

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN CHILE: DÓNDE ESTAMOS Y QUÉ SE PUEDE HACER

*José Miguel Benavente H.**

I. INTRODUCCIÓN

La moderna teoría del crecimiento enfatiza el rol que tiene la acumulación de conocimiento como determinante del crecimiento económico.¹ Los 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,² aspectos relacionados ineludiblemente al progreso tecnológico. La reciente evidencia empírica confirma que uno de los principales determinantes del crecimiento económico es la innovación tecnológica,³ la que rendiría altos retornos sociales, gracias a las externalidades asociadas a su generación y uso.⁴

Dada la reciente —y creciente— importancia que se ha atribuido a la innovación tecnológica, el principal objetivo de este trabajo es realizar un análisis exploratorio acerca de la dinámica innovadora chilena de los últimos años. Especial énfasis se otorga al estudio de la institucionalidad pública de apoyo a este tipo de actividades, discutiendo su pertinencia y también ciertas políticas orientadas a mejorarla. Previo a ello, se definen algunos conceptos importantes respecto de la innovación tecnológica y su impacto sobre el crecimiento económico.

II. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, ¿QUÉ ES Y CUAL ES SU IMPACTO?

Lo primero que se debe mencionar respecto de la innovación tecnológica es que se trata más de un proceso que de un resultado. No obstante lo anterior, tradicionalmente la literatura económica ha tratado al proceso de innovación como una caja negra donde solo se pueden distinguir los resultados que emergen de ella: productos y procesos productivos tecnológicamente nuevos,

los que son sancionados por el mercado.^{5,6} Por su parte, para llevar a cabo este esfuerzo, se necesita de insumos, los que se podrían agrupar en cuatro grandes categorías: capital financiero, capital humano, ideas e infraestructura. Lo fundamental radica, sin embargo, en el incremento de conocimiento que genera en una unidad productiva la incorporación de productos y procesos inexistentes hasta entonces.⁷ En efecto, son estas capacidades las que presentarían retornos económicos crecientes, piedra angular en las nuevas teorías de crecimiento económico.

El indicador más conocido para caracterizar este tipo de actividades es el gasto en Investigación y Desarrollo (I+D), el cual se asocia principalmente con los recursos monetarios necesarios para financiar mano de obra calificada y la infraestructura necesaria para el desarrollo de las actividades de investigación

* Departamento de Economía, Universidad de Chile. Este trabajo contó con el financiamiento del Banco Central, el cual se agradece. Los comentarios son responsabilidad exclusiva del autor y no comprometen en forma alguna a esta institución ni a ninguno de sus miembros. Se agradece la eficiente ayuda de Jocelyn Olivari y Marco Núñez, así como los valiosos comentarios de Andrea Tokman, Klaus Schmidt-Hebbel, Claudio Soto y Rodrigo Fuentes.

¹ Aghion y Howitt (1992)

² Easterly y Levine (2002), Hall y Jones (1999), Dollar y Wolff (1997), Klenow y Rodríguez-Claire (1997).

³ Fagerberg y Verspagen (2003).

⁴ Lederman y Maloney (2003). Estos autores estiman que el retorno social al gasto en I+D en Chile alcanzaría a 60%.

⁵ Cabe señalar que por novedoso se entiende un aspecto relativo, pues si bien una innovación puede ser nueva para una firma en particular, es posible que haya estado en el mercado con anterioridad.

⁶ Lo anterior sugiere que innovaciones “blandas”, tales como cambios en la organización y gestión de la empresa o mejoras en el empaque y embalaje de los productos, no corresponderían a innovaciones de carácter tecnológico. Para una mejor definición de estos conceptos, ver Benavente y Crespi (2001) basado en el Manual de Oslo de la OECD.

⁷ Obviamente, las innovaciones radicales o fundamentales están asociadas a productos o procesos tecnológicos que no han sido desarrollados antes en ningún lugar, los que generalmente están asociados con patentes u otro mecanismo de salvaguarda a la propiedad intelectual.

científica y tecnológica. Como es de esperar, ello no garantiza el éxito de dicho esfuerzo.

No obstante lo anterior, existen múltiples variables adicionales asociadas al proceso innovador, aunque algunas de ellas no son de naturaleza monetaria. Destacan el número de científicos y los gastos en investigación de mercados, marketing y actividades relacionadas con la introducción de un nuevo producto. Lo anterior por el lado de los insumos. Por el lado de los resultados, la literatura menciona el número de patentes desarrolladas, el número de publicaciones científicas o bien el porcentaje de las ventas que corresponde a productos nuevos.

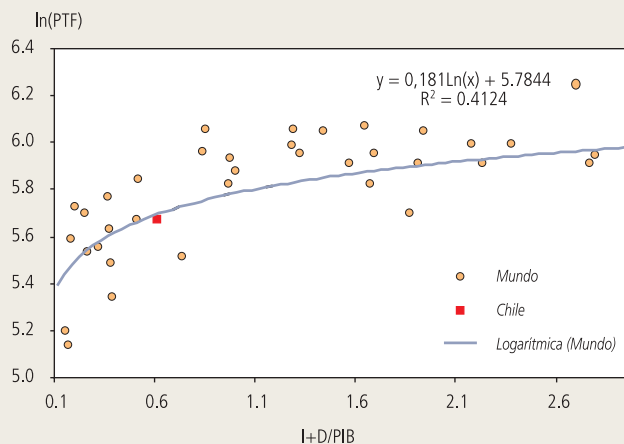
Este marco multifactorial explica, en parte, la escasez de evidencia que existe acerca del impacto que tiene la innovación tecnológica sobre el crecimiento económico. Los pocos trabajos que analizan este fenómeno consideran principalmente el gasto nacional en I+D como la principal variable asociada a la innovación tecnológica. Los resultados sugieren que —efectivamente— el crecimiento económico de un país es afectado por su respectivo gasto en I+D, aunque con un rezago temporal significativo. Rouvinen (2002), utilizando información para 15 países de la OECD, encuentra una elasticidad gasto en I+D a producto cercana a 5%. Sin embargo, el impacto de dicho gasto demora, en promedio, cuatro años en afectar al crecimiento, medido aquí como a productividad total de factores.⁸

Sin embargo, la estructura de este rezago puede variar conforme el sector productivo de que se trate. El estudio de Goto y Suzuki (1989) para la manufactura en el Japón muestra que el tiempo que demora el gasto realizado en I+D en influir sobre la PTF sectorial (y por ende en su retorno asociado), difiere entre sectores, y puede ir desde los dos años, como en la industria de maquinaria eléctrica y equipos de comunicaciones, hasta cinco, como es el caso de medicinas y fármacos.

Estos constituyen los pocos trabajos existentes que relacionan uno de los principales insumos del proceso innovador con el crecimiento

GRÁFICO 1

Relación entre Productividad Total de Factores y Gasto en I+D, 1985-2000



Fuente: Cálculos propios basados en De Gregorio (2004) y Lederman y Sáenz (2003).

económico. Desafortunadamente, no existe en la actualidad un trabajo que muestre el impacto que tiene la I+D en el crecimiento y que cubra un conjunto amplio de países, algunos de ellos rezagados, Chile incluido.

En virtud de ello, y como una primera aproximación a este fenómeno, hemos considerado los valores de PTF calculados por De Gregorio (2004) junto a estadísticas de I+D a nivel de país construidas por Lederman y Sáenz (2003). El gráfico 1 muestra la relación entre ambas variables, medida en promedios para la década de los noventa.⁹

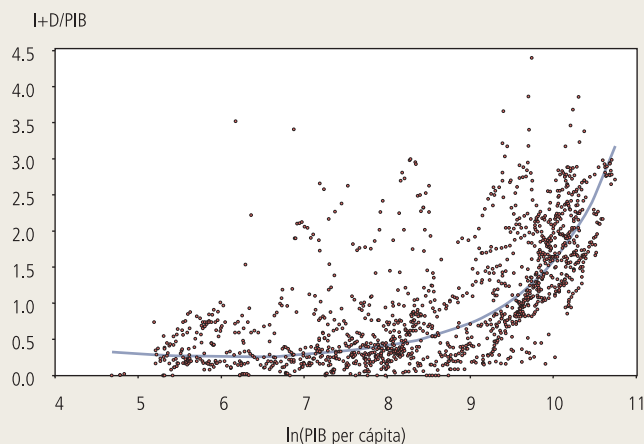
Existe una relación positiva entre ambas variables cuando son consideradas en promedio por períodos largos,¹⁰ ello por cuanto se sabe que en períodos cortos existiría un rezago en el impacto. Para el caso chileno, a la luz de la tendencia mundial, pequeños

⁸ Este autor también demuestra que la causalidad va desde I+D a PTF y no al revés. Existen estudios previos que, si bien no se concentran sobre este parámetro, sí lo determinan en forma indirecta, encontrando resultados similares. Ver Nadiri (1980), Griliches y Mairesse (1984), Griliches (1986), Pattel y Soete (1988) y Hall y Mairesse (1995).

