

Banco Central de Chile
Documentos de Trabajo

Central Bank of Chile
Working Papers

N° 295

Diciembre 2004

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN CHILE DÓNDE ESTAMOS Y QUÉ SE PUEDE HACER

José Miguel Benavente H.

La serie de Documentos de Trabajo en versión PDF puede obtenerse gratis en la dirección electrónica: <http://www.bcentral.cl/esp/estpub/estudios/dtbc>. Existe la posibilidad de solicitar una copia impresa con un costo de \$500 si es dentro de Chile y US\$12 si es para fuera de Chile. Las solicitudes se pueden hacer por fax: (56-2) 6702231 o a través de correo electrónico: bcch@bcentral.cl.

Working Papers in PDF format can be downloaded free of charge from: <http://www.bcentral.cl/eng/stdpub/studies/workingpaper>. Printed versions can be ordered individually for US\$12 per copy (for orders inside Chile the charge is Ch\$500.) Orders can be placed by fax: (56-2) 6702231 or e-mail: bcch@bcentral.cl.



BANCO CENTRAL DE CHILE

CENTRAL BANK OF CHILE

La serie Documentos de Trabajo es una publicación del Banco Central de Chile que divulga los trabajos de investigación económica realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros. El objetivo de la serie es aportar al debate temas relevantes y presentar nuevos enfoques en el análisis de los mismos. La difusión de los Documentos de Trabajo sólo intenta facilitar el intercambio de ideas y dar a conocer investigaciones, con carácter preliminar, para su discusión y comentarios.

La publicación de los Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros del Consejo del Banco Central de Chile. Tanto el contenido de los Documentos de Trabajo como también los análisis y conclusiones que de ellos se deriven, son de exclusiva responsabilidad de su o sus autores y no reflejan necesariamente la opinión del Banco Central de Chile o de sus Consejeros.

The Working Papers series of the Central Bank of Chile disseminates economic research conducted by Central Bank staff or third parties under the sponsorship of the Bank. The purpose of the series is to contribute to the discussion of relevant issues and develop new analytical or empirical approaches in their analyses. The only aim of the Working Papers is to disseminate preliminary research for its discussion and comments.

Publication of Working Papers is not subject to previous approval by the members of the Board of the Central Bank. The views and conclusions presented in the papers are exclusively those of the author(s) and do not necessarily reflect the position of the Central Bank of Chile or of the Board members.

Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile
Working Papers of the Central Bank of Chile
Agustinas 1180
Teléfono: (56-2) 6702475; Fax: (56-2) 6702231

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN CHILE DÓNDE ESTAMOS Y QUÉ SE PUEDE HACER

José Miguel Benavente H.
Universidad de Chile

Resumen

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo orientado a caracterizar la situación de Chile en los aspectos científico-tecnológicos desde un prisma económico. Del análisis realizado se desprende que, considerando el nivel de desarrollo que presenta nuestro país, se observan graves deficiencias en materias relacionadas con nuestro Sistema Innovador Nacional. En particular, Chile tiene un muy bajo nivel de gasto en I+D como porcentaje del PIB, pocos científicos y profesionales dedicados a tareas de investigación, así como una baja participación del sector privado tanto en la realización como en el financiamiento de las mismas. Este último aspecto es de particular interés, toda vez que la evidencia internacional muestra que países que han logrado importantes avances en sus niveles de desarrollo están aparejados con una activa participación del sector privado en las actividades científico-tecnológicas. En este trabajo se discuten algunos mecanismos económicos que fomentan dicha participación. En el texto se discute el rol fundamental que cumple el Estado en la promoción activa de la ciencia y la tecnología, tanto en organismos educacionales como en el sector privado. No obstante lo anterior, 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 que lo hagan en forma eficiente. Se propone que la causa de lo anterior es fundamentalmente la falta 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 este tipo de actividades.

Abstract

The aim of this paper is to characterize the current Chilean scientific and technological status from an economic point of view. Given its present level of economic development, major weaknesses are observed in the National System of Innovation. Among them, scarce resources devoted to R&D expressed as a proportion of GDP, low participation of professionals and scientific workforce in research activities and negligible private involvement in financing these activities. We discuss the fundamental role of the public sector in the active promotion of these activities, especially at universities and private firms. In particular, we explore different economic policies aimed at enhancing the participation of the private sector in R&D activities. Revising the Chilean situation, we suggest that although many current programs aimed at supporting research activities are solving most of the typical market failures associated with R&D and innovation, we diagnose that there is a lack of coordination between all existing initiatives. There is a systemic failure. Based on international experience, we suggest that by designing an explicit technology policy at the national level this failure could be solved. A technology board that gives directions, priorities, rules and performs periodic evaluations, may increase the economic efficiency of public resources devoted to these fundamental activities.

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. Este artículo fue realizado en el marco del proyecto "Crecimiento de Largo Plazo de la Economía Chilena" elaborado por la División de Estudios del Banco Central de Chile.

E-mail: jbenaven@decon.facea.uchile.cl.

1. Introducción

La moderna teoría del crecimiento enfatiza el rol que tiene la acumulación de conocimiento como determinante del crecimiento económico¹. 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 mismos², aspectos relacionados ineludiblemente al progreso tecnológico. La reciente evidencia empírica confirma que uno de los principales determinantes del crecimiento económico es la innovación tecnológica³, la que rendiría altos retornos sociales, gracias a las externalidades asociadas a su generación y uso⁴.

