



Instituto de Economía

Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Universidad de la República - Uruguay

Determinantes y efectos de la productividad en la industria manufacturera uruguaya (2001 -2009)

Leonel Muinelo-Gallo
Macarena Suanes Martínez

INSTITUTO DE ECONOMÍA

Serie Documentos de Trabajo

Febrero, 2017

DT 01/2017

ISSN: 1510-9305 (en papel)

ISSN: 1688-5090 (en línea)

Forma de citación sugerida para este documento: Muinelo, L. y Suanes, M. (2015). “Determinantes y efectos de la productividad en la industria manufacturera uruguaya (2001 – 2009)”. Serie Documentos de Trabajo, DT 01/2017. Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República, Uruguay.

Determinantes y efectos de la productividad en la industria manufacturera uruguaya (2001 -2009)

Leonel Muinelo-Gallo¹
Macarena Suanes Martínez²

Resumen

Este trabajo analiza la relación entre la inversión en actividades de I+D, generación de innovaciones y variaciones de productividad en las empresas manufactureras uruguayas durante el período 2001-2009. Se aplica el modelo estructural de función de producción de forma secuencial a datos provenientes de la “Encuesta de actividades de innovación en las empresas” de Uruguay. Se encuentra evidencia de un vínculo positivo entre la inversión en actividades de I+D y la generación de innovaciones tecnológicas, así como de estas últimas sobre la productividad de las empresas.

Palabras clave: innovación, investigación, productividad, modelo estructural de función de producción.

Código JEL O31, D24, J24, O4.

¹Instituto de Economía de la Universidad de la República, Joaquín Requena 1375, Código Postal 11200, Montevideo, Uruguay (email: lmuinelo@iecon.ccee.edu.uy)

²Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici B, Bellaterra 08193, Barcelona, Spain (e-mail: macarena.suanes@e-campus.uab.cat)

Determinants and effects of productivity in the manufacturing industry of Uruguay

Leonel Muinelo-Gallo¹
Macarena Suanes Martínez²

Abstract

This paper analyzes the relationship between investment in R&D, innovation generation and productivity changes in Uruguayan manufacturing firms during 2001-2009. The production function structural model is sequentially applied to data from the "Survey of innovation activities in enterprises" of Uruguay. The empirical results suggest a positive link between R&D activities and the generation of technological innovations, as well as a positive effect of the latter on firm's productivity.

Key words: innovation, research, productivity, structural production function model.

JEL code: O31, D24, J24, O4.

1. Introducción

El estudio de la relación entre inversión en investigación y desarrollo (I+D) y variaciones en productividad se remonta al trabajo seminal de Griliches (1979). Desde entonces, se ha generado un número creciente de estudios que intentan explicar esta relación. Por una parte, destacan los trabajos que demuestran el rol de la inversión en I+D como motor del crecimiento económico agregado (ver, por ejemplo, Romer 1990; Grossman y Helpman 1991; Aghion y Howitt 1992). Por otra parte, existe un grupo importante de trabajos empíricos que, con datos de a nivel de empresa, demuestran la importancia de la inversión en I+D y la posterior generación de innovaciones, para explicar los incrementos de la productividad de las empresas.¹

El análisis de la relación entre innovación y productividad a nivel de empresa cobra aún mayor relevancia en las economías en vías de desarrollo pues, ambos factores resultan imprescindibles para arribar a un sendero con tasas de crecimiento positivas en el largo plazo. Sería esperable que estas economías pudieran aprovecharse de las transferencias tecnológicas desde las economías avanzadas para incrementar sus niveles de productividad (Navarro et al. 2010). Dentro de este marco, Uruguay no escapa a esta realidad. De hecho, casi la mitad de la brecha de crecimiento económico respecto a Estados Unidos se explica por el diferencial de productividad (Daude 2010). A su vez, es el país que menos gasto en I+D realiza comparado con los países más desarrollados de la región latinoamericana (IDB 2010).