⁹ La relación observada es similar si se consideran períodos más largos. Desafortunadamente, pocos países presentan estadísticas confiables de gasto en I+D anteriores a 1980, y peor aun los menos desarrollados.

¹⁰ Un simple análisis de correlación arroja un valor estadísticamente significativo y cercano a 0.59.

Relación entre Ingreso Per Cápita (en log) y Gasto en I+D, 1985-2000



Fuente: Lederman y Maloney (2003).

aumentos de su esfuerzo innovador, medido aquí por el gasto en I+D, generarían importantes incrementos en su tasa de crecimiento, dando cuenta del gran retorno potencial a este tipo de actividades para países situados detrás de la frontera de conocimiento mundial.¹¹

Una forma complementaria de analizar la importancia de este indicador es su relación con el nivel de desarrollo de las naciones. Lederman y Maloney (2003) revisan esta relación, sin probar causalidad, y encuentran una relación positiva entre ambas (gráfico 2).

Más aún, estos autores sugieren que la tasa de gasto crece más que proporcionalmente con el nivel de ingreso per cápita, aunque muchos países rompen con la tendencia establecida. En efecto, países como Corea del Sur, Finlandia e Israel muestran despegues sustantivos con respecto a su trayectoria mediana. China e India también presentan este patrón aunque situadas en niveles de ingreso per cápita menores.¹² Ello se debería a la existencia de retornos positivos a las inversiones en estas actividades. Para el caso chileno, estos autores calculan que dicho retorno estaría en torno a 55%. No obstante, para alcanzar dicho impacto se requiere de un conjunto adicional de elementos clave en el proceso de innovación. A los ya mencionados recursos financieros se deben aunar

los recursos humanos calificados y la infraestructura necesaria. Es en estos aspectos donde Chile presenta las mayores debilidades, tal como se discute en la siguiente sección.

III. CÓMO ESTÁ CHILE EN MATERIA DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Existe un amplio conjunto de indicadores que permiten caracterizar la actividad innovadora de un país; ello por cuanto aumentos del gasto en I+D no aseguran, al menos contemporáneamente, mejoras directas de productos y procesos. Adicional a esta última variable, como se mencionó, normalmente se considera el número de

patentes otorgadas, publicaciones en revistas internacionales o científicos por cada mil habitantes, por mencionar los más importantes. Lo anterior, bajo el supuesto de que estos gastos se suman a la calidad del capital humano, una infraestructura adecuada, la colaboración entre las instituciones que participan en el desarrollo y la implementación de las nuevas ideas, que en su conjunto crean una base de conocimiento al interior de las instituciones involucradas. Es a partir de esta base que posteriormente se logran desarrollar productos y procesos novedosos que aseguran la sustentabilidad económica de las firmas, particularmente en mercados caracterizados por una gran dinámica tecnológica y expuestos a la competencia externa.

Por tal motivo, la caracterización de la dinámica de innovación de un país no puede concentrarse en un solo indicador y debe ser multidimensional. Más aún, las cifras aisladas no entregan mucha información útil si no son comparadas con las de otras naciones. En virtud de ello, revisaremos los principales indicadores asociados con el quehacer científico y tecnológico como una primera

¹¹ En particular, un incremento de 10% en el nivel promedio de los últimos años (0.56% del PIB) generaría un aumento de 1.8% en la PTF.

¹² Ver Lederman y Maloney (2003) figura 1b.

aproximación al fenómeno innovador, comenzando por el tradicional gasto en I+D.

El gráfico 3 sugiere que el gasto en I+D describe, en los últimos seis años, una tendencia al alza, alcanzando en el 2002 un valor de 0.7% del PIB,¹³ cifra que constituye un monto de 464.5 millones de dólares del mismo año.¹⁴ Si bien esta tendencia sugiere una mejora durante los últimos años, el nivel de gasto permanece bajo en términos comparativos (cuadro 1).

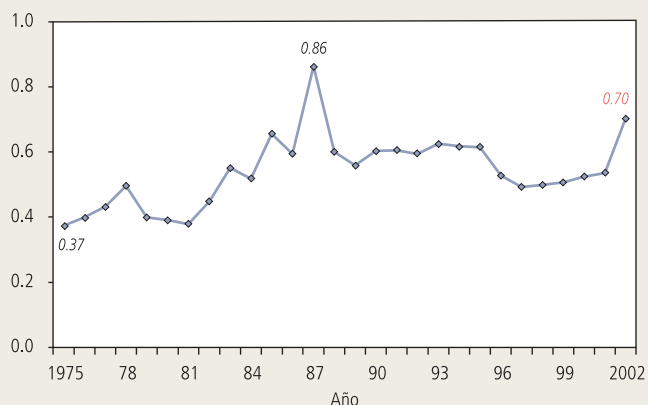
De la información anterior (cuadro 1), varios aspectos son interesantes de mencionar. En primer lugar, Chile presenta un gasto en investigación y desarrollo superior al de sus pares latinoamericanos, siendo superado solamente por Brasil.¹⁵ Sin embargo, el nivel de gasto nacional en este tipo de actividades es comparativamente menor respecto de países con un mayor nivel de desarrollo, y la magnitud de las brechas es bastante importante. Mientras países como Finlandia, EE.UU., Suecia, Israel y Japón gastan en promedio 3.6% del PIB en I+D, Chile no supera el punto porcentual.

Si bien el gasto en I+D es un indicador importante del esfuerzo innovador que realizan los países, quizás aun más importante es la forma en que este se financia. Los países más desarrollados han logrado que las empresas privadas ejecuten y financien gran parte del gasto en I+D, más del 60% de acuerdo con el cuadro anterior.

Una práctica que es fundamental, ya que 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 a 35%, desglosado en 28% de empresas privadas y 7% de empresas estatales, mientras 54% es financiado por el gobierno. El 11% restante es financiado por otros sectores.

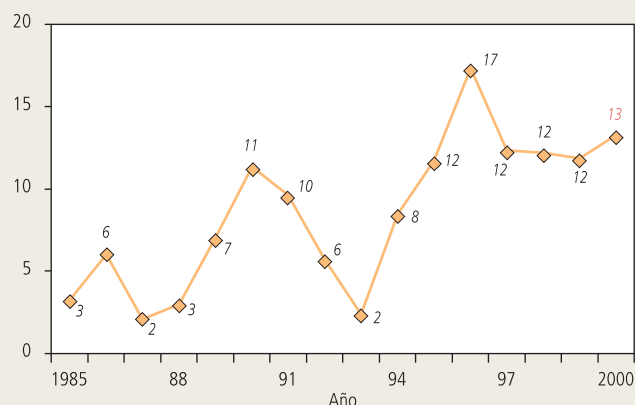
Otra cosa importante a considerar al momento de analizar el gasto en I+D, es la desagregación de este por tipo de investigación: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. Al respecto, el efecto productivo del gasto se incrementa

GRÁFICO 3
Chile, Evolución del Gasto en I+D
como Porcentaje del PIB, 1975-2002



Fuente: Conicyt (2004).

GRÁFICO 4
Número de Patentes Otorgadas a Chile por la USPTO
1985-2000



Fuente: Compendium of Patent Statistics, OECD (2004).

cuando este 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 un mayor impacto económico. A diferencia de los

¹³ Si se excluye la inversión extranjera realizada por los distintos grupos astronómicos presentes en Chile, el gasto en I+D es de 0.63% del PIB para el año 2002.

¹⁴ Fuente de estas cifras: Departamento de Información, Conicyt, diciembre 2004.

¹⁵ Según indicadores publicados en Ricyt (2003), Chile supera incluso a países como Bolivia, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay, entre otros.

Indicadores de I+D (Datos más recientes)^a

País	Gasto en I+D (como % del PIB)	Financiamiento de la I+D según fuente		
		Empresas	Gobierno	Otro*
Chile	0.70	34.5	53.9	11.5
Argentina	0.41	26.3	68.9	4.9
Brasil	1.04	38.2	60.2	1.6
México	0.39	29.8	59.1	11.1
Finlandia	3.46	69.5	26.1	4.3
Nueva Zelanda	1.16	37.1	46.4	16.5
Irlanda	1.13	67.2	25.2	7.7
EE.UU.	2.60	63.1	31.2	5.7
Israel	4.90	69.6	24.7	5.6
Suecia	4.27	71.9	21.0	7.2
Japón	3.12	73.9	18.2	8.0
Corea del Sur	2.64	74.0	23.9	2.1
Singapur	2.15	49.9	41.8	8.3
Turquía	0.66	41.3	50.6	8.2
Polonia	0.59	31.0	61.1	8.0
Hungría	0.95	30.7	58.0	11.1
República Checa	1.34	51.4	41.8	6.8
Portugal	0.94	31.5	61.0	7.2
España	1.03	48.9	39.1	12.0

Fuentes: OECD MSTI (2004), RICYT (2003) y Conicyt (2004).

