

VI. Innovación y productividad en las empresas manufactureras mexicanas

Flor Brown y Alenka Guzmán

1. Selección de tema y postulación del problema

El proceso a seguir para formular un problema claro no fue inmediato. El desafío de mostrar las características de la relación entre la innovación y la productividad ha sido un tema importante para muchos economistas, y el asunto de la productividad industrial había sido por algún tiempo un área de nuestro interés.

Al revisar la literatura encontramos que la relación entre innovación y productividad había inspirado numerosos estudios.

Algunos se habían centrado básicamente en la discusión teórica y metodológica (Solow, 1957; Hall, Mairesse y Mohnen, 2010; Hall y Mairesse, 2011), otros orientaron sus investigaciones a indagar cómo contribuye el gasto en ID de las firmas en su desempeño y su productividad (Pakes y Griliches, 1984). En cambio, en unos más, la inquietud se dirigió a examinar la relación entre ID, patentes, inversión neta y el valor de mercado de la firma (Ben-Zion, 1984).

También pudimos constatar que el diseño y la aplicación de encuestas a firmas sobre indicadores de insumos y productos del conocimiento, así como el desarrollo de nuevas técnicas econométricas favorecieron la ampliación de investigaciones. Los países industrializados aventajan en este tipo de análisis, como dan cuenta varias publicaciones. Ciertos países de América Latina habían sido estudiados individualmente y de manera comparativa desde mediados de la década del 2000, con indicadores de innovación y de productividad diversos, y resultados disímiles. En un trabajo previo, la relación entre el gasto tecnológico de las empresas y la productividad no tuvo resultados satisfactorios. Para el caso de México encontramos estudios adicionales con resultados mixtos (Raffo et al., 2008).

Localizamos estudios para Estados Unidos, Francia, Alemania, Holanda, Suecia e Italia que muestran un efecto positivo de la innovación y desarrollo (ID) en la

productividad, aunque también encontramos resultados mixtos (Janz, Lööf y Peters, 2004; Lööf y Heshmati, 2006; Therrien y Hanel, 2005; Van Leeuwen y Klomp, 2006; Mairesse y Robin, 2009; Polder, Van Leeuwen, Mohnen y Raymond, 2010). En otras palabras, las proposiciones de la teoría no estaban apoyadas por los resultados. Esto podría haber sugerido dos cosas: a) que la teoría no se considera como una explicación efectiva o b) que la metodología y los conceptos utilizados no eran los adecuados. Por tanto, era necesario profundizar en la literatura para poder formular preguntas adecuadas.

Descubrimos varias explicaciones para la falta de contundencia de los resultados. La primera que nos llamó la atención señalaba que el gasto en ID no necesariamente captura todos los aspectos de la innovación. Una solución sugerida era cambiar del enfoque de la “innovación como insumo” al de la “innovación como producto”. En otras palabras, incluir en la ecuación de los determinantes de la productividad los resultados de la inversión en ID: capacitación, adopción de tecnología, nuevo productos, etcétera, que son el resultado del esfuerzo de innovación. Además, en otros estudios (Crépon et al., 1998) se señalaba que no sólo era necesario analizar la relación entre la productividad y la innovación, sino también el proceso que va de la innovación a la productividad. Es decir, primero, investigar las características de la propensión a innovar de las empresas; después, cuáles son los factores que inciden en el esfuerzo de innovación cuando las empresas deciden innovar y, por último, de qué manera incide el esfuerzo de innovación en la productividad.

Dada la complejidad de la relación entre la productividad y la innovación, consideramos necesario plantear las siguientes preguntas: *¿Cuál es la propensión a innovar de las firmas manufactureras en México? ¿Qué factores determinan el esfuerzo en innovación en las firmas manufactureras? ¿El mayor esfuerzo de innovación de las empresas influye en una mayor productividad laboral?*

2. Análisis del marco de referencia teórico: cómo se relaciona con la pregunta de investigación

Una vez planteadas las preguntas de investigación, nos dimos a la tarea de investigarlas en la literatura para elaborar el marco teórico. Según los libros de metodología de la

investigación, la función más importante de un marco teórico es explicar por qué, cómo y cuándo ocurre un fenómeno. La revisión de la literatura debe permitir identificar si existe una teoría completamente desarrollada que se aplique al problema de investigación, si hay un debate, si hay piezas sueltas o si existen descubrimientos parciales que sugieren variables potencialmente importantes para el problema de investigación.

Para dar orden a la exposición, la organizamos en tres aspectos eje de la investigación: a) naturaleza de los esfuerzos de la innovación, b) los factores que explican a la innovación, y c) la relación entre innovación y productividad, cada uno de los cuales fue examinado por orden cronológico. A continuación se detalla cómo se estructuraron estos subtemas en el marco teórico.

