

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD: UN ANÁLISIS ECONÓMÉTRICO A NIVEL DE LA FIRMA

JOSÉ MIGUEL BENAVENTE H.

Abstract

Este estudio continúa la línea de investigación acerca de los determinantes de las actividades de Investigación y Desarrollo y su impacto sobre la innovación tecnológica y la productividad de las plantas manufactureras en Chile (Benavente y Crespi, 1996 y Benavente 2002). Los resultados muestran que el gasto privado en I+D presenta una persistencia importante en el tiempo y donde el tamaño de la planta productiva es un buen predictor del monto gastado en este tipo de actividades. Por su parte, el éxito de las innovaciones tecnológicas introducidas durante la segunda mitad de los noventa está fuertemente determinada por los esfuerzos en I+D, el tamaño de la planta así como de la capacidad de observación tanto interna como externa de fuentes de ideas novedosas. Finalmente, la productividad de las plantas en el mediano plazo es positivamente afectada por mejoras tecnológicas importantes y, en forma particular, si ha existido algún grado de apoyo público en su financiamiento. En efecto, los resultados alcanzados muestran que por cada dólar recibido de apoyo público la productividad de las firmas beneficiarias ha mejorado, en promedio, el equivalente a cinco dólares.

Resumen

We expand the research line about how Research and Development affects innovation and productivity at a plant level in Chile (Benavente & Crespi, 1996, and Benavente, 2002). We find that R&D expenditures are highly persistent in time where firm size accurately predicts the amount of resources invested in these activities. On the other hand, commercial success of new innovations are highly dependent on R&D expenditures, plant size and the continuous observation of new and innovative ideas generated both inside and outside the plant. Finally, mid run plant's productivity is positively affected by technological innovations introduced in the past and most important, if the plant received some public support for its financing. Results show that for each subsidized dollar, productivity rises, on average, equivalent to five dollars in value.

1. INTRODUCCIÓN

En este estudio se siguen los trabajos previos de Benavente y Crespi (1996) y Benavente (2002) donde se propone una aproximación empírica alternativa al problema de evaluar, tanto el impacto de la investigación sobre la innovación como los impactos de estas dos sobre la productividad. Sobre la base de estudios previos,¹ se especifica un modelo que busca resumir el proceso que va desde la decisión de la firma de comprometerse en actividades de investigación hasta el uso de estas innovaciones en sus actividades de producción. En la especificación, se usan los datos de las tres encuestas chilenas de innovación tecnológica disponibles y en la estimación se trata de corregir por problemas de censura, sesgo de selección y la naturaleza dicotómica de muchas de las variables dependientes, que afectan a la mayoría de los estudios empíricos de patentes e investigación y desarrollo (I+D).² Como algunas de las variables explicativas del modelo corresponden a decisiones de política pública, esta sección se convierte también en un elemento de evaluación del impacto de las mismas.

Más precisamente, en el modelo se introducen tres aspectos novedosos. Primero, se toma en cuenta en forma explícita el hecho de que no es el *input* para innovar (el gasto en investigación), sino que se trata de la innovación en sí misma, lo que afecta la productividad. Las firmas invierten en investigación en orden a desarrollar innovaciones de productos y de procesos, las cuales puedan contribuir a su productividad y otros resultados económicos. El modelo, entonces, incluye tres ecuaciones: la ecuación de investigación, que vincula la inversión en I+D con sus determinantes, la ecuación de innovación que relaciona la investigación con el éxito innovador y, finalmente, la relación de productividad que asocia la innovación con la producción de la firma. La primera relación corresponde de hecho, como se verá más abajo, a dos ecuaciones que, respectivamente, controlan por las decisión de invertir en I+D y por el monto de esta inversión.

En segundo lugar, adicional a la información usual de la contabilidad de las firmas, del número de empleados y el gasto en I+D, se usan datos sobre el resultado del proceso innovativo de las firmas manufactureras chilenas. Estos se construyen a base de dos variables: primero, las opiniones subjetivas de las empresas acerca de si hicieron o no innovación de algún tipo, y segundo a base de la participación que las ventas innovativas tienen en las ventas totales (es decir, las ventas por parte de la firma de nuevos productos introducidos en los tres últimos años como fracción de sus ventas totales). Ambos datos se obtienen de las tres encuestas de innovación tecnológica en la industria manufacturera previamente analizadas. De las mismas encuestas, se obtienen también dos nuevos indicadores que se usan como “proxies” para controlar por las condiciones de demanda y las oportunidades tecnológicas (o “demand-pull” y “technology push indicators”).

Y, en tercer lugar, se estima el modelo usando métodos econométricos que permitan controlar por muchos de los problemas inherentes a la naturaleza de

¹ Ver Crepon, Duguet y Mairesse (1998), Hall y Mairesse (1995)

² Cohen y Levin (1989) y Mairesse y Sassenou (1991)

las variables dependientes. Por ejemplo, la inmensa mayoría de los estudios de innovación están afectados por potencialmente severos sesgos de selectividad. Solamente una minoría de firmas están comprometidas en actividades de I+D formales, por lo cual los estudios que se restringen a estas firmas estarán afectados por tales sesgos. En segundo lugar, muchos de las variables de *output* de innovación están recolectadas como variables categóricas de una naturaleza dicotómica, ello obliga al uso de modelos econométricos de variables de elección discreta para la estimación. Finalmente, la variable de ventas innovativas está codificada como un porcentual en el intervalo (0-100), lo que introduce un fuerte censuramiento en la misma y obliga el uso de métodos econométricos específicos para tratar con esta variable.

Con el objeto de poder identificar y estimar el modelo, se tienen que hacer algunos supuestos *a priori* sobre su estructura global y la especificación de las ecuaciones individuales. Como será explicado más adelante, estos supuestos se ven bastante razonables; sin embargo, no es posible testear su validez. Claramente, la principal desventaja del estudio es la naturaleza de *cross-section* de los datos y las estimaciones.

La organización del artículo es como sigue. En la sección dos se definen las variables y se explica la especificación econométrica, los principales resultados se presentan en la sección 3 y las conclusiones en la sección 4.

2. EL MODELO: DEFINICIÓN DE VARIABLES Y ESPECIFICACIÓN ECONOMETRICA

En esta sección se describe el modelo conceptual que será utilizado en el trabajo empírico, detallándose la forma en que los distintos insumos y resultados del proceso innovativo están relacionados.

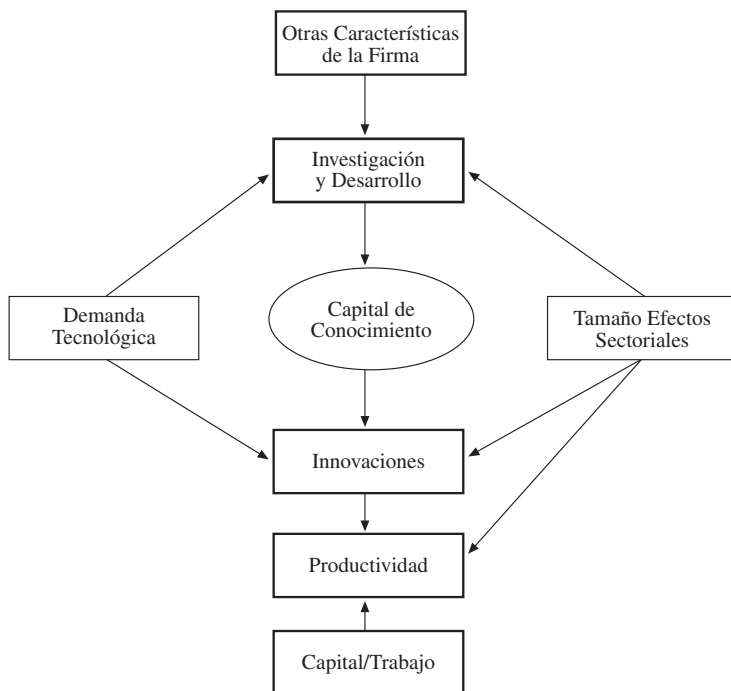
2.1. Modelo conceptual

El gráfico siguiente muestra un esquema de la estructura general del modelo. El mismo consiste de cuatro ecuaciones, dos para investigación, una para innovación y una para productividad, las cuales se presentarán más abajo, cada una de ellas requiere un diferente tratamiento econométrico. La ecuación de investigación e innovación incluye indicadores de “demand pull” y “technology push”. La ecuación de productividad incluye como variables explicativas las *proxies* del *output* innovador y la composición de la fuerza de trabajo, la que permite controlar por la calidad del empleo.