Dada la reciente —y creciente— importancia que se ha atribuido a la innovación tecnológica, el principal objetivo de este capítulo 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.

2. Innovación tecnológica, ¿qué es y cuál 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. En efecto, los resultados del proceso innovador son productos y procesos productivos tecnológicamente nuevos, los que son sancionados por el mercado⁵. Cabe señalar que por novedoso se entiende un aspecto relativo, pues si bien una

¹ Aghion y Howitt (1992)

² Easterly y Levine (2002), Hall y Jones (1999), Dollar y Wolf (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 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

innovación puede ser nueva para una firma en particular, es posible que haya estado en el mercado con anterioridad. Lo fundamental radica, en consecuencia, en el incremento de conocimiento que genera en una unidad productiva la incorporación de productos y procesos inexistentes hasta entonces. Obviamente, las innovaciones radicales o fundamentales están asociadas a productos o procesos tecnológicos que no han sido desarrollados en ningún lugar con anterioridad, los que generalmente están asociados con patentes u otro tipo de mecanismo que salvaguarde la propiedad intelectual de lo desarrollado.

El proceso innovador se nutre de un amplio conjunto de insumos, los que se podrían agrupar en cuatro grandes categorías: capital financiero, capital humano, ideas e infraestructura física. Esta agrupación es la que justifica las variadas formas de caracterizar el esfuerzo innovador en una unidad de análisis, tales como un país, una región o una firma. El indicador mas conocido para caracterizar este tipo de actividades es el gasto en Investigación y Desarrollo, el cual está asociado principalmente con los recursos monetarios necesarios para financiar mano de obra calificada y la infraestructura necesaria para el desarrollo de las actividades de investigación científica y tecnológica.

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

Con respecto al impacto que tiene la innovación tecnológica sobre el crecimiento económico, la evidencia es sorprendentemente pobre. Los escasos trabajos que analizan este fenómeno consideran principalmente el gasto nacional en Investigación y Desarrollo

tecnológico. Para una mejor definición de estos conceptos, ver Benavente y Crespi (1996) basado en el *Manual de Oslo* de la OCDE.

(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 dicho impacto tiene un rezago temporal significativo. Por ejemplo, entre los escasos estudios existentes, destaca el de Rouvinen (2002) que, utilizando información para 15 países de la OCDE, encuentra que el gasto en I+D demora en promedio cuatro años en afectar al crecimiento (medido como la productividad total de factores), con una elasticidad cercana a 5%⁶.

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.

Desafortunadamente, no existe en la actualidad un estudio que muestre el impacto que tiene la I+D en el crecimiento que considere un conjunto amplio de países, incluido Chile. 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 Saenz (2002). El siguiente gráfico muestra la relación entre ambas variables medida en promedios para la década de los noventa⁷.

(Gráfico 1, insertar aquí)

Existe una relación positiva entre ambas variables cuando son consideradas en promedio por períodos largos⁸. Por su parte, a la luz de la tendencia mundial, si bien Chile presenta

⁶ 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.

⁷ La relación observada es similar si se consideran períodos mas largos. Desafortunadamente, pocos países presentan estadísticas confiables de gasto en I+D anteriores a 1980, especialmente los menos desarrollados.

⁸ Un simple análisis de correlación arroja un valor estadísticamente significativo y cercano a 0,59.

una situación promedio, pequeños aumentos de su esfuerzo innovador, medido aquí por los gastos en I+D, traerían importantes incrementos en su tasa de crecimiento⁹ (gráfico 1).

No obstante lo anterior, este es solo uno de los aspectos relacionados con el esfuerzo tecnológico de un país. En la siguiente sección abordaremos el problema de la innovación, desde una visión mas completa.

3. 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 de la I+D no aseguran necesariamente mejoras directas de productos y procesos. Adicional a esta última variable, normalmente se considera el número de patentes otorgadas, publicaciones en revistas internacionales, 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 se logran desarrollar posteriormente productos y procesos novedosos que aseguran la sustentabilidad económica de la 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 por tanto 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, y como una primera aproximación al fenómeno innovador, en el siguiente gráfico se presentan los principales indicadores relacionados con el quehacer

⁹ En particular, un incremento del 10% en el nivel promedio de los últimos años (0,56% del PIB) generarían un aumento de un 1,8% en la PTF.

científico y tecnológico de Chile durante el año 2000 y se les compara con el promedio observado para un conjunto de 100 países por un período similar¹⁰.

(Gráfico 2, insertar aquí)

Claramente, hay un sinnúmero de áreas donde Chile presenta deficiencias relativas notables (gráfico 2). Si se agrupan las variables en términos de insumos y resultados, con respecto a los primeros nuestro país presenta un gran déficit de investigadores en áreas de I+D y a la vez 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 manufacturados de alta tecnología son casi inexistentes en Chile, como lo es también el pago que realizan extranjeros por 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 del 5%, que la vinculación entre el sector universitario y el privado 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 relativamente bajo¹¹, 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 las externalidades, economías de escala y de ámbito que tienen aparejadas estas actividades. No obstante lo anterior, este análisis solo da cuenta del esfuerzo nacional en actividades

¹⁰ La explicación detallada de las variables incluidas y las fuentes de información utilizadas se pueden encontrar en Banco Mundial (2004).