El principal objetivo de este trabajo es analizar la relación entre inversión en I+D, innovación y productividad en las empresas de la industria manufacturera de Uruguay. Para estimar esta relación se utiliza el modelo estructural de Crepon, Duguet y Mairesse (1998) (de ahora en adelante modelo CDM) a datos de la encuesta de innovación en las empresas durante el periodo comprendido entre 2001 y 2009. Más específicamente, se estima el modelo CDM de forma secuencial para el mismo conjunto de 400 empresas manufactureras, donde cada una de las etapas del referido modelo toma datos de una ola de la encuesta diferente y consecutiva. Este enfoque secuencial resulta novedoso en la literatura especializada aportando evidencia de una relación de largo plazo entre la inversión en actividades de I+D, la generación de innovaciones y las variaciones de productividad a nivel de empresa. La mayoría de estudios empíricos que aplican este modelo se centraron en el análisis de sección cruzada de dichas relaciones, y en algún caso con una perspectiva de panel (Chudnovsky y Lopez, 2006; Roper et al. 2008; Hall et al. 2009 y Raymond et al. 2013).

Los resultados obtenidos destacan la importancia de un vínculo positivo entre la inversión en actividades de I+D y la generación de innovaciones por parte de las empresas, así como de un efecto positivo de estas últimas sobre su productividad. Dentro de los factores determinantes de las decisiones de innovar destacan la importancia del financiamiento público, el tamaño de la empresa, la participación de capital extranjero y el vínculo con mercados externos. En términos de productividad, destaca la importancia de generación de innovaciones al permitir una mejora en el desempeño económico de la empresa.

El artículo se organiza de la siguiente forma. En la segunda sección se presenta una revisión de la literatura especializada en estas temáticas. La tercera sección presenta el modelo teórico y la estrategia empírica. Las variables explicativas, datos utilizados y análisis descriptivo de la muestra se presentan en la sección cuarta. Los resultados de las estimaciones en la sección

¹ Ver Griffith et al. (2006) y Mairesse y Mohnen (2010), para una completa revisión de estos trabajos.

quinta y, finalmente, en la sección sexta se detallan las principales conclusiones y recomendaciones de política.

2. Revisión de la literatura

La relación entre innovación y productividad a nivel de empresa, ha recibido una atención destacada por parte de la literatura económica. Dentro de los trabajos pioneros, destaca el artículo de Griliches (1979) que, mediante la construcción y estimación de una función de producción ampliada, analiza los efectos de la realización interna de actividades de I+D sobre la productividad de las empresas. En este tipo de modelo se considera una única función de producción ampliada, tipo Cobb-Douglas, que incluye como factor adicional una medida del gasto acumulado en actividades de I+D por parte de la empresa. Sin embargo, Griliches sostenía que el planteamiento de un modelo uni-ecuacional era una simplificación excesiva para el análisis del proceso de generación de innovaciones. De hecho, este autor plantea que esta explicación debía describir el proceso que abarca desde la transformación de los insumos innovadores, por ejemplo, los gastos en I+D por parte de las empresas, a las innovaciones generadas por las mismas, y su posterior impacto sobre su desempeño económico.

Considerando este contexto, los estudios posteriores plantean el análisis de la función de producción empresarial a través de la construcción de un sistema de ecuaciones que permitía describir el proceso productivo en su conjunto y, a su vez, medir el efecto de las innovaciones en el desempeño económico de las empresas. Es en el trabajo de Pakes y Griliches (1984) donde se sugiere un nuevo modelo de función de producción multi-ecuacional. En este modelo, compuesto por tres ecuaciones secuenciales, cada ecuación pretende describir una etapa del proceso. Inicialmente las empresas deciden si deben emprender o no actividades tecnológicas; luego, eligen la intensidad de estas actividades que determinan la producción de innovaciones, para finalmente medir su efecto, conjuntamente con el resto de los factores productivos, sobre alguna medida de desempeño económico de la empresa:

$$R = \beta_0^1 + \sum_m \beta_m^1 X_m^1 + u_0 \quad (1)$$

$$P = \beta_0^2 + \beta_R R + \sum_i \beta_i^2 X_i^2 + u_1 \quad (2)$$

$$Q = \beta_0^3 + \beta_P P + \sum_j \beta_j^3 X_j^3 + u_2 \quad (3)$$

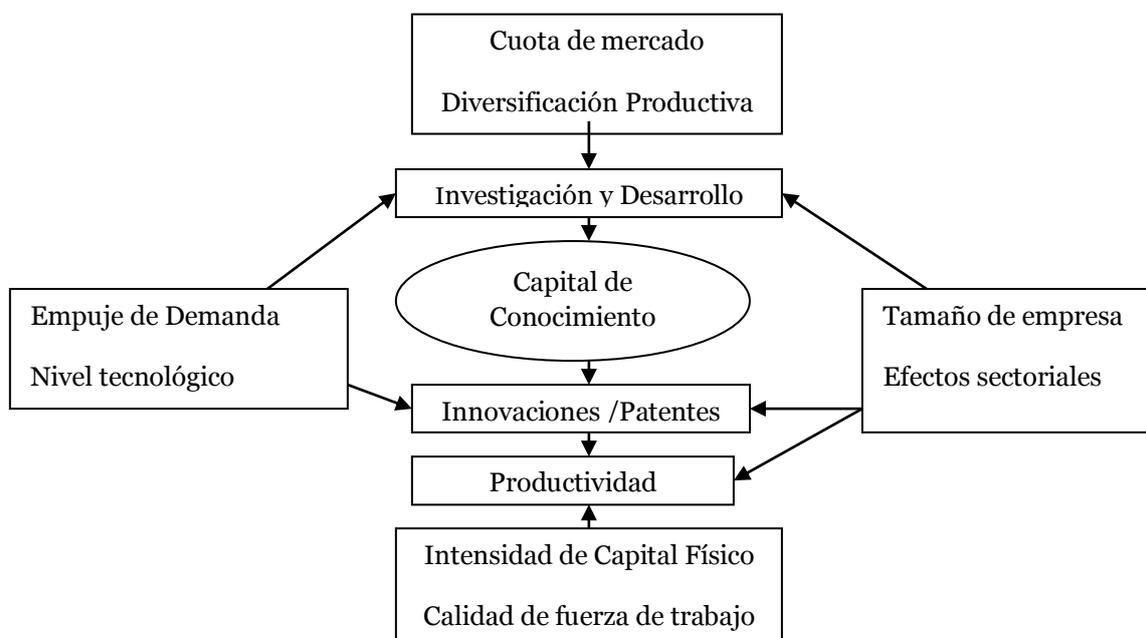
La ecuación (1) explica el gasto en actividades de I+D (R) por parte de la empresa, que se considera como un insumo para innovar. La ecuación (2) considera la generación de innovaciones (P). Finalmente, la ecuación (3) describe el desempeño económico de las empresas (Q).² Es importante notar que, a diferencia del modelo uni-ecuacional, es una medida de producto del proceso innovador y no una relacionada con sus insumos, la que conjuntamente con los factores productivos tradicionales, determinan diferencias observables en el desempeño económico de las empresas.

² Esta medida puede incluir variables como el valor de mercado de la empresa o alguna medida de productividad.

Por su parte, los vectores X^1 , X^2 y X^3 resumen los insumos que explican el comportamiento de las empresas con relación al gasto en I+D, generación de innovaciones y desempeño económico, respectivamente. La función de generación de innovaciones (ecuación 2) incluye como variable explicativa adicional el gasto en actividades de I+D, representando el coeficiente β_R la elasticidad de las innovaciones respecto a estos gastos. En la ecuación (3) el coeficiente β_j representa la elasticidad de la medida de desempeño económico de las empresas con respecto al vector de insumos factoriales, y β_p es la elasticidad de esta variable con respecto a las innovaciones generadas.