2.1 Naturaleza de los esfuerzos de innovación

El primer tema a analizar se refiere a las decisiones del tipo de innovación de las empresas. Desde la década de los noventa, varios autores (Nelson, 1990; Weinstein, 1988; Dosi, 1988; Lundvall, 1992; Weinstein, 1992) consideraban al creciente gasto en investigación y desarrollo como un indicador de la intensificación de los procesos de innovación, especialmente en las industrias de alta tecnología.

Autores posteriores (Boyer y Didier, 1998) mostraron que la naturaleza de la innovación de las empresas no solamente se explica por los gastos en ID, sino también por otros indicadores de la actividad de innovación, como las patentes y licencias, el diseño de productos y procesos, y otros gastos que terminan por confluir en innovaciones incrementales o incluso radicales en procesos y productos.

2.2 El impacto de la ID en la innovación: la función de la producción del conocimiento

Una vez que se identificaron procesos de innovación en las empresas, el siguiente paso en el análisis fue examinar la asociación de tal esfuerzo con los resultados de la innovación en nuevos procesos o productos. La información de estos nuevos procesos o productos puede provenir de las patentes o marcas (Freeman, 1982; Schmookler, 1962; Hurmelinna, 2005),

de la información que dan las empresas en cuanto a sus nuevos procesos o productos, o de diseños registrados en las encuestas cuando no están patentados (Basberg, 1987).

2.3 El esfuerzo por innovar y la productividad laboral de las firmas

La asociación entre innovación y productividad se cierra considerando a la innovación como un “insumo” que incide en la productividad, como señalan Hall, Mairesse y Mohnen, (2010). Es decir, se analiza el efecto de los determinantes en la productividad laboral con una función en la cual, además de los insumos *capital* y *trabajo*, se incluye la variable *insumo de la innovación* calculada previamente con el esfuerzo de la innovación.

En suma, la revisión de la literatura mostró la complejidad de la relación entre innovación y productividad, la cual involucra pasos intermedios que un modelo econométrico de una sola ecuación no puede capturar. Como señalamos en el artículo: “El efecto de la innovación en la productividad depende de las características del esfuerzo de innovación por parte de las empresas y del impacto que los nuevos procesos y/o diseños tienen en la productividad laboral”.

3. Estrategia empírica para contestar la pregunta de investigación (adecuación o no del método utilizado)

Para elegir una metodología, el investigador debe revisar los distintos enfoques metodológicos para analizar sus limitaciones y ventajas, y justificar la metodología elegida. En este caso, algunas metodologías no se adaptaban a nuestras preguntas; por ejemplo, los modelos econométricos de una ecuación no aportaban resultados contundentes porque no permitían examinar secuencialmente el proceso de innovación y su influencia en la productividad. Por tanto, era necesario buscar una metodología que de manera recursiva permitiera partir del esfuerzo de innovación, de la creación de nuevos procesos y productos, y de su relación con el incremento de la productividad. Encontramos que el modelo propuesto por Crepon, Duget y Mairesse (1998), conocido como CDM, se acercaba a nuestros objetivos. Este modelo tiene una estructura integrada por las tres etapas arriba mencionadas: a) la naturaleza de la innovación, b) el impacto de la ID en la innovación, y c) el esfuerzo de la innovación y la productividad. Esta secuencia se expresa en cuatro ecuaciones: (1) la decisión de la empresa para participar en inversiones en ID; (2) la

intensidad con la que la empresa se compromete a innovar; es decir, las inversiones en ID; (3) la función de producción de conocimiento que vincula la intensidad de ID con la innovación; y (4) la función de producción en la que la innovación es un insumo (Griffith, Huergo, Mairesse y Peters, 2006).

Para proponer la especificación del modelo que pretendíamos estimar fue necesario asegurarnos de contar con una base de datos adecuada y, posteriormente, adaptar el modelo CDM a esta información planteando las ecuaciones a estimar con las hipótesis de los signos esperados.

3.1 La selección de una base de datos adecuada

Tener una base de datos adecuada en el análisis industrial presenta muchos desafíos: puede haber incompatibilidades, falta de actualización, ausencia de algunas variables necesarias para nuestro análisis o imposibilidad de trabajar en el nivel de desagregación deseado. Esto no fue una excepción en esta investigación. Al momento de efectuar el trabajo se contaba con varias bases industriales: Censo Económico, la ENESTYC 2005 y la encuesta industrial anual, y la encuesta de innovación del CONACYT, entre otras. Estas bases cuentan con variables comunes, pero algunas aparecen sólo en una de ellas. Esto generó algunos problemas para contar con la base que incluyera todas las variables necesarias de las distintas fuentes; por ejemplo, de la EIA, las actividades económicas de los establecimientos manufactureros, ingresos, gastos, personal ocupado e inversión en acervos físicos y remuneraciones; de la ENESTYC, información de la organización de la producción y de las actividades de innovación; y del Censo Industrial, la información de las marcas y las patentes que se preguntó por única vez en el Censo de 2005. Finalmente, como opción de último recurso, acudimos a INEGI para construir un panel con la información de las tres fuentes en los años 2004, 2005 y 2006 a nivel de establecimiento. Es necesario señalar que acceder a microdatos toma mucho tiempo: a nosotras nos tomó más de 6 meses tener la base; por ello no es recomendable para tesis de licenciatura o maestría. En estos casos, el nivel de subsector o sector es aconsejable.