¹¹ Cifras adicionales sobre el esfuerzo innovador nacional se pueden ver en Benavente (2004b) y en Tokman y Zahler (2004).

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 INE¹². 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 también si estas han tenido algún impacto sobre la dinámica productiva de las mismas.

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

(Cuadro 1, insertar aquí)

Los resultados expandidos para toda la industria manufacturera muestran que durante el año 1998 todos los indicadores de innovación tuvieron un retroceso con respecto a 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. Estos resultados podrían reflejar la sensibilidad que tienen estos indicadores al ciclo económico, particularmente el relacionado con la probabilidad de participar en este tipo de actividades.

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 que 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 para este tipo de actividades. Por otra parte, los resultados sugieren que para las empresas innovadoras las principales fuentes de ideas son más bien grupos y personas al interior de las mismas, más que actividades rutinarias orientadas a crear nuevos productos, y que la búsqueda de ideas en el entorno de la firma, como universidades, consultores y la competencia son cada vez menos importantes. Esto último es de particular preocupación, pues denota que la actividad de colaboración entre muchas 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 han realizado este tipo de encuestas en forma sistemática¹³. No obstante lo anterior, estos datos permiten extraer información útil para caracterizar el fenómeno innovador a nivel de las firmas en Chile.

De esta manera, 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. Por su parte, los resultados muestran que la presión competitiva no estaría estrechamente relacionada con los esfuerzos de investigación de las firmas, y que aquellas que realizan I+D utilizan cada vez menos el

¹² La información recolectada corresponde a los años 1994 y 1995; 1997 y 1998; 2000 y 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).

¹³ En una edición especial de la revista *Economics of Innovation and New Technology*, por aparecer, se presentan resultados comparativos para un grupo seleccionado de países en las variables anteriormente presentadas.

medio de competencia que los rodea y cada vez más las instituciones, principalmente privadas, vinculadas con el quehacer innovador como fuente de ideas en sus actividades de investigación.

(Cuadro 2, insertar aquí)

Ahora bien, y con respecto al resultado del esfuerzo innovador de las empresas, los datos presentados en Benavente (2004a) 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. A su vez, los resultados 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. Este 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.

(Cuadro 3, insertar aquí)

Uno de los aspectos centrales de todo esfuerzo innovador en una empresa es si este le reporta cambios significativos en su productividad. En este sentido, mediante la estimación de una función de producción estándar, 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 exitosa¹⁴.

(Cuadro 4, insertar aquí)

Finalmente, como se revisa en la siguiente sección, la existencia de un amplio espectro de fallas en este mercado justificaría la participación pública, no solo como generadora de

nuevas ideas con potencial uso comercial, sino como mecanismo de financiamiento complementario. Los resultados alcanzados en el 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 aquellas firmas 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 algún efecto sustitución entre fondos privados y públicos¹⁵.

4. Políticas públicas para fomentar la innovación tecnológica

4.1 ¿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 de bien público. Así, sus condiciones de indivisibilidad y parcial exclusión estarían detrás de por qué las firmas en forma privada subinvierten 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 los tipos de externalidades que existan, entre ellos, aquellas 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.

Estos argumentos se aducen comúnmente para justificar tanto el apoyo a la generación de conocimiento por parte del Estado como el apoyo 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 de un proceso innovador en forma lineal en que el resultado de una etapa como la investigación básica sirve de insumo a la etapa siguiente —

¹⁴ Ver Benavente y Núñez (2004), para la discusión de este aspecto y su contraste a nivel sectorial para Chile.

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 causalidad¹⁶.

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 agentes involucrados en el quehacer científico y tecnológico de un país. 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.

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 aquellas relacionadas con el financiamiento¹⁷.

Por una parte están los *matching grants*, donde el Estado cofinancia la inversión en actividades de I+D con alto impacto social¹⁸. Adicionalmente están los *consorcios* de I+D

¹⁵ En particular, mediante un ejercicio de diferencias en diferencias, Benavente (2002) muestra que el financiamiento público genera un apalancamiento privado cercano a 30%.

¹⁶ Por ejemplo, actualmente no existe una clara distinción entre los roles de las universidades y las empresas en esta materia. O bien, la racionalidad que se debe aplicar a las grandes empresas, que pueden movilizar grandes recursos y explotar las oportunidades que se les ofrecen a través de redes y mercados foráneos, no son similares para pequeñas firmas innovadoras, particularmente aquellas que recién parten. Los mecanismos de capital de riesgo y capital semilla son herramientas útiles para estas últimas, aunque no necesariamente para las primeras.

¹⁷ Existen otras asociadas al aseguramiento de 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. Para una revisión de este tipo de fallas no financieras, ver Martin y Scott (2000).

¹⁸ 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 por lo menos un 50% de los costos del proyecto por, al

con financiamiento del Gobierno, donde se permite compartir los costos y beneficios derivados de I+D entre firmas y Estado¹⁹. También existen los *programas de exención tributaria*, que autorizan a las firmas a decidir libremente acerca de los proyectos de investigación y desarrollo que desean financiar²⁰. 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 PYMEs, empresas que por lo general enfrentan más restricciones para efectuar actividades innovadoras y que en la fase inicial poseen poca experiencia en materia tecnológica²¹.