* Otras fuentes nacionales y financiamiento exterior.

Columna 1: Datos: 2003 para Argentina, Hungría, República Checa, Estados Unidos, Israel y Corea del Sur; 2002 para Chile, Polonia, Turquía, Japón, Finlandia, Singapur, Portugal y España; 2001 para México, Nueva Zelanda, Irlanda y Suecia; 2000 para Brasil. Fuente: Todos OECD (2005) a excepción de Chile, cuya fuente es Conicyt (2004) y Brasil y México, cuya fuente es RICYT(2005).

Columnas 2, 3 y 4: Mismos años que en columna 1 a excepción de Israel, cuyo dato corresponde al año 2000, y Portugal, cuyo dato corresponde al año 2001. Mismas fuentes que en columna 1.

Columna 5: Chile, Argentina, México, Estados Unidos, España y Portugal en RICYT; Nueva Zelanda en Statistics New Zealand.

a. Con el objetivo de presentar cifras comparables entre países, se ha considerado como gasto de empresas en Chile a las entidades públicas y privadas cuya actividad principal es la producción mercantil y de bienes y servicios (exceptuando la enseñanza superior) para su venta al público; también se consideran las instituciones privadas sin fines de lucro que están esencialmente al servicio de las empresas. Sin embargo, el gasto a nivel de empresa privada asciende a 27.6%. El diferencial entre esta última cifra y el 34.5% del gasto de empresas se debe principalmente a Codelco, empresa pública productora de cobre e intensiva en I+D.

países más innovadores, la I+D aplicada de las empresas chilenas es baja: menos de 45% del total de la investigación reportada es investigación aplicada o desarrollo experimental (Conicyt, 2004). Muestra de ello es que mientras en Finlandia más de 30% de los científicos que realizan I+D aplicada 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 diluidos efectos productivos.

Otra variable comúnmente utilizada para indicar la intensidad y productividad innovadora de un país es la producción de patentes, ya que son una buena guía de la producción de nuevas aplicaciones tecnológicas. En el gráfico 4 se presenta la evolución del escaso número de patentes otorgadas a Chile por la Oficina de Patentes y marcas Registradas de EE.UU. (USPTO) en el intervalo 1985-2000.

Ahora bien, este fenómeno no es único para Chile. Al igual que sus pares latinoamericanos y otros países emergentes, nuestro país prácticamente no inscribe patentes en mercados de relevancia como el norteamericano o el japonés. De hecho, no hay registros de que Chile haya inscrito patentes en este último mercado al menos desde el 2001 en adelante.¹⁶

Por otro lado, si bien los recursos financieros son importantes para solventar actividades científico tecnológicas, este debe ser complementario al capital humano necesario para llevarlas adelante. En el cuadro 3 se presenta información relativa 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.

Una forma de evaluar el desempeño nacional en materia de innovación es examinar cuánto de las inversiones en I+D

se traduce en patentes comerciales y comparar la

¹⁶ Ver Japan Patent Office Annual Report de los años 2001, 2002, 2003, y 2004 para mayor información sobre las aplicaciones de Chile a patentes japonesas y la nulidad de las patentes otorgadas en dichos años.

CUADRO 2

Patentes Otorgadas por Estados Unidos a Cada País

Patentes en EE.UU. (por millón de hab.) Datos más recientes	
Chile	1
Argentina	1
Brasil	1
México	1
Finlandia	171
Nueva Zelanda	33
Irlanda	58
EE.UU.	328
Israel	171
Suecia	183
Japón	287
Corea del Sur	87
Singapur	123
Turquía	0
Polonia	1
Hungría	5
República Checa	4
Portugal	1
España	8

Fuentes: OECD MSTI (2004) y RICYT (2003)

Todos los países, datos para 2001; excepto Chile y Brasil, datos para 2000.

“elasticidad” de estas con respecto a la inversión promedio en I+D.¹⁷ El gráfico 5 muestra la elasticidad o sensibilidad de las patentes otorgadas a investigadores respecto de la inversión en I+D.

De la figura anterior se desprende que, comparado con el promedio de la OECD considerado el caso base, Chile presenta una notoria ineficiencia en su esfuerzo en I+D. Si bien no estamos tan mal comparados con algunos de nuestros vecinos, claramente tenemos mucho camino por recorrer. Según Lederman y Maloney (2004), esta grave ineficiencia podría tener su origen en la falta de colaboración entre el sector privado y las instituciones dedicadas a las investigaciones, entre ellas las universidades, o también en las tasas relativamente bajas de matrícula en la educación secundaria y terciaria (universitaria).

A fin de hacer más extensiva la comparación de Chile con otras naciones, en el gráfico 6 se presentan, en forma más aglutinada, los principales indicadores relacionados con el quehacer científico y tecnológico de Chile durante el año 2000 y se los compara con el promedio observado para un conjunto de 100 países el mismo año.

Claramente, hay un sinnúmero de áreas donde Chile presenta deficiencias relativas evidentes. Si se

¹⁷ Ver Bosch et al. (2003).

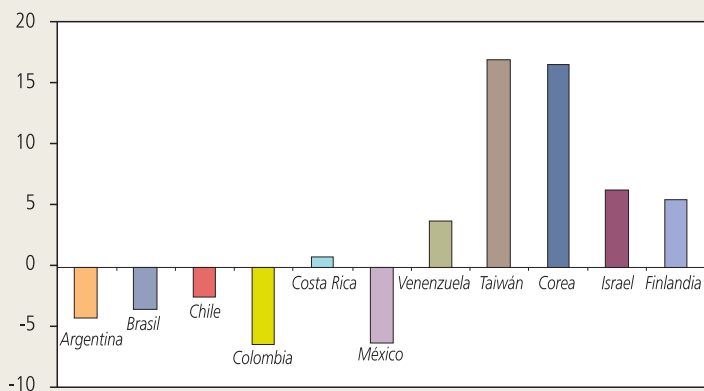
CUADRO 3

Dotación en Capacidad Científico-tecnológica

	Ph.D. Graduados en Ciencia (por millón de hab. 1996-1999)	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 del Sur	49	2,319
Singapur	n.d.	1,653
Chile	3	370

Fuente: Tokman y Zahler (2004).

Eficiencia del Gasto en I+D Comparado con Países de la OECD

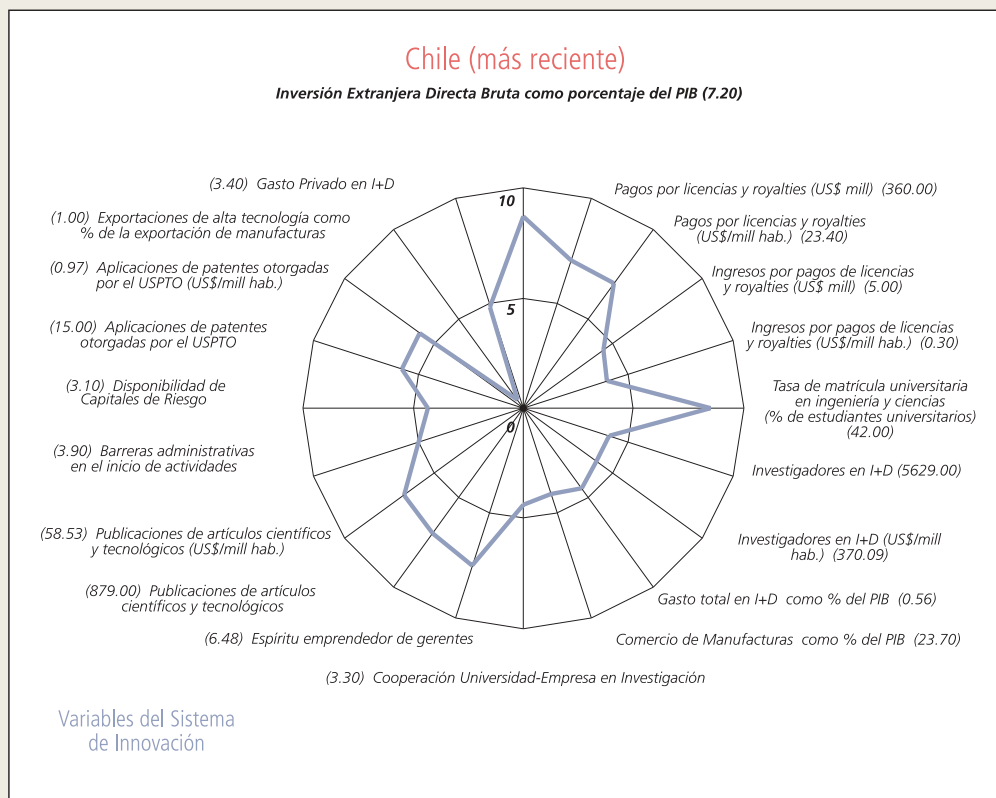


Fuente: Lederman y Maloney (2004).

agrupan las variables en términos de insumos y resultados, con respecto a los primeros nuestro país presenta un gran déficit de investigadores y a la vez un gasto bastante reducido en actividades de I+D. Por otra parte, cabe destacar el bajo índice alcanzado en la participación privada, como también la falta de vínculos 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 manufacturados de alta tecnología son casi nulas en

Indicadores Científico-tecnológicos. Chile, 2000



Fuente: Banco Mundial (2004).