Fue el trabajo de Crépon, Duguet y Mairesse (1998) (CDM), el primero capaz de unir las líneas de investigación empírica en un modelo estructural similar al planteado por Pakes y Griliches (1984). El modelo CDM, explicitado en la figura 1, parte de suponer que la inversión en actividades de I+D por parte de la empresa es función de su cuota de mercado, su diversificación productiva y de características como su tamaño y sector de actividad al que pertenece. A su vez, se identifican dos fuerzas externas que condicionan la inversión en actividades de I+D por parte de la empresa. Una de ellas se basa en factores de demanda, tales como el crecimiento de mercado.³ La otra, en la importancia de los avances científicos que, al estimular sus esfuerzos innovadores, influyen en el sendero y la tasa de avance tecnológico de las empresas (“empuje” tecnológico). Por su parte, la generación de innovaciones por parte de la empresa se explica por su inversión en I+D, por sus características (tamaño y sector al que pertenece), y por condiciones de demanda y entorno tecnológico a las que se enfrenta. Finalmente, la variación de la productividad, no sólo se explica por la influencia de los factores productivos tradicionales, condiciones de demanda y entorno tecnológico, y características como su tamaño y sector, sino que también se adicionan como factores explicativos, las innovaciones generadas por la empresa.

Figura 1 - Diagrama del modelo CDM



³ Hipótesis conocida como “arrastre de la demanda”, usualmente atribuida a Schmookler (1966).

Existe una amplia literatura empírica que analiza la relación entre innovación y productividad utilizando el modelo CDM. En la mayoría de estos trabajos, realizados para países desarrollados y basados en datos de la Encuesta *Community Innovation Survey* (CIS), los principales resultados sugieren que las innovaciones tecnológicas (de producto y/o proceso) se traducen en mejoras en los resultados económicos.⁴

Sin embargo, la evidencia empírica para las economías en vías de desarrollo resulta escasa y menos concluyente. Dentro de los trabajos que, a nivel de país, encuentran un vínculo positivo entre I+D, innovación y productividad, destacan Lee y Kang (2007) para Corea del Sur, Hegde y Shapira (2007) para Malasia, Aw et al. (2008) para Taiwan, y Jefferson *et al.* (2006) para China. Mientras que los trabajos de Navarro et al. (2010) para Chile, y Perez *et al.* (2005) para México, no encuentran evidencia significativa de estas relaciones. En este sentido, la baja correlación entre la inversión en actividades de I+D, generación de innovaciones y posterior incremento de la productividad, podría explicarse por el hecho de que las empresas de estos países se encuentran lejos de la frontera tecnológica y los incentivos a invertir en innovación son débiles o incluso inexistentes (Acemoglu et al. 2006; Hall y Mairesse 2006).

De forma más específica, para el caso de las economías de América Latina, destaca el trabajo de Crespi y Zúñiga (2012), que aplicando el modelo CDM para seis economías (Argentina, Chile, Colombia, Uruguay, Panamá y Costa Rica), encuentra evidencia de una relación positiva entre intensidad del gasto en I+D y la generación de innovaciones, y entre innovación y productividad. Por su parte, Raffo et al. (2008) encuentran un impacto significativo de la innovación de producto en la productividad de las empresas de Brasil y México. Los trabajos de Chudnovsky et al. (2006) y Arza y López (2010), encuentran también evidencia de una relación positiva entre estas variables para el caso de las empresas en Argentina. Por su parte, Pérez, et al. (2005) no encuentra impacto de la innovación en la productividad en el caso de las empresas de México, y Benavente (2006) y Alvarez et al. (2011) tampoco encuentra evidencia significativa para el caso de las empresas chilenas.

Respecto al caso de Uruguay, Cassoni y Ramada (2010) analizan la relación entre la generación de innovaciones tecnológicas (de producto y proceso) y las variaciones de productividad en las empresas de la industria manufacturera. En concreto, utilizando la encuesta de actividades de innovación de la industria manufacturera referida al período 2004-2006, encuentran evidencia de un impacto positivo y significativo de la intensidad de la innovación sobre la productividad de las empresas de dicho sector. En un estudio más reciente, Aboal y Garda (2016) analizan el efecto de las innovaciones tecnológicas (de proceso y/o producto) y no tecnológicas (organizacionales y/o de marketing) en la productividad de las empresas de la industria manufacturera y de servicios. Estos autores utilizan dos olas de la encuesta de innovación para Uruguay (2004-2006 y 2007-2009), y mediante un análisis de sección cruzada, encuentran evidencia de que la productividad aumenta cuando las empresas introducen innovaciones.