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

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.

¹⁹ Al unir fuerzas, las firmas internalizan las externalidades derivadas de la existencia de chorreo en la actividad de I+D, y también se reducen los costos de transacción. Aun así, se postula que en ciertas situaciones este tipo de instrumento puede tener algunas desventajas, tales como desincentivar el gasto en I+D. Esto sucedería 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 de los costos marginales de producción, los beneficios pueden verse mermados y constituir un desincentivo para efectuar 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.

²⁰ 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 ingresos afecto a impuestos y, aun 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 la I+D adicional realizada por la firma y un esquema de volumen basado en la I+D total que realiza 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 sería más conveniente entregar financiamiento directo vía subsidios (Benavente, 2003).

²¹ En este aspecto, Teubal (1996) 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,

promoción de la actividad tecnológica²², mientras otros pocos discuten si políticas como la exención tributaria son eficientes para promover el gasto en I+D en la empresa privada²³. Desafortunadamente, 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 el portafolio de políticas de apoyo en que algunos países han privilegiado algunas medidas por sobre otras (cuadro 5).

(Cuadro 5, insertar aquí)

Estos resultados sugieren que no existe una receta óptima en cuanto al portafolio de políticas a implementar. Lo importante, según OCDE (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 que considere el aprendizaje institucional que ello conlleva²⁴.

4.2 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 tecnológica²⁵. 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 de dólares que gasta el sector privado en este tipo de actividades²⁶, se obtiene que el monto total de recursos tanto públicos como privados

el principal objetivo de la política de innovación en la fase inicial de implementación de políticas de tecnología horizontal.”

²² Branstetter y Sakakibara (1998), Irwin y Klenow (1996) y Wallsten (2000)

²³ Griffith (2000) y Hall y Van Reenen (2000).

²⁴ Por ejemplo, una vez que una firma ha logrado un desempeño notable en la actividad innovadora y ha acumulado conocimientos sustanciales, esta podría ser 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.

²⁵ En el Anexo se presenta una desagregación de estas 31 partidas presupuestarias.

²⁶ Ver Universidad de Chile (2004c)

invertidos en actividades de investigación y desarrollo alcanza un valor levemente superior a los 500 millones de dólares, aproximadamente un 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, las que están 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 dependen de diferentes ministerios, tales como el de Agricultura (FIA), de Economía, a través de CORFO (FONTEC, FDI) y de Educación, a través de CONICYT (FONDEF, FONDECYT)²⁷.

²⁷ 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.

Recuadro 1: 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 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 netamente académicos, 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 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.

Paralelamente existen programas aislados como el Millenium, 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, donde evaluaciones de impacto realizadas muestran que dichos programas no son solo rentables, sino que también atacan de manera eficaz la o las fallas de mercado que justifican su existencia²⁸. 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 el caso de 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 solucionar²⁹. Esta duplicidad de esfuerzos

²⁸ Ver Universidad de Chile (2004a), Universidad de Chile (2004b) y Crespi y Muñoz (1998).

²⁹ A los ya mencionados casos de FDI y FONDEF se podrían agregar los de la iniciativa Millenium 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

podría deberse a la falta de publicidad³⁰, a la presencia de intereses corporativos³¹ o, como se sugiere en seguida, a la falta de una estrategia o plan global.

(Diagrama 1, insertar aquí)

Recuadro 2: Mecanismos de Evaluación de Programas de Fomento Científico 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 compleja y de allí que existan en la literatura muy pocos casos en que se hayan expuesto las metodologías utilizadas³². No obstante lo anterior, en general la mayor parte de los análisis de impacto de programas de apoyo a este tipo de actividades descansa, por una parte en la realización de evaluaciones de proyectos ex post de modo de cuantificar los impactos directos como externalidades por ellos generados. Como lo demuestra el caso presentado en Universidad de Chile (2004a) normalmente los beneficios de un conjunto reducido de proyectos exitosos alcanza para costear todo el programa³³. En otro tipo de evaluaciones se estudian las acciones al interior de las instituciones o firma beneficiadas y se comparan con un grupo de control conformado por unidades similares a aquellas que participó del apoyo pero que no lo reciben o no han recibido a la hora de la evaluación. Mediante técnicas econométricas se aísla el efecto del programa no solo en estas acciones intermedias sino que también en ciertas variables de resultado que sean de interés dependiendo del objetivo del fondo analizado³⁴.

4.3 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 existencia³⁵. Si bien la pregunta acerca de la escala mínima que deberían tener

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 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 Millenium es una réplica casi exacta de los objetivos que persigue el FONDECYT.

³⁰ Ver Invertec-IGT (1999).

³¹ Ver Rivas (2004).

³² Ver notas al pie 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).

³³ 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).

³⁴ Una descripción acerca de la metodología de evaluación de algunos de estos programas se puede encontrar en Benavente y Crespi (2001) y en Dipres (2002).

³⁵ Obviamente, un gran avance en esta área sería la implementación de evaluaciones mas periódicas de estos programas y fondos.