3.2 Especificación del modelo

De acuerdo al marco teórico y al modelo elegido en este trabajo, se decidió estimar un modelo de cuatro ecuaciones —como el de Crepon, Duget, y Mairesse (1998): CDM— que se organizaron en dos niveles: el primero analiza la naturaleza del esfuerzo de innovación y sus determinantes, y el segundo se refiere a los determinantes de la productividad.

Primer nivel de la estimación

Este nivel está integrado por dos ecuaciones: la propensión a innovar (*dtec*) y el esfuerzo de innovación (*letec*), que propusimos estimar con un modelo de Heckman (1979).

Ecuación 1: la propensión a innovar

$$dtec = \beta_0 + \beta_1 \text{exportaciones} + \beta_2 \text{tamaño} + \beta_3 \text{Mercado} + \beta_3 \text{Industrias innovadoras} + \varepsilon_{1,iy} \quad (1)$$

En donde:

- 1) La variable dependiente (*dtec*) es binaria; es igual a uno (1) cuando el establecimiento invierte en tecnología, y a cero (0) en caso contrario.
- 2) Exportaciones: se refiere al porcentaje de las exportaciones en las ventas totales del establecimiento. Con esta variable se pretende estimar el efecto positivo que se espera de las exportaciones en la innovación como resultado de la competencia y el aprendizaje de las empresas.
- 3) Tamaño: es una variable binaria con uno (1) para las empresas grandes de más de 500 empleados. En la literatura se señala la existencia de una relación positiva entre el tamaño y la innovación (Benavente, 2006; Tacsir, Crespi, Zuñiga, Arias, y Vargas, 2012). Aunque en algunos casos la relación puede no ser lineal (Kamien y Schwartz, 1975).
- 4) Mercado: es la participación del establecimiento en su rama de actividad industrial. Se toma como variable proxy del éxito de la innovación; considerando que el éxito de la empresa, fruto de la innovación, le asegura una mayor participación en el mercado, ya sea por el acceso a nuevos nichos del mercado o por la incorporación de nuevos clientes (Therrien y Hanel, 2005). En tal sentido se espera una relación positiva asociada a la decisión de invertir en innovación.

- 5) Industrias innovadoras: es una variable ficticia (*dummy*) para las divisiones industriales que identificamos como “innovadoras”; es decir, aquellas con un gasto en tecnología mayor al promedio industrial (industria química, metalmecánica y otras).

Ecuación 2: determinantes del esfuerzo de innovación

$$\text{leteci}_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{publicidad} + \alpha_2 \text{patentes y marcas} + \alpha_3 \text{inversión extranjera directa} + \alpha_4 \text{exportaciones} + \alpha_5 \text{mercado} + \alpha_6 \text{cooperación} + \alpha_7 \text{transferencia de tecnología} + \alpha_8 \text{acceso al crédito} + \alpha_9 \text{dummy2004} + \alpha_{10} \text{dummy2005} + \varepsilon_{2,iy} \quad (2)$$

Una forma alternativa de presentación de las variables y sus hipótesis podría ser la siguiente:

Variable dependiente	
Letec Gasto en tecnología en logaritmos.	En esta variable están consignados todos aquellos gastos que integran los esfuerzos de innovación de las empresas. Podrían incluso estar considerados los gastos de ID que las empresas no reportan como tales.
Variables independientes	Hipótesis
Publicidad Logaritmo de los gastos efectuados por la empresa en publicidad.	Se espera un efecto positivo en la innovación debido a los esfuerzos de las empresas para ganar clientes y aumentar su participación en el mercado.
Patentes y marcas Variable binaria igual a uno (1) si el establecimiento tiene derechos de propiedad intelectual —debido a sus registros de una marca—, si tiene registrada una patente o ambos casos.	Esta variable nos permite analizar la importancia que tienen las actividades relacionadas con la apropiabilidad de la innovación.
Inversión extranjera directa Variable binaria igual a uno (1) cuando el establecimiento cuenta con una participación de la inversión extranjera en su capital de más del 25%, y a cero (0) en caso contrario.	Esperamos encontrar un efecto positivo en la innovación como resultado de los recursos con los que cuenta la ID, aunque algunos autores no confirman esta hipótesis (Dussel).

