

# GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA MEXICANA\*

René Cabral

Franco Jair González

*Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey*

*Resumen:* Se estudian los efectos del gasto en investigación y desarrollo (I+D) sobre la productividad de 17 subsectores manufactureros mexicanos, durante el periodo 1994-2007. Con base en datos panel se encuentran resultados interesantes. Primero, estimaciones bajo mínimos cuadrados ordinarios muestran fuerte vinculación entre el gasto en I+D y productividad. Segundo, luego de controlar por la heterogeneidad de las industrias y por problemas de endogeneidad no es posible encontrar tal evidencia. Tercero, la partición de la muestra de acuerdo con la intensidad en el uso de I+D muestra efectos negativos del gasto en innovación sobre productividad para aquellas industrias con mayor utilización de este recurso.

*Abstract:* We study the effects of R&D on productivity across a sample of 17 Mexican manufacturing sectors from 1994 to 2007. Employing panel data methods we find some interesting results. First, ordinary least squares estimates suggest a strong link between R&D expenditure and productivity. Second, after controlling for heterogeneity and endogeneity problems such evidence disappears. Third, partitioning our sample according to R&D intensity criteria, we even observe negative effects on productivity from those industries that employ that resource more intensively.

*Clasificación JEL/JEL Classification:* J23, J24, L60, 047

*Palabras clave/keywords:* productividad, gasto en I+D, industria manufacturera mexicana, datos de panel, productivity, R&D expenditure, manufacturing industry, Mexico, panel data.

*Fecha de recepción:* 27 III 2012

*Fecha de aceptación:* 23 X 2013

---

\* rcabral@itesm.mx franco.jair.gq@gmail.com

## 1. Introducción

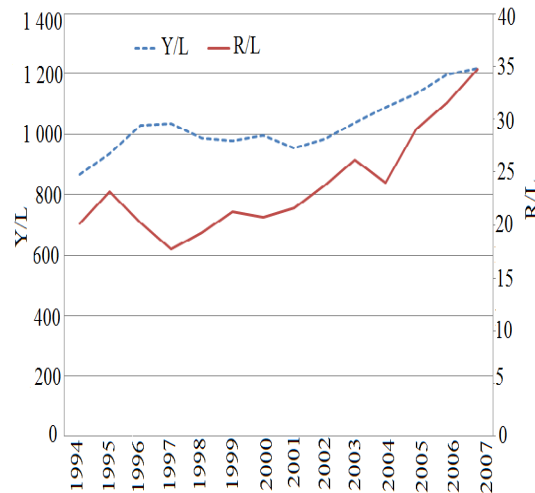
A lo largo de las últimas tres décadas la industria manufacturera mexicana ha vivido un proceso de constante transformación, marcado fuertemente por una creciente apertura y competencia. El proceso ha tenido lugar, primero, a través del abandono del modelo de sustitución de importaciones que inició con la incorporación de México a la Organización Mundial de Comercio, OMC, en aquel entonces Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT por sus siglas en inglés), a mediados de la década de los ochenta, y después, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, TLCAN. A partir de entonces la nueva era de apertura en la economía mexicana trajo, sin duda, importantes retos asociados a una fuerte competencia con empresas extranjeras, pero también importantes beneficios vinculados a la recepción de inversión extranjera directa y la exposición a nuevos sistemas, tendencias y prácticas de producción.

Dentro de este nuevo ámbito de competencia, particularmente a partir de la entrada en vigor del TLCAN en 1994, la industria manufacturera mexicana se ha visto expuesta a modelos de producción con mayor valor agregado y, por ende, con mayor tecnificación e innovación en el desarrollo de productos. Presumiblemente, esta vinculación con el exterior ha traído consigo mejoras importantes en la productividad industrial a través de canales tan simples como la incorporación de insumos importados (para el caso de México véase, por ejemplo, Cabral y Mollick (2011), Montes y Santamaría (2007) y Meza y Mora (2005), entre otros) o tan directos como la inversión extranjera (por ejemplo, Khawar (2003) documenta evidencia para México, Aitken y Harrison (1999) para Venezuela y Javorcik (2004) para Colombia), pero posiblemente, también, a través de canales más elaborados como pueden ser los propios esfuerzos de la industria vinculados a su gasto en investigación y desarrollo (I+D) como medio para generar innovación e incrementar su productividad.

Sin duda, el impulso del sector público y privado a la innovación se justifica únicamente si la inversión realizada se manifiesta claramente en una mejora en la productividad. Este artículo explora los posibles efectos del gasto en I+D sobre la productividad de la industria manufacturera mexicana en la era post-NAFTA, con base en información para 17 subsectores de la industria manufacturera durante el periodo 1994-2007. La gráfica 1 muestra la evolución promedio del gasto en I+D y la productividad para los 17 subsectores de la industria manufacturera analizados en el estudio. Como se puede observar, para el periodo en cuestión existe una tendencia ascendente en la evolución de ambas variables. Sin embargo, esto no implica

que necesariamente guarden una relación positiva directa. Nuestro trabajo propone analizar esta relación a la luz de otras variables de control que influyen en la productividad, tales como la intensidad capital-trabajo, la aportación de otros insumos intermedios y el gasto en energía.

**Gráfica 1**  
*Producción y gasto en investigación y desarrollo*  
*(per cápita)*

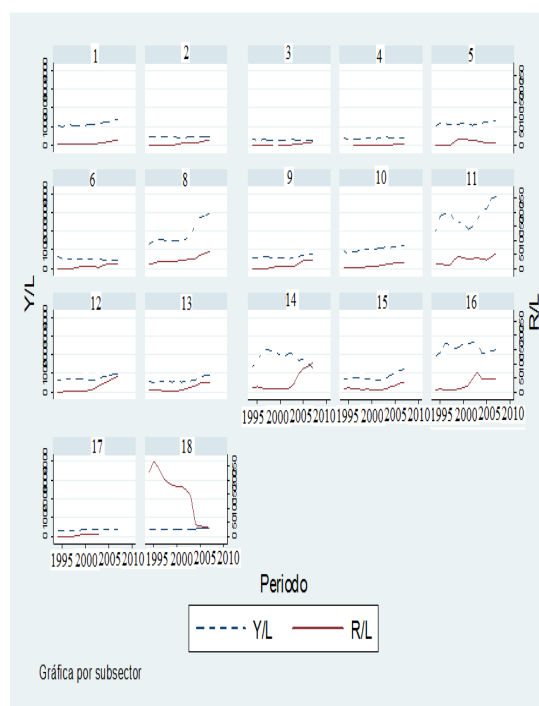


Si bien al ver la gráfica 1 es fácil distinguir una relación positiva entre la productividad y el gasto en I+D, en la gráfica 2 al delinear ambas variables a nivel subsector el vínculo entre ellas es menos concluyente. Al observar el comportamiento de las dos variables a través de cada uno de los 17 subsectores es posible, incluso, distinguir algunos casos en donde la relación es inversa a la esperada. Ejemplo de ello son los subsectores 14 y 18.