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 falta de una articulación entre todos los componentes —públicos y privados— que participan directa e indirectamente en la promoción y ejecución de la innovación³⁶. 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, y 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 el caso de 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 disponibles³⁷. De esta forma, 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 logran 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 este tipo de actividades. Las cifras muestran, a

³⁶ Estas apreciaciones son coincidentes por las elaboradas en Rivas (2004) y World Bank Institute (2004).

grandes rasgos, que el sector privado aporta con algo menos de un tercio del gasto total en I+D a nivel nacional, contrariamente a lo observado en otros países avanzados, donde esta fracción supera los dos tercios³⁸. Esta baja participación puede ser el reflejo de la escasa vinculación con instituciones de investigación, de la falta de instrumentos pertinentes de medición de dicho esfuerzo³⁹ o, lisa y llanamente, de la falta de interés por participar en actividades de este tipo⁴⁰.

Estas deficiencias podrían ser el resultado de 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 generación de planes y políticas explícitas referentes a estos temas con horizontes delimitados⁴¹.

El diseño de la institucionalidad pública de apoyo a las actividades científicas y tecnológicas es una parte integrante de estos planes, la que es complementada con las directrices generales acerca de los temas que tendrán particular dedicación en la investigación científica a nivel universitario. Por otra parte, estos planes reconocen la incertidumbre acerca de los resultados de los esfuerzos, aunque 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 la mejor forma de hacerlo, y ello dependerá de la falla de mercado que se quiera solucionar. La promoción de consorcios tecnológicos aparece como una solución eficiente

³⁷ Cabe mencionar que las becas nacionales son otorgadas por CONICYT, mientras aquellas para estudiar en el extranjero, por MIDEPLAN.

³⁸ Estas cifras se refieren al financiamiento de dichas actividades. Estos valores son aun más bajos cuando se analiza quienes realizan I+D.

³⁹ Solo en el año 2004 se implementó el primer censo nacional sobre el gasto privado en I+D en Chile. Los datos muestran que participan activamente alrededor de 700 firmas, y que los desembolsos realizados son cercanos a los 120 millones de dólares (Universidad de Chile, 2004c).

⁴⁰ Lederman y Maloney (2004) entregan abundante evidencia de que países exportadores de bienes intensivos en recursos naturales gasta incluso mas en I+D per cápita que el resto de los países. Naturalmente mucho de ese esfuerzo es orientado a innovaciones de proceso mas que de productos.

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 estar enmarcada dentro de un plan nacional que otorgue una articulación efectiva a las instituciones participantes, al amparo de una política tecnológica nacional que entregue prioridades, objetivos y metas orientadas a mejorar la eficacia, eficiencia y pertinencia del esfuerzo nacional en I+D.⁴²

5. Conclusiones

Si bien la teoría económica reciente ha incorporado el cambio tecnológico como un factor adicional en la explicación de 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 Innovador Nacional. En particular, los resultados muestran que tenemos un muy bajo nivel relativo de gasto en I+D como porcentaje del producto, pocos científicos y profesionales dedicados a tareas de investigación, y también una baja participación del sector privado en su financiamiento.

Por su parte, el análisis de tres encuestas de innovación tecnológica en la industria manufacturera muestra que el gasto en I+D por trabajador ha aumentado en este sector, a

⁴¹ 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).

costa de una reducción del número de firmas involucradas, particularmente aquellas 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 bajo.

Este último resultado podría explicar, en parte, el bajo interés que manifiesta el sector privado en este campo, el que, según la evidencia internacional, presenta períodos de maduración más largos que 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.

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.

⁴² Una propuesta al respecto, para el caso chileno, se presenta en Benavente (2004b)

6. 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 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". Manuscrito. Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- Benavente, J.M. (2004a). "Investigación y Desarrollo, Innovación y Productividad: Un Análisis Económico a Nivel de la Firma". Manuscrito, 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". Manuscrito. Departamento de Economía, Universidad de Chile.
- Branstetter L. y M. Sakakibara (1998). "Japanese Research Consortia: a Microeconomic Analysis of Industrial Policy". *Journal of Industrial Economics*, XLVI(2): 207-33.
- 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". Manuscrito.
- Dipres (2002) "Metodología Evaluación de Impacto". http://www.dipres.cl/control_gestion/evaluacion_impacto/ANEXO_METOD_PROFUNDI_DAD2.html
- Dollar, D. y E. Wolf (1997). "Convergence of Industry Labor Productivity Among Advanced Economies, 1963-1982". En *The Economics of Productivity*2, editado por E.N. Wolff: 39-48.

- 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, noviembre.
- Griffith, R. (2000). "How Important is Business R&D for Economic Growth and Should the Government Subsidise It?" Institute for Fiscal Studies. Londres.
- 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.
- 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.
- 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 .
- 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. Saenz (2003) "Innovation around the World: A Cross-country Data Base of Innovation Indicators". Manuscrito. Oficina del Economista Jefe para América Latina. Banco Mundial., Washington, DC.
- Lederman D. y W. Maloney (2004) "Innovación en Chile: ¿Dónde estamos?". En *Foco 18. Expansiva*, Santiago.
- 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 de Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-07”. Gobierno de España.
- OCDE (1996). *The Knowledge-based Economy* OECD/GD (96).
- OCDE (1999). *The Knowledge-based Economy: A Set of Facts and Figures*. OCDE: París.
- Rivas, G. (2004). “Innovación Tecnológica en Chile: Políticas para Fortalecerla”. Manuscrito.
- Teubal, M. (1996). “R&D and Technology Policy in NICs as Learning Process”. *World Development* 24 (3). 449-60.
- 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 del Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI)”. Borrador Informe Final. Dirección de Presupuestos, Ministerio de Hacienda.
- Universidad de Chile (2004b). “Evaluación de Impacto del Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo (FONTEC)”. Borrador 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”. Manuscrito.