Exportaciones Porcentaje de las exportaciones en las ventas del establecimiento.	Esperamos un efecto positivo en el gasto en tecnología.
Mercado Participación de la producción del establecimiento en el producto total de la rama industrial a la que pertenece.	Puede considerarse como una aproximación al éxito de la innovación del establecimiento y, por tanto, el signo esperado es positivo.
Cooperación Variable binaria igual a uno (1) para los establecimientos que pertenecen a corporativos.	Bajo el supuesto de que la información y cooperación es habitual en esta forma de organización e incide de manera positiva en la innovación.
Transferencia de tecnología Variable binaria igual a uno (1) para los establecimientos que recibieron transferencia de tecnología.	Debido a que se vincula al efecto de aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas, esperamos que reditúe positivamente en los rendimientos de la inversión en ID.
Acceso al financiamiento de las empresas Variable binaria igual a uno (1) para los establecimientos con acceso al crédito.	Las empresas que tienen acceso al crédito probablemente tienen recursos para incidir positivamente en la innovación.
Año 2004 Variable ficticia (<i>dummy</i>) con uno (1) para el año 2004.	
Año 2005 Variable ficticia (<i>dummy</i>) con uno (1) para el año 2005.	

Segundo nivel de la estimación

Este nivel, al igual que el primero, consta de dos ecuaciones que se estiman simultáneamente: la función de producción del conocimiento (*procdes*) y la de los determinantes de la productividad con la metodología de modelos con tratamiento a los efectos endógenos (*endogenous treatment effects models*), (Heckman, 1979; Heckman, 1978; Cameron, 2005; Wooldridge, 2009).

Ecuación 3: función de la producción del conocimiento

$$\text{procdes}_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 \text{ietec}_{i,t} + \gamma_2 \lambda_{i,t} + \gamma_3 \text{exportaciones}_{i,t} + \gamma_4 \text{tamaño}_{i,t} + \gamma_5 \text{transferencia de tecnología}_{i,t} + \gamma_6 \text{industrias innovadoras}_{i,t} + \gamma_7 \text{inversión extranjera directa}_{i,t} + \eta_{i,t} \quad (3)$$

En donde:

- 1) Procdes, proceso y diseño: es la variable dependiente binaria con uno (1) para las empresas con cambios en sus procesos de producción o diseño. No estamos considerando a las patentes como variable dependiente en razón de que éstas aún son marginales, lo que está asociado a una escasa cultura de protección intelectual. El éxito de los esfuerzos de innovación de las empresas se registra más bien en los nuevos procesos y diseños que se reportan en las encuestas.
- 2) ietec: es el nivel estimado de los gastos en innovación en las dos ecuaciones anteriores para todas las empresas.
- 3) λ : es la inversa de Mills que permite corregir posibles sesgos de selección.
- 4) Tamaño del establecimiento: es una variable *dummy* con uno (1) para las empresas pequeñas, dos (2) para las medianas y tres (3) para las grandes.
- 5) Acceso a la tecnología
- 6) Industrias innovadoras
- 7) Inversión extranjera directa

Ecuación 4: determinantes de la productividad

$$\ln p_{i,t} = \Phi_0 + \Phi_1 \text{ insumo de la innovación}_{i,t} + \Phi_2 \text{ remuneraciones por persona}_{i,t} + \Phi_3 \text{ capital por persona}_{i,t} + \Phi_4 \text{ mercado}_{i,t} + \Phi_5 \text{ inversión extranjera directa}_{i,t} + \Phi_6 \text{ reingeniería}_{i,t} + \Phi_7 \text{ calidad total}_{i,t} + u_{i,t} \quad (4)$$

Donde:

- 1) $\ln p$: es la productividad laboral en logaritmos.
- 2) Predicción del insumo de la innovación proveniente de la función del conocimiento.
- 3) Acervo de capital fijo: es una variable tradicional utilizada en las funciones de tipo Cobb Douglas que, al igual que el trabajo, contribuye al incremento de la productividad.
- 4) Remuneraciones por persona: esta variable es considerada una aproximación al capital humano. En ausencia de información detallada de la calidad y cantidad del capital humano, se ha considerado conveniente utilizar a las remuneraciones como

un indicador de la calidad del capital humano. A mayor competencia y habilidades del personal, se tendrá una mejor remuneración (Mulligan y Sala-i-Martin, 1995,¹ Laroche y Mirelle, 2000).

- 5) Reingeniería: es una variable que se refiere a la capacidad de absorción del conocimiento y que puede dar lugar a mejoras en la productividad laboral. Es una variable binaria con uno (1) para los establecimientos que realizaron cambios en sus procesos productivos.
- 6) Calidad total: es una variable binaria con uno (1) para los establecimientos que cuentan con sistemas de control de calidad en sus procesos productivos y que por ello demandan mano de obra calificada.
- 7) Mercado: es la participación de la producción del establecimiento en el producto total de la rama industrial a la que pertenece.
- 8) Inversión extranjera directa: es una variable binaria igual a uno (1) cuando el establecimiento cuenta con una participación de la inversión extranjera en su capital de más del 25%, y a cero (0) en caso contrario.