De acuerdo con Syverson (2011) la mayor parte de los estudios de la relación entre I+D y productividad siguen uno de dos posibles enfoques. El primer enfoque consiste en calcular la productividad total de factores (PTF) o residual de Solow, para luego explorar la influencia del gasto en I+D sobre esta medida de productividad. Ejemplos

de dicho enfoque son los trabajos de Cameron, Proudman y Redding (2005) para el Reino Unido, Schiff y Wang (2003) para México y Madsen (2007) para una muestra de países de la OCDE, entre otros. El segundo enfoque involucra la descomposición de una función de producción que incluye entre sus determinantes el gasto en I+D. El presente estudio hace uso del segundo enfoque y toma como base la caracterización propuesta por Hall y Mairesse (1995) para explorar el efecto del gasto en I+D en la industria manufacturera francesa.<sup>1</sup>

**Gráfica 2**  
*Productividad y gasto en I+D a nivel sub-sectorial*  
*(1994-2007)*



<sup>1</sup> Otros autores que han utilizado recientemente este enfoque son, entre otros, Carew y Florkowski (2010), Ortega *et al.* (2010) y Potters, Ortega y Vivarelli (2011). Adicionalmente, un artículo reciente que resume y compara la literatura bajo ambos enfoques es el de Wisser (2005).

El presente artículo aporta, al menos, dos aspectos relevantes a la literatura existente que explora la relación entre gasto en I+D y productividad. En primer lugar, es uno de los pocos artículos que revisa esta relación en una economía en desarrollo. Debido a la disponibilidad de información la mayor parte de los estudios existentes enfocan sus esfuerzos a explorar dicha relación para o entre economías desarrolladas. Si bien este no es el único estudio que revisa el vínculo para el caso de una economía no industrializada es, hasta donde sabemos, el primero que explora la relación para el caso de México que controla de manera directa por el gasto privado que realiza la industria manufacturera en I+D. Un artículo de naturaleza cercana al nuestro es el de Schiff y Wang (2003), en el cual se analiza el efecto sobre la productividad del gasto en I+D foráneo que llega a México a través de las importaciones de bienes intermedios. Sin embargo, a diferencia del presente estudio, ellos desestiman por completo el efecto de la I+D doméstica al argumentar la ausencia de información y el hecho de que la mayor parte de la I+D es realizada por economías industrializadas.

El segundo aporte de este artículo a la literatura es la ampliación del modelo propuesto por Hall y Mairesse (1995) para considerar dos insumos adicionales que, junto con el gasto en I+D, contribuyen a la producción y, por ende, a la productividad manufacturera: las materias primas intermedias y el gasto en energía. Como sugiere Syverson (2011), el no controlar por el efecto de insumos intermedios conlleva a contabilizarlos como parte de la productividad. En este sentido, dada la disponibilidad de datos en nuestras fuentes de información, es posible refinar las estimaciones y vislumbrar el verdadero efecto del gasto en I+D sobre la productividad al controlar *ex-ante*, no sólo por el efecto de los insumos intermedios sino también por el del gasto en energía.

Con la utilización de diferentes técnicas de datos panel nuestros resultados dan cuenta de un nulo, y en el mejor de los casos, incipiente vínculo entre el gasto en I+D y la productividad de la industria manufacturera mexicana. Inicialmente, las estimaciones de nuestro modelo bajo mínimos cuadrados ordinarios (MCO) muestran un vínculo fuerte entre el gasto en I+D y la productividad industrial. No obstante, luego de controlar por la heterogeneidad de las industrias, mediante la inclusión de efectos fijos, así como por potenciales problemas de endogeneidad, no es posible encontrar una relación estadísticamente significativa entre dichas variables. Dada la heterogeneidad de nuestra muestra, se le realizan además un par de particiones mediante dos criterios: la intensidad de capital a trabajo y la intensidad en el uso de gasto en I+D. Contrario a lo esperado, la partición de la

muestra de acuerdo con la intensidad en el uso de I+D indica efectos nocivos del gasto en investigación y desarrollo sobre la productividad, entre aquellas industrias intensivas en el uso de dicho recurso.

Los resultados obtenidos aquí son consistentes con los encontrados por Pérez, Dutrénit y Barceinas (2005), en donde además de que no hay impacto de los insumos de innovación sobre los resultados de la misma, tampoco existe evidencia de una relación entre innovación y ventas por empleado en las empresas de manufactura mexicana. De igual forma, para el caso chileno, Benavente (2006) encuentra que la productividad de las empresas manufactureras no se ve afectada por el gasto en I+D. También para la manufactura chilena, Alvarez, Bravo y Navarro (2010) emplean una especificación que considera la innovación en producto como principal variable explicativa y encuentran que ésta no tiene impacto en la productividad, medida como las ventas por trabajador. Para Brasil, Goedhuys (2007) no observa un impacto del gasto en I+D sobre la productividad total de factores. Raffo, Lhuillery y Miotti (2008) incluyen el gasto en I+D en la ecuación de innovación del producto y señalan, para el caso argentino, que este no impacta la productividad laboral en la industria manufacturera. Asimismo, Griffith *et al.* (2006) al estudiar los casos de Alemania, España e Inglaterra no encuentran conexión entre la innovación en proceso y el incremento de la productividad. Para el caso alemán, en particular, no observan tampoco una relación entre innovación de producto y una más alta productividad.

A través de las diferentes especificaciones y métodos econométricos empleados se observa evidencia de que en la economía existen rendimientos ligeramente crecientes a escala. Sólo al partir la muestra con base en los dos criterios de intensidad antes mencionados es posible observar rendimientos decrecientes a escala entre los subsectores intensivos en capital y en el uso de I+D. El resto del presente artículo está constituido de la siguiente forma. En la sección 2 se desarrolla el modelo propuesto por Hall y Mairesse (1995), se considera la heterogeneidad entre subsectores y se incorpora a los insumos intermedios y al gasto en energía como factores de producción; en la tercera se describen las fuentes de información y se presentan algunas estadísticas descriptivas de las principales variables empleadas en el estudio; en la cuarta se presentan las estimaciones del modelo inicial y del modelo ampliado, así como algunas estimaciones adicionales para probar la robustez de nuestros resultados. Finalmente, la sección 5 concluye y ofrece algunas consideraciones de política pública que surgen del estudio.

## 2. Modelo

Para medir el impacto del gasto en I+D sobre la productividad de la industria manufacturera mexicana se amplía en esta sección un modelo desarrollado por Hall y Mairesse (1995) para explorar dicha relación en la industria manufacturera francesa. El modelo asume que la producción ( $Y$ ) adopta la forma de una función de tipo Cobb-Douglas con tres insumos principales: capital físico ( $K$ ), número de empleados ( $L$ ) y acumulación de conocimiento tecnológico ( $R$ ), este último aproximado por el inventario del gasto realizado en I+D.<sup>2</sup> Dicha función está estructurada como:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} K_{i,t}^{\alpha} L_{i,t}^{\beta} R_{i,t}^{\gamma} \quad (1)$$

en donde  $A_{i,t} = A_i e^{\lambda t + \varepsilon_{it}}$ ,  $A_i$  es el elemento que nos ayuda a controlar por la heterogeneidad entre subsectores, el subíndice  $i$  denota la industria en cuestión y  $t$  el periodo correspondiente.

En un análisis de corte econométrico acerca del desarrollo de los procesos innovadores mexicanos, Germán, Gutiérrez y Tovar (2009) encuentran que la innovación es desigual en las diferentes regiones del país. Por ello, es de esperarse también que las actividades de I+D tengan distinto nivel de impacto sobre la productividad observada de acuerdo con la industria que la realice. En este sentido, Bosch (1987) igual sugiere que la asignación de recursos que más beneficia a un país puede no tener el mismo impacto sobre otro. Lo anterior subraya la importancia de controlar por las diferencias inherentes a cada entidad económica. Dado lo anterior, nuestra especificación busca capturar de manera clara la heterogeneidad entre subsectores al considerar a la productividad inicial ( $A_i$ ) como un elemento diferenciado para cada subsector  $i$ .<sup>3</sup> Más específicamente, para fines de este análisis se controla por la heterogeneidad entre industrias mediante la inclusión

---

<sup>2</sup> Algunos estudios utilizan el número de patentes como variable de aproximación a  $R$ . Se argumenta que aun y cuando todas las firmas pudieran invertir en I+D, sólo las que ganen la carrera de patentes serán las consideradas innovadoras, por poder gozar de rentas monopólicas derivadas de la innovación, al menos por un tiempo determinado (Castañeda, 1994). En el presente estudio se decidió utilizar el gasto en I+D bajo el argumento de que los incrementos en la productividad no se derivan exclusivamente de los inventos patentados, sino también a través de mejoras continuas en los procesos de producción que hacen la producción más eficiente mediante la disminución de costos.