La revisión de la literatura empírica nos ha permitido constatar que la mayoría de los trabajos que aplican el modelo CDM lo realizan desde una perspectiva estática utilizando datos de sección cruzada, a excepción de ciertos trabajos recientes que introducen el análisis dinámico mediante técnicas de datos de panel. Sin embargo, no existe evidencia de estudios que introduzcan un análisis dinámico y secuencial de este proceso como el que aquí se realiza.

⁴ Ver, por ejemplo, Lööf et al. (2003), Janz et al. (2004), Mohnen et al. (2006) y Musolesi y Huiban (2009).

3. Modelo y estrategia empírica

3.1. Modelo empírico

El planteamiento empírico del modelo CDM consiste en un sistema ecuacional no-lineal y recursivo sin efecto de retroalimentación que se formaliza en cuatro ecuaciones. La primera ecuación describe la decisión de la empresa de dedicar esfuerzos suficientes a realizar actividades de I+D, lo cual resulta en una inversión observable en estas actividades (hacer I+D o no). La segunda ecuación describe la intensidad con la cual la empresa realiza estas actividades (“función de inversión en I+D”). Una tercera ecuación detalla la función de producción de innovaciones, en la cual los gastos en I+D son uno de sus factores determinantes. Finalmente, la cuarta ecuación describe la función de producción de la empresa, donde las innovaciones generadas por la empresa se consideran como un insumo más junto con el resto de factores productivos tradicionales.

Dos relaciones vinculan el capital de conocimiento de la empresa i con sus determinantes:

$$g_i^* = x_{i0}b_0 + u_{i0} \quad (4)$$

$$k_i^* = x_{i1}b_1 + u_{i1} \quad (5)$$

En una primera etapa la empresa decide si realizar o no actividades de investigación (ecuación 4). Esta decisión se basa en algún criterio determinado, por ejemplo, en el valor presente esperado neto de la inversión en actividades de I+D, recogido por la variable dependiente latente g_i^* ; en este caso x_{i0} es un vector de factores determinantes de la decisión de realizar actividades de investigación y u_{i0} es el término de error. En una segunda etapa (ecuación 5), la empresa decide el monto a invertir en actividades de investigación, que representa su inversión en conocimiento científico-tecnológico. Se supone una intensidad latente de estas actividades k_i^* , siendo x_{i1} el vector de factores determinantes de dicha intensidad en investigación y u_{i1} el término de error correspondiente.

La siguiente ecuación del modelo (ecuación 6) es la función de producción de innovaciones:

$$I_i^* = k_i^* \gamma_{k^*} + x_{i2}b_2 + u_{i2} \quad (6)$$

donde, I_i^* representa la variable latente referida a las innovaciones introducidas por la empresa i . Se supone que la introducción de innovaciones no se observa plenamente sino de forma limitada. En este caso, I_i es una variable binaria endógena igual a 0 para las empresas que no reportan la obtención de innovaciones e igual a 1 para aquellas que sí lo hacen; k_i^* es la variable latente de investigación, x_{i2} es un vector de otros factores determinantes de la función de producción de innovaciones. El coeficiente γ_{k^*} es una medida de los impactos o retornos de la inversión en actividades de I+D sobre la generación de innovaciones, mientras que b_2 es el vector de coeficientes asociado al resto de variables explicativas y u_{i2} el término de error.

Finalmente, en el marco de la consideración de una función de producción ampliada tipo Cobb-Douglas (ecuación 7), se supone que las empresas producen mediante una tecnología con

retornos constantes a escala utilizando, además de los insumos factoriales tradicionales, las innovaciones introducidas por la empresa que no están recogidas en el capital físico:

$$q_i = I_i^* \alpha_i^* + x_{i3} b_3 + u_{i3} \quad (7)$$

La variable q_i representa una medida de desempeño económico de la empresa i . El coeficiente α_i^* es la elasticidad de la medida de desempeño con relación a las innovaciones, mientras que b_3 está compuesto por los coeficientes que resumen la elasticidad de los insumos factoriales resumidos en x_{i3} , siendo u_{i3} el término de error.

