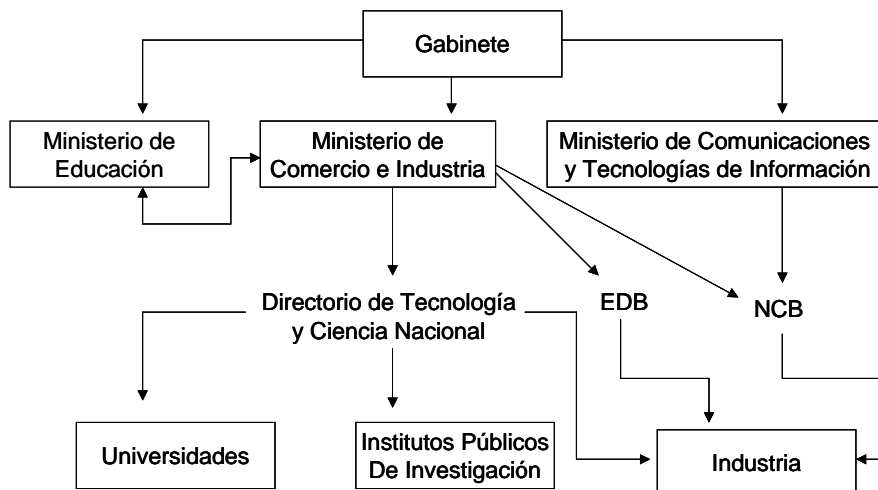
REINO UNIDO



Una variante de este modelo de jugador dominante es el de *Singapur*. El gobierno de Singapur decidió centralizar las políticas de ciencia y tecnología y su implementación en un solo ministerio, el que además coordina políticas económicas y de desarrollo. Sin embargo, a nivel intermedio se generan varias ramas tal como se ve en la siguiente figura:

Un caso especial de jugador dominante

SINGAPUR



Del Ministerio de Comercio e Industria cuelga la NSTB o Directorio de Tecnología y Ciencia Nacional, el principal intermediario de ciencia y tecnología de Singapur. Sin embargo ciertos cambios han permitido evitar las dificultades de un modelo de jugador dominante, como por ejemplo la coordinación de diversas prioridades en una misma organización. Así, se crearon dos agencias, el “Directorio Económico de Desarrollo”, EDB, y el “Directorio Nacional de Computación”, NCB, y les corresponde la responsabilidad de ciertas tareas que de otra manera tendría que abarcar la NSTB. Con esto se evita que una misma organización se encargue de demasiadas y variadas tareas y con ello es posible identificar e implementar políticas más específicas.

Quizás el caso de Singapur ejemplifica la complejidad de un modelo de jugador dominante demasiado grande pues los objetivos son muchos y la factibilidad de éxito se reduce con el tamaño y los objetivos. En este sentido, aún cuando Irlanda haya creado el Forfas como consejero y coordinador para enfrentar las complejidades del modelo en discusión, no es claro que esto sea sostenible en el tiempo.

IV.4.2 Modelo de División de Trabajo

Varios de los países en estudio presentan una clara estructura hacia la división del trabajo, es decir, es posible observar sistemas paralelos que apoyan a la innovación desde distintas perspectivas. Dentro de los sistemas identificados, encontramos uno enfocado en educación e investigación y un segundo sistema especializado en tecnología y desarrollo económico. Por ejemplo *Alemania* y *Noruega* poseen poderosos Ministerios de Ciencias y de Asuntos Económicos. Sus responsabilidades se encuentran completamente separadas, operan independientemente y cada ministerio utiliza sus propias agencias de implementación de políticas.

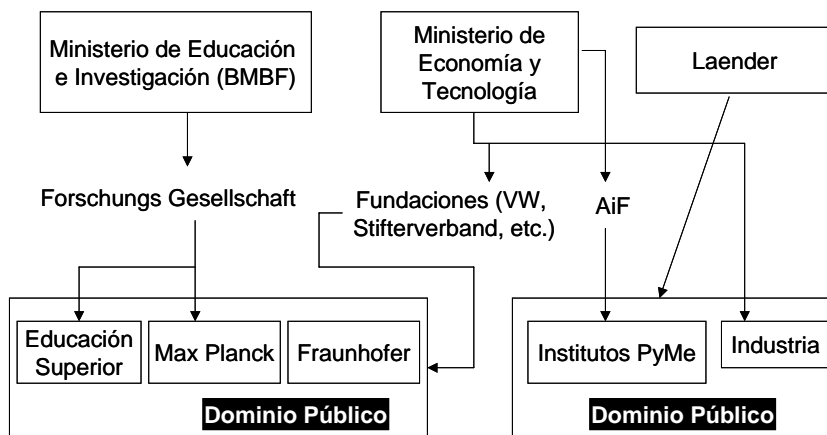
El sistema de Innovación *Alemán* es uno de los más complejos de esta descripción debido a su tamaño, estructura federal y el desarrollo de su historia. Se estructura se define a partir de una filosofía de separación entre el financiamiento y el desempeño en investigación. Esto se verifica por la distancia existente entre ambas tareas, las cuales son vinculadas a partir de intermediarios.

A nivel financiamiento del sistema innovativo podemos identificar a dos ministerios, el Ministerio de Educación e Investigación y el de Economía y Tecnología. A nivel intermediario se observan varias organizaciones que vinculan al nivel financiamiento con el nivel desempeño. Por ejemplo el DFG (Forschungs Gellschaft) recibe el financiamiento que más tarde será asignado a universidades, institutos de investigación y academias. Por

otro lado el AiF es una organización sin fines de lucro que se dedica a la promoción de I+D aplicada en beneficio de pequeñas y medianas empresas. Dentro de los actores que finalmente desempeñan la actividad innovativa encontramos a las universidades, institutos de investigación del gobierno y del sector privado, centros de investigación científicos donde se realizan actividades innovativas de largo plazo, a gran escala, alto riesgo y alto costo, etc.

Modelo de División de Trabajo

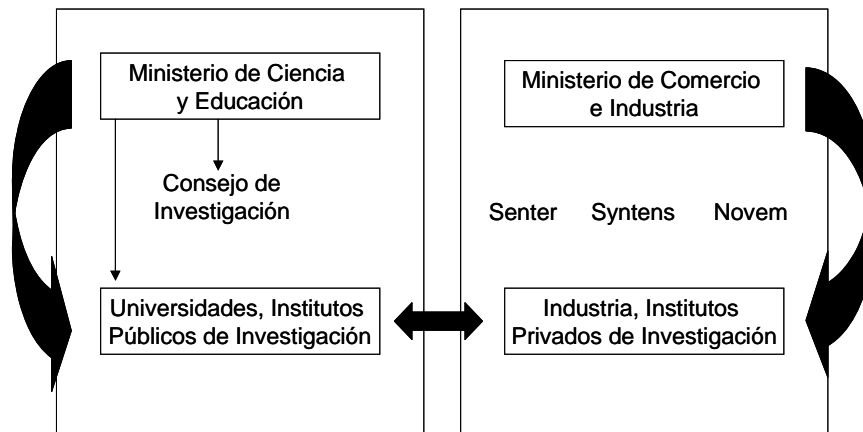
ALEMANIA



En el caso de **Noruega**, más del 62% del gasto público en I+D es efectuado por el Ministerio de Educación y Ciencia. Como puede verse en la siguiente figura existe una clara división de labores: un ministerio se encarga de la educación e investigación, y el otro se concentra esencialmente en tecnología y desarrollo económico.

Modelo de División de Trabajo

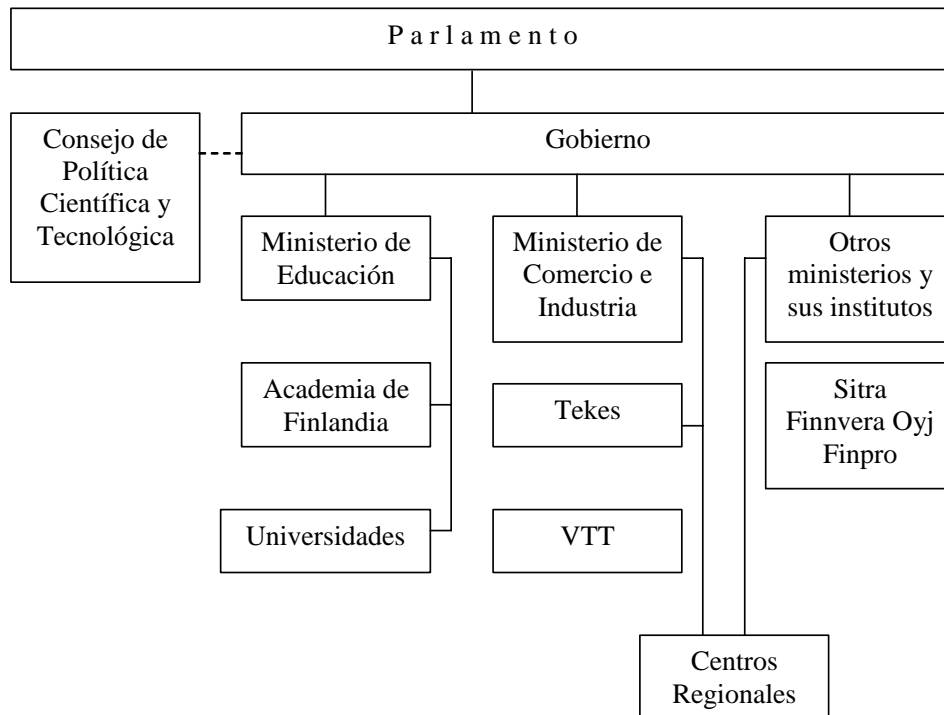
NORUEGA



Por otro lado **Finlandia** es un país que también ha implementado una estructura de división de trabajo. Uno de los actores más importantes en el sistema innovativo de Finlandia es el intermediador Tekes, cuya misión es promover la competitividad de la industria y sector servicios de dicho país a través de medios tecnológicos. Constituye el organismo financiador de I+D aplicada e industrial más importante de Finlandia. El presupuesto de Tekes es asignado directamente en el presupuesto público. Por otro lado, de la parte educación se encarga la Academia de Finlandia.