<sup>3</sup> En Hall y Mairesse (1995) la productividad inicial  $A$  se asume constante e invariante a través de los diferentes subsectores manufactureros.

de efectos fijos en el modelo. Al aplicar logaritmos a la ecuación (1) se obtiene:

$$y_{i,t} = a_i + \lambda t + \alpha k_{i,t} + \beta l_{i,t} + \gamma r_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

donde ahora las variables en minúsculas denotan logaritmos. La variable  $a_i$  representa a los efectos fijos o niveles heterogéneos de producción vinculados a la productividad inicial de cada subsector de la industria manufacturera mexicana,  $\lambda t$  es una variable de tendencia y  $\varepsilon_{i,t}$  medirá todos los errores resultantes de la estimación econométrica. Dichos errores pueden ser causados por la omisión de otros determinantes de la productividad, tales como otros insumos claves en la producción de la industria manufacturera.

Bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala la suma de las elasticidades de los tres factores de producción debería de ser igual a la unidad, es decir:

$$\mu = \alpha + \beta + \gamma = 1 \quad (3)$$

De esta forma existirán rendimientos constantes a escala cuando  $\mu = 1$ . Otra manera de especificar la ecuación anterior surge al sustraer el logaritmo del empleo,  $l_{i,t}$ , en ambos lados de la ecuación (2) para obtener que:

$$(y_{i,t} - l_{i,t}) = a_i + \lambda t + \alpha(k_{i,t} - l_{i,t}) + \gamma(r_{i,t} - l_{i,t}) + (\mu - 1)l_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

Bajo esta nueva especificación el coeficiente del trabajo,  $\mu - 1$ , nos permite observar si la función de producción presenta rendimientos constantes, crecientes o decrecientes a escala, según su valor y signo. De tal forma que un coeficiente positivo sugerirá rendimientos crecientes a escala, uno negativo rendimientos decrecientes y un coeficiente cercano a cero implicará rendimientos constantes a escala.

Autores como Salgado y Bernal (2007) han argumentado que, además de los tres insumos antes mencionados, existen otras variables independientes relevantes al explicar las variaciones de la producción, como la energía utilizada y el costo de transporte. Saunders (1980) sugiere además que la intensidad con la que se usan las materias primas contribuye en gran medida al incremento de su productividad. De esta manera, como alternativa al modelo básico propuesto por Hall y Mairisse (1995), desarrollamos una extensión de dicho modelo con el fin de incluir también en nuestra especificación de la ecuación (4) dos insumos adicionales empleados en el proceso de producción: las



materias primas y auxiliares ( $M$ ) y el gasto en energía empleada en el proceso de producción ( $E$ ).

Con la inclusión de los dos nuevos insumos la función de producción Cobb-Douglas se especifica ahora como:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} K_{i,t}^{\alpha} L_{i,t}^{\beta} R_{i,t}^{\gamma} M_{i,t}^{\sigma} E_{i,t}^{\phi} \quad (5)$$

Así, al dividir ambos lados entre el número de trabajadores, aplicar logaritmos y sustraer el logaritmo del empleo ( $l_{i,t}$ ) en ambos lados de la ecuación obtenemos la ecuación a ser estimada a partir de la función de producción especificada en (5) y dada por:

$$(y_{i,t} - l_{i,t}) = a_i + \lambda t + \alpha(k_{i,t} - l_{i,t}) + \gamma(r_{i,t} - l_{i,t}) + (\mu - 1)l_{i,t} \quad (6)$$

$$+ \sigma(m_{i,t} - l_{i,t}) + \phi(e_{i,t} - l_{i,t}) + u_{i,t}$$

Donde  $u_{i,t}$  esperamos corresponda a un residual de menor tamaño que  $\varepsilon_{i,t}$ . Igual que en el primer modelo de la ecuación (4) consideramos la existencia de rendimientos constantes si  $\mu = 1$ , pero esta vez  $\mu$  es la suma de cinco coeficientes, esto es:

$$\mu = \alpha + \beta + \gamma + \sigma + \phi \quad (7)$$

Para explorar empíricamente la relación entre el gasto en I+D y la productividad industrial en la cuarta sección se estima la ecuación (6) a través de métodos de datos panel. Si bien la significancia del coeficiente  $\gamma$  es de nuestro particular interés, se espera que todos los coeficientes de la ecuación (6) sean positivos. Nótese que en nuestro análisis agregado a nivel industria es imposible distinguir aquellas empresas que invierten en I+D de las que no lo hacen. No obstante, existe evidencia en la literatura de que incluso las empresas que no realizan gasto en I+D se pueden beneficiar de la derrama que otras empresas de la industria realizan (véase, por ejemplo, Chyi, Lai y Liu (2012), para el caso de la industria de alta tecnología en Taiwan, y Motohashi y Yuan (2010) para los casos de las industrias electrónica y automotriz en China). Con el fin de hacer frente a esta limitante, al menos de forma parcial, al analizar la robustez de nuestros resultados se hace una partición de industrias intensivas y no intensivas en el uso de I+D. Antes de presentar estos resultados, en la siguiente sección se describe la muestra empleada.

### 3. Datos

Las principales fuentes de información para este estudio son la encuesta industrial anual (EIA), disponible en el banco de información económica (BIE) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI y en la base de ciencia y tecnología de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). De la EIA, las variables que se obtuvieron son: nivel de producción ( $Y$ ), capital físico empleado ( $K$ ), número de trabajadores ocupados ( $L$ ), materia prima y auxiliar total consumida ( $M$ ), así como el gasto en energía realizado como parte del proceso de fabricación ( $E$ ). De la encuesta de ciencia y tecnología de la OCDE se obtiene el gasto del sector privado en investigación y desarrollo ( $R$ ), al cual se le conoce como *business expenditure on research and development* (BERD). La información se obtuvo a un nivel de desagregación por subsector económico para los años de 1994 a 2007. Para poder cubrir la totalidad de dicho periodo se utilizaron dos bases de datos de la EIA, una que abarca de 1994 a 2003, que corresponde a las series que ya no se actualizan, y otra que va de 2004 a 2007, que al momento de construir la base de datos era la vigente.<sup>4</sup> Por su parte, la base de datos de la OCDE cuenta con el periodo completo de los 14 años.

Tanto las dos bases de datos de la EIA como la correspondiente a la OCDE difieren en la clasificación que utilizan. Por un lado, los datos de la EIA de 1994 a 2003 utilizan 205 clases de actividad, mientras que la información de la EIA de 2004 a 2007 cuenta con 231 clases de actividad y se encuentra clasificada según el sistema de clasificación industrial de América del Norte, SCIAN, 2002. La clasificación que usa la OCDE es de tipo internacional. Por ser el SCIAN el sistema más actualizado y estandarizado se decidió utilizarlo para homogenizar las bases de datos. En el anexo A se incluye un cuadro con el resumen de los 18 subsectores resultantes. Cabe señalar que de estos sólo se utilizaron 17 subsectores, ya que el correspondiente al número 7, industria de la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón, fue excluido del análisis por mostrar un comportamiento anormal en cuanto al crecimiento de la producción, del capital físico y del número de trabajadores.