2.1.1. Las ecuaciones de investigación

Para describir el comportamiento de la firma en materia de investigación y desarrollo, se supone un modelo *tobit* generalizado³ con dos ecuaciones: la primera ecuación modela la decisión de la firma por comprometerse en actividades de investigación, y la segunda determina la magnitud de la inversión de estas actividades.

³ ver Heckman 1979.



Más precisamente, se asume que existe una variable dependiente latente para la firma i dada por la primera ecuación:

$$(1) \quad g_i^* = x_{i0}b_0 + u_{i0}$$

donde x_{i0} es un vector de variables explicativas, b_0 el vector de coeficientes asociado y u_{i0} un término de error, y donde expresa algún criterio de decisión, tal como el valor presente esperado de los beneficios por llevar a cabo la inversión en investigación. Se observa que la firma invierte en investigación si g_i^* es positivo o mayor que algún umbral constante, ya sea de naturaleza global o específico a la industria (probado el hecho de que x_{i0} contiene un término constante o variables categóricas por industria, lo cual es el caso para todas las ecuaciones estimadas en este análisis). En la realidad solo una pequeña fracción de las firmas manufactureras chilenas deciden hacer investigación y desarrollo industrial formal y reportan gasto en I+D, aunque muchas más tienen algunas otras formas de actividades innovativas.

Luego se asume que una latente o verdadera intensidad de gasto en I+D para la firma i , k_i^* la cual queda determinada por una segunda ecuación:

$$(2) \quad k_i^* = x_{i1}b_1 + u_{i1}$$

donde $k_i^* = k_i$ el gasto actual en I+D por empleado de la firma i cuando esta hace investigación (o sea cuando g_i^* es mayor que el umbral mínimo industrial),

donde tanto k_i^* como k_i están expresados en miles de pesos constantes por trabajador y x_{i1} es un vector de variables explicativas, b_1 el correspondiente vector de coeficientes y u_{i1} es un error que resume determinantes omitidos y otras fuentes de heterogeneidad no observada.

Finalmente, ya que k_i^* se observa solamente cuando g_i^* es mayor que un umbral mínimo, es necesario especificar su distribución conjunta con el objeto de obtener un modelo estimable. Se asume entonces que, los errores de las ecuaciones (1) y (2) tienen distribución conjunta normal de la siguiente forma:

$$(3) \quad \begin{pmatrix} u_{i0} \\ u_{i1} \end{pmatrix} \xrightarrow{iid} N \left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_0^2 & \rho\sigma_0\sigma_1 \\ \rho\sigma_0\sigma_1 & \sigma_1^2 \end{pmatrix} \right)$$

donde σ_0 y σ_1 son los errores estándares de u_{i0} y u_{i1} , y ρ es el coeficiente de correlación. La primera ecuación es de hecho una ecuación *probit* la cual no es completamente identificable y solamente es posible estimar el vector b_0/σ_0 lo cual es equivalente a normalizar el error estándar $\sigma_0=1$. Este modelo se puede estimar por máxima verosimilitud o bien por el método consistente de las dos etapas.

En la implementación del modelo la variable dependiente es k_p , es decir, el gasto en Investigación y Desarrollo por trabajador en el segundo año de cada una de las encuestas (es decir, 1995 para primera encuesta, 1998 para la segunda encuesta y 2001 para la tercera), expresado en miles de pesos de cada año. Las variables explicativas podrían variar según se trate de explicar la decisión de gastar en innovación o según se trate de predecir el gasto, condicional en una decisión positiva de gastar.

En este ejercicio, se ha aplicado un conjunto de restricciones de exclusión entre la primera y segunda ecuación con el fin de hacerlas identificables. En la ecuación (1) que modela la decisión de gastar en investigación, se ha excluido la variable que refleja la obtención de financiamiento público por parte de la firma. Esto, por cuanto esta variable predice perfectamente la decisión de gastar. Es decir, su inclusión en la decisión a gastar sería tautológica. Por lo contrario, esta variable sí entra en la ecuación del gasto, de forma que la misma sirve para evaluar si el financiamiento público contribuye a incrementar el gasto privado en investigación o no. Por lo contrario, se ha incluido en la decisión de gastar la variable gasto en el período anterior por cuanto la naturaleza plurianual de muchos de los proyectos de investigación lleva a suponer que si una empresa gastó en un año, debiera tener mayor probabilidad de hacer en el siguiente. Por otro lado, esta variable se ha omitido de la ecuación de gasto, debido que se ha decidido no introducir dinámica en el proceso de estimación para concentrar la atención solamente en relaciones de largo plazo.

Finalmente, el resto de las variables explicativas que entran en cada una estas dos primeras ecuaciones son las mismas. Estas variables explicativas provienen de tres conjuntos: las características de las firmas, las condiciones de la demanda y las condiciones de la oferta tecnológica. Veamos cada una en detalle.

Características de la Firma

- El empleo en el período inicial $L_{i,t-1}$: Esta variable busca capturar la existencia de efectos escala que promuevan tanto la decisión de innovar y/o el gasto

mismo en investigación. En este sentido, el valor presente esperado de un proyecto de innovación puede razonarse como una función creciente del número de unidades sobre las cuales se afectará esta innovación y, si ello es así, las grandes empresas tendrán una mayor probabilidad de gastar en innovación y un mayor gasto. El período inicial es 1993 para la primera encuesta, 1996 para la segunda y 1999 para la tercera. Se ha tomado el período inicial para evitar una probable contaminación por simultaneidad entre tamaño y gasto en investigación.

- Las exportaciones por trabajador del período inicial $X_{i,t-1}$. Esta variable trata de probar la hipótesis de que las firmas que operan en un ambiente de extrema presión competitiva e interactúan con la frontera tecnológica necesariamente debieran absorber más tecnología y por ende tener una mayor tasa de innovación. Aunque ello no implique necesariamente una mayor tasa de investigación.
- Las inversiones en máquinas y equipos nuevos por trabajador $M_{i,t-1}$ en el período inicial. Esta variable tiende a controlar por la naturaleza adaptativa del proceso de cambio tecnológico, toda vez que la adquisición de maquinaria novedosa en el período anterior puede verse como shock que impulsa todo un proceso de innovaciones menores adaptativas al interior de la firma.
- La inversión en licencias por trabajador en el período inicial $Lic_{i,t-1}$. Esta variable tiende a capturar la existencia de relaciones de complementariedad o sustitución entre la tecnología adquirida por la firma y la necesidad o no de llevar a cabo, como consecuencia de ello, procesos de búsqueda endógenos.
- La presencia en la propiedad de la firma de capital extranjero en el período base $FDI_{i,t-1}$. Es una variable que permite evaluar el aporte al sector manufacturero que hacen las empresas multinacionales al desarrollo tecnológico local.
- Se incorpora también una variable categórica **Aprend** que asume el valor 1 si la empresa manifiesta que las ideas para innovar se originan mayoritariamente en una actividad permanente de búsqueda interna (no necesariamente full-time). Lo cual es un síntoma del grado de aprendizaje acumulado en la empresa.
- Se incorpora también una variable **Público** que captura el valor *per cápita* de los subsidios a investigación que la empresa manifiesta haber obtenido para sus proyectos de investigación. De esta forma esta variable se convierte en un elemento clave para analizar el impacto de las políticas públicas en el desarrollo de investigación doméstica. Esta variable se correlaciona directamente con la decisión de gastar, es decir, si la empresa recibió financiamiento público por definición aparecería gastando, para evitar esta tautología, esta variable sólo entrará en la segunda etapa, es decir, en medir su impacto en el volumen del gasto una vez que las empresas han tomado la decisión de gastar.