Modelo de División de Trabajo

FINLANDIA



IV.4.3 Modelo por Pilares

En este modelo es posible identificar una serie de organizaciones especializadas en ámbitos específicos de la innovación: ciencia, tecnología, información y comunicación, y desarrollo económico y comercial. Esto implica que cada organización implementa sus respectivas políticas en sus áreas en particular y a través de sus propias agencias. El resultado de esto es una alta especialización, pero una estructura muy fragmentada. Además, de esta estructura pueden surgir duplicidades de actividades que no se justifican desde el punto de la eficiencia. Junto con ello, no es posible aprovechar economías de ámbito derivadas de ciertas actividades. Así, si bien es posible definir estrategias específicas y dirigidas a áreas

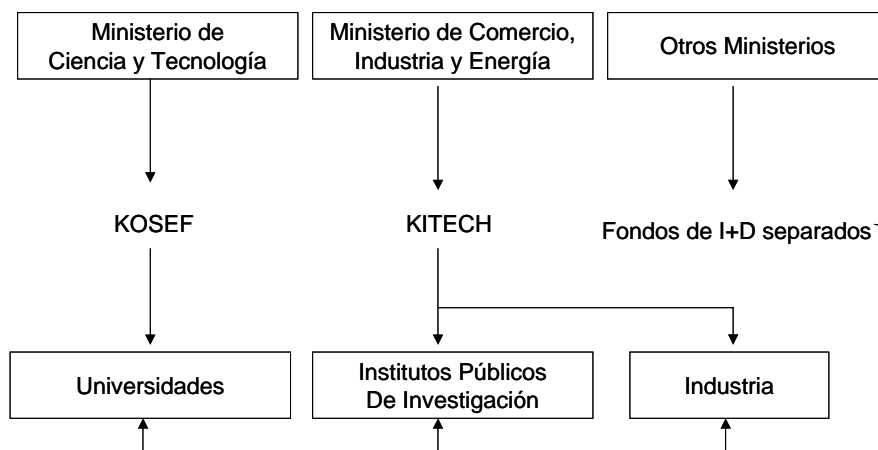
específicas de la innovación, es necesario tener en cuenta el alto costo de eficiencia derivado de esta fragmentación.

Un ejemplo extremo de este modelo es *Corea del Sur* en donde el sistema de apoyo se encuentra distribuido en pilares separados. Además de los ministerios más importantes como el de Ciencia y Tecnología (MOST) y el Ministerio de Comercio, Industria y Energía (MOCIE), existen otros ministerios con sus propias políticas innovativas. Entre estos encontramos el Ministerio de Educación y Recursos Humanos, y el Ministerio de Información y Comunicación. Cada ministerio posee su propia agencia de I+D y difieren en los métodos de implementación de políticas así como también a quien se le entrega el financiamiento.

Debido a esto ha surgido la necesidad de coordinar de mejor manera la política innovativa nacional de este país. El “Ministerio de Ciencia y Tecnología” intentó ponerse a la cabeza de esta estructura pilarizada pero no con mucho éxito.

Modelo Pilarizado

COREA DEL SUR



No obstante lo anterior, en 1999 se funda el “Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología” (NSTC) de tal manera que todos aquellos ministerios relacionados a la política científico-tecnológica estarían representados por este consejo. Así, además de coordinar la política tecnológica dicho consejo se encarga de la asignación de presupuesto en materia de ciencia y tecnología.

IV.5 Comentarios

De los tres tipos de modelos descritos en la sección anterior se desprende que los países con una estructura institucional del tipo dominante son aquellos que han experimentado los cambios estructurales más importantes. Sin embargo, tal como se dijo anteriormente, existe una tendencia a descentralizar el sistema de innovación debido a los problemas de coordinación que surgen de un modelo dominante. Un ejemplo de esto es Nutek en Suecia, quien inicialmente centralizaba la coordinación del sistema innovativo. Sin embargo más tarde Nutek se dividió en tres agencias enfocadas a tareas más específicas.

Con la descentralización, las agencias de implementación o intermediarios se especializan en ciertas áreas y están más cerca del nivel ejecutor de la actividad innovativa. Esto permite identificar y entender las necesidades específicas de cada cliente y con ello se les da un trato más especializado alejándose de los grandes programas gubernamentales. Este mecanismo de “*servicio ad-hoc al cliente*” promueve la eficiencia en la asignación del financiamiento.

Como resultado de lo anterior se abre una brecha entre la formulación de la política tecnológica y la implementación, en el sentido de que el nivel intermedio está más cerca del nivel ejecutor. Para saltar esta valla de coordinación, algunos países han creado organizaciones que desarrollan la labor de coordinar, aconsejar y evaluar las políticas implementadas, como por ejemplo el Forfas en Irlanda.

Otro de los fenómenos identificados a partir del análisis de los países es la formación y/o fortalecimiento de consejos de apoyo constituidos principalmente por hacedores de política,

empresarios y científicos. A partir de éstos se pretende más que nada coordinar actividades en áreas científicas y tecnológicas y aumentar la prioridad de este tipo de políticas.

Adicionalmente la tendencia de mover instituciones intermedias más cerca de los ejecutantes demanda cambios legales y organizacionales a nivel institucional. Luego, para que la especialización se haga realmente efectiva es necesario dar mayor flexibilidad a las instituciones y, tal como se dijo antes, descentralizar las decisiones formando organizaciones semi-independientes.

Finalmente cabe mencionar la importancia de la coordinación en toda esta discusión. La manera en la que finalmente se implementa la política tecnológica es el resultado de una búsqueda constante de coordinación y eficiencia. Con el tiempo se ha entendido que es importante dirigir las políticas según las necesidades de los ejecutores pues solo de esa manera se pueden asignar los recursos de manera eficiente. La tendencia a la cercanía de las organizaciones intermediarias a nivel final es una realidad que busca adecuarse a la demanda del cliente. Sin embargo esto requiere de una mayor descentralización de las decisiones y para ello las organizaciones deben independizarse en cierto grado del organismo coordinador. Esto, sin embargo, crea una especie de fragmentación en el sistema innovativo pues cada organización implementará estrategias distintas según los objetivos prefijados en su área. Esto requiere de consejos coordinadores que velen por el norte de la política tecnológica y por la efectividad de ésta.

DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL PARA CHILE

El principal objetivo de este capítulo es realizar un diagnóstico de la situación institucional chilena relacionada al apoyo de la ciencia y la tecnología. Con este fin, primeramente se analizará la estructura presupuestarias relacionada con este tipo de actividades. En seguida, se realiza un análisis esquemático de las diferentes dependencias, programas, fondos revisando sus principales objetivos, clientes e instrumentos. Ello con el fin de detectar posibles duplicidades de esfuerzos, como también de clientes y objetivos que pudieran entorpecer una asignación más eficiente de los recursos escasos en estas materias. Estos antecedentes serán utilizados para realizar un diagnóstico de la situación chilena el que servirá de base para la propuesta de una nueva institucionalidad, aspecto que se desarrolla en el capítulo siguiente.