3.2. Metodología econométrica

En el caso del presente trabajo se decidió estimar el modelo estructural de función de producción (ecuaciones 4 a 7) para tres ediciones consecutivas de la “encuesta de actividades de innovación en empresas” de Uruguay. Dado que las variables dependientes de cada ecuación del modelo se observan de forma diferente, el tratamiento econométrico que se aplica a cada una de ellas es distinto.

En el caso de las ecuaciones 4 y 5, la variable latente k_i^* es observable cuando la variable g_i^* es mayor a cierto umbral mínimo. En este caso, se supone que los términos de error de ambas ecuaciones $(u_{i0} \quad u_{i1})$ siguen una distribución normal bivariada, N_2 , con media cero y varianzas respectivas $\sigma_{u_{i0}}^2 = 1$ y $\sigma_{u_{i1}}^2$; siendo $\rho_{u_{i0}, u_{i1}}$ el coeficiente de correlación de ambos errores. Este sistema de dos ecuaciones, se estima como un modelo Tobit tipo 2 por el método de máxima verosimilitud robusto a heteroscedasticidad.⁵

La función de innovación (ecuación 6) se estima mediante una ecuación probit discreta para un indicador binario de innovación tecnológica (de producto y/o de proceso), y también se utiliza el método de máxima verosimilitud robusto a heteroscedasticidad. En el caso del esfuerzo innovador interno de las empresas k_i^* , se toma como variable explicativa el valor predicho por el modelo Tobit tipo 2 y se estima la función de innovación para todas las empresas, y no sólo para la sub-muestra de aquellas empresas que reportan gastos en actividades de I+D. Esto intenta reflejar el hecho de que todas las empresas realizan algún esfuerzo innovador, pero no todas lo reportan.⁶ Al utilizar el valor predicho de la ecuación de I+D, se instrumenta el esfuerzo

⁵ En esta investigación se utiliza STATA y el procedimiento de Heckman para escoger los valores iniciales de los parámetros.

⁶ Por ejemplo, se puede pensar que los empleados pasan parte del día reflexionando sobre cómo conseguir mejoras de eficiencia en el proceso productivo en el que están trabajando; sin embargo, por debajo de cierto umbral la empresa no será capaz de recoger información explícita sobre este esfuerzo y, por tanto, no dará parte de él.

innovador k_i^* y se toma en cuenta su posible endogeneidad en la función de producción de innovaciones.⁷

En el caso de la ecuación de productividad (ecuación 7), el producto de la empresa (y) se mide como las ventas que declara haber realizado la empresa, en términos de los empleados y expresada en logaritmos. El vector x_{i3} incluye las variables de control, siendo I_i^* el insumo conocimiento. En esta ecuación se toma en cuenta la endogeneidad de la variable I_i^* utilizando los valores predichos al estimar la función de innovación.

Con respecto a la medición de la variable innovación I_i^* , y siguiendo la estrategia de Crespi y Zúñiga (2012), se decidió considerar un indicador agregado que recoja el conjunto de innovaciones tecnológicas (introducir una innovación de proceso y/o de producto por parte de la empresa). Ello se fundamenta en la existencia de una alta colinealidad en la generación de ambos tipos de innovaciones. De hecho, lo que se observa es que la mayoría de empresas que introducen innovaciones de producto son las mismas que introducen innovación de proceso (Mohnen y Hall 2013).

Como ya fuera explicitado, y a diferencia de los trabajos existentes, se estimó el modelo CDM de manera dinámica y secuencial para el mismo conjunto de 400 empresas del sector manufacturero uruguayo. Más específicamente, cada una de las etapas del modelo se estima para una ola de la encuesta diferente y consecutiva. Creemos que esta innovación metodológica permite evaluar de forma adecuada la toma de decisiones en materia de innovación por parte de la empresa, así como el efecto que estas decisiones tienen sobre su desempeño económico. Además, a diferencia del análisis de sección cruzada este enfoque permite capturar el efecto de largo plazo de la innovación en la productividad.

4. Datos y variables

En esta sección se presentan, por un lado, la base de datos especialmente construida para el presente análisis y un análisis descriptivo de la muestra. Y, por otro lado, las principales variables del modelo y sus vínculos con las variables relevantes objeto de análisis.