Condiciones de la Demanda

- Se tratan de tres variables categóricas. La primera se refiere a si los clientes han sido importantes como suministradores de ideas para el proyecto de investigación de la firma **Cliente**, la segunda si lo han sido los competidores

en una forma cooperativa *Asociat*, y la tercera si corresponden a los competidores en una forma no cooperativa *Copia*. Debe tenerse en cuenta, que el signo de esta última variable no es obvio, por cuanto por un lado un signo positivo puede expresar las externalidades tecnológicas existentes en la difusión del conocimiento contenido en los productos, por otro lado es una señal sobre la magnitud de los problemas de apropiabilidad presentes en el sector y ello puede desincentivar la innovación. Lo mismo puede decirse, en general, de la variable de asociatividad, ya que la misma puede actuar como un “catalizador” de las decisiones a investigar, pero también como un incentivo a cooperar evitando la duplicación de inversiones.

Condiciones de la Oferta

- Se tratan de dos variables categóricas. La primera se refiere a si las instituciones públicas de oferta tecnológica han sido importantes como suministradores de ideas para el proyecto de investigación de la firma *Inst* y la segunda si lo han sido las instituciones privadas de oferta tecnológica *Consul*.

Adicionalmente, se incorpora un conjunto de variables Dummies sectoriales a dos dígitos del CIIU, con el objeto de capturar otros efectos específicos a nivel de rama. Con lo anterior, se tiene entonces que los vectores de las variables explicativas en cada caso son, para la modelación de la decisión de gastar en investigación:

$$(4) \quad x_{0i} = (K_{t-1}, L_{t-1}, X_{t-1}, MK_{t-1}, Lic_{t-1}, FDI_{t-1}, Aprend, Client, Asoc, Copia, Inst, Cons, (S_1, \dots, S_9))$$

y para el monto gastado en investigación se tiene el siguiente vector de variables exógenas:

$$(5) \quad x_{1i} = (L_{t-1}, X_{t-1}, MK_{t-1}, Lic_{t-1}, FDI_{t-1}, Aprend, Client, Asoc, Copia, Inst, Cons, Público (S_1, \dots, S_9))$$

donde se aprecia claramente que en el primer vector no aparece el financiamiento público y, en el segundo vector, no aparece el gasto del período anterior. Tales son los únicos supuestos de identificación sobre los que se basa el modelo.

2.1.2. Las ecuaciones de innovación

La próxima ecuación del modelo es una función de innovación, cuya formulación exacta depende si se aproxima el output innovador de la firma por el hecho de si introdujo o no una innovación de cierto tipo o por la participación de las ventas innovativas.

En el primer caso, las empresas eran interrogadas sobre si introdujeron, en algún grado, ciertos tipos de innovaciones de productos y/o de procesos. Las que se codificaron como un 1 si la respuesta es afirmativa y cero en otro caso. La especificación entonces estima los efectos de un set de variables explicativas sobre la probabilidad de que la empresa declare alguna actividad del tipo

innovación de producto o de procesos. En este caso el modelo tiene la siguiente estructura:

$$(6) \quad \Pr(y_i = 1) = F(\alpha_K K_i + x_{2i} b_2)$$

donde $y_i=1$ si la empresa innovó en producto (igualmente en procesos). Debido a que la encuesta indaga por las innovaciones introducidas en los últimos dos años, K en este caso es el gasto acumulado en investigación por la empresa a lo largo del período de cada encuesta, siempre por trabajador. De esta forma, el coeficiente α_1 es una medida del impacto del gasto en investigación sobre la probabilidad de innovar por parte de la empresa, es decir, una medida de los retornos del gasto en investigación. Por otro lado x_{2i} es un vector de variables exógenas compuesto por:

$$x_{2i} = (K_i, I_{t-1}, X_{t-1}, MK_{t-1}, Lic_{t-1}, F_{t-1}, Aprend, Client, Asoc, Copia, Inst, Cons, (S_1, \dots, S_9))$$

donde aparecen las mismas variables las ecuaciones de investigación, excepto que se ha excluido la variable que representa la obtención de financiamiento público, el que se supone está contenido en la variable K . Esto impone alguna estructura *a priori* al modelo, la que se ve razonable. Contrariamente, la inclusión de las otras variables se deben a que no es del todo improbable que las mismas podrían afectar la probabilidad de innovar indirectamente (a través del gasto), como directamente.

Para la estimación de la ecuación (3) se ha supuesto que la función de transformación es una normal, lo cual asegura que la variable dependiente esté acotada en el intervalo (0,1).

Existe una forma alternativa de medir el éxito innovador. En todas las encuestas se solicitó a las empresas que respondieran que porcentaje de sus ventas totales de los últimos dos años, proviene del lanzamiento de innovaciones de productos al mercado. De esta manera, se tiene una nueva variable dependiente, contenida en un intervalo también entre cero y uno, t_i . Es decir, una especificación alternativa para la ecuación de innovación es la siguiente:

$$(8) \quad t_i = \alpha_K K_i + x_{2i} b_2 + u_{2i}$$

dado que la variable dependiente está censurada por debajo; en el cero no existe ninguna empresa que declare que el cien por ciento de las ventas son de innovaciones recientes, el modelo anterior se estima por Máxima Verosimilitud - Ordered Probit.

2.1.3. Las ecuaciones de productividad

La última relación es la ecuación de productividad, para la cual se sigue lo estándar en la literatura que es una función de producción Cobb-Douglas aumentado con capital físico, empleo, composición de la fuerza de trabajo y una medida del output de innovación. En esta ecuación, el output innovativo se

mide tanto por las variables categóricas de productos y procesos como por la variable de participación de ventas innovativas. Es decir, se tiene:

$$(9) \quad q_i = \alpha_I y_i + x_{3i} b_3 + u_{3i}$$

o bien

$$(10) \quad q_i = \alpha_I t_i + x_{3i} b_3 + u_{3i}$$

donde q_i es el logaritmo de la productividad del trabajo definido como el valor agregado por empleado y donde el vector de los otros factores que afectan la productividad, están dado por:

$$(12) \quad x_{3i} = (l_i, c_i, H_i, S_1, \dots, S_9)$$

con c_i el logaritmo del capital físico por empleado (y con capital físico el valor bruto de libros ajustado por inflación) y con H_i la participación de los empleados, excluyendo obreros, en el empleo total. El coeficiente α_I es la elasticidad de la productividad total de factores con respecto al output de innovación, mientras b_3 consiste en los siguientes coeficientes: la elasticidad de escala o, más precisamente, su desvío con relación a la unidad, la elasticidad del capital físico y, finalmente, la elasticidad de la composición de la fuerza de trabajo, reflejando las diferencias porcentuales en la eficiencia de la mano de obra calificada (empleados) relativa a la mano de obra no calificada (obreros).

3. RESULTADOS

En esta sección se presentan los principales resultados de la estimación del modelo que se planteó. Previo al análisis en detalle de cada una de las ecuaciones y su estimación conjunta, revisaremos las principales estadísticas básicas asociadas a cada variable definida en las ecuaciones anteriores. Con un fin comparativo se han incluido los resultados para las tres encuestas para las cuales se tiene información.