V.1 Presupuesto Nacional asignado a actividades de I+D e Innovación Tecnológica

El presupuesto nacional del año 2004 identifica 31 partidas asociadas directamente con actividades de I+D e innovación tecnológica. Del total de 192 millones de dólares reportados, un 53,1 % está asociado a fondos concursables, un 16,9% a institutos tecnológicos, un 12,8% a programas, un 6,8% a becas de postgrado tanto en Chile como en el exterior y el 10,4% restante se asigna a otras iniciativas menores. Si a esta cifra se le agrega las transferencias directas que realiza el estado a las universidades – cifra cercana a los 86 millones de dólares- mas los cerca de 100 millones de dólares que se gastan (pero no financian internamente) asociados a actividades de investigaciones espaciales³² junto a los

³² Conicyt (2004).

otros 100 millones de dólares que gasta el sector privado en este tipo de actividades³³, se obtiene que el monto total de recursos tanto públicos como privados invertidos en actividades de investigación y desarrollo alcanzan un valor cercano a los 500 millones de dólares los que representan aproximadamente un 0,6% del producto interno bruto.³⁴

Recursos Ciencia y Tecnología Ley de Presupuesto 2004

				Número	Año
	MM\$	MMUS\$	%	Programas	Creación
AGRICULTURA					
Fundación para la Innovación Agraria (FIA)	3.466	5,5	2,9		1981
INIA	7.191	11,5	6,0		1964
INFOR (Subsecretaría Agricultura)	924	1,5	0,8		1965
CIREN (Subsecretaría Agricultura)	418	0,7	0,3		1985
Fundación Chile	895	1,4	0,7		1976
	12.894	20,6	10,8	5	
ECONOMIA					
FONTEC	7.524	12,0	6,3		1991
Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI CORFO)	8.447	13,5	7,0		1995
Fondo innovación tecnológica Bio-Bio	504	0,8	0,4		2001
Programa Desarrollo e Innovación Tecnológica					
Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica	1.664	2,7	1,4		1992
Subsecretaría de Agricultura (FIA)	569	0,9	0,5		1981
CONICYT	1.408	2,3	1,2		1967
Fundación Chile	330	0,5	0,3		1976
INN	393	0,6	0,3		1973
Programa de Marcas y Patentes	261	0,4	0,2		
Fondo de Investigación Pesquera (FIP) (Subsecretaría de Pesca)	2.211	3,5	1,8		1991
IFOP (Subsecretaría de Pesca)	392	0,6	0,3		1965
Fundación Chile (CORFO)	713	1,1	0,6		1976
	24.416	39,1	20,4	12	
EDUCACIÓN					
FONDECYT (CONICYT)	21.263	34,0	17,7		1982
FONDEF (CONICYT)	9.900	15,8	8,3		1991
Becas Nacionales de Postgrado (CONICYT)	3.059	4,9	2,6		1988

³³ Ver Universidad de Chile (2004c)

³⁴ Todos estos valores son estimativos por cuanto no hay datos oficiales para cada uno de estas partidas – excepto el presupuesto. Conicyt (2004) está trabajando en la estandarización de las cifras y la metodología de cálculo.

Programa de Ciencia para la Economía del Conocimiento				
(Banco Mundial)	5.129	8,2	4,3	2003
Programa Explora (CONICYT)	723	1,2	0,6	1995
Instituto Astronómico Isaac Newton	55	0,1	0,0	?
* Fondo Desarrollo Institucional	8.313	13,3	6,9	1991
* Fondo Desarrollo Institucional - Infraestructura	16.375	26,2	13,7	1991
	64.817	103,7	54,1	8
MIDEPLAN				
Programa Iniciativa Científica Millenium	3.610	5,8	3,0	1999
Programa de Becas	5.090	8,1	4,2	1981
	8.700	13,9	7,3	2
MINERÍA				
Comisión Chilena de Energía Nuclear (aporte fiscal: 78,6%)	3.980	6,4	3,3	1964
	3.980	6,4	3,3	1
DEFENSA				
Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (aporte fiscal: 71,0%)	2.004	3,2	1,7	1990
Instituto Geográfico Militar (aporte fiscal: 42,6%)	1.102	1,8	0,9	1922
	3.106	5,0	2,6	2
RELACIONES EXTERIORES				
Instituto Antártico Chileno (aporte fiscal : 99,2%)	1.911	3,1	1,6	1963
	1.911	3,1	1,6	1
Total	119.824	191,8	100,0	31
Dólar 30/04	624,84			

Fuente : Crispi (2004) en base al Presupuesto Nacional 2004. Con la excepción del CChEN, SHOA, IGM y el IACH, todos las instituciones, programas y fondos son financiados íntegramente con aporte fiscal.

El primer aspecto que llama la atención de la tabla anterior es el bajo presupuesto total del país en este tipo de actividades. Como se mencionó en las secciones anteriores, los valores de gasto público en I+D son muy bajos no sólo en términos absolutos sino comparativamente a países que muestran un grado de desarrollo similar al nuestro. No obstante lo anterior, y dado que la participación privada en el financiamiento de este tipo de actividades es igualmente baja, la relación financiamiento público privado alcanza valores anormalmente altos. Efectivamente, el sector privado invierte una cifra cuatro veces menor

que lo realizado por el sector público, contrastando a lo observado para países mas desarrollados donde, tal como se plantea en el segundo capítulo, esta relación es a la inversa.

En segundo lugar, llama la atención la gran cantidad de partidas presupuestarias las que, obviamente, tienen un monto muy reducido. Si bien muchas de estas partidas están asociadas directamente con programas de apoyo a este tipo de actividades, la gran desagregación de éstas denunciaría que las negociaciones de los presupuestos correspondientes se realizan en forma separada o aislada. Esta gran variedad estaría dando cuenta de una dispersión de esfuerzos, quizá sin ningún mecanismo de coherencia y consistencia.

Finalmente, del cuadro se observa que el peso relativo que tienen actividades de I+D de carácter básico es muy alto (presupuesto de Educación) a costa de programas con una mayor orientación aplicada y de negocios. Ello también contrasta con lo observado en países mas avanzados donde el financiamiento de investigaciones con una orientación aplicada tiene una importancia relativa superior con respecto a la investigación de carácter básico.

Para dilucidar alguna de estas apreciaciones, será necesario comprender la arquitectura institucional chilena de apoyo a las actividades científico-tecnológicas. Este aspecto es el que se discute en la siguiente sección.

V.2 Arquitectura Institucional: Apoyo Público a la Innovación Tecnológica³⁵

Siguiendo el marco de análisis desarrollado en el capítulo anterior, en el siguiente gráfico se presenta un esquema de los componentes principales del sistema público de apoyo a la investigación científica y desarrollo tecnológico en Chile. Utilizando la metodología descrita para el análisis de la estructura de apoyo institucional a las actividades científico-

³⁵ Una descripción detallada de todos los fondos, programas e instituciones públicas vinculadas directamente al apoyo a las actividades científico-tecnológicas, se presentan en los anexos.

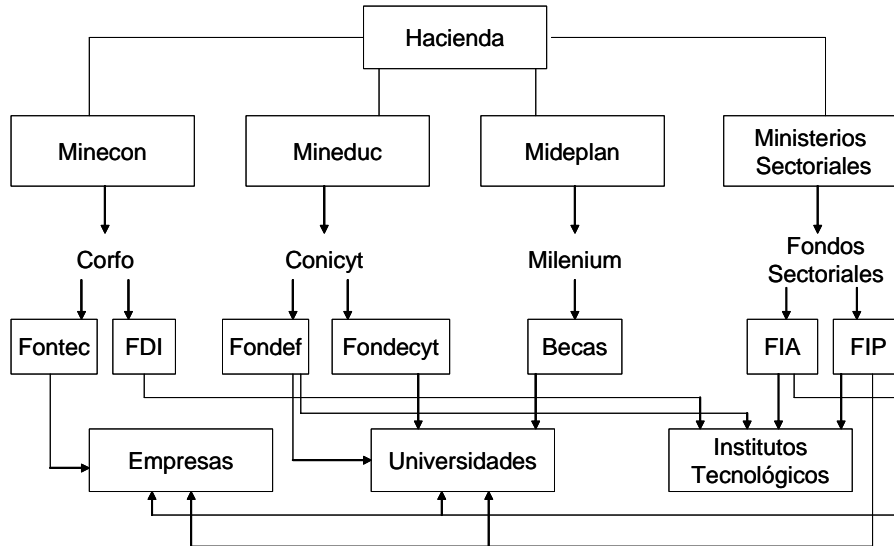
tecnológicas, Chile se acerca más al de tipo Pilares en el cual es posible identificar tres áreas de especialización: ciencia y educación, coordinado principalmente por CONICYT; investigación y desarrollo tecnológico, coordinado principalmente por CORFO; y desarrollo económico y de negocios, coordinado principalmente por el ministerio de economía y por CORFO. No obstante lo anterior, existe un amplio espectro de instituciones relacionadas a estas actividades las que están dispersas en varios estamentos de la administración pública.

Por una parte, están la mayoría de los fondos tecnológicos, los que si bien están coordinados por la Secretaría del Programa de Innovación Tecnológica SEPIT ahora conocida como el programa Chile-Innova, la operación de varios de estos fondos dependen de diferentes ministerios tales como el de Agricultura, Economía a través de CORFO, y Educación a través de CONICYT.

Existen a lo menos cuatro dimensiones de los fondos públicos de apoyo a la I+D que son de interés. Por una parte, están aquellos proyectos de investigación básica los cuales no persiguen llegar necesariamente a una aplicación tecnológica ni menos con carácter comercial. En este esquema están los proyectos de carácter netamente académico los que son desarrollados principalmente al interior de las universidades. El FONDECYT cumple este rol de apoyo a la investigación universitaria de excelencia la cual privadamente nunca se realizaría y cuyos beneficios son no sólo la creación de una base de capital humano de alto grado de calificación sino una base de conocimiento que puede ser posteriormente utilizada para el estudio de aplicaciones tecnológicas con mayor énfasis productivo.