Chile, como lo es también el pago realizado por extranjeros por concepto de patentes y tecnologías desarrolladas por locales.

De estas cifras se puede inferir que la base de conocimiento científico nacional es relativamente pobre. Si a los datos anteriores se agrega el hecho de que en nuestro país los científicos que trabajan en el sector privado son menos de 5%, que el vínculo entre el sector privado y las universidades para la generación de nuevo conocimiento y potenciales aplicaciones es casi inexistente y, como se mencionó, el financiamiento privado de este tipo de actividades es bajo,¹⁸ podemos mencionar que el escaso esfuerzo nacional en estas materias se realiza en forma aislada, poco articulada entre quienes generan y quienes usan el conocimiento, con el consecuente desaprovechamiento de externalidades, economías de escala y de ámbito que les son propias. No obstante lo anterior, este análisis solo da cuenta del esfuerzo nacional en actividades innovadoras y su impacto en indicadores intermedios. Una forma complementaria de caracterizar el fenómeno innovador 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 innovador, el cual se nutre no solo de los esfuerzos que se realizan al interior de las empresas sino también del conocimiento desarrollado por otros agentes con los que interactúan. Por ello, en lo que sigue situaremos la firma en el centro del proceso innovador y desde esta óptica analizaremos sus resultados.

Para caracterizar la dinámica de innovación 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.¹⁹ Esta información es de gran importancia a la hora de responder preguntas sobre los principales determinantes de la actividad de innovación a nivel de firma en nuestro país, así como sobre si estas han tenido algún impacto en la dinámica productiva de las mismas.

En el cuadro 4 se presentan algunos indicadores de la evolución del esfuerzo innovador de las firmas manufactureras entre los años 1995 y 2001.

Los resultados ampliados para toda la industria manufacturera en 1998 muestran un retroceso en todos los indicadores de innovación con respecto a 1995. Si bien para el año 2001 muchos de estos indicadores habían mejorado, no han logrado aún alcanzar los valores de la primera encuesta. Estos resultados podrían reflejar la sensibilidad que tienen estos indicadores al ciclo económico, particularmente el relacionado con la probabilidad de participar en actividades innovadoras.

Quizá la única excepción al patrón sea el gasto en investigación y desarrollo por trabajador, donde se observa que el grupo de firmas que gastan en estas actividades no ha crecido sistemáticamente, pero la intensidad de su gasto sí. Ello ha ido de la mano de un incremento de la compra de maquinaria y equipos, mayores acuerdos de licencias tecnológicas y un mayor acercamiento a fuentes públicas de financiamiento. Por otra parte, los resultados sugieren que para las empresas innovadoras, las principales fuentes de ideas novedosas son más bien grupos y personas al interior de las mismas que actividades rutinarias orientadas a crear nuevos productos, y que la búsqueda de ideas en el entorno de la firma, como universidades, consultoras y la competencia son cada vez menos importantes. Esto último es de particular preocupación, pues denota que la colaboración entre instituciones ha ido decreciendo y, por tanto, se estarían desaprovechando economías de ámbito, y no se estarían desarrollando masas críticas, elementos clave de este tipo de actividades.

Desafortunadamente, los datos anteriores no permiten realizar una comparación internacional del caso chileno, pues pocos países realizan este tipo de encuestas en forma sistemática.²⁰ No obstante lo anterior, estos datos permiten extraer información útil para caracterizar el fenómeno innovador a nivel de empresas en Chile.

¹⁸ Cifras adicionales sobre el esfuerzo innovador nacional se pueden ver en Benavente (2004b) y en Tokman y Zahler (2004).

¹⁹ La información recolectada corresponde a los periodos 1994-1995, 1997-1998 y 2000-2001 en las tres encuestas respectivas. 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, 2004a).

²⁰ En una edición especial de la revista *Economics of Innovation and New Technology*, por editarse, se presentan resultados comparativos para un grupo seleccionado de países.

CUADRO 4

Principales Indicadores de Innovación Tecnológica a Nivel de Firmas

	2001 Media	1998 Media	1995 Media
Número de empresas que gastan en I+D (sin factor de expansión)	199	180	295
Número de empresas que gastan en I+D (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 de que planta realice I+D (porcentaje)	19	13	25
Pago 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 innovadoras sobre ventas totales (porcentaje promedio)	12.75	23.13	18.26
Firmas con contratos con 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

Fuente: Benavente (2004a).

Utilizando esta información y mediante un ejercicio econométrico, Benavente (2004a) muestra que el gasto en I+D tiene una persistencia temporal importante y que las plantas más grandes tienen una mayor probabilidad de gastar en investigación y, de hecho, destinan a ella más recursos por trabajador. Los resultados no muestran una relación estrecha

entre la presión competitiva y los esfuerzos de investigación de las firmas, y que aquellas que realizan I+D utilizan cada vez menos el medio de competencia que los rodea y cada vez más las instituciones, principalmente privadas, vinculadas con el quehacer innovador como fuente de ideas a las que orientar su investigación.

CUADRO 5

Resultados del Modelo Probit
Determinantes de Observar Gasto en I+D a Nivel de Firma
 Varios Años

	Probabilidad Observar Gasto en I+D		
	1995	1998	2001
Gasto I+D rezagado	0.011 (0.003) ***	0.012 (0.003) ***	0.005 (0.001) ***
Empleo inicial	0.002 (0.000) ***	0.002 (0.001) ***	0.001 (0.000) ***
Exportaciones inicial	7.60E-06 (0.001) ***	-8.80E-06 (0.001)	-1.05E-05 (0.001)*
Inv. maquinaria inicial	1.50E-05 (0.001)	-7.37E-06 (0.001)	5.70E-06 (0.001)
Licencias inicial	-0.001 (0.001) *	0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)
Propiedad extranjera	0.484 (0.143) ***	0.103 (0.204)	-0.247 (0.310)
Aprendizaje interno	0.815 (0.094) ***	0.477 (0.156) ***	0.351 (0.068) ***
Instituciones públicas	1.067 (0.222) ***	-0.631 (0.524)	0.372 (0.132) ***
Consultoras	1.331 (0.097) ***	1.509 (0.246) ***	0.183 (0.220)
Clientes	-0.545 (0.086) ***	0.341 (0.157) **	-0.065 (0.099)
Asociativo	-0.895 (0.135) ***	-0.317 (0.356)	0.281 (0.120) **
Copia	-0.798 (0.143) ***	-0.067 (0.188)	0.317 (0.088) ***
Constante	-1.641 (0.077) ***	-1.768 (0.182) ***	-1.155 (0.063) ***
Observaciones	4,492	3,840	3,487
Pseudo R ²	0.64	0.72	0.42

Fuente: Benavente (2004a)
*Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales. Errores estándar entre paréntesis. * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.*

Ahora bien, con respecto al resultado del esfuerzo innovador de las empresas, los datos presentados en Benavente (2004a) muestran que efectivamente el gasto acumulado en I+D por trabajador es importante a la hora de predecir la introducción de un nuevo producto o proceso. También muestran que las firmas nacionales innovaban más que las extranjeras hacia la mitad de los

años noventa, pero que ese patrón se invirtió radicalmente durante los años siguientes. Esto último sugiere que la merma en el número de socios del club de innovadores antes sugerida se debió principalmente a la salida de empresas de capital nacional.