3.1. Estadísticas básicas

La tabla 1 presenta algunas estadísticas simples para las variables del modelo según las tres muestras de firmas⁴: las empresas que respondieron a la encuesta de 1995, la cual incluyó 516 firmas que representan a 4.492 empresas industriales; las que resultan de la encuesta de 1998 con un total de 401 firmas

⁴ Estrictamente hablando, los datos corresponde a plantas productivas más que a firmas. No obstante lo anterior, el número de firmas con más de una planta en las muestras utilizadas representan menos del 3% del total de observaciones y, en consecuencia, en el texto se hablará indistinguiblemente entre plantas y firmas.

que representan un total de 3.840, y la última encuesta del año 2001 donde se incluyen a 559 empresas representativas de 3.487 empresas industriales.⁵

Si se concentra la atención en los resultados promedios, se encuentra que el gasto en investigación y desarrollo por trabajador (medida en miles de pesos por trabajador) muestra una caída durante el año 1998 para luego repuntar hacia el 2001 alcanzando un valor 30 por ciento superior al nivel mostrado durante 1995.⁶

Un fenómeno similar se observa para el empleo promedio por planta donde, si bien el nivel se recupera durante el 2001 comparado con la encuesta anterior, este no alcanza el nivel de 1995 cuando la economía presentaba síntomas de crecimiento dinámico. No obstante lo anterior, si se consideran los intervalos de confianza⁷ pruebas sobre diferencias significativas en el empleo por planta, como también en las inversiones en maquinaria y equipos por trabajador no podrían ser rechazadas durante los tres intervalos para los cuales se dispone de información.

Sin embargo, este estancamiento aparente del gasto bianual y su posterior recuperación esconde dos fuerzas importantes que operan en sentido opuesto. Por un lado, existe un crecimiento sostenido en el gasto promedio por trabajador en aquellas empresas que declaran haber hecho un gasto positivo en investigación y desarrollo (cuarta fila de la tabla). No obstante lo anterior, la fracción de empresas que declara haber hecho este tipo de gastos se reduce durante 1998, para luego recuperarse en el 2001 sin alcanzar el nivel observado de 1995 (segunda fila). Esto es, el club de innovadores presentan presupuestos de investigación más fuertes, pero el número de miembros del club no ha crecido en la misma proporción.

En materia de financiamiento público a la investigación industrial, el mismo aparece teniendo una participación marginal en el total industrial. Aunque existe un aumento significativo durante el año 2001, reflejando quizá el aumento en los recursos destinados a este tipo de actividades, menos del 3 por ciento de las firmas encuestadas declaran haber utilizado algún mecanismo de financiamiento proveniente del sector público durante este año. Cabe señalar, eso sí, que estos valores son aún menores en las encuestas anteriores, llegando escasamente al 1% durante 1995 y al 0,4% durante 1998.

En materia de innovaciones introducidas en el mercado, si bien existe un pequeño grado de recuperación durante el 2001, los niveles del año 1995 nunca vuelven a ser alcanzados. No obstante lo anterior, se observa un cambio acerca de la orientación de las innovaciones donde ahora aquellas de producto tienen una importancia relativa levemente superior a las de proceso, fenómeno no observado en encuestas anteriores.

⁵ Cabe señalar que, si bien se entrevistaron más firmas (541, 521 y 706, respectivamente), no se disponía de información relativa a sus características productivas y/o situaciones de comportamiento anormal de las cifras reportadas y por tanto se procedió a descartar aquellas firmas que presentaban problemas. Los valores del universo se obtuvieron al trabajar con los factores de expansión disponibles para cada encuesta.

⁶ En la sección de anexos se realiza una apertura sectorial de esta última variable.

⁷ No presentados aquí.

TABLA 1

	2001 Media	1998 Media	1995 Media
Número de empresas que gastan en I+D (en miles de pesos, sin factor de expansión)	199	180	295
Número de empresas que gastan en I+D (en miles de pesos, con factor de expansión)	697	497	1235
Gasto en I+D promedio plantas (miles de pesos por trabajador)	103,64	54,39	80,64
Gasto en I+D promedio plantas que hacen I+D (miles de pesos por trabajador)	518,48	420,26	293,32
Probabilidad que planta realice I+D (porcentaje)	19	13	25
Empleo (número de trabajadores)	68,81	66,18	83,50
Exportaciones (miles de pesos por trabajador)	3378,68	6820,47	2670,63
Inversión en Maquinaria (miles de pesos por trabajador)	658,96	529,28	601,90
Licencias (miles de pesos por trabajador)	42,88	15,88	24,60
Financiamiento público en I+D (porcentaje del total del financiamiento)	2,93	0,38	1,04
Firmas que innovaron en producto (porcentaje)	59,33	53,28	65,12
Firmas que innovaron en proceso (porcentaje)	56,04	54,24	70,77
Ventas Innovativas sobre ventas totales (porcentaje promedio)	12,75	23,13	18,26
Firmas con contratos Instituciones de Investigación (porcentaje)	3,87	1,00	10,51
Firmas con contratos Consultoras (porcentaje)	6,37	2,19	9,53
Firmas que reciben ideas de Clientes (porcentaje)	15,08	24,64	25,94
Firmas que reciben ideas de Asociaciones (porcentaje)	2,75	1,30	8,19
Firmas que usan ideas mediante Copia (porcentaje)	7,31	23,85	19,88
Firmas con capital extranjero (porcentaje)	7,00	3,36	5,12
Empleados sobre total trabajadores (porcentaje promedio)	40,87	37,81	21,39

En relación a las fuentes de ideas para desarrollar innovaciones, el porcentaje de empresas que declaran que las instituciones tecnológicas y universidades son importantes como fuentes de ideas de innovación ha caído con respecto al nivel alcanzado durante 1995. Lo mismo ocurre para el caso de clientes como fuente de información, consultores privados, asociaciones con firmas del mismo rubro y la copia. Todo lo anterior sugiere que el Sistema Innovativo Nacional en vez de afiarse en el tiempo pareciera que sus vinculaciones se fueran debilitando.

Finalmente y con respecto a la muestra de firmas, el porcentaje de empresas de capital extranjero ha crecido lentamente en la muestra expandida desde un 5% a un 7% con una leve caída durante 1998. En materia de capital humano se aprecia un crecimiento muy elevado en el porcentaje de empleados en la fuerza de trabajo que pasa del 21 al 38 y luego al 41 por ciento durante los tres años para los cuales se tiene observaciones.

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

Quizá la única excepción al patrón sea el gasto en investigación y desarrollo por trabajador. Si bien el número de empleados observado cae durante el año 1998, el gasto por trabajador ha aumentado en forma sistemática en el tiempo en aquellas firmas que declaran haber realizado actividades de I+D. Como se mencionó, los resultados sugieren que el grupo de firmas que gasta en este tipo de actividades no ha crecido sistemáticamente pero que su intensidad del gasto sí lo ha hecho.

Ello se ha traducido aparentemente en la mayor compra de maquinarias y equipos, mayores acuerdos de licencias tecnológicas y un mayor acercamiento a fuentes públicas de financiamiento para este tipo de actividades. Por otra parte, los resultados sugieren que las principales fuentes de ideas son más bien grupos y personas al interior de las firmas y que la búsqueda de ideas en el entorno de la firma, como universidades, consultores y la copia de la competencia son cada vez menos importantes.

En la siguiente sección se presentan los resultados del impacto de algunas de las variables analizadas tanto sobre la probabilidad de que la firma reporte gastos en I+D como en los montos reportados. Para ello se sigue la estrategia empírica descrita en la sección anterior.

3.2. Ecuaciones de Investigación

En la tabla 2 se presentan los resultados correspondientes a los determinantes de la decisión de gastar en investigación en un año determinado (1995 para la primera encuesta, 1998 para la segunda y 2001 para la tercera). Los resultados reportados corresponden a la ecuación (1) la que es estimada conjuntamente, mediante un Tobit tipo II, con la ecuación (2) cuyos resultados se presentan en la tabla 3.

En un análisis comparativo de las encuestas se encuentra la existencia de una correlación parcial positiva entre la probabilidad de gastar en investigación en un año determinado y el gasto declarado en el año inmediatamente anterior.

Ello sugiere que independientemente del efecto de otras variables, el gasto en I+D tiene una persistencia temporal importante.

Un fenómeno similar se observa con la escala productiva de las plantas. Esto se aprecia en el coeficiente positivo de la variable empleo inicial. En efecto, esto indica que las plantas más grandes en los años 1993, 1996 y 1998, respectivamente, tuvieron una mayor probabilidad de gastar en investigación en cada una de las tres encuestas.