El inventario de I+D ( $R$ ) se obtuvo a partir de la técnica propuesta por Hall y Mairesse (1995: 270), en la que el inventario del primer periodo se aproxima a manera de perpetuidad. Bajo dicho método, el inventario de I+D inicial ( $R_t$ ) se calcula como:

---

<sup>4</sup> Esta información de la encuesta industrial anual para ambos periodos se encuentra en <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/#D11601290>.

$$R_t = D_t / (\delta + g) \quad (8)$$

Donde  $D_t$  es el primer flujo de gasto en I+D,  $\delta$  es la tasa de depreciación del gasto en I+D y  $g$  es la tasa de crecimiento promedio del gasto en I+D para el periodo bajo observación.

A partir del inventario inicial de I+D,  $R_t$ , el inventario a través del tiempo se calcula utilizando el método de inventario perpetuo:

$$R_{t+1} = (1 - \delta)R_t + D_{t+1} \quad (9)$$

En el cálculo del inventario de I+D empleamos una tasa de depreciación de 15% y se asume que la tasa de crecimiento promedio del gasto en I+D es de 5 por ciento.<sup>5</sup> El inventario de capital ( $K$ ) se calculó bajo esta misma metodología, con una tasa de depreciación de 8% y un crecimiento promedio de la inversión en capital físico de 3 por ciento. Los porcentajes anteriores se calcularon, por un lado, con base en la depreciación promedio observada de 2004 a 2007 (por ser el único periodo disponible en el que se encontraba información acerca del monto de capital físico depreciado) y, por el otro, al obtener la tasa de crecimiento promedio de la inversión fija bruta.

En el cuadro 1 se presentan algunas estadísticas descriptivas de las principales variables empleadas en el presente estudio. Todas las cifras monetarias se expresan en pesos reales de la segunda quincena de junio de 2002. Entre lo más relevante que se observa en el cuadro están los montos de capital físico y gasto en I+D por trabajador promedio que presenta la industria manufacturera. Es posible observar que el inventario de capital por trabajador (431.6) es más de 18 veces superior al del inventario de I+D (23.7). De igual manera, los insumos intermedios representan más de 16 veces el gasto promedio por trabajador que la industria realiza en energía. Los subsectores en nuestra muestra contrataron en promedio durante el periodo poco más de 84 000 empleados. La producción por trabajador fue en promedio de poco más de 1 031 000 en pesos de 2002.

El cuadro 2 muestra un correlograma de las variables descritas en el cuadro 1. Si analizamos la correlación de  $Y$  con las distintas

---

<sup>5</sup> Estos son los mismos porcentajes utilizados por Hall y Mairesse (1995) para construir la variable de acumulación de capital tecnológico, por ser los típicamente observados en estudios de dicha naturaleza. Una importante conclusión a la que llegan Hall y Mairesse (1995) es que los resultados no muestran sensibilidad a los cambios en la elección de la tasa de depreciación del capital tecnológico.

variables explicativas salta a la vista, inmediatamente, la relación que guarda ésta con la materia prima y auxiliar consumida, ya que es prácticamente 1. Esto no es motivo de sorpresa ya que un mayor nivel de materia prima y auxiliar consumida representa una mayor producción. Existe también una correlación alta entre capital físico por trabajador y la producción per cápita (0.79). Otra correlación positiva y relevante es la del gasto en energía en relación con la producción per-cápita (0.59). De todas las variables explicativas la única que guarda una débil correlación con  $Y/L$  es el gasto en investigación y desarrollo. No obstante, sería erróneo afirmar *a priori* la inexistencia de una relación del gasto en I+D con la productividad, sin controlar por el efecto de otras variables como se propone en el modelo de la sección anterior.

**Cuadro 1**  
*Estadísticas descriptivas*

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Min.</i>	<i>Max</i>
$Y/L$	1 031.8	771.6	272.0	3 839.4
$K/L$	431.6	303.8	58.6	1 345.3
$R/L$	23.7	41.5	0	265.6
$L$	84 317.3	82 464.6	7 730.0	400 738.0
$M/L$	544.3	523.3	133.5	2,430.8
$E/L$	33.4	41.7	3.8	208.3

Nota: Cifras en miles de pesos reales con base en la segunda quincena de junio de 2002, con excepción de  $L$ .

**Cuadro 2**  
*Correlograma*

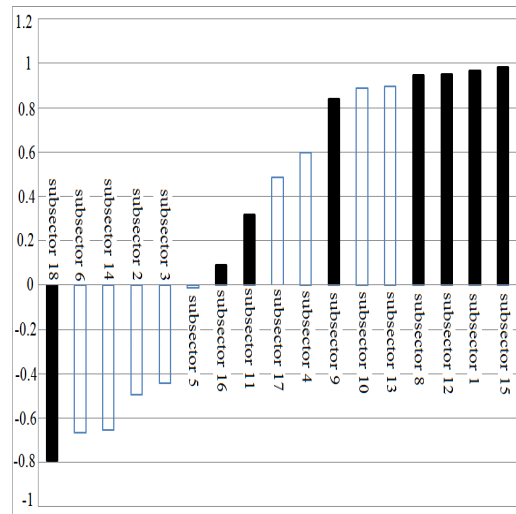
<i>Variable</i>	$Y/L$	$K/L$	$R/L$	$M/L$	$E/L$
$Y/L$	1.00				
$K/L$	0.79	1.00			
$R/L$	0.06	0.01	1.0		
$M/L$	0.96	0.68	0.08	1.0	
$E/L$	0.59	0.76	-0.02	0.43	1.00

A partir de las correlaciones del cuadro 2 no parecen existir problemas de multicolinealidad entre las variables explicatorias propuestas en los modelos de la sección anterior. El coeficiente de correlación más alto entre las variables independientes es el del gasto en energía per cápita con el capital físico por trabajador, ya que supera levemente 75 por ciento. La variable  $R/L$  no guarda correlación con ninguna de las variables independientes del modelo. La materia prima y auxiliar consumida per-cápita guarda una fuerte relación con  $K/L$  y, en menor medida, con  $E/L$ .

Para finalizar la descripción de los datos y sus propiedades, la gráfica 3 muestra la correlación entre la variable  $Y/L$  y  $R/L$  por subsector. En ella se observa que la mayoría de los subsectores intensivos en I+D (barras de color oscuro) muestran una correlación positiva sustancial, con excepción del subsector 18 (otra manufactura). Por otro lado, los subsectores no intensivos en I+D (barras transparentes) pero que exhiben una correlación positiva son el 4, 10, 13 y 17. Por lo tanto, es de esperar que entre más intensivo sea un subsector en el gasto en investigación y desarrollo, mayor será la correlación entre dicho gasto y su nivel de productividad. Este es uno de los criterios que utilizaremos para observar robustez de nuestros resultados.

**Gráfica 3**

*Correlación entre productividad y gasto en I+D por subsector*



#### 4. Resultados empíricos

Con el fin de hacer frente a los problemas de auto-correlación y heteroscedasticidad el modelo de la ecuación (6) se estima por el método de MCO con errores estándar tipo *Newey-West*, robustos a estos dos problemas. Se comparan también efectos fijos y aleatorios mediante la prueba de Hausman, para discernir la mejor forma de proceder con las estimaciones. Posteriormente se procedió a controlar, por potenciales problemas de endogeneidad, con el empleo de la técnica de variables instrumentales.