Uno de los aspectos centrales de todo esfuerzo innovador en una empresa es si este le reporta aumentos

CUADRO 6

Resultados MCO
Determinantes de la Productividad de la Mano de Obra
 Varios Años

	1995	1995	Productividad		2001	2001
			1998	1998		
Innovación producto	0.002 (0.017)		0.138 (0.036) ***		0.244 (0.091) ***	
Innovación proceso		0.083 (0.017) ***		-0.004 (0.035)		0.156 (0.028) ***
Capital físico	0.429 (0.007) ***	0.428 (0.007) ***	0.414 (0.011) ***	0.398 (0.011) ***	0.318 (0.010) ***	0.317 (0.010) ***
Empleo	0.107 (0.008) ***	0.098 (0.007) ***	0.056 (0.017) ***	0.086 (0.017) ***	0.155 (0.013) ***	0.151 (0.013) ***
Porcentaje de empleados	1.594 (0.053) ***	1.558 (0.052) ***	0.591 (0.076) ***	0.608 (0.077) ***	-0.068 (0.038) *	-0.085 (0.038) **
Constante	4.609 (0.058) ***	4.609 (0.057) ***	5.144 (0.099) ***	5.286 (0.101) ***	5.712 (0.091) ***	5.804 (0.092) ***
Observaciones	4,388	4,388	2,425	2,425	3,337	3,337
R ²	0.68	0.68	0.64	0.63	0.39	0.39

Fuente: Benavente (2004a).
*Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales. Errores estándar entre paréntesis. * significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%.*

significativos en su productividad. En este sentido, mediante la estimación de una función de producción estándar (cuadro 6), el citado estudio encuentra que las innovaciones introducidas no producen una alteración contemporánea sistemática de la productividad de las firmas. Ello es coherente con el argumento de que las innovaciones generan un impacto de adaptación importante en las líneas productivas en el momento de su implementación, pero que luego se revierte con creces si la innovación es exitosa.²¹

Finalmente, como se revisa en la siguiente sección, múltiples fallas en este mercado justificarían la participación pública, no solo como generadora de nuevas ideas con potencial uso comercial, sino como mecanismo de financiamiento complementario. Los resultados del citado estudio muestran que la oferta tecnológica contenida en las instituciones públicas de investigación tiene un efecto sistemáticamente negativo sobre el monto de I+D declarado por las firmas privadas. Es decir, las empresas que usan ideas de las instituciones públicas gastan menos que las

que no tienen interacción, lo que sugiere una especie de sustitución entre estas organizaciones. Diferente es el caso del financiamiento público. Esta variable tiene coeficientes positivos y significativos que sugieren una complementariedad entre estos, y no existe evidencia de efecto sustitución entre fondos privados y públicos.²²

IV. POLÍTICAS PÚBLICAS PARA FOMENTAR LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

1. ¿Por Qué Se Justifica la Participación Pública en I+D?

El principal argumento para el apoyo público a la investigación científica se basa en sus características

²¹ Ver Benavente y Núñez (2004), para la discusión de este aspecto y su contraste a nivel sectorial para Chile.

²² En particular, mediante un ejercicio de diferencias en diferencias, Benavente (2002) muestra que el financiamiento público genera un apalancamiento privado cercano a 30%.

de bien público.²³ Así, sus condiciones de indivisibilidad y parcial exclusión estarían detrás de la subinversión de las firmas privadas en estas actividades. Dado que la investigación es socialmente benéfica, existe un fuerte argumento para que el Estado participe en su financiamiento. Este argumento de falla de mercado se ha ido sofisticando dependiendo de qué externalidades existan, como las relacionadas con la posibilidad de apropiarse de los resultados, el beneficio no capturado en el precio para los usuarios de la innovación y las externalidades de red.²⁴

Estos argumentos se aducen comúnmente para justificar el apoyo estatal, tanto a la generación de conocimiento como al financiamiento de las etapas tempranas de la I+D industrial. No obstante lo anterior, existen desarrollos conceptuales más recientes que plantean las limitaciones de un enfoque basado estrictamente en el argumento de fallas de mercado. Ello, por cuanto la visión lineal de un proceso innovador, en que el resultado de una etapa como la investigación básica sirve de insumo a la etapa siguiente —la investigación aplicada—, y así sucesivamente, es poco atingente. Hoy en día está aceptado que la innovación es un proceso interactivo con variados efectos de retroalimentación y causalidad.²⁵

Sustentado en los conceptos propuestos por Joseph Schumpeter, se plantea que junto a las fallas de mercado también podrían estar presentes las denominadas fallas sistémicas. Estas, que surgen de la perspectiva de los Sistemas Nacionales de Innovación, enfatizan los problemas de coordinación entre los distintos participantes del quehacer científico y tecnológico de un país. Smith (2000) plantea cuatro tipos de manifestaciones de falla sistémica: 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 parecen estar relacionadas más bien con la falta de instituciones que permitan un adecuado flujo del conocimiento desde la ciencia pública a la industria, y viceversa.

Si bien la solución a estas fallas sistémicas exige pensar sobre la institucionalidad vigente, aspecto que

será retomado en la siguiente sección, la literatura económica sugiere algunos mecanismos orientados a solucionar las fallas de mercado, principalmente las relacionadas con el financiamiento.²⁶

Por una parte están los *matching grants*, donde el Estado cofinancia la inversión en actividades de I+D con alto impacto social.²⁷ Por otra, están los *consorcios* de I+D con financiamiento estatal, donde se permite compartir los costos y beneficios derivados de I+D entre firmas y Estado.²⁸ También existen los *programas de exención tributaria*, que autorizan a las firmas a decidir libremente qué proyectos de investigación y desarrollo desean

²³ Nelson (1959), Arrow (1962).

²⁴ Jaffe (1996).

²⁵ Por ejemplo, actualmente no existe una clara distinción entre los roles de las universidades y las empresas en esta materia (Gibbons et al., 1994), o bien, la racionalidad que se debe aplicar a las grandes empresas, que movilizan grandes recursos y explotan las oportunidades que se les ofrecen a través de redes y mercados foráneos, no son similares para pequeñas firmas innovadoras, particularmente si recién parten. Los mecanismos de capital de riesgo y capital semilla son herramientas útiles para estas últimas, aunque no necesariamente para las primeras.

²⁶ Existen otras asociadas a la apropiación de los resultados de la investigación, lo que se soluciona —en parte— con una legislación sobre propiedad intelectual, o con normas relacionadas con información y coordinación. (ver Martin y Scott, 2000).

²⁷ Teubal (1996) sugiere que la implementación de políticas de incentivos a la I+D en la “fase infante” debería basarse en subsidios del tipo *matching grant* de al menos 50% de los costos del proyecto por 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 y evitaría problemas de riesgo moral.

²⁸ Al unir fuerzas, las firmas internalizan las externalidades derivadas del *chorreo* en la actividad de I+D, y también reducen los costos de transacción. Aun así, se postula que en ciertas situaciones este instrumento puede tener desventajas, tales como desincentivar el gasto en I+D. Esto sucedería en un mercado donde las firmas comparten los resultados de la I+D conjunta, pero compiten al vender sus productos. Si un aumento de I+D provoca una intensa competencia de mercado *ex post* debido, por ejemplo, a una disminución de los costos marginales de producción, los beneficios pueden verse mermados y constituir un desincentivo a la I+D. Luego, en un contexto donde los *chorreos* recibidos por una firma son independientes de su gasto en I+D, y con mercados competitivos, un consorcio de investigación podría conducir a disminuir los esfuerzos de innovación. Pero si los *chorreos* recibidos por una firma dependen positivamente de su gasto en I+D, entonces la participación en dicho consorcio, en este caso, fomentaría el gasto en I+D.

Instrumentos de Política de Gobierno Utilizadas para Apoyar la I+D, 1985-96

	Concesiones Tributarias	Concesiones	Préstamos	Concesiones +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).

financiar.²⁹ Finalmente, están las *subvenciones* y los *préstamos* a este tipo de actividades. Cabe señalar que en un contexto de I+D de carácter más genérico, donde el objetivo de la autoridad es lograr un aprendizaje colectivo, las subvenciones son un incentivo directo preferible a los préstamos para financiar las actividades innovadoras de las firmas, especialmente para las Pyme, empresas que por lo general enfrentan más restricciones para innovar y que en la fase inicial poseen poca experiencia en materia tecnológica.³⁰

La evidencia internacional acerca de la mejor política tecnológica no es iluminadora. Existe un número reducido de trabajos empíricos donde se evalúan programas concretos de promoción de la actividad tecnológica,³¹ mientras otros pocos discuten si políticas como la exención tributaria son eficientes para promover el gasto en I+D en la

empresa privada.³² No sabemos de investigaciones donde se compare la eficiencia de los diferentes programas de fomento a la actividad tecnológica. Más aún, la evidencia internacional muestra que algunos países tienen un amplio portafolio de políticas de apoyo, donde no se han privilegiado algunas medidas por sobre otras (cuadro 7).

Estos resultados sugieren que no existe una receta óptima en cuanto al portafolio de políticas a implementar. Lo importante, según OECD (1999), es tener una visión dinámica de los objetivos, las políticas y sus resultados, de tal manera que una vez cumplidos los objetivos primarios, se pueda aplicar una política complementaria

²⁹ En general, este tipo de esquema debería aplicarse a firmas más grandes con importantes portafolios de proyectos en I+D, donde las actividades innovadoras ya hayan sido internalizadas. Esto, porque las firmas pequeñas o nuevas pueden disponer de un bajo nivel de ingreso imponible y, aun cuando la exención tributaria sea

máxima, la firma no dispone de recursos suficientes para invertir en I+D. La exención tributaria sobre I+D puede aplicarse de dos maneras: un esquema incremental basado en la I+D adicional y un esquema de volumen basado en la I+D total realizada por la firma. La evaluación de la conveniencia de aplicar una u otra forma debe tomar en cuenta la alta heterogeneidad existente entre las firmas, ya que pueden generarse incentivos heterogéneos y perversos. En este contexto convendría más entregar financiamiento directo vía subsidios (Benavente, 2003).