La segunda dimensión está relacionada con el alto nivel de riesgo e incertidumbre asociado a un proyecto tecnológico que busca realizar investigación aplicada con el fin de generar un conocimiento tangible con potencial comercial. El programa FONTEC apunta en esta dirección al apoyar emprendimientos privados en I+D aplicada y desarrollo tecnológico para el cual no existen mecanismos de financiamiento privados y que como consecuencia de su ejecución se generan externalidades imposibles de capturar por el ejecutante del proyecto.

Sistema Chileno de Apoyo Público a Actividades Científico-Tecnológica
Un Modelo Pilarizado



Un tercer aspecto relacionado con el apoyo a la actividad innovativa tiene que ver con aquellos proyectos de carácter tecnológico para los cuales el VAN privado es por definición negativo ya que los principales beneficiarios del resultado del proyecto están dispersos en la sociedad y los cuales no están dispuestos a pagar en forma aislada por los beneficios generados. Es la sociedad como un todo la beneficiada y donde quien ejecuta el proyecto no puede apropiarse de ellos. La línea de interés público del FDI está orientada en esta dirección financiando proyectos tales como el desarrollo de páginas web de reparticiones públicas – SII, compras Chile – o sistemas de información complejos con aplicaciones a un amplio espectro productivo nacional – laboratorios de metrología.

Finalmente, se tienen los casos de asociatividad en torno a una idea o proyecto de tecnología. El objetivo es internalizar parte de las externalidades que el proyecto puede generar junto con reducir los costos de transacción que llevan aparejados. La línea de apoyo a proyectos de carácter precompetitivo, por parte del FDI y aquellos de FONDEF promueven la generación de asociaciones formales o informales entre instituciones que

desarrollan tecnología – universidades e institutos tecnológicos, y las empresa del sector privado.

Paralelamente existen programas aislados como el Milenium localizado en MIDEPLAN como también un programa del Banco Mundial para el apoyo a la innovación tecnológica dependiente del Ministerio de Educación aunque localizado en CONICYT.

V.3 Diagnóstico de la Situación Actual

En consideración a lo anteriormente expuesto mas la revisión de la experiencia internacional, la que ha sido resumida en capítulos anteriores, a continuación se elabora un breve diagnóstico de la situación actual chilena en temas relacionados con la arquitectura de apoyo a las actividades científico-tecnológica.

En primer lugar, se observa la existencia de un desbalance entre la importancia relativa de las asignaciones presupuestarias entre ciencia básica y desarrollo tecnológico. Si bien no existen elementos a priori para señalar porqué esto podría ser un problema hay dos elementos que son necesarios de considerar sobre este aspecto. Por un lado, si se piensa en el rezago que existe entre los esfuerzos de I+D y su impacto sobre la productividad y el crecimiento, obviamente investigación de carácter mas aplicado estará asociado a rezagos menores. Ello es de particular interés en el caso que uno de los indicadores de rentabilidad de proyectos de estas características, particularmente en el sector privado, sea el período de retorno. Por otra parte, un reciente estudio teórico muestra que efectivamente, la investigación aplicada tiene un impacto relativo mayor sobre el crecimiento de los países que la investigación de carácter básico. Si bien, necesariamente la primera se tiene que nutrir de esta última, nuevamente dada su cercanía con el mercado, su impacto es no sólo mas rápido, sino que también mayor.³⁶

³⁶ Scavia (2004).

En segundo lugar, un análisis cuidadoso de los objetivos y estructuras de los programas y fondos de apoyo a las actividades científico tecnológicas³⁷, muestra una clara falta de vinculación y coordinación entre las instituciones asociadas a estas actividades reflejando la ausencia de una estrategia común que guíe su accionar. Mas aún, uno de los aspectos mas visibles de esta falta de coordinación está en el diseño de programas de estudios de postgrado nacionales los cuales no tienen ningún correlato con las necesidades de capital humano en sectores con potencial de desarrollo tecnológico endógeno.

Finalmente, del análisis de las políticas, se observa que existe una falta de una vinculación mas fluida del sector público con el privado en un amplio espectro de actividades relacionadas con I+D. Las opiniones, ya sea en formal o informal, aparentemente, no son incorporadas en ninguna instancia resolutoria relacionada con estas actividades. La experiencia internacional muestra la importancia de que ello se realice pues no solo le da pertinencia a los programas elaborados sino que consistencia con los problemas y desafíos que enfrentan el sector privado.

No obstante lo anterior, existen algunos aspectos adicionales a los anteriormente sugeridos respecto al diagnóstico de la situación innovativa nacional, que son de particular interés a la hora de elaborar una agenda pública al respecto.

Por una parte, y dada la revisión del sistema público de apoyo a este tipo de actividades, el alto grado de fragmentación de los recursos públicos destinados a financiar actividades tecnológicas no permite el aprovechamiento de las potenciales economías de escala y ámbito (y coordinación) que pudieran generarse al estar los recursos administrados en unos pocos fondos.

Por otra parte, existe contundente evidencia internacional acerca de que la probabilidad y el monto de recursos invertidos en I+D crece en forma mas que proporcional con el tamaño de la firma (medida por su nivel de ventas). La probabilidad de que una PYME participe en este tipo de actividades es muy baja. En Chile esta evidencia es confirmada (Benavente,

³⁷ Los que se presentan en los anexos.

2002 y 2004). Igualmente, para el caso chileno existe evidencia de que por cada peso que el estado apoya al gasto en I+D existe un apalancamiento - crowding in - de 1,3 pesos en el sector privado manufacturero (Benavente, 2003a) y que el retorno social de ese peso es superior a los 5 pesos (Benavente, 2003b).

Adicionalmente, firmas que tienen contratos formales de cooperación con las universidades en temas tecnológicos, gastan un 85% mas en I+D comparadas con aquellas firmas que gastan en I+D pero no tienen dichas vinculaciones. Estas firmas innovan mas tanto en producto como en proceso y presentan cerca de un 88% en incrementos en productividad laboral comparadas con sus símiles pero sin vinculaciones (Benavente, 2002)

A pesar de lo anterior, existe una muy baja participación activa del sector privado en estos temas. Como se mencionó, la última evidencia recogida sugiere que sólo son un poco mas de 200 firmas que están participando en estos temas en forma activa y unas 500 en forma mas pasiva.

Finalmente, y con respecto a los programas de apoyo en sí mismo, cabe señalar que en algunos de estos programas los clientes están claramente diferenciados donde evaluaciones de impacto realizadas muestran que dichos programas no son sólo rentables sino que también atacan de manera eficaz la(s) falla(s) de mercado que justifica(n) su existencia.³⁸ Por ejemplo, para FONDECYT sus principales clientes son los investigadores universitarios mientras que para el caso del FONTEC son empresas pequeñas y medianas. No obstante lo anterior, para el caso de fondos como el FDI y el FONDEF existe algún grado de traslape no sólo en los clientes sino que también en la falla de mercado que pretenden solucionar.³⁹ Esta duplicidad de esfuerzos podría deberse a la falta de publicidad,⁴⁰ de intereses corporativos⁴¹ o a la falta de una estrategia o plan global.

³⁸ Ver Universidad de Chile (2004a), Universidad de Chile (2004b), Crespi y Muñoz (1998)

³⁹ Al ya mencionado caso de los casos FDI y FONDEF se podrían agregar los de la iniciativa Milenium con FONDECYT y el Programa Ciencias para la Economía del Conocimiento y el programa Chile-Innova. En los casos de fondos sectoriales como el FIA o el FIP la estructura de organización y los objetivos son similares a fondos mas generales como el FDI o el FONTEC. La gran diferencia es que dependen de diferentes ministerios y tiene un carácter mucho mas sectorial. A mayor abundamiento, el programa Ciencia para la Economía del Conocimiento tiene como principal objetivo "...fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología, a través de la expansión de la innovación y del aumento de la competitividad. Perfeccionar los

conocimientos especializados del país en las áreas de ciencia y tecnología y a mejorar su competitividad. Pretende promover la interacción entre el sector público y el privado y desarrollar el capital humano orientado a temas de ciencia y tecnología ...”. Este objetivo es muy similar al del programa Chile-Innova dependiente del Ministerio de Economía. Por su parte la iniciativa Milenium replica casi con exactitud los objetivos que persigue el FONDECYT.

⁴⁰ Ver Invertec-IGT (1999)

⁴¹ Ver Rivas (2004)

En base al diagnóstico realizado en el capítulo anterior, el objetivo de este capítulo es entregar los lineamientos generales de una propuesta sobre los aspectos centrales de la política pública relacionada con actividades científicas y tecnológica en nuestro país.