##### 4.1. Resultados principales

El cuadro 3 muestra un primer grupo de resultados. Al realizar la estimación con MCO es posible ver que todas las variables son significativas a 1%, con excepción de la variable temporal la cual es negativa y significativa a 5 por ciento. Los insumos a la producción ( $M$ ) tienen el mayor impacto a la productividad con un coeficiente de 0.558. Por su parte, el capital físico representa la mitad de la contribución que tienen las materias primas y auxiliares consumidas durante el proceso de fabricación con un coeficiente de 0.222. Para este caso en particular, el coeficiente para el gasto en investigación y desarrollo es de 0.034. Así, la inversión que se realiza en actividades de I+D representa alrededor de un séptimo del impacto que tiene la inversión en capital fijo sobre la productividad de la industria manufacturera mexicana. Por otra parte, la variable  $L$ , que indica la desviación de los retornos constantes a escala tiene un coeficiente de 0.056, lo que da como resultado que la variable  $\mu$  sea de 1.056. Lo anterior, aunque no de manera determinante, sugiere la existencia de retornos ligeramente crecientes a escala. Los resultados contradicen a los encontrados por Bravo y García (2011), ellos midieron el impacto del gasto en investigación y desarrollo sobre la productividad total de factores (PTF) para una muestra de 65 economías, y encontraron evidencia de la existencia de retornos marginales decrecientes a la innovación. Otros autores que han encontrado evidencia positiva son Lederman y Maloney (2003), que comparan países ricos con pobres, Ejermo, Kander y Svensson (2011) y, de manera más restringida, Griliches y Mairesse (1981), quienes encuentran rendimientos decrecientes.

De acuerdo con Vázquez (2013) en la industria manufacturera mexicana durante el periodo comprendido de 1994 a 2008, además de un estancamiento en la productividad hubo un incremento considerable en el grado de heterogeneidad. Por ello, con el fin de capturar los

efectos atribuibles a las características particulares de cada subsector se realizó una segunda estimación bajo el método de MCO pero esta vez se controla por efectos fijos. Bajo dicha estimación los coeficientes de la variable  $K$  y  $R$  decrecen considerablemente respecto a la primera, además de que se vuelven estadísticamente no significativos. Por otra parte, los retornos crecientes a escala se hacen más evidentes al tomar en cuenta la heterogeneidad de la industria ( $\mu = 1.112$ ).

Dado que los resultados obtenidos contradicen lo esperado de acuerdo con la teoría económica, se optó por estimar también el modelo con efectos aleatorios mediante mínimos cuadrados generalizados (MCG). Los resultados obtenidos no muestran un cambio respecto a la utilización de efectos fijos, con excepción de la variable  $K$  que exhibe un coeficiente de 0.056 estadísticamente significativo a 5 por ciento. Para determinar cuál de estas estimaciones es la más conveniente se corrió una prueba de Hausman. Dicha prueba dio como resultado un valor -  $P$  de 0.022, que sugiere la utilización de efectos fijos sobre los efectos aleatorios.

Tal y como lo sugieren Bravo y García (2011) y Griliches (1998), en estudios que intentan captar la relación existente entre el gasto en investigación y desarrollo y la productividad habitualmente se falla en considerar la posible endogeneidad de estas variables. Con el fin de atender a los posibles problemas causados por la naturaleza endógena de las variables  $R$  y  $M$  se hicieron un par de estimaciones con el método de variables instrumentales.<sup>6</sup>

Al hacer frente a los problemas de endogeneidad el reto que se presenta es la ausencia de controles apropiados para instrumentar las potenciales variables endógenas. Por tal motivo, en este trabajo se instrumentaron las variables de gasto en I+D e insumos intermedios por medio de sus rezagos a un periodo. Así, mientras que la lógica indica que las decisiones de gasto en I+D y de uso de insumos intermedios hechos en el periodo  $t - 1$  pueden influir en el nivel de productividad observado en el periodo  $t$ , no se esperaría que existiera injerencia de la productividad en el gasto en I+D o en el uso de insumos intermedios del periodo anterior.

Nuevamente, con el uso de variables instrumentales, pero sin controlar por heterogeneidad entre industrias, todas las variables resultaron significativas a 1% (cuarta columna del cuadro 3). Es importante notar que al considerar el impacto rezagado del gasto en investigación y desarrollo sobre la productividad de la industria manufactu-

---

<sup>6</sup> También para el caso de México, Calderón y Voicu (2011) emplean la técnica de variables instrumentales para hacer frente al problema de sesgo simultáneo al calcular la productividad total de factores a nivel planta.

rera mexicana el efecto es mayor al encontrado bajo MCO (coeficiente de 0.042 bajo variables instrumentales frente a 0.034 bajo MCO). Esto sugeriría, posiblemente, la necesidad de un proceso de maduración de los esfuerzos en innovación en la industria. Sin embargo, cuando se incluyen efectos fijos para controlar por heterogeneidad dentro de la estimación por medio de variables instrumentales, el impacto del gasto en I+D sobre la variable dependiente es prácticamente igual a cero y estadísticamente no significativo. En ambos casos se exhiben rendimientos ligeramente crecientes a escala. Como se mencionó en la introducción, este resultado es consistente con la evidencia que encuentran Pérez, Dutrénit y Barceinas (2005) también para México, Alvarez, Bravo y Navarro (2010) y Benavente (1996) para Chile, Goedhuys (2007) para Brasil y Raffo, Lhuillery y Miotti (2008) para Argentina, entre otros.

#### 4.2. *Análisis de robustez*

Una posible explicación a la nula significancia en los efectos del gasto en I+D sobre la productividad aquí encontrada es que quizás los subsectores de la industria manufacturera mexicana atraviesan por diferentes etapas en el proceso de maduración tecnológica. Para ahondar en esta hipótesis se procedió a partir la muestra de industrias de acuerdo con dos criterios: la intensidad con la que las industrias invierten en capital fijo y la intensidad con la que éstas hacen uso del gasto en I+D.

El cuadro 4 muestra los resultados de estimar la ecuación (6) después de las particiones en intensidad de capital y gasto en I+D. En las cuatro estimaciones se utilizaron variables instrumentales para  $R$  y  $M$ , así como efectos fijos. La primera partición, según la intensidad con la que se usa el capital físico, muestra que en ninguno de los casos el gasto en investigación y desarrollo tiene efecto estadísticamente significativo sobre la productividad de la industria manufacturera. Sin embargo, la partición de los subsectores en intensivos y no intensivos en el nivel de gasto en I+D hace evidente el contraste que existe entre ambos grupos. Si bien en los subsectores no intensivos en actividades de I+D tiene un coeficiente muy pequeño y no significativo, entre los subsectores intensivos la variable  $R$  exhibe un coeficiente estadísticamente significativo a 1% de -0.027.