³⁰ En este aspecto, Teubal (1996) plantea que se deben dar subsidios en vez de préstamos para innovación e I+D en tales 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."

³¹ Branstetter y Sakakibara (1998), Irwin y Klenow (1996) y Wallsten (2000).

³² Griffith (2000) y Hall y Van Reenen (2000).

que considere el aprendizaje institucional que ello conlleva.³³

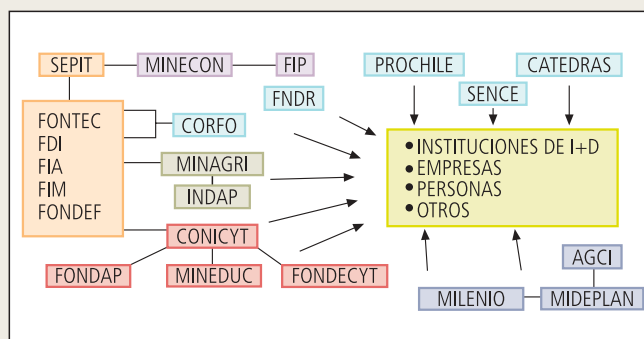
2. Sistema Institucional Chileno para el Apoyo a la Innovación Tecnológica

El presupuesto nacional del año 2004 identifica 31 partidas asociadas directamente con actividades de I+D e innovación tecnológica.³⁴ Del total de 192 millones de dólares reportados, 53.1% está asociado a fondos concursables, 16.9% a institutos tecnológicos, 12.8% a programas, 6.8% a becas de posgrado tanto en Chile como en el exterior, y el 10.4% restante se asigna a otras iniciativas menores. Si a esta cifra se le agregan las transferencias directas que realiza el Estado a las universidades —cerca de 200 millones de dólares— más los 120 millones que gasta el sector privado en este tipo de actividades,³⁵ se obtiene que el monto total de recursos, públicos y privados, invertidos en actividades de I+D superaría levemente los 500 millones de dólares, aproximadamente 0.6% del producto interno bruto. De lo presentado en la sección anterior, este valor es relativamente bajo. Ello parece paradójico en un país donde existe un amplio espectro de instituciones relacionadas con estas actividades, dispersas en varios estamentos de la administración pública.

Con respecto a la arquitectura de apoyo público a estas actividades están, en primer lugar, los fondos tecnológicos, coordinados por la Secretaría del Programa de Innovación Tecnológica (Sepit) ahora conocida como el programa Chile Innova. La operación de varios de estos depende de diferentes ministerios, tales como Agricultura (FIA), Economía, a través de Corfo (Fontec, FDI) y Educación, a través de Conicyt (Fondef, Fondecyt) (gráfico 7).³⁶

Paralelamente, existen programas aislados como el Milenio, localizado en Mideplan, y un programa del Banco Mundial para el apoyo a la innovación tecnológica, dependiente del Ministerio de Educación, aunque localizado en Conicyt. Cabe señalar que en algunos de estos programas los clientes están claramente diferenciados, y las evaluaciones de impacto realizadas muestran que dichos programas no solo son rentables, sino que también atacan de manera eficaz la o las fallas de mercado que justifican

Programa de Innovación Tecnológica y su Entorno



Fuente: Invertec-IGT (1999).

su existencia.³⁷ Por ejemplo, para Fondecyt sus principales clientes son los investigadores universitarios, mientras que para el Fontec son empresas pequeñas y medianas. No obstante lo anterior, para fondos como el FDI y el Fondef existe algún grado de traslape no solo de clientes, sino también en la falla de mercado que pretenden solucionar.³⁸ Esta

³³ Por ejemplo, una vez que una firma ha logrado un desempeño notable en la actividad innovadora y ha acumulado conocimientos sustanciales, será capaz de enfrentar mayores riesgos en la realización de sus proyectos y pasar de un esquema de subvenciones a uno de préstamos por la vía de capitales de riesgo.

³⁴ En el anexo 1 se presenta una desagregación de estas 31 partidas presupuestarias.

³⁵ Proyección basada en información presentada en Universidad de Chile (2004c).

³⁶ Fontec: Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo; FDI: Fondo de Desarrollo e Innovación; FIA: Fondo de Innovación Agrícola; FIM: Fondo de Innovación Minero; Fondef: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico; Fondecyt: Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico. Ver anexo 2, para una descripción detallada de sus objetivos y operación.

³⁷ Ver Universidad de Chile (2004a), Universidad de Chile (2004b) y Crespi y Muñoz (1998).

³⁸ A los ya mencionados casos de FDI y Fondef se podrían agregar los de la iniciativa Milenio con Fondecyt, 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 más generales como el FDI o el Fontec. La gran diferencia es que dependen de diferentes ministerios y tienen un carácter mucho más sectorial. A mayor abundamiento, el programa Ciencias 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 Milenio es una réplica casi exacta de los objetivos que persigue el Fondecyt.

duplicidad de esfuerzos podría deberse a la falta de publicidad,³⁹ a la presencia de intereses corporativos⁴⁰ o, como se sugiere en seguida, a la ausencia de una estrategia o plan global.

3. Evaluación General y Sugerencias

Como se mencionó, existen escasas evaluaciones formales de los fondos y programas chilenos, aunque hay relativa coincidencia en que la mayoría de estos cubren las fallas que justifican su existencia.⁴¹ Si bien cabe preguntarse cuál sería la escala mínima que deberían tener estas iniciativas para generar cambios importantes en la actividad innovadora de las instituciones involucradas, esta falta aparente de recursos públicos no sería la gran deficiencia del sistema de apoyo público a las actividades científico-tecnológicas y de innovación en nuestro país. La principal debilidad de dicho sistema sería la ausencia de una articulación entre todos los componentes —públicos y privados— que participan directa e indirectamente en la promoción y ejecución de la innovación.⁴² Dicha debilidad se expresa en la falta de, entre otras cosas, una política nacional única, clara y consistente que oriente los esfuerzos públicos, la pertinencia de programas, la focalización de fondos y la generación de criterios de evaluación relevantes.

Esta falta de articulación se manifiesta, entre otros aspectos, en que la mayoría de los fondos tecnológicos funciona con estructuras de ventanilla abierta, donde es la demanda por fondos la que determina la asignación de los recursos públicos. La experiencia internacional sugiere que, si bien este tipo de estrategia minimiza el error que los agentes públicos podrían cometer en las asignaciones, hay demasiados espacios para duplicación de esfuerzos, desaprovechamiento de economías de escala y especialmente de ámbito, además de una falta de masa crítica no solo de recursos financieros sino de capital humano en ciertas áreas económicas de interés.

Junto a lo anterior, para Chile no se observa una clara articulación entre las demandas actuales y futuras por capital humano calificado y las becas de posgrado nacionales y extranjeras disponibles.⁴³ Aparentemente existe una dispersión de esfuerzos que, dado su bajo presupuesto individual, no logran generar masas críticas importantes de recursos

humanos y financieros, como tampoco consiguen apalancar en forma importante recursos complementarios del sector privado.

Adicionalmente, la información recogida sugiere que Chile adolece de una gran deficiencia con respecto a la participación privada en la innovación tecnológica. Las cifras muestran, a grandes rasgos, que el sector privado chileno aporta algo menos de un tercio del gasto total en I+D a nivel nacional, contrariamente a lo observado en países avanzados, donde esta fracción supera los dos tercios.⁴⁴ Esta baja participación puede ser el reflejo de la escasa vinculación con entidades de investigación, de la falta de instrumentos pertinentes para medir dicho esfuerzo⁴⁵ o, lisa y llanamente, de la falta de interés por participar en actividades de este tipo.⁴⁶

Estas deficiencias podrían originarse en la falta de una visión nacional común sobre estos temas. Si hay algo particular en los países que han considerado los temas de innovación tecnológica y sus insumos, como son la investigación científica y la generación del capital humano necesario para llevar adelante estos esfuerzos, es la existencia de planes y políticas explícitas referentes a estos temas, con horizontes delimitados.⁴⁷

³⁹ Ver *Invertec-IGT (1999)*.

⁴⁰ Ver *Rivas (2004)*.