4.1. Datos

Las variables utilizadas provienen de la encuesta de actividades de innovación en las empresas elaborada por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) de Uruguay. Para el

⁷ Parece probable que características no observables de las empresas (y por tanto omitidas) pudieran incrementar su esfuerzo innovador y, por tanto, su “innovatividad” (productividad al producir innovaciones). Esto significaría que al estimar el parámetro γ_{k^*} se pudiera obtener una estimación sesgada hacia arriba, dado que la variable latente k_i^* y el término de error u_{i2} podrían estar positivamente correlacionados. Sin embargo, las ecuaciones de selección y esfuerzo innovador corrigen este sesgo al ser las variables x_{i0} y x_{i1} independientes del término de error u_{i2} .

presente análisis, se utilizaron datos de las últimas tres olas disponibles: 2001-2003, 2004-2006, y 2007-2009.

En base a esta información, se construyó un panel balanceado de 400 empresas durante el período 2001-2009. A los efectos de aplicar el modelo CDM de forma secuencial y, por ende, dinámica, se seleccionaron las empresas manufactureras que se mantienen en las tres olas de la encuesta. De esta forma, la muestra final de 400 empresas manufactureras representa aproximadamente el 50% del total de empresas entrevistadas en cada ola. Cabe mencionar que, por la metodología de elaboración de la encuesta, la muestra seleccionada de empresas tiene un sesgo hacia las empresas grandes, ya que estas últimas son las únicas que se encuentran obligadas a responder dicha encuesta. De hecho, las 400 empresas seleccionadas representan el 80% de las ventas totales realizadas por las empresas encuestadas.

4.2. Variables e indicadores

En esta sección se detallan los principales determinantes de las diferentes ecuaciones del modelo y sus respectivos indicadores. Estos últimos fueron seleccionados tomando como referencia los principales trabajos que a nivel internacional han aplicado el modelo CDM (ver, por ejemplo, Griffith et al. 2006 para economías de OECD; Crespi y Zuñiga 2012 para economías de América Latina).⁸

Con respecto a la decisión de invertir en I+D (ecuación 4), dicho indicador mide como una variable binaria que toma el valor 1 si la empresa declara haber realizado actividades de I+D durante el período analizado y 0 en caso contrario. La variable de gasto en I+D (ecuación 5), se define como el monto dedicado a actividades de I+D en términos de número de empleados y expresada en logaritmos. La generación de innovaciones tecnológicas (ecuación 6), se define como una variable binaria que toma el valor 1 si la empresa declara haber realizado innovaciones de producto y/o proceso en el período analizado, y 0 si declara no haber introducido ningún tipo de innovación. Finalmente, la productividad de la empresa (ecuación 7) se mide como las ventas que declara haber realizado la empresa durante el período, expresada en términos de empleados y en logaritmos.

Con relación a las variables de control, existe evidencia empírica de que el tamaño de la empresa es un factor determinante de su decisión de realizar actividades de I+D. Las empresas más grandes, al disponer de mayor cantidad de recursos, pueden absorber los costos fijos relacionados con estas inversiones así como aprovechar las economías de escala y la mayor apropiación de los derrames tecnológicos. Así, la evidencia empírica sugiere que existe una relación positiva entre la decisión de inversión en I+D y el tamaño de la empresa. Más específicamente, se supone que el tamaño de la empresa afecta a la decisión de invertir en innovación (ecuación 4), aunque no afecta a la intensidad de esa inversión una vez que la decisión de invertir ha sido tomada. De hecho, esta variable no se incluye en la ecuación de intensidad (ecuación 5) porque no existe evidencia empírica de dicha relación en la literatura especializada (ver Cohen y Klepper 1996), y porque el modelo de selección muestral analizado exige al menos una restricción de exclusión para ser estimado.⁹ A su vez, las ecuaciones 6 y 7 también se controlaron por tamaño ya que se espera que las empresas de mayor tamaño tiendan a innovar más que las pequeñas y también que su productividad pueda estar condicionada por su tamaño.

⁸ En la Tabla A.1 del anexo se resumen las variables utilizadas y sus correspondientes definiciones.

⁹ Ver capítulo 16 de Cameron y Trivedi (2005).