Con respecto a otras características de las firmas encuestadas, en la tabla 2 se observa que ni el nivel de inversión en maquinaria y equipos ni el nivel de gastos en licencias tienen un impacto significativo sobre la probabilidad de reportar gastos en I+D. Estos resultados sugieren que este tipo de inversiones podría estar más vinculado a desarrollos innovativos complementarios del tipo adaptativo en las firmas, más que inducir un gasto de investigación y desarrollo propiamente tal.

Por su parte la presión competitiva externa tiene impactos diferentes sobre dicha probabilidad. En efecto, los resultados muestran que para la primera encuesta existe una correlación negativa entre monto exportado por trabajador en años anteriores y la probabilidad de reportar gastos en I+D durante 1995. Sin embargo, dicha relación se revierte para la encuesta del 2001. Si bien cerca del 18% de la muestra ampliada de firmas efectivamente exporta parte de su producción, los resultados anteriores no son concluyentes acerca del efecto de la presión competitiva sobre la probabilidad que la firma realice I+D. Mediante el análisis de las actividades innovativas se podrá analizar de mejor forma esta aparente paradoja.

La propiedad de la firma no hace mucho la diferencia respecto a la probabilidad de reportar gastos en I+D, salvo para el caso de la primera encuesta donde firmas con propiedad extranjera están positivamente correlacionadas con la probabilidad de reportar.

Las "fuentes internas de ideas para innovar" son siempre significativas y positivas en explicar la probabilidad de gastar en investigación, aunque la magnitud de esta fuente ha ido decreciendo en el tiempo. En la primera encuesta, también aparecen significativamente asociadas con la probabilidad de gastar en investigación las ideas provenientes de los consultores (correlación positiva), las ideas provenientes de los clientes (correlación negativa) y las ideas provenientes de los competidores (correlación negativa). Esto, estaría dando la idea de la existencia de efectos escalas asociadas a la cooperación o la red (cluster de clientes) que generarían menos necesidades de inversión autónoma en investigación (efecto ahorro). No obstante lo anterior, este efecto se disiparía en las encuestas sucesivas ya que el impacto de la variable clientes tiene un signo opuesto al encontrado durante 1995, mientras otras variables pierden su significancia relativa.

La variable copia, por su parte, muestra el esperado signo negativo en las dos primeras encuestas, aunque la significancia estadística solamente ocurre en el caso de la primera. Paradójicamente, este signo se revierte para el caso de la tercera encuesta proceso similar al encontrado para la competencia en forma asociativa. Este hecho respalda la hipótesis de que la cooperación comienza a tomar alguna importancia relativa no observada en las encuestas anteriores.

En relación a las variables de política, la única introducida en esta ecuación tiene que ver que utilización para innovar de ideas provenientes de las

TABLA 2

	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 iniciales	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 iniciales	-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 R ²	0,64	0,72	0,42

Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales

Errores Estándares entre paréntesis

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

instituciones y universidades. En este caso, esta variable es significativa y positiva en la primera encuesta y tercera encuesta perdiendo su significancia durante la segunda encuesta.

El paso siguiente en el análisis cuantitativo de las encuestas consiste en revisar los determinantes en el monto declarado de gastos en I+D condicional en que la firma realiza algún tipo de gasto en estas actividades. En la tabla 3 se muestran los resultados de la estimación de la segunda ecuación en el modelo Tobit donde la variable dependiente es el gasto en investigación y desarrollo por trabajador.

De la tabla se aprecia que la variable de escala (empleo inicial) es negativa y significativa en todas las encuestas. Esto significa que, si bien con la escala el gasto "total" en investigación aumenta, este crecimiento es menos que

proporcional conforme la firma crece en términos del número de trabajadores (rendimientos decrecientes a la escala), con lo cual el gasto por trabajador ocupado en la planta cae.

En efecto, lo anterior se aprecia al considerar que la variable empleo inicial tiene un coeficiente asociado negativo de entre -0,15, -0,31 y -0,45 según la encuesta. Esto significa que el gasto en I+D “por trabajador”, decrece al incrementar el tamaño aunque dicha caída ha ido aumentando con el tiempo.

TABLA 3

	Gasto en I+D		
	1995	1998	2001
Empleo inicial	-0,155 (0.057)***	-0,311 (0.059)***	-0,445 (0.071)***
Exportaciones iniciales	3,07E-04 (0.001)	1,25E-03 (0.001)	1,91E-03 (0.001)*
Inv. maquinaria inicial	1,40E-02 (0.001)***	-1,65E-02 (0.001)	4,76E-04 (0.001)
Licencias iniciales	0,106 (0.062)*	0,126 (0.039)***	0,051 (0.037)
Propiedad extranjera	-190,14 (37.09)***	-25,73 (28.27)	96,26 (47.19)**
Aprendizaje interno	-131,98 (37.53)***	-47,69 (28.09)*	-49,31 (30.77)*
Instituciones públicas	-163,61 (38.47)***	-149,87 (74.28)**	-97,97 (54.71)*
Consultoras	-179,84 (30.56)***	80,33 (38.67)**	277,11 (93.52)***
Clientes	75,54 (29.47)**	-117,44 (25.82)***	63,23 (35.46)*
Asociativo	33,36 (36.92)	-27,73 (41.68)	-142,22 (35.91)***
Copia	57,59 (35.52)*	99,09 (29.38)***	-151,37 (35.82)***
Público	-0,821 (0.716)	1,457 (0.485)***	2,217 (0.679)***
Constante	464,99 (64,35)***	385,79 (30.66)***	497,95 (57,56)***
Sigma	318,26 (28.38)***	190,11 (11.06)***	332,24 (28.20)***
Rho	-0,831 (0.063)***	-0,921 (0.046)***	-0,976 (0.014)***
Observaciones	4492	3840	3487

Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales

Errores Estándares entre paréntesis

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

Por su parte, la variable exportaciones aparece positivamente aunque no correlacionada de manera significativa con el nivel de gasto, con la excepción de la última encuesta donde el impacto es más bien débil. Ello confirma que la presión competitiva no está estrechamente relacionada con los esfuerzos de investigación de las firmas, lo que no descarta que pueda estar relacionado con los esfuerzos innovativos de éstas.

Con respecto a la compra de maquinarias y equipos, esta variable sólo aparece positiva y significativamente correlacionada con el nivel de gasto durante la primera encuesta, donde por cada mil pesos invertidos en máquinas por trabajador que adquirieron las firmas durante 1993, el gasto en investigación de 1995 crece en 14 pesos.

Interesante es el caso de la compra de licencias tecnológica. En efecto, esta variable aparece significativa en la primera encuesta, y en la segunda con un elevado coeficiente que implicaría que, por cada mil pesos de gasto en licencias en los dos años anteriores a la encuesta, el gasto declarado crece en \$106 y \$126 por trabajador, respectivamente. La variable propiedad extranjera, por su parte, presenta un cambio de signo importante entre la primera y tercera encuesta. Lo anterior sugiere que el efecto de manos extranjeras en la propiedad, si bien era negativo con respecto al resto de las firmas nacionales a partir del año 1995, pasa a tener un impacto positivo y significativo durante el 2001.

En relación a la variable de “aprendizaje”, la misma es negativa pero sólo parcialmente significativa en todas las encuestas. Es decir, aquellas empresas que declararon que las ideas internas eran muy importantes para innovar aparecen gastando significativamente menos que las que no lo hicieron, aunque tienen una probabilidad de gastar mayor. Esto podría asociarse a que la verdadera naturaleza de buena parte de las ideas internas, no tienen que ver con la generación de grandes y formales presupuestos de investigación sino, por lo contrario, con la creación de pautas de gastos pequeñas pero más continuas en el tiempo.

La variable “consultores” aparece negativamente relacionada con la intensidad de gastos sólo en la primera encuesta. Dando la idea de que el “outsourcing” de los emprendimientos innovadores permite un ahorro de costos en los proyectos de investigación y que este efecto prima por sobre el efecto directo de la generación de una nueva línea de investigación a partir de las ideas generadas por los consultores. No obstante lo anterior, este último efecto de generación de líneas de investigación comienza a ser más importante que el de outsourcing a partir de la segunda encuesta. Estos resultados confirman la percepción de que las firmas –condicional en que realizan I+D– cada vez utilizan menos el medio de competencia que los rodea y más a instituciones principalmente privadas vinculadas con el quehacer innovativo como fuente de ideas en sus actividades de investigación.