⁴¹ *Obviamente, un gran avance en esta área sería la evaluación más frecuente de estos programas y fondos. Ver anexo 3 para una descripción de los mecanismos de evaluación de programas.*

⁴² *Estas apreciaciones son coincidentes con las elaboradas en Rivas (2004) y World Bank Institute (2004).*

⁴³ *Cabe mencionar que las becas nacionales son otorgadas por Conicyt, mientras aquellas para estudiar en el extranjero provienen de Mideplan.*

⁴⁴ *Estas cifras se refieren al financiamiento de dichas actividades. Estos valores son aun más bajos cuando se analiza quiénes realizan I+D.*

⁴⁵ *Solo en el año 2004 se implementó el primer censo nacional sobre gasto privado en I+D en Chile. Los datos muestran que durante el año 2002 participaron activamente alrededor de 700 firmas, con desembolsos cercanos a US\$120 millones (Universidad de Chile, 2004c).*

⁴⁶ *Lederman y Maloney (2004) entregan abundante evidencia de que los países exportadores de bienes intensivos en recursos naturales gastan incluso más en I+D per cápita que el resto de los países. Naturalmente, mucho de ese esfuerzo se orienta a innovaciones de proceso más que de productos.*

⁴⁷ *Ver, por ejemplo, Ministerio de Ciencias y Tecnologías (2004). Algunos de los países que implementaron planes nacionales en el área científica y tecnológica se mencionan en Tokman y Zahler (2004).*

El diseño de la institucionalidad pública de apoyo a las actividades científicas y tecnológicas es una parte integrante de estos planes, la que se complementa con las directrices generales acerca de los temas que tendrán particular dedicación en la investigación científica a nivel universitario. Estos planes reconocen que los resultados de los esfuerzos son inciertos, y sugieren la necesidad de realizar evaluaciones periódicas de los programas apoyados. Por su parte, en este plan también se define la forma de apoyo a los esfuerzos tanto públicos como privados en temas de investigación científica y tecnológica. La evidencia internacional no es concluyente respecto de cuál es la mejor forma de hacerlo, y ella dependerá de la falla de mercado que se quiera solucionar. La promoción de consorcios tecnológicos aparece como una solución eficiente en aquellos casos en que no es posible apropiarse de los resultados, como también lo es la creación de una masa crítica de investigadores relacionados con un tema en particular. Por su parte, los *matching grants* para el desarrollo privado de nuevas tecnologías, o el subsidio directo a la contratación de científicos en las empresas privadas pueden ser formas alternativas de apoyo a la actividad científica y tecnológica en nuestro país.

De todas formas, cualquier sugerencia de política deberá enmarcarse dentro de un plan nacional que otorgue una articulación efectiva a las instituciones participantes, al amparo de una política tecnológica nacional que defina prioridades, objetivos y metas orientadas a mejorar la eficacia, eficiencia y pertinencia del esfuerzo nacional en I+D.⁴⁸

V. CONCLUSIONES

Si bien la teoría económica reciente ha incorporado el cambio tecnológico como un factor adicional en la explicación del crecimiento económico de los países, la evidencia empírica no es abundante con respecto a la magnitud de dicho impacto. Ello se debe, entre otras cosas, a los problemas de medición de las variables que capturan dicho cambio.

En virtud de ello, este trabajo constituye un esfuerzo para caracterizar la situación de nuestro país en los aspectos tecnológicos. Los resultados sugieren que, dado el grado de desarrollo que presenta nuestro país,

se observan graves deficiencias en aspectos relacionados con nuestro Sistema Nacional de Innovación. En particular, que nuestro nivel relativo de gasto en I+D como porcentaje del producto es mínimo, tenemos pocos científicos y profesionales dedicados a tareas de investigación, y la participación del sector privado en su financiamiento es muy baja.

Por su parte, el análisis de tres encuestas de innovación tecnológica en la industria manufacturera revela que el gasto en I+D por trabajador ha aumentado en este sector, a costa de una reducción del número de firmas involucradas, particularmente de capital nacional. A su vez, los resultados muestran que los gastos en I+D están directamente asociados a la introducción de nuevos productos y procesos en los mercados, aunque el impacto en la productividad, al menos en términos contemporáneos, es pequeño.

Este último resultado podría explicar, en parte, el bajo interés que manifiesta el sector privado en este campo cuyos períodos de maduración, según la evidencia internacional, son más largos que los de otras inversiones de corte más tradicional.

No obstante lo anterior, la subinversión privada en I+D también tiene que ver con la característica de bien público que posee el conocimiento. Un análisis de la institucionalidad pública nacional de apoyo a la innovación tecnológica muestra que, si bien en forma aislada, los diferentes programas y fondos estarían solucionando las fallas de mercado que justificarían su existencia, aunque no hay evidencia de que lo hagan en forma eficiente. Ello se debe, principalmente, a la ausencia de una política científico-tecnológica a nivel nacional que coordine actividades, objetivos y mercados hacia los cuales están orientadas estas instituciones. Más que fallas de mercado, en consecuencia, se visualiza una falla de sistema, la que puede solucionarse mediante la creación de una unidad rectora que entregue directrices, prioridades, reglas y evaluaciones periódicas, de modo de hacer más eficiente la inversión pública en actividades innovadoras.

⁴⁸ Una propuesta al respecto, para el caso chileno, se presenta en Benavente (2004b).

No obstante lo anterior, y a la luz de la evidencia internacional, el sector privado debería tomar un rol más activo, no solo en el financiamiento, sino también en la ejecución de actividades de investigación e innovación tecnológica. En consecuencia, la discusión de mecanismos que fomenten una participación más activa del sector privado en estas actividades debería formar parte de la agenda pública venidera.

REFERENCIAS

- Aghion, P. y P. Howitt (1992). "A Model of Growth through Creative Destruction." *Econometrica* 60(2): 223-351.
- Banco Mundial (2004). "Chile New Economy Study." Report No.25666-CL.
- Benavente, J.M. y G. Crespi (2001). "The Impact of an Associative Strategy on Small and Medium Enterprises in Chile." Trabajo presentado en el 56th European Meeting of the Econometric Society, Lausanne. Por aparecer en *Journal of Development Economics*.
- Benavente, J.M. (2002). "Determinants of Industrial Research and Innovation: The Case of Chile." Tesis de doctorado no publicada. University of Oxford.
- Benavente, J.M. (2003). "Gastos Privados en Investigación y Desarrollo en Chile: Aspectos Teóricos y Metodológicos para el Diseño de un Sistema de Incentivo Público." Mimeo. Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- Benavente, J.M. (2004a). "Investigación y Desarrollo, Innovación y Productividad: Un Análisis Econométrico a Nivel de la Firma." Mimeo. Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- Benavente, J.M. (2004b). "Antecedentes para el Diseño de una Política Tecnológica Nacional." Informe Final. Comisión de Hacienda, Senado de la República.
- Benavente, J.M. y M. Núñez (2004). "Tasas de Retorno a la Investigación y Desarrollo Sectorial en Chile." Mimeo. Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- Bosch, M., D. Lederman y W.F. Maloney (2003). "Patenting and Efficiency: A Global View." Mimeo. Oficina del Economista en Jefe para ALC, Banco Mundial, Washington, DC.
- Branstetter L. y M. Sakakibara (1998). "Japanese Research Consortia: A Microeconomic Analysis of Industrial Policy." *Journal of Industrial Economics* 46(2): 207-33.
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (2004). "Estimación del Gasto en Investigación y Desarrollo en Chile." Departamento de Información, diciembre.
- Crespi, G. y C. Muñoz (1998). "La Contribución del Fondo de Desarrollo e Innovación al Crecimiento Económico." Informe Final. CORFO.
- De Gregorio (2004). "Macroeconomía Intermedia." Mimeo, Banco Central de Chile.
- Dirección de Presupuesto (2002). "Metodología Evaluación de Impacto." <http://www.dipres.cl>
- Dollar, D. y E.N. Wolff (1997). "Convergence of Industry Labor Productivity among Advanced Economies, 1963-1982." En *The Economics of Productivity 2*, editado por E.N. Wolff. Edward Elgar Publishing Ltd.
- Easterly, W. y R. Levine (2002). "It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models." En *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*, editado por N. Loayza y R. Soto. Banco Central de Chile.
- Fagerberg, J. y B. Verspagen (2003). "Innovation, Growth and Economic Development: Why Some Countries Succeed and Others Don't." Manuscrito presentado en la conferencia "Innovation Systems and Development Strategies for the Third Millennium." Rio de Janeiro, Brasil.
- Gibbons, M., C. Limoge, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott y M. Trow (1994). *The New Production of Knowledge*. SAGE Publications, Londres, Thousand Oaks y Nueva Dehli.
- Goto, A. y K. Suzuki (1989). "R&D Capital Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing industries." *Review of Economics and Statistics* 56(4): 555-64.
- Griffith, R. (2000). "How Important is Business R&D for Economic Growth and Should the Government Subsidise It?" Institute for Fiscal Studies. Londres.
- Griliches, Z. y J. Mairesse (1984). "Productivity and R&D at the Firm Level." en Z. Griliches, *Patents and Productivity*, editado por Z. Griliches. Chicago, ILL: EE.UU. University of Chicago Press.
- Griliches, Z. (1986). "Productivity, R&D and Basic Research at the Firm Level in the 1970s." *American Economic Review* 76: 141-54.
- Hall, R. y C. Jones (1999). "Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker than Others?" *Quarterly Journal of Economics* 114(1): 83-116.
- Hall, B. y J. Mairesse (1995). "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms." *Journal of Econometrics* 65: 263-93.
- Hall, B. y J. Van Reenen (2000). "How Effective Are Fiscal Incentives for R&D? A Review of the Evidence." *Research Policy* 29(4): 449-69.
- Invertec-IGT (1999). "Evaluación del Desempeño del Sistema de Fondos Tecnológicos. Informe Final." Documento preparado para la Secretaría del Programa de Innovación Tecnológica, Ministerio de Economía.