4. Presentación de los resultados

Como gran parte de nuestras variables eran binarias, presentamos para ellas la distribución de cada una de las variables, y para las continuas, los promedios como se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los establecimientos

	Establecimientos					
	Total		Innovadores		No innovadores	
	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
Tamaño	2078	100	349	100	1729	100
50 a 101	309	15	51	15	258	15
102 a 250	942	45	90	26	852	49

¹ Mulligan y Sala-i-Martin (1995) definen al capital humano agregado como la suma de habilidades ajustada a la fuerza laboral individual y presentan el *stock* de capital utilizando los ingresos individuales.

251 a 500	464	22	101	29	363	21
Más de 501	363	18	107	31	256	15
Inversión extranjera directa	500	24	164	47	336	19
Patentes y marcas	779	37	188	54	591	34
Corporativo	285	14	85	24	200	12
T. Tecnológica	160	8	57	16	103	6
Acceso al crédito	1703	82	276	79	1427	83
Gasto en innovación	349	17				
Proceso y diseño	1127	54	218	63	909	53
Reingeniería	734	35	129	37	605	35
Calidad total	1185	57	194	56	991	57
Promedio periodo						
Ventas exportación/ V. totales	6234	14.5	1047	19	5187	13
Error estándar		25.87		26.74		25.6
Mercado	6234	5.5	1047	7.3	5187	4.9
Error estándar		10.51		12.85		9.91
Publicidad por persona	6234	25.6	1047	145	5187	2
Error estándar		1191.9		2949		19
Remuneraciones por persona	6234	27.4	1047	36.8	5187	25.5
Error estándar		32.8		60.6		23
Capital fijo por persona	6234	525.2	1047	840.0	5187	461.8
Error estándar		4063.8		7677.3		2819
Productividad laboral		300		1103		144
Error estándar		7119		17399		1198

Fuente: elaboración propia con base en EIA (2004, 2005 y 2006), ENESTYC (2005) y Censo Industrial (2005).

Estimar los modelos arriba indicados fue complicado porque en varias ocasiones se modificó la especificación, quitan

4.1 do o poniendo variables y usando logaritmos. Es importante que el investigador no se desespere y sea cuidadoso en el manejo de la base de datos.

A continuación presentamos los resultados del modelo CDM diferenciando el primer nivel de la estimación del segundo Primer nivel

Ecuación 1: propensión a innovar

	Coef.	Error estándar	P value
% de exportaciones en las ventas totales	0.001	0.001	0.23
Industrias innovadoras	0.275	0.045	0.00

Empresas grandes con más de 500 empleados	0.436	0.054	0.00
% de participación del establecimiento en su industria	0.006	0.002	0.00
Año	0.000	0.025	0.880
Constante	-1.269	0.129	0.000

Ecuación 2: los determinantes del esfuerzo de innovación

	Coef.	Error estándar	P value
Publicidad	0.085	0.020	0.000
% de exportaciones en las ventas totales	-0.004	0.003	0.163
% de participación del establecimiento en su industria	0.017	0.006	0.003
Patentes y marcas	0.515	0.115	0.000
Inversión extranjera directa	0.924	0.130	0.000
Cooperación	-0.045	0.129	0.729
Transferencia de tecnología	0.757	0.150	0.000
Acceso al crédito	0.347	0.148	0.019
Año 2004	0.028	0.162	0.86
Año 2005	0.063	0.141	0.44
Constante	8.143	0.604	0.000

Wald test of indep. eqns. (rho = 0): chi2(1) = 70.33 Prob > chi2 = 0.0000

4.2 Segundo nivel

Ecuación 3: la función de la producción del conocimiento

	Coef.	Error estándar	P value
Predicción del esfuerzo de innovación	0.365	0.036	0.0
Inversa de la razón de Mills	-0.024	0.179	0.89
% de las exportaciones en las ventas	0.003	0.030	0.0
Tamaño	0.141	0.001	0.0
Acceso a la tecnología	0.206	0.117	0.0
Industrias innovadoras	0.069	0.050	0.17
Inversión extranjera directa	-0.341	0.059	0.0
Constante	-3.758	0.524	0.0

Ecuación 4: Los determinantes de la productividad

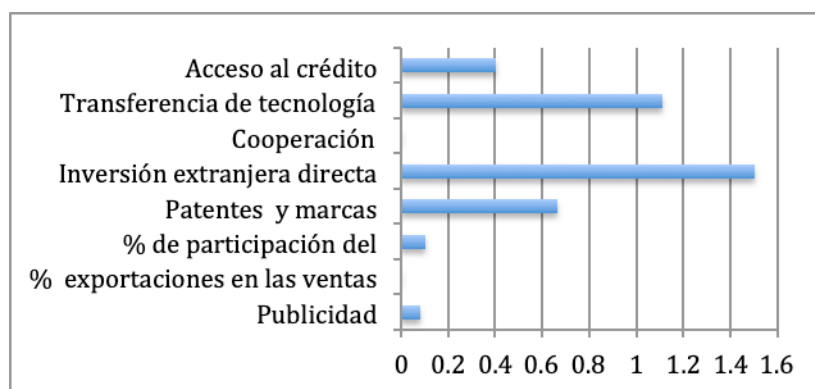
	Coef.	Error estándar	P value
Remuneraciones por persona	0.564	0.091	0.00
Capital fijo por persona	0.356	0.046	0.00
Mercado	0.026	0.002	0.00