En efecto, y en relación a las variables que representa la política pública, se encuentra que la oferta tecnológica contenida en las instituciones tiene un efecto sistemáticamente negativo sobre el monto declarado. Es decir, las empresas que usan ideas de las instituciones públicas gastan menos que aquellas firmas que no tienen interacción, sugiriendo una especie de sustitución entre este tipo de organizaciones. Sin embargo, diferente es el caso del financiamiento público. Esta variable tiene coeficientes importantes y significativos positivos para las dos últimas encuestas, respectivamente. Con ello, existiría una complemen-

riedad entre el financiamiento privado y aquel público, no existiendo evidencia de algún efecto sustitución de fondos privados por públicos.

3.3. Ecuaciones de Innovación

Una vez analizados los determinantes del gasto en I+D a nivel de la manufactura, interesa continuar el análisis con el siguiente aspecto del proceso innovativo. Esta etapa está relacionada más bien con los resultados de dicho proceso más que con sus insumos como fue en la sección anterior. Como se mencionó, se revisarán los determinantes para que una firma en particular reporte haber introducido nuevos productos y/o nuevos procesos al mercado como también las variables que explican cambios en la importancia sobre las ventas totales que tienen las ventas de productos nuevos para la firma. La hipótesis que pretende dilucidar esta etapa es sobre la importancia que tiene el esfuerzo de investigación propio de la firma y las características del ambiente en que se desenvuelve sobre el éxito innovativo.

Los cuadros 4 y 5 presentan el impacto de los determinantes sobre la probabilidad de haber efectuado alguna innovación de producto y proceso respectivamente dentro del período de tiempo considerado.

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

Con respecto a otras características de las firmas, los resultados muestran que ni la inversión previa en maquinaria y equipos ni el pago de licencias están significativamente asociadas a la introducción de nuevos productos y procesos. Por su parte, se observan algunos casos donde firmas que exportan parte de su producción están negativamente asociadas con la probabilidad de realizar innovaciones aunque el impacto de esta variable es muy baja en magnitud.

La propiedad de la firma tiene, si bien con un cambio en los signos, un impacto significativo sobre la probabilidad de introducir nuevos productos y procesos. Los resultados muestran que firmas nacionales innovaban más que aquellas de propiedad extranjera hacia la mitad de los años noventa pero que ese patrón se invirtió radicalmente durante las encuestas siguientes. Este resultado sugiere que la caída en el número de socios del club de innovadores antes sugerida se debió principalmente a la salida de empresas de capital nacional.

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

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

TABLA 4

	Innovación Producto		
	1995	1998	2001
Gasto I+D	0,004 (0.001)***	0,005 (0.001)***	0,002 (0.001)**
Empleo inicial	0,002 (0.000)***	0,003 (0.001)***	0,001 (0.001)**
Exportaciones iniciales	-6,60E-07 (0.001)	-6,10E-06 (0.001)*	-2,99E-06 (0.001)**
Inv. maquinaria inicial	-5,10E-05 (0.001)	2,32E-06 (0.001)	4,40E-05 (0.001)
Licencias iniciales	0,001 (0.002)	-0,001 (0.002)	-0,001 (0.001)
Propiedad extranjera	-0,876 (0.174)***	0,718 (0.263)***	0,728 (0.175)***
Aprendizaje interno	1,463 (0.081)***	0,633 (0.225)***	0,951 (0.078)***
Instituciones públicas	7,932 (0.191)***	9,026 (0.191)***	1,151 (0.453)**
Consultoras	1,039 (0.338)***	0,532 (0.376)	1,221 (0.327)***
Clientes	0,582 (0.106)***	1,351 (0.322)**	1,029 (0.113)**
Asociativo	0,204 (0.307)	0,739 (0.539)	0,116 (0.233)
Copia	1,771 (0.161)***	1,957 (0.366)***	0,129 (0.151)
Constante	-0,609 (0.048)***	-1,499 (0.187)***	-0,255 (0.055)***
Observaciones	4492	3840	3487
R ²	0,51	0,75	0,31

Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales

Errores Estándares entre paréntesis

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

TABLA 5

	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
R ²	0,53	0,69	0,36

Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales

Errores Estándares entre paréntesis

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

Como se mencionó, otra forma para evaluar el éxito del proceso innovativo de una firma es a través de las ventas innovativas. Esto es, el porcentaje que de las ventas totales de la empresa corresponden a productos nuevos introducidos en los últimos tres años a la fecha de haber realizado las encuestas.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la estimación mediante el uso de un Ordered Probit. En ella se analizan los determinantes de que una firma cambie de un tramo inferior de ventas innovativas a uno superior.

TABLA 6

	Ventas Innovativas		
	1995	1998	2001
Gasto I+D	0,004 (0.001)***	0,001 (0.001)***	0,001 (0.001)***
Empleo inicial	0,008 (0.000)***	-0,001 (0.002)	0,001 (0.001)*
Exportaciones iniciales	6,60E-07 (0.001)	-7,95E-06 (0.001)***	-8,22E-07 (0.001)
Inv. maquinaria inicial	-1,28E-05 (0.000)***	-3,11E-06 (0.000)	-7,67E-06 (0.000)
Licencias iniciales	-0,002 (0.001)***	-0,001 (0.001)***	-0,001 (0.001)*
Propiedad extranjera	-0,356 (0.077)***	0,036 (0.131)	-0,139 (0.059)**
Aprendizaje interno	1,001 (0.042)***	1,067 (0.092)***	0,677 (0.047)***
Instituciones públicas	-0,001 (0.094)	0,441 (0.278)	-0,184 (0.081)**
Consultoras	0,016 (0.073)	0,159 (0.149)	-0,018 (0.071)
Clientes	0,184 (0.037)***	0,792 (0.116)***	0,214 (0.051)***
Asociativo	-0,075 (0.067)	-0,938 (0.260)***	-0,029 (0.082)
Copia	0,173 (0.048)***	0,384 (0.128)***	0,343 (0.059)***
Constante	0,173 (0.039)***	-0,522 (0.108)***	-0,249 (0.040)***
M ₁	0,811 (0.021)***	0,534 (0.025)***	0,825 (0.023)***
M ₂	1,441 (0.027)***	0,848 (0.031)***	1,223 (0.027)***
M ₃	2,864 (0.054)***	3,358 (0.067)***	2,196 (0.049)***
Observaciones	4492	3840	3487
R ²	0,26	0,68	0,15

Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales

Errores Estándares entre paréntesis

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

En primer lugar, los resultados muestran que un mayor gasto en I+D está positivamente asociado a un aumento de la importancia que tienen las ventas de productos innovados sobre las ventas totales de la compañía. Si bien este efecto es mayor en la primera encuesta, para el resto de los años esta variable sigue siendo importante.

Lo anterior no ocurre para el tamaño de la firma, medida aquí por el número de trabajadores, ya que para los casos de la segunda y tercera encuesta esta variable no resultó ser relevante para explicar cambios en las ventas innovativas. Una situación similar ocurre para aquellas firmas que exportan e invierten en maquinaria y equipos ya que los coeficientes asociados a estas variables fueron en la mayoría de los casos no significativos.

Por su parte, tanto firmas que compran licencias extranjeras como aquellas que tienen en su propiedad a capitalistas foráneos están negativamente asociadas a cambios en las ventas de productos nuevos. Esto implicaría que cambios en la propiedad de las firmas y/o la contratación de licencias ha mermado el éxito relativo en términos de productos nuevos. Estas firmas que se encontraban en rangos mayores de ventas nuevas han ido perdiendo terreno relativo quizá concentrando sus esfuerzos en innovaciones de procesos, resultados que no son capturados por esta variable de éxito innovativo.