Para ello se discute la forma en que esta política puede ser diseñada e implementada junto a los contenidos particulares de la misma. En dicha propuesta se incluyen adicionalmente los temas relevantes asociados al diseño institucional coincidente con los objetivos planteados. Cabe señalar que esta es una primera aproximación al tema el que tiene por objetivo sentar las bases de la discusión futura sobre la política tecnológica nacional.

V.1 Necesidad de un Plan

Quizá el aspecto mas relevante que salta a la vista una vez analizada la situación actual chilena respecto a los temas de innovación tecnológica y sus actividades relacionadas es la falta de una política nacional referida especialmente a estos temas. Ello cobra particular interés al revisar la experiencia internacional donde la totalidad de los países revisados, la existencia de un plan o estrategia constituye la piedra angular de cualquier esfuerzo público orientado a promover las actividades científicas y tecnológicas de un país.

En efecto, la experiencia internacional muestra que la política de ciencia, tecnología e innovación posee una importancia estratégica como herramienta de valor indiscutible para el desarrollo económico y social de una nación. Ello supone la necesidad de formular desde un principio un adecuado planteamiento y un enfoque eficaz a la hora de desarrollar un Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación como el que aquí se esboza.

El gran reto para este tipo de aventuras consiste en saber adoptar un enfoque de país que integre y aglutine de forma sinérgica todas las actividades con contenido científico-tecnológico y de innovación de los diferentes partes del sistema público como también de los diferentes agentes que participa directa o indirectamente en ella. El objetivo es, en consecuencia, configurar un política como un instrumento de conocimiento basado en :

- Un enfoque de país para aprovechar el potencia endógeno, los recursos disponibles y la capacidades internas existentes en todos los ámbitos relevantes. Es necesario para ello desarrollar y consolidar un SIN, adecuadamente organizado e integrado a las redes de conocimiento nacionales y externas.
- Un enfoque sinérgico, en el que deben conjugarse las iniciativas públicas con los esfuerzos provenientes del sector privado, en un enfoque de complementariedad.
- La integración de todas las actividades con contenido científico-tecnológico que se lleven a cabo al interior de los distintos estamentos del sistema público.
- La oportunidad de poder transmitir este enfoque de una forma didáctica a todos los agentes potencialmente implicados en la posterior puesta en marcha de las actividades y acciones que se indentifiquen y con el objetivo último de sensibilizar sobre la relevancia de estos temas.

VI.2 Proceso de Definición y Concertación de una Nueva Política

El primer aspecto a resolver respecto a la creación de este plan es la organización del proceso que lo genere. Siguiendo la experiencia internacional, para poder desarrollar con la mayor eficacia todos los aspectos que implica la definición de un Plan caracterizado por su aspecto integrador y abordar su elaboración en forma coordinada y eficiente, se debe prever desde un comienzo la adopción de una estructura organizativa que combine la mayor grado de operatividad con la necesaria participación de los agentes del SIN, y en particular, de la mayoría de los estamentos del gobierno que lleven a cabo actividades de investigación y desarrollo como de innovación tecnológica.

Con este fin, deberán designarse personas sobre las que tendrán la responsabilidad de la concepción propia del Plan. Como se mencionó, la incorporación de la mayor cantidad de representantes de los estamentos involucrados es sugerida pues con ello se logra aglutinar y canalizar distintas sensibilidades e intereses y lograr, al mismo tiempo, un grado de consenso, interacción y coordinación necesarios.

Los resultados del trabajo de este grupo, que como veremos mas adelante, es el responsable último de la generación de una estrategia, se presentan a un órgano de consulta formado por una amplia representación de máximo nivel de los distintos agentes que conforman en SIN; entre ellos, empresas, universidades y otras instituciones de oferta de ciencia, tecnología e innovación, como también otros estamentos de la administración pública (ej. Ministros). Cabe hacer notar que este último órgano consultivo, en algunos países pasó a constituirse posteriormente en el denominado Consejo Superior de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Dicho órgano consultivo, revisa y analiza en forma continua los resultados del proceso de generación del Plan hasta alcanzar un consenso entre sus miembros, y por extensión, entre las propias organizaciones representadas sobre la estrategia, prioridades y acciones necesarias para mejorar la capacidad de innovación del país. Una vez formuladas sus conclusiones, éstas son remitidas de vuelta al grupo gubernamental quien tras su propia evaluación define el Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación con un carácter temporal, el cual es sancionado por la máxima autoridad del gobierno.

Con respecto a los contenidos de esta estrategia, el primer aspecto a ser abordado se refiere a la identificación de necesidades científicas y tecnológicas. El acento en esta etapa está puesto en detectar las necesidades empresariales en lo referente a tecnología e innovación. Este análisis puede ser llevado a cabo en varios niveles diferenciados. En primer lugar, revisando los planes existentes en temas de tecnología e innovación en distintos grupos de empresas o sectores productivos (ej. Biotecnología o el cluster minero). Adicionalmente, y mediante la revisión de encuestas previas y entrevistas ad hoc conocer de primera mano y en forma sistematizada la demanda tecnológica de las empresas productivas nacionales.

Junto a ello, la revisión de las Encuestas sobre Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera⁴², existiendo ya tres versiones, pueden ser una fuente interesante de información respecto a los patrones de comportamiento de las empresas chilenas en materia de innovación e I+D. Esta información puede ser complementada con estudios existentes sobre la dinámica innovativa de ciertos sectores en particular, como la Encuesta sobre empresas TICs realizada por el Ministerio de Economía durante el año 2000.

La segunda actividad necesaria para la formulación de la estrategia es dar cuenta de la oferta nacional de ciencia, tecnología e innovación. Esta tarea consiste en revisar en forma exhaustiva las capacidades reales y potenciales de los distintos agentes de la oferta científico-tecnológica y de innovación del país. Esta labor puede ser realizada en dos frentes. En una primera parte, mediante la identificación y calificación de un conjunto de infraestructuras de soporte al desarrollo tecnológico y la innovación en las empresas chilenas. Ello incluye una evolución del grado de especialización de los institutos tecnológicos con el fin de detectar la presencia de duplicidades y de potenciar las sinergias entre ellos. En una segunda medida, realizar ejercicios de indentificación y difusión de los distintos servicios de apoyo al desarrollo científico-tecnológico y de innovación prestados por los distintos agentes del sistema público y privado, incluyendo las universidades.

Cabe señalar que todo este análisis de la oferta existente y potencial, debe ser desarrollado al interior del grupo designado por las autoridades públicas. Este mismo grupo es el responsable por la realización de una tercera actividad que podría denominarse, prospectiva científica-tecnológica. En ésta se pretende realizar una identificación de las tendencias tecnológicas que se piensa van a influir de forma mas dramática la competitividad del país en un horizonte determinado de antemano, por ejemplo, diez años. Este análisis, el cual debe ser desarrollado conjuntamente con expertos locales e internacionales, tales como científicos, tecnólogos y empresarios, debe también analizar la capacidad del SIN vigente para asimilar dichos cambios.

⁴² Ver Benavente y Crespi (1996) donde se explica con detalle los contenidos de dicha encuesta. Esta última ha sido levantada en tres ocasiones permitiendo caracterizar el patron de comportamiento de la innovación tecnológica en la industria manufacturera (junto a la minería y energía en su última versión) desde el año 1995 hasta el 2001.

Finalmente, y en orden de establecer una estrategia definitiva, se sugiere realizar una serie de análisis complementarios con el objetivo de profundizar el análisis de aquellos aspectos del SIN chileno para los cuales se tiene poco conocimiento. Entre estos análisis estarían :

- Análisis de los modelos de financiamiento de la innovación existentes y su aplicación al contexto chileno
- Desarrollo de un sistema global de indicadores tecnológicos y de innovación
- Revisión de la evolución del esfuerzo global en I+D con el objeto de conocer en profundidad el volumen y alcance de la I+D realizada tanto por las empresas como por el resto de los agentes del SIN chileno

Producto de este proceso, es decir, de las cuatro actividades anteriormente señaladas, se debería en consecuencia - ello al interior del grupo espacialmente designado dentro de la institucionalidad pública, elaborar y definir en forma preliminar la estrategia básica del nuevo Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación. Junto a esta estrategia, se debería definir el modelo de organización sobre el que se desarrollaría la misma.

En particular, durante la definición de esta estrategia, se deberían realizar un conjunto de tareas, entre las que se pueden destacar las siguientes :

- Identificación de la visión nacional en materia de ciencia, tecnología e innovación
- Diseño de la estructura básica sobre la que se articula las distintas actividades previstas
- Identificación de áreas y programas que configuran el nuevo plan, basándose en el análisis de las necesidades empresariales como también en las capacidades y ofertas tecnológicas del sistema
- Formulación inicial de las estructuras de gestión y financiamiento del plan, teniendo en cuenta el papel que juegan en el mismo los distintos estamentos del estado y el resto de las instituciones del país.