**Cuadro 3***Determinantes de la productividad en la industria manufacturera mexicana*

<i>Variables</i>	<i>MCO</i> (1)	<i>Efectos fijos (EF)</i> (2)	<i>Efectos aleatorios</i> (3)	<i>MCO con variables instrumentales</i> (4)	<i>EF con variables instrumentales</i> (5)
<i>Log de K/L</i>	.222*** (.035)	.044 (.047)	.056*** (.022)	.218*** (.028)	.016 (.038)
<i>Log de R/L</i>	.034*** (.008)	.002 (.004)	.003 (.003)	.042*** (.007)	.000 (.004)
<i>Log de L</i>	.056*** (.012)	.112* (.065)	.119*** (.028)	.059*** (.009)	.086* (.046)
<i>Log de M/L</i>	.558*** (.032)	.705*** (.026)	.693*** (.019)	.553*** (.024)	.664*** (.029)
<i>Log de E/L</i>	.078*** (.023)	.065* (.034)	.086*** (.023)	.083*** (.018)	.063** (.029)
<i>TimeVar</i>	-.008** (.003)	-.004 (.003)	-.005*** (.002)	-.009*** (.003)	-.002 (.002)
<i>Constante</i>	1.244*** (.123)	.830 (1.051)	.725** (.365)	1.238*** (.101)	1.587** (.757)
$\mu$	1.056	1.112	1.119	1.059	1.086

**Cuadro 3**  
(continuación)

<i>Variables</i>	<i>MCO</i>	<i>Efectos fijos (EF)</i>	<i>Efectos aleatorios</i>	<i>MCO con variables instrumentales</i>	<i>EF con variables instrumentales</i>
	<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>	<i>(5)</i>
Observaciones	230	230	230	213	213
$R^2$	.9546	.9197	.9268	.9554	.995
Hausman			14.68 .022		
Durbin - Wu - Hausman				8.037 [.017]	2.377 [.304]
Estadístico <i>F</i> Cragg-Donald Wald <i>F</i>				770.453	123.018
Valor crítico (10%) de la prueba Stock-Yogo para identificación debil				7.03	7.03
Prueba de sub identificación de Kleibergen - Paap				36.758 [0.0]	28.173 [0.0]

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Los símbolos \*, \*\* y \*\*\* señalan significancia estadística a 10%, 5% y 1%, respectivamente. La hipótesis nula de la prueba de Hausman: efectos aleatorios eficientes bajo hipótesis nula. Hipótesis nula de la prueba Durbin - Wu - Hausman: la endogeneidad de los regresores no perjudica a las estimaciones bajo MCO. Hipótesis nula de la prueba de identificación débil y de sub identificación: la ecuación está sub identificada.

**Cuadro 4**

*Partición de la muestra por intensidad de inversión y de I+D.  
Estimaciones con variables instrumentales*

<i>Variable</i>	<i>Partición por capital</i>		<i>Partición por gasto en I+D</i>	
	<i>No intensivo (1)</i>	<i>Intensivo (2)</i>	<i>No intensivo (3)</i>	<i>Intensivo (4)</i>
<i>Log de K/L</i>	.075 (.057)	-.048 (.054)	.087* (.050)	-.106 (.071)
<i>Log de R/L</i>	.010 (.008)	-.008 (.006)	.006 (.006)	-.027*** (.006)
<i>Log de L</i>	.162** (.070)	-.020 (.059)	.311*** (.058)	-.191*** (.061)
<i>Log de M/L</i>	.693*** (.082)	.659*** (.033)	.493*** (.074)	.642*** (.037)
<i>Log de E/L</i>	.059 (.053)	.042 (.041)	.122** (.051)	.105*** (.035)
<i>Time Var</i>	-.006 (.003)	.002 (.003)	-.006** (.003)	.007*** (.003)
<i>Constante</i>	.409 (.840)	3.397*** (1.095)	-.418 (.719)	5.834*** (1.322)
$\mu$	1.162	0.98	1.311	0.809
Observaciones	109	104	109	104
$R^2$	.977	.993	.994	.998

**Cuadro 4**  
(continuación)

<i>Variable</i>	<i>Partición por capital</i>		<i>Partición por gasto en I+D</i>	
	<i>No intensivo</i> (1)	<i>Intensivo</i> (2)	<i>No intensivo</i> (3)	<i>Intensivo</i> (4)
Durbin - Wu - Hausman	.339 [.843]	3.644 [.161]	8.386 [.015]	2.601 [.272]
Estadístico <i>F</i> Cragg-Donald Wald <i>F</i>	58.422	46.972	34.034	52.881
Valor crítico (10%) de la prueba Stock-Yogo para identificación débil	7.03	7.03	7.03	7.03
Prueba de sub identificación de Kleibergen - Paap	17.604 [0.0]	19.323 [0.0]	23.175 [0.0]	11.365 [0.0]

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Los símbolos \*, \*\* y \*\*\* señalan significancia estadística a 10%, 5% y 1%, respectivamente. La hipótesis nula de la prueba de Hausman: efectos aleatorios eficientes bajo hipótesis nula. Hipótesis nula de la prueba Durbin - Wu - Hausman: la endogeneidad de los regresores no perjudica a las estimaciones bajo MCO. Hipótesis nula de la prueba de identificación débil y de sub identificación: la ecuación está sub identificada.

Contrario a lo esperado, lo anterior sugiere que para aquellas empresas que más invierten en I+D los esfuerzos del sector privado en materia de innovación son infructuosos y que gastar más en I+D va en detrimento de la productividad por trabajador. Una posible explicación de lo anterior proviene de las conclusiones de Griliches y Mairesse (1991), quienes observan que debido a las condiciones de la demanda de mano de obra resulta muy difícil explicar los diferenciales en productividad de Estados Unidos y Japón en la década de 1970. De acuerdo con los autores, durante ese periodo las empresas japonesas reducían sus niveles de empleo, mientras que las americanas aumentaban las contrataciones, dando lugar a aumentos en la relación capital trabajo en Japón y a caídas en Estados Unidos. Esto, a su vez, pudo haber causado que la productividad per cápita se incrementara en el primer país y se redujera en el segundo. En el caso de la industria manufacturera mexicana podría estar sucediendo que, por ejemplo, todavía en una etapa incipiente, la contratación de personal relacionado con las áreas de innovación represente gran parte del gasto en I+D reportado. Si esas contrataciones no producen aún innovaciones en producto o proceso entonces el valor de la producción por trabajador será menor. Esta es una de las explicaciones posibles a por qué el coeficiente del gasto en I+D es negativo y estadísticamente significativo a 1%.

Otro resultado interesante es el hecho de que en los subsectores de la industria manufacturera mexicana intensivos en I+D existen rendimientos decrecientes a escala, mientras que en los no intensivos hay rendimientos crecientes a escala. De acuerdo con la teoría económica esto puede sugerir un efecto indirecto de las actividades de investigación y desarrollo sobre la productividad, el cual no se está logrando capturar.

Al analizar la prueba Durbin Wu Hausman es posible advertir que, en la mayoría de las estimaciones realizadas bajo la utilización de variables instrumentales, se acepta la hipótesis nula. Esto tiene dos implicaciones, por un lado, se descarta la existencia de problemas debido a la posible naturaleza endógena de las variables explicativas, y, por el otro, es válida la utilización de efectos fijos bajo MCO.

En esta línea de análisis en el cuadro 5 se hicieron las mismas estimaciones a partir de la partición, según la intensidad de capital físico y capital tecnológico, que en el cuadro 4, sólo que, esta vez, por el método de MCO, con efectos fijos y sin variables instrumentales. Se reportan nuevamente errores estándar robustos a heteroscedasticidad y auto-correlación. Los resultados no son cualitativamente diferentes y conducen a una interpretación similar. En las industrias

no intensivas en capital tecnológico hay evidencia de rendimientos crecientes a escala, mientras que en las industrias intensivas en este rubro hay rendimientos decrecientes. En esta última partición de la muestra la variable  $R$  sigue presentando un coeficiente negativo y estadísticamente significativo.