Inversión extranjera directa	0.002	0.001	0.00
Razón inversa de Mills	-0.065	0.092	0.48
Reingeniería	-0.034	0.031	0.28
Control de la calidad total	0.106	0.030	0.00
		0.090	
Predicción del insumo de la innovación	1.248		0.00
Predicción del esfuerzo de innovación	0.139	0.031	0.00
Constante	1.749	0.320	0.00

Si bien es necesario analizar los errores estándar y los P value para determinar hasta qué punto los coeficientes de las variables son estadísticamente significativos, no es suficiente. También debemos analizar si los signos de los coeficientes fueron los esperados, si fue comparada la magnitud de los coeficientes, de ser posible con otras investigaciones, y el efecto que tienen las variables independientes en la dependiente, calculando sus elasticidades.

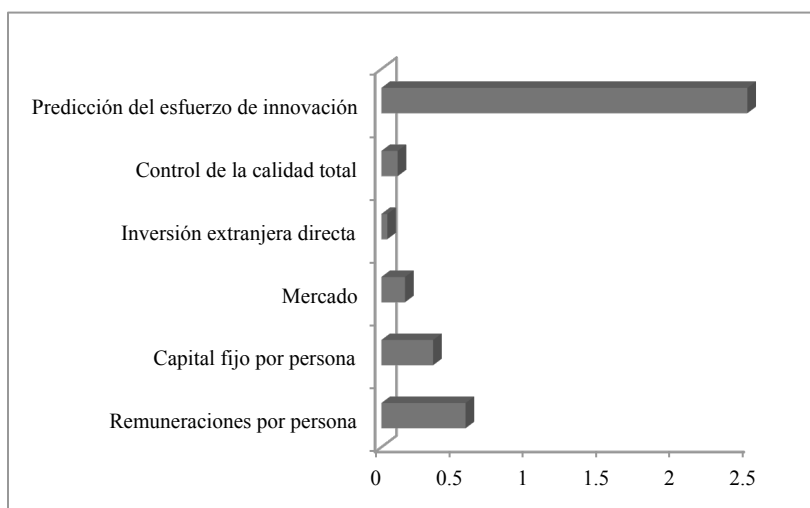
En este trabajo los coeficientes estimados del modelo CDM eran difíciles de interpretar en todas las ecuaciones porque en ambos niveles estimamos ecuaciones de selección en las cuales la variable dependiente era binaria, y por ello sólo interpretamos el signo esperado de los coeficientes. Fue posible calcular los efectos marginales y las elasticidades de las ecuaciones sólo en las de la propensión a innovar y los determinantes de la productividad. En éstas, la variable dependiente es continua y la estimación se realiza con el método de mínimos cuadrados ordinarios (gráficas 1 y 2).

Gráfica 1. Elasticidades de las variables de la ecuación de los determinantes de la innovación



Otra manera de presentar las elasticidades es calcular, por ejemplo, un 10% de aumento en las variables independientes.

Gráfica 2. Variación de la productividad laboral frente a un incremento de 10% de cada variable



Una vez calculados los efectos marginales o las elasticidades, el siguiente paso es reflexionar sobre las hipótesis planteadas para cada una de las variables. Por ejemplo, el cálculo de las elasticidades de la última ecuación permitió corroborar el impacto positivo del insumo de la innovación en la productividad laboral; esto se calculó con dos coeficientes: el asociado con la predicción del insumo de la innovación —calculado en la función de producción del conocimiento— y el asociado al esfuerzo de innovación —calculado en la segunda ecuación—. Así, fue posible afirmar que las empresas que innovan tienen un nivel de productividad que es 1.3 veces más alto que las empresas que no innovan. De acuerdo con el coeficiente del esfuerzo de innovación y un aumento del 10% en este esfuerzo, hay un incremento del 2.4% en la productividad del trabajo.

Posteriormente, se comparan los resultados con los de otras investigaciones, si es posible, para cada variable involucrada.

En esta investigación, si bien había consenso sobre el signo positivo del coeficiente asociado al esfuerzo de la innovación en la función de la productividad, no lo había en relación a su magnitud. En comparación a otros estudios de países latinoamericanos, cuyo

coeficiente va de 0.1 a 1.92 (Cassoni y Ramada, 2010; Crespi y Zúñiga, 2012), nuestra investigación de México reveló que el coeficiente estimado era de 0.14.²

Procedimos en la misma forma para las demás variables; por ejemplo, la elasticidad del capital físico de 0.35 en la industria manufacturera mexicana era menor en comparación a la elasticidad de 0.7 en el caso de Chile (Benavente, 2006).