- Irwin, D y P. Klenow (1996). "High Tech R&D Subsidies: Estimating the Effects of Sematech." *Journal of International Economics* 40: 323-44 .
- Japan Patent Office Annual Reports, Statistical Data, Registrations Granted to Non-Residents, Patents, 2001-2004.
- Klenow, P y A. Rodríguez-Claire (1997). "The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?" *NBER Macroeconomics Annual* 12: 73-103.
- Klette, T., J. Moen y Z. Griliches (1999). "Do Subsidies to Commercial R&D Reduce Market Failures? Microeconomic Evaluation Studies." NBER Working Paper 6947.
- Lederman D. y W. Maloney (2003). "R&D and Development." World Bank Research Working Paper 3024.
- Lederman, D. y L. Sáenz (2003). "Innovation around the World: A Cross-country Data Base of Innovation Indicators." Mimeo, Oficina del Economista Jefe para Latinoamérica. Banco Mundial., Washington, DC, EE.UU.
- Lederman D. y W. Maloney (2004). "Innovación en Chile: ¿Dónde estamos?" En Foco 18. Expansiva.
- Martin, S y J. Scott (2000). "The Nature of Innovation Market Failure and the Design of Public Support for Private Innovation." *Research Policy* 12: 437-47.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología (2004). "Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-07." Gobierno de España.
- Nadiri, I. (1980). "Sectoral Productivity Slowdown." *American Economic Review* 70: 349-55.
- Nelson, R. (1959). "The Simple Economics of Basic Scientific Research." *Journal of Political Economy* 47(3) 297-306.
- OECD (1996). *The Knowledge-based Economy*, OECD/GD (96)
- OECD (1999). *The Knowledge-based Economy: A Set of Facts and Figures*. OECD: París.
- OECD (2004). *Compendium of Patent Statistics*, OECD: París.
- Pattel, P y L. Soete (1988). "Measuring the Economic Effects of Technology." *STI Review* 4: 121-66.
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2003). *El Estado de la Ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos*. Buenos Aires, Argentina.
- Rivas G. (2004). "Innovación Tecnológica en Chile: Políticas para Fortalecerla." Manuscrito.
- Rouvinen, P. (2002). "R&D Productivity Dynamics: Causality, Lags and "Dry Holes." *Journal of Applied Economics* 5(1): 123-56.
- Smith, K. (2000): "Innovation as a Systemic Phenomenon: Rethinking the Role of Policy", *Enterprise & Innovation Management Studies*, 1(1): 73-102.
- Teubal, M. (1996) "R&D and Technology Policy in NICs as Learning Process." *World Development* 24 (3). 449-460.
- Tokman, M y A. Zahler (2004) "Innovación para un Crecimiento Sostenido: Lecciones para Chile." En Foco 17. Expansiva. Santiago.
- Universidad de Chile (2004a) "Evaluación de Impacto Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI)." Informe Final. Dirección de Presupuestos. Ministerio de Hacienda.
- Universidad de Chile (2004b) "Evaluación de Impacto Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo (Fontec)." Informe Final. CORFO.
- Universidad de Chile (2004c) "Gasto Privado en Investigación y Desarrollo: Resultados de una censo Nacional." Informe Final para el programa Chile Innova. Ministerio de Economía.
- Wallsten, S. (2000): "The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research Program." *RAND Journal of Economics* 31 (1) 82-100.
- World Bank Institute (2004) "Towards Shared Vision of the Innovation-based Future: Some Observations for Chile." Borrador.

APÉNDICE 1**Recursos Ciencia y Tecnología
Ley de Presupuestos 2004
(por ministerio)**

	MM\$	MMUS\$	%	Número Programas	Año 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 de Agricultura)	924	1.5	0.8		1965
CIREN (Subsecretaría de 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 de Innovación Tecnológica Bio-Bío	504	0.8	0.4		2001
Programa de 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 Posgrado (Conicyt)	3,059	4.9	2.6		1988
Programa de Ciencias 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		n./d.
* Fondo de Desarrollo Institucional	8,313	13.3	6.9		1991
* Fondo de Desarrollo Institucional - Infraestructura	16,375	26.2	13.7		1991
	64,817	103.7	54.1	8	
MIDEPLAN					
Programa Iniciativa Científica Milenio	3,610	5.8	3.0		1999
Programa de Becas	5,090	8.1	4.2		1981
	8,700	13.9	7.3	2	

	MM\$	MMUS\$	%	Número Programas	Año Creación
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				
<i>Fuente: Crispi (2004) basado en el Presupuesto Nacional 2004. Con la excepción de CChEN, SHOA, IGM y el IACH, todas las instituciones, programas y fondos son financiados íntegramente con aporte fiscal.</i>					

APÉNDICE 2

Caracterización de los fondos nacionales de apoyo a la innovación tecnológica.

Existen a lo menos cuatro dimensiones de los fondos públicos de apoyo a la I+D que son de interés. Por una parte, están los proyectos de investigación básica, los cuales no persiguen llegar necesariamente a una aplicación tecnológica, ni menos con carácter comercial. Son proyectos netamente académicos, desarrollados principalmente al interior de las universidades. El Fondecyt cumple este rol de apoyo a la investigación universitaria de excelencia, la cual nunca se realizaría privadamente, y cuyos beneficios son no solo 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 los que no existen mecanismos de financiamiento privados

y cuya ejecución genera externalidades imposibles de capturar por el ejecutante del proyecto. Un tercer aspecto relacionado con el apoyo a la actividad innovadora tiene que ver con aquellos proyectos de carácter tecnológico para los cuales el VAN privado es negativo por definición, pues los principales beneficiarios del resultado del proyecto están dispersos en la sociedad y no están dispuestos a pagar en forma aislada por los beneficios recibidos. Es la sociedad como un todo la beneficiada y quien ejecuta el proyecto no puede apropiarse de ellos. La línea de interés público del FDI está orientada en esta dirección al financiar 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, como por ejemplo, los 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 del Fondef, promueven la generación de asociaciones formales o informales entre instituciones que desarrollan tecnología —universidades e institutos tecnológicos— y las empresas del sector privado.

APÉNDICE 3

Mecanismos de Evaluación de Programas de Fomento Científico y Tecnológico

Cabe señalar que el instrumental para evaluar el impacto de cada uno de estos tipos de política de apoyo a la actividad científico-tecnológica e innovadora es relativamente complejo y de allí que existan en la literatura muy pocos casos en que se hayan expuesto las metodologías utilizadas.¹ No obstante lo anterior, en general la mayor parte de los análisis de impacto de programas de apoyo a este tipo de actividades descansa en la realización de evaluaciones de proyectos ex post de modo de cuantificar los impactos directos como externalidades por ellos generados. Como demuestra el caso presentado en Universidad de Chile (2004a), normalmente los beneficios de un conjunto reducido de proyectos exitosos alcanza para costear todo el

programa.² En otro tipo de evaluaciones se estudian las acciones al interior de las instituciones o firmas beneficiadas y se comparan con un grupo de control conformado por unidades similares a aquellas que han participado del apoyo, pero que no lo han recibido a la hora de la evaluación. Mediante técnicas econométricas se aísla el efecto del programa no solo en estas acciones intermedias sino también en ciertas variables de resultado que son de interés, dependiendo del objetivo del fondo analizado.³

¹ Ver notas al pie de página números 29 y 31. Una revisión crítica de evaluaciones de programas de subsidios al gasto comercial en I+D se puede ver en Klette et al. (1999).

² Suponiendo que todos los demás proyectos no generan beneficio alguno, supuesto bastante exigente. Por ejemplo, en el caso del FDI, el VAN de 15 proyectos exitosos alcanza un valor cercano al total de recursos destinados a proyectos de interés público, 157 de ellos entre 1996 y 2002 (Universidad de Chile 2004a).

³ Una descripción de la metodología de evaluación de algunos de estos programas se puede encontrar en Benavente y Crespi (2001) y en Dipres (2002).