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

3.4. Ecuaciones de Productividad

Una de las etapas más relevantes de este trabajo es el análisis del impacto del éxito innovativo sobre la productividad de las firmas. Siguiendo el modelo empírico especificado en la sección anterior, en la tabla 7 se presentan los resultados de la estimación de la productividad de la mano de obra en función de los insumos tradicionales ajustados por mejoras tecnológicas.

Para ello se ha incluido una variable dummy, la cual toma un valor unitario si la firma introdujo alguna innovación de proceso (*innovación proceso*) o algún tipo de innovación de producto (*innovación producto*).

Los resultados muestran que las innovaciones introducidas no alteran en forma sistemática la productividad de las firmas. En efecto, solo para el caso de la última encuesta realizada se observa que ambos tipos de innovaciones presentan un efecto significativo cuya importancia relativa es levemente inferior al capital físico y superior incluso al empleo.

Para el caso de años anteriores se observa que el efecto no es significativo o bien, cuando lo es, el valor que alcanza el parámetro no es muy importante al compararlo con los otros dos factores productivos tradicionales.

Cabe señalar que los resultados muestran que existen rendimientos crecientes a la escala ya que los parámetros asociados al empleo fueron significativos y positivos en todas las regresiones. Sin embargo, los resultados también sugieren que las diferencias en eficiencia entre empleados y obreros ha ido decreciendo en el tiempo llegando incluso a ser no relevantes para el año 2001.

Con el fin de analizar la robustez de los resultados encontrados, en la siguiente tabla se presentan los estimadores de la función de productividad donde ahora se han considerado las ventas innovativas y el gasto en investigación y desarrollo como insumos complementarios al capital y trabajo.

TABLA 7

	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
R ²	0,68	0,68	0,64	0,63	0,39	0,39

Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales

Errores Estándares entre paréntesis

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

TABLA 8

	Productividad					
	1995	1995	1998	1998	2001	2001
Ventas innovativas	0,002 (0.006)		0,012 (0.012)		0,028 (0.011)**	
Gasto I+D		0,001 (0.001)***		0,001 (0.001)***		0,001 (0.001)***
Capital físico	0,429 (0.007)***	0,415 (0.007)***	0,405 (0.012)***	0,391 (0.011)***	0,319 (0.011)***	0,303 (0.010)***
Empleo	0,106 (0.008)***	0,099 (0.007)***	0,077 (0.017)***	0,078 (0.016)***	0,171 (0.013)***	0,173 (0.012)***
Porcentaje empleados	1,596 (0.052)***	1,582 (0.051)***	0,606 (0.077)***	0,622 (0.076)***	-0,091 (0.038)**	-0,074 (0.038)**
Constante	4,609 (0.057)***	4,744 (0.059)***	5,207 (0.103)***	5,281 (0.095)***	5,778 (0.092)***	5,844 (0.090)***
Observaciones	4388	4388	2425	2425	3337	3337
R ²	0,68	0,68	0,64	0,64	0,38	0,41

Todas las regresiones incluyen dummies sectoriales

Errores Estándares entre paréntesis

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

Como se observa, el gasto en I+D es un insumo importante en el nivel de productividad de las firmas. Los parámetros asociados a estas variables resultaron ser positivos y estadísticamente significativos para todos los años considerados. Por su parte, las ventas innovativas también resultaron ser importantes, con la excepción de 1995, a la hora de explicar cambios en la productividad laboral de las firmas.

Al analizar los parámetros asociados al resto de las variables consideradas se observa que son bastante similares a los encontrados en las regresiones anteriores, lo que valida los resultados hallados. Particularmente llama la atención la robustez sobre la existencia de retornos crecientes a la escala y la caída en el tiempo de la eficiencia relativa entre empleados y obreros.

3.5. Impacto de Políticas Públicas

Si bien existe un amplio espectro de canales a través de los cuales la política pública podría afectar tanto la dinámica innovativa de las firmas como su desempeño productivo, dado el diseño de esta encuesta es posible encontrar al menos dos herramientas importantes. La primera es la recepción de financiamiento público para investigación y desarrollo y la segunda se refiere a la obtención de ideas para innovar mediante la interacción con las instituciones científicas y tecnológicas de propiedad estatal.

El financiamiento público a I+D puede afectar la productividad a través de su impacto en el gasto en investigación y, a través de éste, en las innovaciones de producto. Por su parte, la red de instituciones de oferta tecnológica puede hacerlo sobre la decisión de gastar y el monto del gasto en I+D y luego mediante el efecto de éste último sobre las innovaciones en sí mismas; como luego a través del impacto en las innovaciones en forma directa.

Al revisar los resultados de la tabla 3, se observa que por cada mil pesos *per cápita* recibidos como financiamiento público en investigación, el gasto total en I+D por trabajador creció entre 1.500 pesos para 1998 y 2.200 pesos para el año 2001.⁸ De esta manera, considerando los resultados presentados en la tabla 7 se observa que gracias al impacto de los mil pesos públicos, la productividad laboral de una firma promedio creció en \$ 709 en 1998 y en \$ 2.018 durante el 2001.⁹ Lo anterior sugiere que el apoyo público al financiamiento en I+D comenzó a dar sus frutos en términos de productividad de las firmas a partir del año 2001. Anteriormente, este apoyo no pareció influir el nivel de gasto en I+D por ellas reportadas o bien el impacto en términos de *productividad laboral* fue menor a la inversión realizada por el estado.

⁸ No obstante lo anterior, esta variable no resultó ser significativa para la encuesta del año 1995.

⁹ Este resultado surge de saber que por cada peso que se invierte en I+D la productividad crece en un 0,04% y 0,05%, respectivamente, la cual es multiplicada por los 1.500 o 2.200 pesos generados por el aporte fiscal de 1.000 pesos. Así, conociendo la productividad laboral media de las firmas en cada año –información que se presenta en la tabla 9– se obtiene el valor anterior.

Todo el razonamiento anterior se basa en la evaluación del impacto del sistema de fondos tecnológicos sobre la productividad laboral de una firma promedio representativa de la industria. Esto, en cierto modo, no es el impacto real del sistema debido a las firmas que han recibido financiamiento no necesariamente se asemejan a las del promedio. En efecto, la tabla 10, discrimina entre las firmas con o sin financiamiento para las encuestas de 1998 y 2001, respectivamente. Se desprende de la misma que, en general, las firmas que han recibido financiamiento tienen mayor gasto en I+D, son más grandes en términos de empleo y exportaciones, tienen una mayor productividad laboral, exportan e innovan más.

En virtud de lo anterior, la pregunta que hay que hacer es cuál ha sido el impacto del financiamiento público en este segmento de firmas. Para ello, debemos calcular el impacto del financiamiento público sobre el gasto en I+D similar a lo realizado en la tabla 3 pero ahora considerando sólo al grupo de firmas que fueron beneficiadas. Procediendo de manera similar al cálculo anterior, se obtiene que el incremento a la productividad por cada \$1.000 aportados por el estado es de \$5.429 para el caso del año 2001.¹⁰ Lo anterior sugiere que el apoyo público a las actividades en investigación y desarrollo está siendo eficiente ya que las firmas que lo utilizan presentan mejores performances tanto productivas como en sus actividades innovativas comparadas con el resto de las firmas manufactureras que no han recibido dicho apoyo.

TABLA 9

Variable	Firma Promedio 1998		Firmas con Financiamiento Público 2001	
Productividad laboral	11832,11	38284,91	18346,84	22437,79
Gasto I+D	54,39	325,15	103,63	285,21
Empleo (L)	66,18	114,57	68,81	92,41
Exportaciones (X)	6820,46	16416,66	3378,67	4368,62
Licencias (Lic)	15,87	21,18	42,88	31,82
Extranjera (FDI)	0,03	0,08	0,07	0,02
Producto	0,53	0,95	0,59	0,82
Proceso	0,54	1,00	0,56	0,65
Empleados	0,38	0,39	0,40	0,21

¹⁰ Este valor surge de multiplicar la elasticidad gasto en I+D a financiamiento público –la cual alcanzó un valor de 2,2 muy similar a la encontrada para todas las firmas en su conjunto– por el impacto del gasto en I+D sobre la productividad –el cual alcanzó un coeficiente de 0,0034 también similar a lo encontrado para toda la muestra de firmas– y por la productividad promedio de aquellas firmas beneficiadas, valor que sale de la última columna de la tabla 9. Cabe hacer notar que este ejercicio no se pudo realizar para el caso de las firmas del año 1998 ya que eran muy pocas las que habían recibido apoyo público en su financiamiento (49), no pudiéndose estimar el parámetro asociado al impacto de dicho apoyo sobre el monto gastado en I+D dado los pocos grados de libertad con que se contaba.