RECURSOS CIENCIA Y TECNOLOGÍA LEY DE PRESUPUESTOS 2004

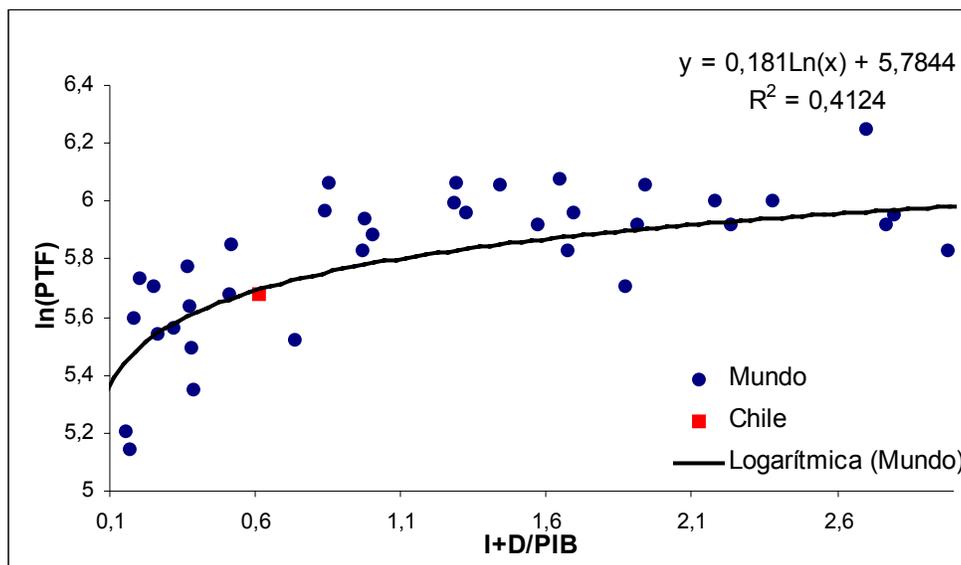
(por ministerio)

				Número	Año
	MMS\$	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 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 innovación tecnológica Bio-Bio	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		?
* 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 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				

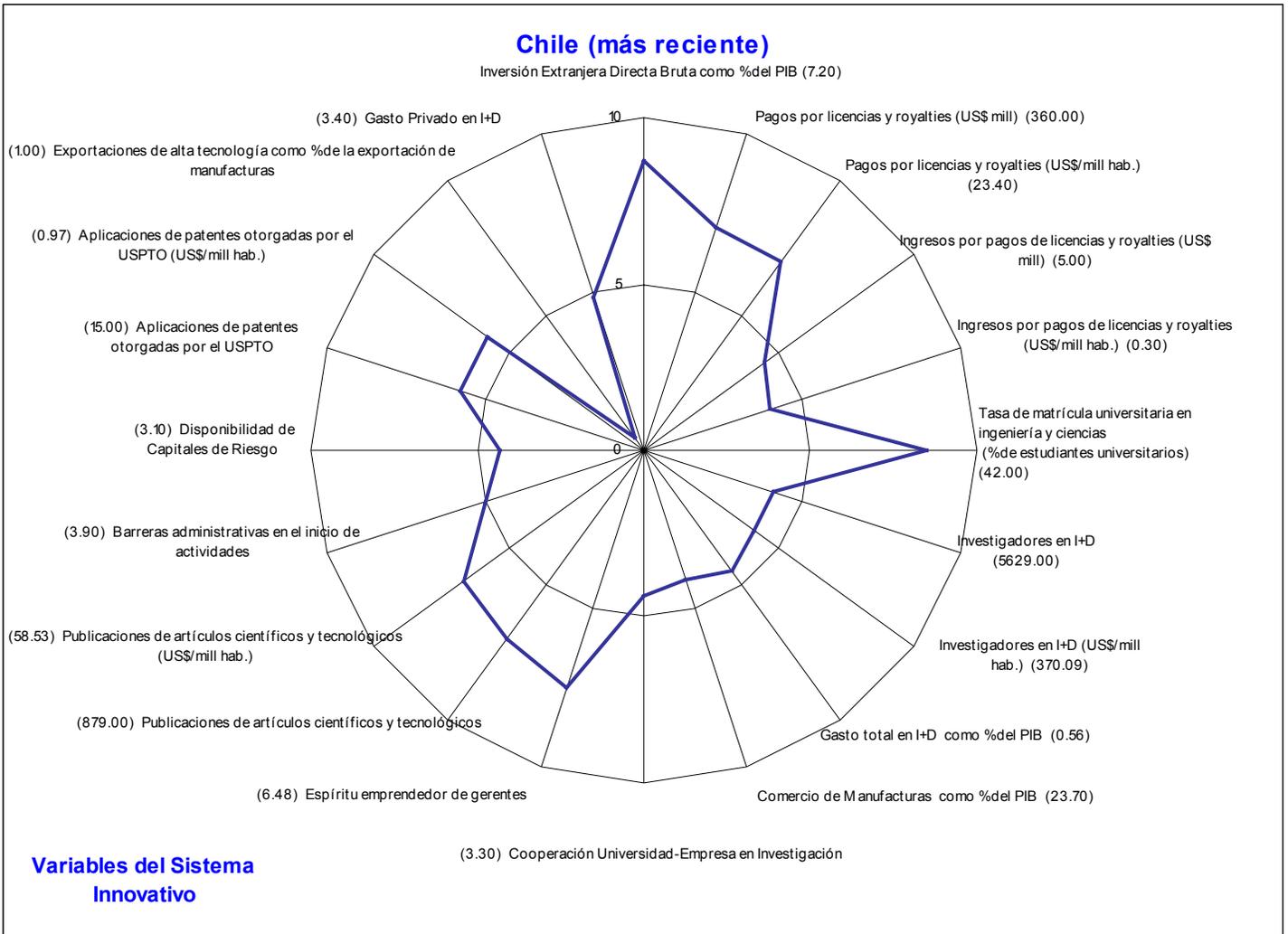
Fuente: Crispi (2004) en base al Presupuesto Nacional 2004. Con la excepción del CChEN, SHOA, IGM y el IACH, todos las instituciones, programas y fondos son financiados íntegramente con aporte fiscal.