Una vez definida la estrategia inicial y la estructura básica del plan, se debe dotar de contenidos a cada uno de los grandes bloques que configuran dicha estructura básica. Estos bloques podrían ser :

- Investigación Básica: que incluye temas de investigación sin una orientación aplicada como también aquella necesaria para el desarrollo de los dos siguientes puntos. De aquí se derivan programas de investigación sin una orientación práctica.
- Areas Claves: recoge las prioridades del plan las que tienen de forma simultánea un carácter científico-tecnológico, un carácter sectorial y un carácter social. Ejemplos pueden ser el medio ambiente y la energía, sociedades de la información, recursos vivos u similares. De aquí se desprenden los programas particulares con orientación práctica, como por ejemplo, el programa de empresa digital o programa de energías limpias.
- Investigación Estratégica: se refiere a investigaciones de carácter aplicado necesarias para la potenciación de las áreas claves definidas anteriormente. Por ejemplo, gestión de calidad del aire en el caso del medio ambiente, wireless en el caso de sociedad de la información, genómica funcional y proteómica en el caso de recursos vivos. De aquí se derivan programas de investigación aplicada.

El desafío está en la forma en que se recogen las inquietudes de los actores relevantes en la definición de dichos contenidos. Una forma de realizarlo es mediante la estructuración de una comunidad virtual, la que mediante el uso de paginas web desarrolladas en forma ad hoc permita a los participantes del proceso canalizar sus preferencias en la definición de dichos contenidos. Esta tarea puede ser complementada por la estructuración de grupos de trabajo, que luego de algunas sesiones basados en una metodología común, debatan sobre los temas anteriormente expuestos. La conducción de dicho debate deberá ser guiado por personas con la preparación para ello.

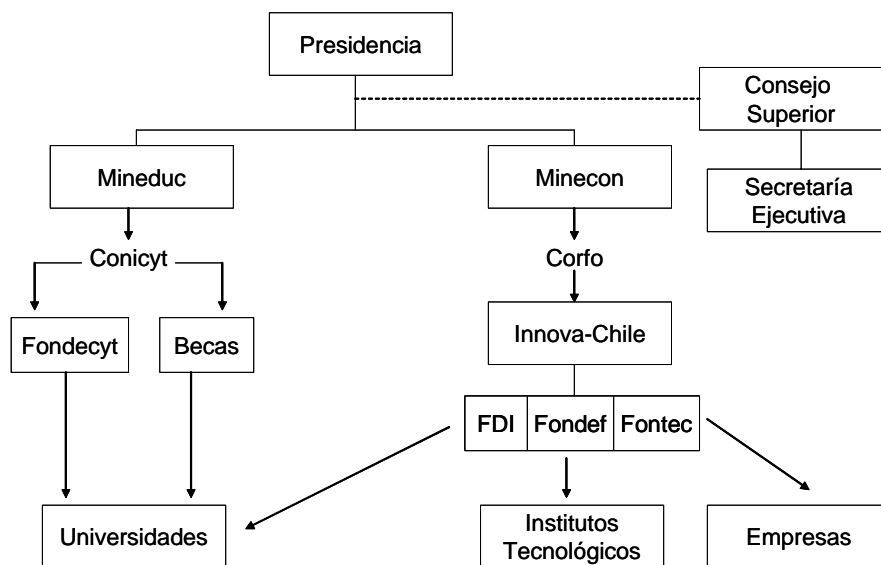
VI.3 Consideraciones de Diseño Institucional

Si bien en los dos acápite anteriores se elabora la forma en que podría ser definido un Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación que, siguiendo la experiencia internacional, tardaría al

menos un año, en esta sección nos adelantamos en entregar algunas propuestas de diseño institucional de apoyo a este tipo de actividades. Este esfuerzo considera, por una parte la metodología desarrollada en el capítulo anterior, y por otra la situación actual del sistema institucional de apoyo a las actividades científico-tecnológicas y de innovación en nuestro país.

A partir de la evidencia revisada, podría imaginarse a Chile bajo dos posibles esquemas: uno de División de Trabajo y uno de Jugador Dominante. Las siguientes figuras describen cómo se vería el sistema de apoyo público a las actividades científico-tecnológicas bajo ambos modelos.

Modelo de División de Trabajo



Bajo este esquema pueden identificarse dos tareas claras: aquella asociada a la investigación básica y generación de capital humano calificado, centralizada en CONICYT a través del Ministerio de Educación, y aquella de innovación tecnológica y emprendimiento, dependiente de CORFO a través del Ministerio de Economía. En este

contexto, y siendo consistentes con el Plan desarrollado previamente, cada una vela porque se alcancen los objetivos planteados en este para los cuales tendrán presupuestos definidos con anterioridad. La operación y diseño de los distintos programas, si bien esbozados en el Plan general, serán implementados por cada uno de acuerdo a sus competencias y experiencias previas.

Bajo este esquema se tiene un consejo superior de Ciencia, Tecnología e Innovación quien, como se mencionó, es el grupo consultivo o la contraparte técnica de la propuesta que salga del grupo gubernamental especialmente definido para la proposición del Plan. Este consejo, estará compuesto por miembros del sector académico, empresarial y gubernamental que no hayan participado directamente en la generación del Plan sino más bien en su discusión una vez propuesto.

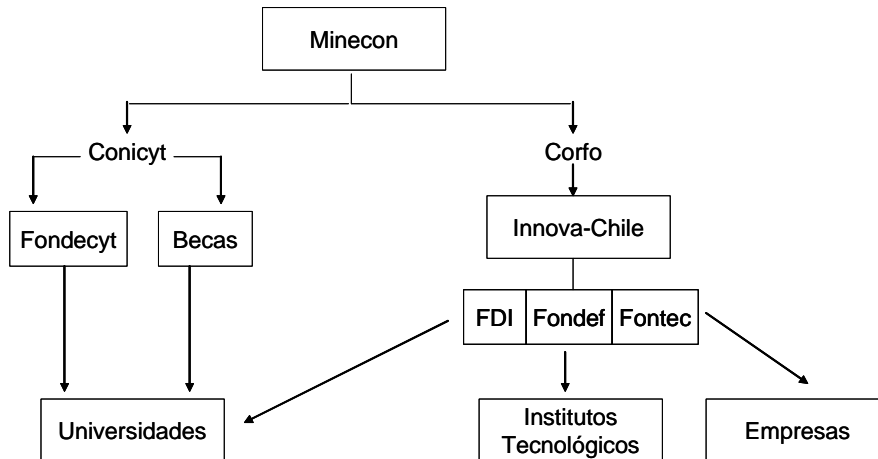
En este contexto, este consejo se encargará de velar por su cumplimiento, vía la secretaría ejecutiva, de los lineamientos y objetivos planteados. También estará a cargo, de la ejecución de evaluaciones periódicas de los diferentes programas que se deriven de la definición de las Areas Claves, entre otra de sus actividades.

Una forma alternativa de organización del sistema de apoyo público a las actividades de ciencias, tecnología e innovación es aquella definida como de Jugador Dominante. Un esbozo de dicho esquema para el caso chileno se presenta en la siguiente figura.

Bajo esta situación, toda la responsabilidad de la realización de las tareas derivadas del Plan anteriormente discutido, recaerán en un nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación o bien dependiente de uno existente como puede ser el Ministerio de Economía.

Cabe señalar que su rol será el de implementar los desafíos que se deriven del Plan anteriormente discutido, y que parte de sus actividades será similar los consignados a la secretaría ejecutiva del consejo superior, esbozados en los párrafos anteriores.

Modelo de Jugador Dominante



Bajo este esquema es posible identificar a una organización que se encuentra a la cabeza del sistema de apoyo y que implementa la política innovativa dirigida hacia todas las áreas de la innovación. Siguiendo la estructura del sistema chileno actual se podría pensar que esta institución sería la encargada de administrar los fondos presupuestados los que son asignados a través de CORFO y CONICYT a los distintos programas elaborados a partir del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación.⁴³

Claramente y como ya se discutió en la sección anterior, este modelo posee grandes desafíos de coordinación puesto que una sola organización debe abarcar completamente la política de ciencia, tecnológica e innovación requiriendo de una masa crítica y capacidades importantes de gestión.

⁴³ Tanto en la investigación básica como en las áreas claves y de investigación estratégica.

REFERENCIAS

- Benavente, J.M. (2004): “Investigación y Desarrollo, Innovación y Productividad: un análisis econométrico a nivel de la firma”. Borrador. Universidad de Chile.
- Benavente, J.M. (2004): “Innovación Tecnológica”, Cap 9 Banco Central “Crecimiento Económico en Chile”..
- Exposición de José de Gregorio, Banco Central de Chile, Junio 2004
- Exposición de Francisco Gallego, Norman Loayza y Klaus Schmidt-Hebbel, Reflexión Conjunta sobre el crecimiento- Banco Central de Chile y Comisión de Hacienda del Senado.
- Easterly, W. y Levine, R. (2002): “It’s not factor accumulation: stylised facts and growth models”. Banco Central, DTBC N° 164.
- Griffith, R. (2000): "How important is Business R&D for Economic Growth and should the government subsidise it?"
- Hall, B. (1995): "Fiscal Policy towards R&D in the United States: Recent Experience".
- Hall, B. y Van Reenen, J. (2000): "How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence.
- Lederman, D. y Maloney, W. (2004): “Innovación en Chile: Dónde estamos?”
- Maloney, W. (2002): “Innovation and Growth in resource rich countries”, Banco Central de Chile, DTBC N° 148.
- Martin, S. Y Scott, J. (2000): "The nature of innovation market failure and the design of public support for private innovation".
- Teubal, M. (1996): "R&D and Technology Policy in NICs as Learning Processes".
- Teubal, M. (1997): "A catalytic and evolutionary approach to horizontal technology policies (HTPs)".