5. Conclusiones

Para redactar las conclusiones seguimos la norma de reiterar los hallazgos de la investigación, mencionar sus limitaciones y las futuras líneas de investigación.

Este trabajo muestra que para analizar el efecto de la innovación en la productividad es necesario tomar en consideración todo el proceso: el esfuerzo en la innovación, que puede resultar exitoso o no, la invención y su capacidad de apropiación, la introducción de la innovación en los procesos de producción y/o en los mercados mediante nuevos diseños (productos), y finalmente, sus efectos en la productividad.

Nuestros resultados confirman la hipótesis en el sentido de que las empresas mexicanas con mayor propensión a innovar son las grandes y las que tienen apropiabilidad de sus invenciones, pero no las que exportan ni según por su participación en el mercado.

En la decisión de las empresas para ejercer gastos en la innovación tienen un impacto positivo el acceso al crédito, la transferencia de tecnología, los recursos de la inversión extranjera y la apropiabilidad del conocimiento. En cambio, no fueron relevantes la cooperación entre empresas, el tamaño del establecimiento y las exportaciones. Estos resultados señalan la necesidad de una política industrial que contribuya a eliminar los obstáculos que enfrentan las empresas para acceder al crédito o a la transferencia tecnológica. También ponen de relieve la pertinencia de contar con un sistema de protección intelectual fuerte que asegure a los empresarios el retorno de sus inversiones en innovación. La evidencia muestra, además, la falta de cooperación entre las empresas. En tal sentido, se requiere fomentar una cultura de cooperación entre las empresas, y de éstas con las universidades y centros de desarrollo. En resumen, se advierte la necesidad de un

² Para los Estados Unidos la elasticidad calculada por Griliches (1984) es de 0.1. Mediante el uso de una definición de I + D más amplia en otros estudios de caso, el rango del coeficiente va de 0.10 a 0.25 (Hall, Mairesse y Mohnen, 2010).

entorno favorable micro y meso, que incentive los esfuerzos de innovación.

En la función del conocimiento se encontró que el esfuerzo en innovación — estimado a partir de las dos primeras ecuaciones del modelo—, conjuntamente con las exportaciones y el tamaño de los establecimientos, determinó la innovación registrada en nuevos procesos y/o diseños. Contrariamente a lo esperado, se identificó que las empresas nacionales tienen mayor innovación en producto y/o diseño que las extranjeras.

De lo anterior se desprende la pertinencia ineludible de una política industrial que reconozca las disparidades de capacidades tecnológicas y la relación compleja entre las empresas nacionales y extranjeras, y propicie una mayor inserción de las locales en los encadenamientos industriales. En la medida en que las empresas nacionales destinen mayores esfuerzos a la innovación y sean capaces de absorber la tecnología externa y de frontera, se tendrán efectos positivos en la innovación y, en consecuencia, en la productividad laboral.

Finalmente, se corrobora la hipótesis de que el insumo de la innovación y el capital humano tienen un impacto sustantivo en la productividad laboral. Las variables *calidad total* y *reingeniería*, que fueron consideradas en la función de productividad, no resultaron significativas. Una explicación posible es el hecho de que estas variables corresponden a rutinas que han sido incorporadas en industrias maduras y que no se asocian necesariamente con la innovación. No fue posible apreciar el efecto de la diferencia entre industrias porque la variable de control entre industrias innovadoras y no innovadoras no resultó significativa.

Entre las limitaciones de esta investigación estuvo la de no contar con una encuesta de innovación a nivel de establecimiento que incluyera variables como *investigación y desarrollo*, *cooperación entre empresas y universidades*, y *apoyo y/o subsidios públicos hacia las empresas*. Otra limitante fue la de no disponer de información de un periodo más largo y reciente.

El uso de variables proxy puede repercutir en las estimaciones, en la magnitud y en los signos de los coeficientes en las distintas ecuaciones. El hecho de que los países no tengan información homogénea dificulta las comparaciones entre ellos. Por tanto, se hace indispensable construir encuestas homogéneas que incluyan variables que den cuenta de los esfuerzos de innovación y productividad. Este es un reto para desarrollar en futuras

investigaciones.