Gráfico 1. Relación entre Productividad Total de Factores y Gasto en I+D
(período 1985-2000)



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

Gráfico 2. Indicadores Científico-tecnológicos. Chile, 2000.



Fuente: Banco Mundial (2004)

Cuadro 1. 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).

Cuadro 2. Resultados modelo Probit. Determinantes de observar gasto en I+D a nivel de la 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	4492	3840	3487
Pseudo R2	0,64	0,72	0,42

Todas las regresiones incluyen *dummies* sectoriales

Errores estándar entre paréntesis

* significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%

Fuente: Benavente (2004a)

Cuadro 3. Resultados modelo Probit. Determinantes de observar Innovaciones de Proceso a nivel de la firma. Varios años.

	Innovación Proceso		
	1995	1998	2001
Gasto I+D	0,001 (0.001)***	0,002 (0.001)***	0,001 (0.001)***
Empleo inicial	0,003 (0.000)***	0,002 (0.000)***	0,001 (0.000)***
Exportaciones inicial	1,27E-05 (0.001)	-1,09E-05 (0.000)***	1,11E-05 (0.000)
Inv. maquinaria inicial	-5,48E-05 (0.001)	-2,70E-06 (0.001)	4,50E-05 (0.001)
Licencias inicial	0,001 (0.001)*	0,001 (0.001)	0,001 (0.001)*
Propiedad extranjera	-0,964 (0.223)***	0,566 (0.256)**	0,986 (0.184)***
Aprendizaje interno	2,026 (0.125)***	0,979 (0.184)***	1,218 (0.083)***
Instituciones públicas	7,346 (0.207)***	8,163 (0.163)***	-0,431 (0.266)**
Consultoras	6,348 (0.158)***	1,033 (0.427)**	0,951 (0.271)***
Clientes	1,468 (0.301)***	0,583 (0.266)**	1,148 (0.116)***
Asociativo	-0,389 (0.393)	8,293 (0.301)***	7,022 (0.174)***
Copia	2,067 (0.324)***	1,887 (0.314)***	1,087 (0.253)***
Constante	-0,611 (0.046)***	-0,572 (0.156)***	-0,489 (0.058)***
Observaciones	4492	3840	3487
R2	0,53	0,69	0,36

Todas las regresiones incluyen *dummies* sectoriales

Errores estándar entre paréntesis

* significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%

Fuente: Benavente (2004a)

Cuadro 4. Resultados OLS. Determinantes de la Productividad de la Mano de Obra.

Varios años.

	Productividad					
	1995	1995	1998	1998	2001	2001
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 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	4388	4388	2425	2425	3337	3337
R2	0,68	0,68	0,64	0,63	0,39	0,39