- Tokman, M. y Zahler, A. (2004): “Innovación para un crecimiento sostenido: Siete lecciones para Chile”
- Ulku, H. (2003): “R&D, Invention and Economic Growth: An Empirical Analysis”, Mimeo.

Fondos, Programas e Institutos Tecnológicos en Chile

En esta sección de anexos se presentan todos los fondos, programas e institutos tecnológicos que conforman el sistema de apoyo institucional público a las actividades científico-tecnológicas en nuestro país, Junto con una descripción acerca de sus objetivos y su dependencia, se entregan los montos asignados a cada uno de ellos mediante el presupuesto nacional para el año 2004. A su vez, se entrega un breve análisis de la falla o fallas de mercado que justifican la existencia de cada uno junto a una descripción de sus principales líneas de apoyo cuando corresponda.

1. Fondos Tecnológicos en Chile:

- FONTEC
- FDI
- FONDEF
- FONDECYT
- FIA
- FIP

1.1 FONTEC (Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo)

Depende de	CORFO
Año creación	1991
Director	Juan Carlos Gutierrez
Presupuesto anual	7.524 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía)
Objetivo	Apoyar e incentivar la innovación tecnológica en las empresas
Beneficiarios	Empresas Privadas
Convocatoria	Ventanilla Abierta. Todos los sectores
Falla de Mercado que ataca	No apropiabilidad de los retornos de la inversión y alto riesgo de inversión en sector privado.
Líneas de Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Línea 1: Proyectos de Innovación Tecnológica • Línea 2: Proyectos de Infraestructura Tecnológica • Línea 3: Proyectos de Transferencia Tecnológica • Línea 4: Proyectos de Centros de Transferencia Tecnológica y Entidades de Gestión • Línea 5: Estudios de Pre-inversión para escalamiento productivo en proyectos de innovación

1.2 FDI (Fondo de Desarrollo e Innovación)

Depende de	CORFO
Año creación	1995
Director	Pedro Sierra
Presupuesto anual	8.447 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía)
Objetivo	Fomento al desarrollo y transferencia de tecnologías fomentando cooperación entre institutos y centros tecnológicos y sector privado.
Beneficiarios	Institutos y Centros Tecnológicos. Consorcios Tecnológicos y Grupos de Empresas
Convocatoria	Concursos abiertos. Concursos temáticos o regionales. Licitaciones.
Falla de Mercado que ataca	No apropiabilidad de los retornos a la inversión (No es posible excluir aun cuando la innovación efectuada sea altamente valorada por la sociedad). Retorno Privado nulo por no internalizar externalidades positivas que genera la inversión innovativa. Ataca fallas de financiamiento en el caso de Capital Semilla e Incubadoras.
Líneas de Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Innovación Precompetitiva • Innovación de Interés Público • Innovación Tecnológica Empresarizable • Capital Semilla • Incubadoras de Negocios

1.2 FONDEF (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico)

Depende de	CONICYT
Año creación	1991
Director	Jorge Yutronic
Presupuesto anual	9.900 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Educación)
Objetivo	Fortalecer la capacidad Científica y Tecnológica de las Instituciones de I+D y su orientación hacia investigaciones de alto impacto económico y social. Aumentar vinculación entre Universidades e instituciones de investigación y empresas
Beneficiarios	Instituciones de I+D (universidades, centros de I+D, etc.) con aportes del sector productivo.
Convocatoria	Concursos anuales. Presentación por áreas prioritarias (todas excepto servicios y construcción)
Falla de Mercado que ataca	Costos de Transacción debido a que asimetrías de información no permiten que demanda y oferta innovativas se encuentren. FONDEF fomenta asociatividad para internalizar externalidades derivadas del conocimiento.
Líneas de Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación y Desarrollo Tecnológico • Investigación y Desarrollo Científico-Tecnológico • Infraestructura • Transferencia Tecnológica • Movilidad de personas

1.4 FONDECYT (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico)

Depende de	CONICYT
Año creación	1982
Director	Bernabé Rivas (Ciencia) y Eric Goles (Desarrollo Tecnológico)
Presupuesto anual	21.263 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Educación)
Objetivo	Estimular la investigación científica y tecnológica de excelencia. La investigación se promueve con fines netamente académicos; para generar conocimiento sin uso comercial. Orientado a Investigación Básica.
Beneficiarios	Investigadores. Entidades de Investigación
Convocatoria	Modalidad Concursable
Falla de Mercado que ataca	No internalización de externalidades positivas derivadas del conocimiento y por lo tanto Retorno Privado nulo, mientras que el Retorno Social puede ser positivo (incluso no económico).
Líneas de Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de Investigación Avanzada en áreas Prioritarias (FONDAPS) • Proyectos en Líneas Complementarias • Programa Regular de Proyectos de Investigación FONDECYT • Programa de Postdoctorado • Cooperación Internacional

1.5 FIA (Fondo para la Innovación Agraria)

Depende de	Ministerio de Agricultura
Año creación	1981
Director	Margarita d'Etigni L.
Presupuesto anual	3.466 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Agricultura) 569 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía)
Objetivo	Impulsar y coordinar acciones de desarrollo científico-tecnológico orientados a incorporar innovación a los procesos productivos y de transferencia en áreas agrícola, agroindustrial, forestal, pecuaria y acuícola.
Beneficiarios	Universidades. Institutos I+D. Empresas. Personas naturales o jurídicas
Convocatoria	Ventanilla abierta. Licitaciones. Concursos temáticos
Falla de Mercado que ataca	No apropiabilidad de los retornos a la inversión. Insuficiente Retorno Privado por no internalizar externalidades positivas que genera la inversión innovativa.
Líneas de Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento a Proyectos de Innovación Agraria • Programa de Giras Tecnológicas • Programa de Contratación de Consultores Calificados • Programa de Formación para la Innovación • Programa de Promoción de la Innovación.

1.6 FIP (Fondo de Investigación Pesquera)

Depende de	Subsecretaría de Pesca
Año creación	1991
Director	Felipe Sandoval
Presupuesto anual	2.211 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía) ? Pagos anticipados de patentes pesqueras y de acuicultura
Objetivo	Que actores del sector pesquero dispongan de información científica y técnica pertinente, confiable y oportuna para la administración de los recursos pesqueros. Busca llevar a cabo un aporte al conocimiento aplicado de las pesquerías para su administración.
Beneficiarios	Universidades e Institutos Privados y Estatales reconocidos por el Estado, los Institutos de Investigación, las Empresas Consultoras y otros organismos, todos ellos especializados en materias técnicas relacionadas con el estudio.
Convocatoria	Concurso Público mediante publicaciones de avisos en el Diario Oficial y Portal Chilecompra sobre título, presupuesto y duración del proyecto.
Falla de Mercado que ataca	Externalidades positivas por inversión en conocimiento que no son internalizadas por agentes privados. <i>Spillovers</i> en el sector.
Líneas de Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> •Programa de Investigación Pesquera •Programa de Investigación en Acuicultura

2. Programas Tecnológicos en Chile

- Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica (Chile-Innova)
- Programa de Marcas y Patentes
- Programa de Ciencia para la Economía del Conocimiento (Banco Mundial)
- Programa Iniciativa Científica Milenium

2.1 Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica (Chile-Innova)

Depende de	Ministerio de Economía
Año creación	2001 (Chile-Innova)
Director	Gonzalo Herrera
Presupuesto anual	1.664 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía)
Objetivo	Articular y coordinar distintos mecanismos de apoyo público a la I+D.
Falla de Mercado que ataca	Problemas de Información, donde lo que se pretende es evitar las ineficiencias que se derivan de dicha falla, como la duplicidad de fondos destinados a un mismo objetivo. Se pretende velar por la complementariedad de los fondos.
Fondos Tecnológicos con que opera	<ul style="list-style-type: none">• FONDEF• CORFO• FIA• INN• FUNDACIÓN CHILE (INTEC)

2.2 Programa de Marcas y Patentes

Depende de	Departamento de Propiedad Industrial del Ministerio de Economía
Año creación	
Director	Eleazar Bravo Manríquez. Jefe del Departamento de Propiedad Industrial
Presupuesto que maneja	261 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía)
Objetivo	Administrar la información sobre el derecho de propiedad industrial, ya sea marca o patente.