### Cuadro 5

*Partición de la muestra por intensidad de inversión en capital y de gasto en I+D. Estimaciones con MCO*

Variable	Partición por capital		Partición por gasto en I+D	
	No intensivo (1)	Intensivo (2)	No intensivo (3)	Intensivo (4)
<i>Log de K/L</i>	.078 (.069)	-.007 (.053)	.094* (.051)	-.046 (.059)
<i>Log de R/L</i>	.010 (.007)	-.003 (.005)	.008 (.005)	-.022*** (.006)
<i>Log de L</i>	.172* (.089)	-.017 (.061)	.287*** (.088)	-.131*** (.049)
<i>Log de M/L</i>	.743*** (.050)	.707*** (.033)	.618*** (.059)	.652*** (.035)
<i>Log de E/L</i>	.055 (.049)	.015 (.043)	.102** (.047)	.119*** (.032)
<i>Time Var</i>	-.007** (.004)	.002 (.004)	-.008*** (.003)	.005* (.002)
<i>Constante</i>	-.371 (1.329)	2.903*** (1.100)	-.604 (1.163)	4.612*** (1.047)
$\mu$	1.172	0.983	1.287	0.869
Observaciones	118	112	118	112
$R^2$	.7746	.8054	.8236	.8967

Notas: Errores estándar entre paréntesis. Los símbolos \*, \*\* y \*\*\* señalan significancia estadística a 10%, 5% y 1%, respectivamente.

Si bien la ecuación (5) incluye la mayoría de los insumos relevantes en la producción, la disponibilidad de información en nuestra fuente hace imposible incluirlos a todos. Salgado y Bernal (2007),

por ejemplo, incluyen en sus estimaciones el costo de transporte entre los insumos determinantes de la producción. La ausencia de otros insumos relevantes en la ecuación (5) y, por ende, en nuestras estimaciones de (6) pudiera, potencialmente, sesgar nuestros resultados anteriores. Una manera de hacer frente a este problema fue cambiar la variable dependiente por una medida de productividad más refinada. Concretamente, para revisar la robustez de nuestros resultados sustituimos en el lado izquierdo de la ecuación (6) al producto por trabajador ( $Y/L$ ) por el valor agregado bruto por trabajador ( $VA/L$ ). Los resultados y las conclusiones fueron consistentes con los aquí mostrados, por lo que se descartó que el uso del producto por trabajador pudiera estar generando un sesgo en nuestra estimación.<sup>7</sup>

## 5. Conclusiones

A partir de este artículo se pueden obtener dos conclusiones principales. Primera, si bien bajo las estimaciones por MCO se encuentra un impacto estadísticamente significativo del gasto privado en I+D sobre la productividad, cuando se controla por la heterogeneidad de la industria manufacturera mexicana dicho impacto desaparece. Los resultados son consistentes con los encontrados por Benavente (2006) para la industria manufacturera chilena y por Mairesse y Mohnen (2003) para Francia, Alemania, España y Reino Unido. Por su parte, Zachariadis (2004) concluye que, si bien a nivel nacional se puede encontrar de manera más clara una relación entre I+D y el crecimiento económico, ésta tiende a disminuir cuando se aborda al sector manufacturero y sus industrias. Asimismo, Mairesse y Sassenou (1991) cuentan entre sus principales hallazgos el hecho de que las variables tipo “dummy” de industria tienden a disminuir el efecto de I+D.

La segunda conclusión es que no hay evidencia de que, subsectores más intensivos en capital físico o en actividades de investigación y desarrollo, tengan una capacidad mayor para transformar la inversión del sector privado en I+D en innovaciones fructuosas que incrementen la productividad de la industria. De hecho, los resultados sugieren un efecto negativo de la variable  $R$  sobre la productividad per cápita entre subsectores intensivos en el uso de I+D. Esto puede deberse a que, en una etapa todavía incipiente, buena parte del gasto en I+D que se realiza sea utilizado para contratar personal o para

---

<sup>7</sup> Por motivos de espacio se omitieron los cuadros con la exposición de estos resultados, pero se encuentran disponibles a petición del interesado.

aumentar sus remuneraciones reales, sin que haya innovaciones significativas ligadas a ello.

Existen diversas limitantes en el presente estudio que conviene tener en cuenta para futuras investigaciones. La más relevante de ellas involucra la necesidad de contar con bases de datos más ricas en información, que permitan ampliar el alcance de los análisis de carácter cuantitativo como este. Tal y como lo establecen Mairesse y Sassenou (1991), no hay duda de que la innovación tecnológica favorece al crecimiento, si no fuera así los países desarrollados no invertirían en dicha área. El verdadero problema radica en que se trata de un fenómeno complicado, sumamente variable a través del tiempo y que tiene efectos rezagados difíciles de capturar a nivel industria. Una mejor cuantificación de los flujos de I+D a nivel empresa ayudaría a mejorar la profundidad del análisis aquí expuesto.

En términos de las implicaciones de política pública que se desprenden de los resultados de este estudio, se observa que la industria requiere de mayor apoyo para hacer visibles los esfuerzos que ha llevado a cabo hasta ahora para generar innovación y aumentar su productividad. Una de las principales acciones que se deberían impulsar en materia de innovación tecnológica es apoyar a las empresas a cerrar la brecha entre inversión privada en I+D y la innovación como resultado. Ello se podría alcanzar si se fortaleciera la relación existente entre los tres sectores de la triple hélice, a saber, gobierno–sector privado–academia, mediante una política pública de redes sectoriales capaz de coordinar esfuerzos en proyectos afines. Si bien existen algunos antecedentes de ellas en México, no han tenido continuidad por diversos factores cuya discusión escapa al alcance del presente trabajo. El otorgamiento de subsidios fiscales a la innovación y la mejora de la calidad educativa, sobre todo en los niveles superiores, son estrategias que coadyuvarían también a fortalecer los esfuerzos que el sector privado realiza para mejorar la innovación y, en consecuencia, la productividad de la industria manufacturera mexicana.



## Referencias

- Aitken, B.J. y A.E. Harrison. 1999. Do Domestic Firms Benefit from Direct Foreign Investment? Evidence from Venezuela, *American Economic Review*, 89(3): 605-618.
- Alvarez, R., C. Bravo y L. Navarro. 2010. Innovation and productivity in Chile, Inter-American Development Bank, IDB WP, núm. 190.
- Benavente, J. 2006. The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile, *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5): 301-315.
- Bosch, J. 1987. Crecimiento económico, comercio internacional y el patrón de especialización, *Estudios Económicos*, 2(1): 113-132.
- Bravo Ortega, C. y A. García Marín. 2011. R&D and Productivity: A Two Way Avenue? *World Development*, 39(7): 1090-1107.
- Cabral, R. y A.V. Mollick. 2011. Intraindustry Trade Effects on Mexican Manufacturing Productivity, *Journal of International Trade and Economic Development*, 20(1): 87-112.
- Calderon Madrid, A. y A. Voicu. 2011. The NAFTA Tide: Lifting the Larger and Better Boats, *Journal of International Trade & Economic Development*, 20(4): 467-505.
- Cameron, G., J. Proudman y S. Redding. 2005. Technological Convergence, R&D, Trade and Productivity Growth, *European Economic Review*, 49: 775-807.
- Carew, R. y W.J. Florkowski. 2010. Productivity and Business R&D. A Study of Canadian Food Manufacturing Industries, 1994-2005, *British Food Journal*, 112(7): 737-750.
- Castañeda, A. 1994). R&D Investment in Strategic Settings: A Survey of Patent Races, *Estudios Económicos*, 9(1): 61-118.
- Chyi Y., Y. Lai y W. Liu. 2012. Knowledge Spillovers and Firm Performance in the High-Technology Industrial Cluster, *Research Policy*, 41: 556-564.
- Ejermo, O., A. Kander y M. Svensson Henning. 2011. The R&D-Growth Paradox Arises in Fast-Growing Sectors, *Research Policy*, 40(5): 664-672.
- Germán Soto, V. L. Gutiérrez y S. Tovar. 2009. Factores y relevancia geográfica del proceso de innovación regional en México, 1994-2006, *Estudios Económicos*, 24(2): 225-248.
- Goedhuys, M. 2007. The impact of innovation activities on productivity and firm growth: evidence from Brazil, UNU-MERIT, WP Series, núm. 2007-02.
- Griffith, R., E. Huergo, J. Mairesse y B. Peters. 2006. Innovation and Productivity across four European Countries, *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4): 483-498.
- Griliches, Z. y J. Mairesse. 1981. Productivity and R&D at the Firm Level, NBER <[www.nber.org/chapters/c10058](http://www.nber.org/chapters/c10058)>.
- . 1991. R&D and Productivity Growth: Comparing Japanese and US Manufacturing Firms, en Ch.R. Hulten (comp.) *Productivity Growth in Japan and the United States*, University of Chicago Press, pp. 317-348.