Todas las regresiones incluyen *dummies* sectoriales

Errores Estándar entre paréntesis

* significativo al 10%; ** significativo al 5%; *** significativo al 1%

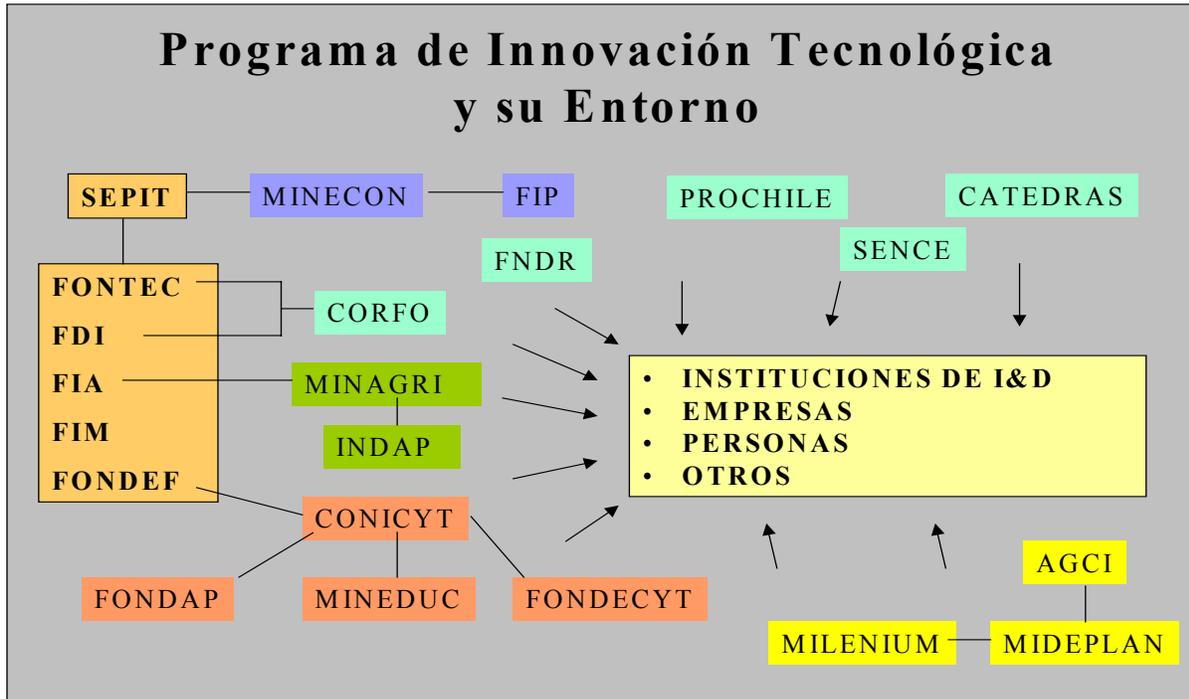
Fuente: Benavente (2004a)

Cuadro 5. Instrumentos de política de Gobierno utilizadas para apoyar la I+D 1985-1996

	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)

Diagrama 1.



Fuente: Invertec-IGT (1999).

**Documentos de Trabajo
Banco Central de Chile**

**Working Papers
Central Bank of Chile**

NÚMEROS ANTERIORES

PAST ISSUES

La serie de Documentos de Trabajo en versión PDF puede obtenerse gratis en la dirección electrónica: www.bcentral.cl/esp/estpub/estudios/dtbc. Existe la posibilidad de solicitar una copia impresa con un costo de \$500 si es dentro de Chile y US\$12 si es para fuera de Chile. Las solicitudes se pueden hacer por fax: (56-2) 6702231 o a través de correo electrónico: bcch@bcentral.cl.

Working Papers in PDF format can be downloaded free of charge from: www.bcentral.cl/eng/stdpub/studies/workingpaper. Printed versions can be ordered individually for US\$12 per copy (for orders inside Chile the charge is Ch\$500.) Orders can be placed by fax: (56-2) 6702231 or e-mail: bcch@bcentral.cl.

DTBC-294 Trade Openness and Real Exchange Rate Volatility: Panel Data Evidence César Calderón	Diciembre 2004
DTBC-293 Money as an Inflation Indicator in Chile – Does P* Still Work? Tobias Broer y Rodrigo Caputo	Diciembre 2004
DTBC-292 External Conditions and Growth Performance César Calderón, Norman Loayza, y Klaus Schmidt-Hebbel	Diciembre 2004
DTBC-291 Sistema Financiero y Crecimiento Económico en Chile Leonardo Hernández y Fernando Parro	Diciembre 2004
DTBC-290 Endogenous Financial Constraints: Persistence and Interest Rate Fluctuations Juan Pablo Medina	Diciembre 2004
DTBC-289 Educación y Crecimiento en Chile Andrea Tokman	Diciembre 2004
DTBC-288 Patrones de Especialización y Crecimiento Sectorial en Chile Roberto Álvarez y Rodrigo Fuentes	Diciembre 2004

DTBC-287	Diciembre 2004
Fuentes del Crecimiento y Comportamiento de la Productividad Total de Factores en Chile	
Rodrigo Fuentes, Mauricio Larrain, y Klaus Schmidt-Hebbel	
DTBC-286	Diciembre 2004
Optimal Monetary Policy in s Small Open Economy Under Segmented Asset Markets and Sticky Prices	
Ruy Lama y Juan Pablo Medina	
DTBC-285	Diciembre 2004
Institutions and Cyclical Properties of Macroeconomic Policies	
César Calderón y Roberto Duncan, y Klaus Schmidt-Hebbel	
DTBC-284	Diciembre 2004
Preferential Trading Arrangements, Trade, and Growth	
Arvind Panagariya	
DTBC-283	Diciembre 2004
Regional Integration and North-South Technology Diffusion: The Case of NAFTA	
Maurice Schiff y Yanling Wang	
DTBC-282	Diciembre 2004
Customs Unions and Foreign Investment: Theory and Evidence from Mercosur's Auto Industry	
Çaglar Özden y Francisco J. Parodi	
DTBC-281	Diciembre 2004
The FTAA and the Location of FDI	
Eduardo Levy Yeyati, Ernesto Stein y Christian Daude	
DTBC-280	Diciembre 2004
U.S. Trade Preferences: All are not Created Equal	
Daniel Lederman y Çaglar Özden	
DTBC-279	Diciembre 2004
Reciprocity in Free Trade Agreements	
Caroline Freund	
DTBC-278	Diciembre 2004
Growth Effects of Regional Integration Agreements	
Matías Berthelon	