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El principal objetivo de este trabajo ha sido analizar los principales determinantes de las actividades innovativas en la industria manufacturera chilena durante la segunda mitad de los años noventa.

Con este fin, se especificó un sistema de cuatro ecuaciones recursivas que relaciona productividad con innovación, innovación con investigación y esta última con sus determinantes. La fuente principal de información innovativa fueron los resultados de las encuestas sobre innovación tecnológica que realiza el INE desde el año 1996, información que fue complementada con aquella proveniente de la encuesta industrial ENIA. En este ejercicio cuantitativo se han utilizado técnicas econométricas que corrigen por selectividad, censura y naturaleza discreta de muchas de las variables analizadas.

Los principales resultados muestran que la probabilidad de reportar gastos en I+D en un año determinado está positivamente determinada por el hecho de haber gastado en este tipo de actividades durante el año inmediatamente anterior. Ello sugiere que existe una persistencia en el tiempo consistente con la hipótesis acerca de la rutinización que presentan estas actividades en ciertas firmas. Por su parte, los resultados para el caso chileno confirman la evidencia internacional respecto a la importancia del tamaño de la firma. En efecto, para el caso chileno plantas más grandes tienen una probabilidad creciente de reportar gastos en este tipo de actividades reflejando las economías de escala, de variedad y las ventajas que puedan tener las firmas de mayor tamaño para financiar este tipo de actividades.

Si bien otras características de las firmas como su orientación exportadora o propiedad no fueron relevantes para explicar esta probabilidad de gasto, cabe destacar que firmas que tienen rutinas de generación y aplicación de ideas al interior de éstas presentan una mayor probabilidad de reporte.

No obstante lo anterior, aunque en un principio las ideas provenientes de consultores, de la competencia en forma asociativa o la simple copia inhibía los gastos internos en I+D para mediados de los años noventa los resultados de las dos últimas encuestas sugieren que este efecto sustitutivo ya no está presente. Por el contrario, en estas encuestas se observa algún grado de complementariedad entre estas actividades particularmente en lo que se refiere en la copia y el trabajo asociativo con los demás empresarios.

Con respecto a la intensidad del gasto en investigación y desarrollo, los resultados muestran que éste crece con la escala de las plantas, pero que este crecimiento es menos que proporcional. Así, por cada 1% que crece el número de trabajadores de la fábrica el gasto total en investigación crecería entre un 0,8% durante 1995 a un 0,6% durante el 2001. Este resultado sugiere la existencia de rendimientos decrecientes al tamaño de las plantas, el cual ha venido disminuyendo a medida que ha pasado en tiempo.

Por otra parte, los resultados muestran que el cambio tecnológico incorporado en la maquinaria y equipos adquiridos es importante como detonante de cambios en la actividad tecnológica sólo durante 1995, siendo éste menos importante en períodos posteriores. Ello es coincidente con una situación en que las fuentes de ideas para los períodos posteriores provienen principalmente desde el medio que rodea a la firma y no tanto en lo que compra reflejando una mayor importancia relativa del cambio tecnológico desincorporado. Los resultados muestran que no sólo la probabilidad de reportar gasto en I+D sino que también

su intensidad están positivamente asociadas al contacto con clientes y la competencia.

En lo que se refiere a la innovación en sí misma, se encuentra que el gasto en investigación predice una mayor probabilidad de innovación, tanto de productos como de procesos. Ello confirma la idea que este insumo es fundamental en la introducción de innovaciones al mercado. Por su parte, la escala de las plantas medida aquí por el número de trabajadores, también está asociada positivamente con una mayor probabilidad de innovación.

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

Finalmente, para el caso chileno se encuentra que la productividad de la firma se correlaciona positivamente con una mayor intensidad innovadora, aún después de controlar por la composición de la fuerza de trabajo como también por la intensidad del capital físico de la planta. Los resultados sugieren que el impacto de las innovaciones sobre la productividad ha ido creciendo en el tiempo a costa de una menor importancia de la eficiencia relativa entre obreros y empleados.

Uno de los objetivos de este estudio ha sido también inspeccionar en qué medida una encuesta de este tipo podría utilizarse para la evaluación del impacto de las políticas públicas. Los resultados obtenidos sugieren que un subsidio público a la investigación de un peso genera un aumento en el gasto en innovación total de entre 1,5 a dos pesos. Esto último, a su vez, se traduce en un incremento en la probabilidad de innovar y, finalmente, en una mayor productividad laboral.

El resultado anterior es favorable y creciente en el tiempo. Para el año 2001 los resultados muestran que por ese peso público invertido en I+D las empresas, en promedio, aumentaron su productividad en el equivalente a dos pesos. Pero si el análisis sólo considera a las firmas que efectivamente recibieron dicho apoyo el impacto sube a más de 5 pesos. Lo anterior sugiere que no sólo el apoyo es efectivo sino que también eficiente pues lo están utilizando principalmente aquellas firmas que le sacan un mayor provecho.

5. REFERENCIAS

- Benavente, J.M. (2002) Determinants of Industrial Research and Innovation: The case of Chile. Tesis de Doctorado en Economía no publicada. University of Oxford.
- Benavente, J.M. (2003) The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile. Documento de Trabajo 200. Departamento de Economía. Universidad de Chile. Por aparecer en *Economics of Innovation and New Technology*.
- Benavente, J.M. y G. Crespi (1996). Una metodología para el estudio del esfuerzo innovativo de las empresas manufactureras chilenas. *Estadística y Economía* N° 11. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago.

- Crepon B., E. Duguet, J. Mairesse (1998) "Research, Innovation and Productivity: an Econometric Analysis at the Firm Level", NBER Working Papers N° 6696.
- Cohen W. y R. Levin (1989) Empirical Studies of Innovation and Market Structure. en R. Schmalensee y R. Willig (eds) Handbook of Industrial Organisation, vol. 2 (North Holland).
- Hall B. y J. Mairesse (1995) Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms. *Journal of Econometrics*, 65(1), pp. 263-293.
- Heckman, J. (1979) Sample selection bias as an specification error, *Econometrica*, 47, 153-161.

APÉNDICE

En esta sección se entrega información adicional de interés.

TABLA 10
GASTO EN I+D SECTORIAL
 (por establecimiento, en miles de pesos del 2001)

Año	Manufactura	Generación	Distribución	Minero
1994	9.701	—	—	—
1995	9.907	—	—	—
1997	5.267	—	—	—
1998	5.686	—	—	—
2000	8.656	2.000	618	92.098
2001	8.961	1.645	534	77.915

TABLA 11
GASTO EN I+D SECTORIAL
 (por establecimiento, en miles de pesos del 2001)

Año	Alimentos y Bebidas	Textil y Confecciones	Productos de Madera	Papel e Imprentas	Productos Químicos	Minerales No metálicos	Metálicas Básicas	Maquinaria y Equipos	Otras Manufacturas
1994	5.112	7.380	5.589	20.522	15.615	11.282	108.214	6.892	326
1995	5.786	6.129	4.907	26.237	16.603	33.814	35.356	6.972	409
1997	6.366	1.194	622	7.041	11.070	2.881	77.431	3.151	1.953
1998	5.620	1.111	732	7.257	12.944	2.914	85.251	3.943	3.308
2000	7.731	842	3.149	17.473	12.924	3.322	82.768	9.601	752
2001	8.097	977	3.035	22.949	13.179	4.238	76.110	9.106	226