- Griliches, Z. 1998. Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth, en Z. Griliches *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, University of Chicago Press, pp. 17-45.
- Hall, B.H. y J. Mairesse. 1995. Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms, *Journal of Econometrics*, 65: 263-293.
- Javorcik, B.S. 2004. Does Foreign Direct Investment Increase the Productivity of Domestic Firms? In Search of Spillovers through Backward Linkages, *American Economic Review*, 94(3): 605-614.
- Khawar, M. 2003. Productivity and Foreign Direct Investment-Evidence from Mexico, *Journal of Economic Studies*, 30(1): 66-76.
- Lederman, D. y W. Maloney. 2003. R&D and Development, World Bank Policy Research Working Paper, núm. 3024.
- Madsen, J.B. 2007. Technology Spillover through Trade and TFP Convergence: 135 years of evidence for the OECD countries, *Journal of International Economics*, 72: 464-480.
- Mairesse, J. y M. Sassenou. 1991. R&D Productivity: A Survey of Econometric Studies at the Firm Level, National Bureau of Economic Research, Working Paper, núm. 3666.
- Mairesse, J. y P. Mohnen. 2003. R&D and Productivity: A Reexamination in Light of the Innovation Surveys, en DRUID Summer Conference, junio 12-14, <[www.druid.dk/conferences/summer2003/papers/MAIRESSE.MOHNEN.pdf](http://www.druid.dk/conferences/summer2003/papers/MAIRESSE.MOHNEN.pdf)> (mimeo).
- Meza González, L. y A.B. Mora Yague. 2005. Trade and Private R&D in Mexico, *Economía Mexicana*, 14(2): 157-183.
- Montes Rojas, G. y M. Santamaria. 2007. Sources of Productivity Growth: Evidence from the Mexican Manufacturing Sector, *North American Journal of Economics and Finance*, 18(3): 263-278.
- Motohashi K. y Y. Yuan. 2010. Productivity Impact of Technology Spillover from Multinationals to Local Firms: Comparing Chinas Automobile and Electronics Industries, *Research Policy*, 39: 790-798.
- Ortega Argiles, R., M. Piva, L. Potters y M. Vivarelli. 2010. Is Corporate R&D Investment in High-Tech Sectors More Effective? Some Guidelines for European Research Policy, *Contemporary Economic Policy*, 28(3): 353-365.
- Perez, P., G. Dutrénit y F. Barceinas. 2005. Actividad innovadora y desempeño económico: un análisis econométrico del caso mexicano, en M. Albornoz y D. Ratto (comps.), *Indicadores de ciencia y tecnología en Iberoamérica. Agenda 2005*, Argentina, RICYT, pp. 71-89.
- Potters, L., R. Ortega Argiles y M. Vivarelli. 2011. R&D and Productivity: Testing Sectoral Peculiarities Using Micro Data, *Empirical Economics*, 41(3): 817-839.
- Raffo, J., S. Lhuillery y L. Miotti. 2008. Northern and Southern Innovativity: A Comparison across European and Latin American Countries, *European Journal of Development Research*, 20(2): 219-239.
- Salgado Banda, H. y L. Bernal Verdugo. 2007. Multifactor Productivity and its Determinants: An Empirical Analysis for Mexican Manufacturing, Banco de México, Documentos de investigación, núm. 2007-09.

- Saunders, R. 1980. The Determinants in Productivity in Canadian Manufacturing Industries, *Journal of Industrial Economics*, 29(2): 167-184.
- Schiff, M. y Y. Wang. 2003. NAFTA, Technology Diffusion and Productivity in Mexico, *Cuadernos de Economía*, 40(121): 469-476.
- Syverson, Ch. 2011. What Determines Productivity? *Journal of Economic Literature*, 49(2): 326-365.
- Vázquez, R. 2013. Heterogeneidad estructural y sus determinantes en la manufactura mexicana, 1994-2008, *Revista CEPAL*, 109: 125-141.
- Wisser, R. 2005. Research and Development Productivity and Spillovers: Empirical Evidence at the Firm Level, *Journal of Economic Surveys*, 19(4): 587-620.
- Zachariadis, M. 2004. R&D induced Growth in the OECD? *Review of Development Economics*, 8(3): 423-439.

## Anexo A

### *Clasificación de los 18 subsectores de la industria manufacturera*

<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>EIA 1994 - 2003</i>	<i>EIA 2004-2007 (SCIAN)</i>
Subsector 1	Comidas, bebidas y tabaco	Subsector 31	Subsector 311 + Subsector 312
Subsector 2	Textiles	Ramas: 3211 + 3212 + 3213	Subsector 313 + Subsector 314
Subsector 3	Prendas de vestir y piel + Productos de cuero y calzado	Ramas: 3214 + 3220 + 3230 + 3240	Subsector 315 + Subsector 316
Subsector 4	Madera y corcho	Ramas: 3311 + 3312	Subsector 321
Subsector 5	Pulpa, papel y productos de papel	Rama 3410	Subsector 322
Subsector 6	Publicación, impresión y reproducción de medios grabados	Rama 3420	Subsector 323
Subsector 7	Coque, productos de petróleo refinado y combustible nuclear	Rama 3540	Subsector 324
Subsector 8	Químicos y productos químicos	Ramas: 3512 + 3513 + 3521 + 3522	Subsector 325
Subsector 9	Productos de caucho y plástico	Ramas: 3550 + 3560	Subsector 326

## Anexo A

(continuación)

<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>EIA 1994 - 2003</i>	<i>EIA 2004-2007 (SCIAN)</i>
Subsector 10	Productos minerales no metálicos	Subsector 36	Subsector 327
Subsector 11	Metales básicos	Subsector 37	Subsector 331
Subsector 12	Productos fabricados de metal, excepto maquinaria y equipo	Ramas: 3811 + 3812 + 3814	Subsector 332
Subsector 13	Maquinaria y equipo	Ramas: 3821 + 3822	Subsector 333
Subsector 14	Maquinaria de oficina, contabilidad y cómputo + Radio, TV y equipo y aparatos de comunicación + Instrumentos médicos ópticos y de precisión y relojes	Ramas: 3823 + 3832 + 3850	Subsector 334
Subsector 15	Maquinaria eléctrica y aparatos	Ramas: 3831 + 3833	Subsector 335
Subsector 16	Vehículos de motor, remolques y semirremolques + Otro equipo de transporte	Ramas: 3841 + 3842	Subsector 336
Subsector 17	Muebles	Ramas: 3320 + 3813	Subsector 337
Subsector 18	Otra manufactura	Subsector 39	Subsector 339