2.3 Programa de Ciencia para la Economía del Conocimiento (Banco Mundial)

Depende de	CONICYT
Año creación	2003
Director	Axel van Trotsenburg y Eric Goles (Coordinador)
Presupuesto que maneja	5.129 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Educación)
Objetivo	Fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología, a través de la expansión de la innovación y del aumento de la competitividad. Perfeccionar los conocimientos especializados del país en las áreas de ciencia y tecnología y a mejorar su competitividad. Pretende promover la interacción entre el sector público y el privado y desarrollar el capital humano orientado a temas de ciencia y tecnología generando una masa crítica de científicos e investigadores de buen nivel técnico y cuyas investigaciones sean relevantes para el desarrollo de la sociedad.

2.3 Programa Iniciativa Científica Milenium

Depende de	MIDEPLAN
Año creación	1999
Director	Andrés Palma
Presupuesto que maneja	3.610 (Mill\$) (Aporte Fiscal: MIDEPLAN)
Objetivo	<p>Formación de equipos de trabajo, particularmente de jóvenes y estudiantes de post grado y post doctorados, vinculados con otros laboratorios, formando parte de una red internacional del más alto nivel de investigación.</p> <p>La investigación científica llevada a cabo está directamente asociada a trabajos de colaboración e interacción en redes con otros investigadores y laboratorios pares, y con la proyección de los avances hacia el medio externo.</p> <p>Evitar “fuga de cerebros” al extranjero.</p>
Falla de Mercado que ataca	<p>Problemas de Coordinación. No internalización de externalidades positivas por parte de agentes individuales. La idea es generar una masa crítica de conocimientos e innovaciones en un contexto de cooperación, por lo que permite internalizar externalidades positivas.</p>

3. Becas en Chile

- Programa de Becas Nacionales de Postgrado (CONICYT)
- Programa de Becas Internacionales de Postgrado (MIDEPLAN)

3.1 Programa de Becas Nacionales de Postgrado (CONICYT)

Depende de	CONICYT
Año creación	1988
Director	Eugenio Spencer
Presupuesto que maneja	5.129 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Educación vía CONICYT)
Objetivo	Estimular el desarrollo de la educación de magíster y doctorado
Beneficiarios	Profesionales jóvenes chilenos o extranjeros con residencia definitiva en Chile, licenciados o con título profesional equivalente, en Universidades Chilenas.
Falla de Mercado que ataca	Problemas de acceso a financiamiento, falla del mercado Financiero.

3.2 Programa de Becas Internacionales de Postgrado (MIDEPLAN)

Depende de	MIDEPLAN
Año creación	1981
Director	
Presupuesto que maneja	5.090 (Mill) (Aporte Fiscal: MIDEPLAN)
Objetivo	Apoyar la formación de profesionales chilenos que desean alcanzar niveles de excelencia académica, a fin de contribuir al desarrollo de sus propios campos de estudios en Chile.
Beneficiarios	Este programa permite el perfeccionamiento en el extranjero - para estudios de magíster, doctorado y especialidad- a profesionales que trabajen a contrata o de planta en instituciones del sector público (centralizadas o descentralizadas), a académicos de universidades chilenas, y a recién egresados de universidades o institutos profesionales del país.
Falla de Mercado que ataca	Problemas de acceso a financiamiento, falla del mercado Financiero.

4. Institutos Tecnológicos en Chile

- INIA
- INFOR
- CIREN
- INN
- Fundación Chile
- IFOP
- Comisión Chilena de Energía Nuclear
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
- Instituto Geográfico Militar
- Instituto Antártico Chileno

4.1 INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias)

Depende de	Ministerio de Agricultura
Año creación	1964
Director	Francisco González
Presupuesto que maneja	7.191 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Agricultura)
Objetivo	Realiza investigación al servicio del sector silvoagropecuario pensando en un producto o resultado final aplicable, y realiza prestaciones directa de Servicios. Mediante actividades de transferencia y difusión tecnológica, el INIA busca contribuir a la urgente necesidad de información y capacitación que para la agricultura implican la globalización y sus exigencias de competitividad

4.2 INFOR (Instituto Forestal)

Depende de	Subsecretaría de Agricultura
Año creación	1965
Director	Roberto Ipinza
Presupuesto anual	924 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Agricultura)
Objetivo	Apoyar a las instituciones públicas y agentes económicos y privados del sector forestal, a través de la generación de información y tecnologías para una eficiente asignación y uso sostenible de los recursos forestales, contribuyendo al desarrollo económico

4.3 CIREN (Centro de Investigación de Recursos Naturales)

Depende de	Ministerio de Agricultura
Año creación	1985
Director	María Loreto Mery C.
Presupuesto que maneja	418 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Agricultura)
Objetivo	Proporcionar información sobre recursos naturales que integran, según demanden los usuarios, antecedentes de clima, recursos hídricos, frutícolas y forestales, capacidad y uso del suelo, minería y geología, geomorfología y propiedades rurales del país. Funcionar de puente entre los inversionistas y las diferentes fuentes de información. Reducir el riesgo y los costos de emprender una nueva empresa y fomentar la generación de nuevos proyectos. Con el objetivo de facilitar las mediciones de impacto ambiental, ha planteado formas de mejorar el ordenamiento territorial y ha promovido la explotación racional de los recursos.
Falla de Mercado que ataca	Problemas de información y coordinación. Alto riesgo de los resultados de un proyecto. Al ser proyectos de impacto ambiental, su retorno social es alto, pero presenta un bajo retorno privado resultando en una baja provisión pública de este tipo de proyectos.

4.4 INN (Instituto Nacional de Normalización)

Depende de	Ministerio de Economía
Año creación	1973
Director	Alvaro Díaz
Presupuesto anual	393 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía)
Objetivo	Contribuir al desarrollo productivo del país fomentando el uso de la Normalización, Acreditación y Metrología
Falla de Mercado que ataca	No existe una disposición a pagar por los proyectos realizados en este instituto. Si bien el retorno social es alto y es valorado por la sociedad, no es posible aplicar exclusión.

4.5 Fundación Chile

Depende de	
Año creación	1976
Director	José Pablo Arellano M.
Presupuesto anual	895 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Agricultura) 330 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía vía Chile-Innova)
Objetivo	Aumentar la competitividad de los recursos humanos y sectores productivos y de servicios, promoviendo y desarrollando innovaciones, transferencia y gestión tecnológica de alto impacto para el país.
Falla de Mercado que ataca	Costos de Transacción. Fomenta asociatividad y coordinación para internalizar externalidades positivas derivadas de innovaciones científico-tecnológicas.

4.6 IFOP (Instituto de Fomento Pesquero)

Depende de	Subsecretaría de Pesca
Año creación	1965
Director	Felipe Sandoval
Presupuesto que maneja	392 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Economía)
Objetivo	Elaborar y proveer los antecedentes técnicos y las bases científicas para la regulación de las pesquerías y la acuicultura, y la conservación de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas.
Falla de Mercado que ataca	

4.7 CCHEN (Comisión Chilena de Energía Nuclear)

Depende de	Ministerio de Minería
Año creación	1964
Director	Roberto Hojman G. Lipo Birstein F (Jefe del Dpto. de I+D de CCHEN)
Presupuesto que maneja	3.980 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Minería)
Objetivo	Atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía nuclear, así como de los materiales fértiles fisionables y radioactivos Mediante el Departamento de Investigación y Desarrollo de la CCHEN se realizan variados proyectos de investigación centrados principalmente en áreas relacionadas con la ciencia nuclear y sus aplicaciones.

4.8 SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile)

Depende de	Armada de Chile
Año creación	1990
Director	Roberto Garnham
Presupuesto que maneja	2.004 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Defensa)
Objetivo	Proporcionar los elementos técnicos y las informaciones y asistencias técnica destinada a dar seguridad a la navegación en las vías fluviales y lacustres, aguas interiores, mar territorial y en la alta mar contigua al litoral de Chile.
Falla de Mercado que ataca	

4.9 IGM (Instituto Geográfico Militar)

Depende de	Armada de Chile
Año creación	1922
Director	Pablo Gran López
Presupuesto que maneja	1.102 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Defensa)
Objetivo	<p>Difundir las materias relacionadas con la geografía nacional y universal.</p> <p>Constituir un servicio de información técnico permanente en todo lo que se refiere a la Geografía y Cartografía del Territorio Nacional.</p> <p>Satisfacer las necesidades de impresión de Cartografía a nivel Nacional e Institucional.</p>

4.10 INACH (Instituto Antártico Chileno)

Depende de	Ministerio de Relaciones Exteriores
Año creación	1963
Director	José Retamales
Presupuesto que maneja	1.911 (Mill\$) (Aporte Fiscal: Ministerio de Relaciones Exteriores)
Objetivo	Planificar y ejecutar todas las actividades de carácter científico, tecnológico, ambientales y de difusión en el contexto antártico, coordinándolas con aquellas del Programa Antártico Nacional.