6. Referencias

- Basberg, B. 1987. "Patents and the Measurement of Technological Change: A Survey of the Literature" *Research Policy*.
- Ben-Zion, U. 1984. "The R&D and Investment Decision and its relationship to the firms' market value: some preliminary results". En: (Editor), Z. G. (ed.) *R&D, Patents and Productivity*. Chicago: National Bureau of Economic Research, The University of Chicago Press.
- Benavente, J. M. T. 2006. The role of research and innovation in promoting productivity in Chile. *Economics of Innovation and New Technology*, 15, 301–315.
- Boyer, R. Y. M. D. 1998. *Innovation et croissance*. Paris, Conseil d'Analyse économique, La documentation Française.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. 2005. *Microeconometrics: Methods and Applications*, New York, Cambridge University Press.
- Cassoni Adriana, Y. M. R. 2010. Innovation, R&D, Investment and Productivity: Uruguayan Manufacturing Firms. *IDB Working Paper Series*. Inter-American Development Bank: Department of Research and Chief Economist.
- Crepon B., D., E. y J. Mairesse 1998. Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology*.
- Crepon Bruno, D. E., Jacques Mairessec 1998. Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7, 115-158.
- Crespi Gustavo, Y. P. Z. 2012. Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries. *World Development*, 40, 273–290.
- Dosi, G. 1988. The Nature of the Innovative Process. En: Dosi, G. E. A. (ed.) *Technical Change and Economic Theory*. Londres y Nueva York: Pinter Publishers.
- Freeman, C. 1982. Recent development in Science and Technology Indicators: a review. *SPRU, Universidad de Sussex, documento de trabajo*.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J. y B. Peters. 2006. Innovation and productivity across four European countries. *Oxford Review of Economic Policy*.
- Hall, B. H., J. Mairesse and P. Mohnen 2010. Measuring the Returns to R&D. En: In Hall, B. H. a. N. R. (ed.) *Handbook of Economics of Innovation*. Amsterdam and New York: Elsevier.
- Hall, B. H. Y. J. M. 2011. Empirical Studies of Innovation in the Knowledge-driven Economy. *Economics of Innovation and New Technology*.

- Heckman, J. 1978. Dummy endogenous variables in a simultaneous equation system. *Econometrica*, 46, 931–959.
- Heckman, J. 1979. Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47, 153–61.
- Hurmelinna, P. Y. K. P. 2005. Dynamics of industry and innovation: organizations, networks and systems. *Documento presentado en la Conferencia DRUID Dynamics of Industry and Innovation: Organizations, Networks and Systems*. Copenhagen.
- Janz, N., Löf, H. y B. Peters 2004. Innovation and Productivity in German and Swedish Manufacturing Firms: Is there a Common Story? *Problems & perspectives in management*.
- Kamien, M. I. Y. N. L. S. 1975. Market Structure and Innovation: A Survey. *Journal of Economic Literature*, núm. 13, pp. 1-37.
- Laroche, M. Y. M. M. 2000. Measuring Human Capital in Canada. Disponible en: www.fin.gc.ca/pub/pdfs/wp2000-0Se.pdf.
- Loof Hans, Y. a. H. 2006. On the Relationship Between Innovation and Performance: a Sensitivity Analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, 15, 317–344.
- Lundvall, B. Å. 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter.
- Mairesse, J. Y. S. R. 2009. Innovation and productivity: a firm-level analysis for French Manufacturing and Services using CIS3 and CIS4 data (1998-2000 and 2002-2004). Paris: CREST-ENSAE.
- Mulligan, C. B. Y. X. S.-I.-M. 1995. A labour –income- based measure of the value of Human Capital: an application to the States of United States. En: Research, N. B. O. E. (ed.). Washnigton.
- Nelson, R. R. 1990. Capitalism as an engine of progress. *Research Policy*.
- Pakes Ariel, Y. Z. G. 1984. Patents and R&D at the Firm Level: A First Look. En: Zvi Griliches, E. (ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Polder, M. V. L. G., Mohnen Pierre y Wladimir Raymond 2010. Productivity effects of innovation modes. En: Netherlands, S. (ed.). The Hague/Heerlen.
- Raffo, J., Lhuillery, S. y L. Miotti. 2008. Northern and southern innovativity: a comparison across European and Latin American countries. *The European Journal of Development Research*.
- Schmookler, J. 1962. Economic sources of inventive activity. *The Journal of Economic History*, 22, 1-20.
- Solow, R. 1957. Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39, 312-320.
- Tacsir, E., Crespi, G. Zúñiga, P., Arias Ortiz, P. E. y F. Vargas. 2012. *Innovation for economic performance: the case of Latin American and Caribbean firms*, Washington, Inter-American Development Bank. Competitiveness and Innovation Division.

- Therrien Pierre, Y. P. H. 2005. Innovation and Productivity: Summary Results for Canadian Manufacturing Establishments. Disponible: <http://www.csls.ca/ipm/ipm22.asp>.
- Therrien, P. Y. P. H. 2005. Innovation and Productivity: Summary Results for Canadian Manufacturing Establishments. *International Productivity Monitor*.
- Van Leeuwen George, Y. L. K. 2006. On the contribution of innovation to multi-factor productivity growth. *Economics of Innovation and New Technology*, 15, 367–390.
- Weinstein, O. 1988. Production et circulation des connaissances scientifiques et technologiques : la recherche-développement comme activité économique spécifique. En: (Editor), F. M. (ed.) *La production des services et sa géographie, Cahiers Lillois d'Économie et de Sociologie*.
- Weinstein, O. 1992. La R&D et théorie de la firme. *Economie appliquée*, vol. 45, pp. 79-104.
- Wooldridge, J. M. 2009. *Introductory Economics: A Modern Approach*, South- Western: Cengage-Learning .