Por otra parte, las empresas que operan en mercados extranjeros están expuestas a niveles más altos de competencia, fomentando, de esta forma, la necesidad de innovar. El trabajo de OECD (2009) aporta evidencia de esta hipótesis para las empresas manufactureras de varias economías desarrolladas. Al igual que Alvarado (2000) en el caso de Colombia y De Negri *et al.* (2007) para el caso de Brasil. En este trabajo, la variable que recoge la presencia de la empresa en mercados extranjeros se mide en función de si la empresa realiza exportaciones o no. Dicha variable dicotómica se incluyó en todas las ecuaciones del modelo exceptuando la ecuación de productividad (ecuación 7).

Varios estudios señalan que las empresas que cuentan con la presencia de capitales extranjeros mantienen una ventaja de productividad en relación a sus competidores locales. Específicamente, Helpman *et al.* (2004) argumentan que las empresas que reciben inversiones de capitales externos son más productivas que las empresas que sólo realizan exportaciones u operan exclusivamente en el mercado interno. Estos resultados también son confirmados por varios estudios empíricos. Wagner (2006) analizando las empresas alemanas, encuentra que la productividad de las empresas multinacionales es superior a la de las empresas nacionales. A su vez, la IED se identifica como un posible canal de difusión internacional de la tecnología (Veugelers y Cassiman 2003). Finalmente, Pantel y Vega (1999), y Le Bas y Sierra (2001) demuestran que las empresas multinacionales suelen invertir en el extranjero en áreas tecnológicas en las que son fuertes en su país de origen, fomentando de esta forma la difusión tecnológica. Considerando este contexto de análisis, las ecuaciones 4, 5 y 6 se controlan por la presencia de capital extranjero en la empresa.

Otro factor relevante para explicar el comportamiento innovador de las empresas son las medidas que estas adoptan en materia de protección formal para sus innovaciones (Giffith *et al.* 2006). Una de las medidas más comúnmente utilizadas refiere a la de solicitud de patentes por parte de la empresa. La presentación de una patente sugiere que la empresa tiene suficientes habilidades administrativas para iniciar y/o completar con éxito su proceso solicitud. A su vez, es un indicador de las actividades relacionadas con la generación de nuevo conocimiento que la empresa ha realizado. Debido a ello, se utilizó una variable binaria que indica si la empresa solicitó patentes durante el período analizado. Dicha variable se utilizó como variable de control en las ecuaciones 4, 5 y 6.

El financiamiento público tiende a ser un factor relevante en las decisiones de inversión en I+D. La mayoría de los estudios concluyen que el apoyo de los gobiernos a la inversión en I+D lleva a una inversión privada adicional en estas actividades (Hall y Maffioli 2008; Mairesse y Mohnen 2010). En el caso de las empresas de América Latina el apoyo público a la inversión en I+D resulta esencial (Anillo y Suarez 2009; Navarro *et al.* 2010). De hecho, como apuntan Crespi y Zúñiga (2012) las restricciones en la obtención de financiación público y la incapacidad de las empresas para esperar largos períodos de tiempo a los efectos de obtener resultados, se encuentran entre los obstáculos más importantes para la realización de actividades relacionadas con la generación de innovaciones por parte de las empresas. Considerando este contexto, el financiamiento público se plantea como un determinante relevante en las primeras etapas de las decisiones de realizar actividades relacionadas con la innovación (ecuaciones 4 y 5).

También se incluyeron variables que indican la relevancia del uso de fuentes de información para innovar por parte de las empresas: fuentes provenientes del mercado (clientes, competidores, proveedores, empresas consultoras y expertos), fuentes de información científicas, y otras fuentes de información dentro de las cuales destacan fuentes públicas como: internet, diarios, revistas, publicaciones, exposiciones o reuniones. La importancia de las fuentes de información se consideró como factor determinante de las decisiones invertir en actividades de I+D (ecuación 4) y de la intensidad del gasto realizado en estas actividades (ecuación 5).

Finalmente, en todas las ecuaciones del modelo se controló por los diferentes sectores de actividad de la industria manufacturera. Se incluyeron 7 grupos de industrias relevantes. Esto permite recoger los efectos explicados por un conjunto de características diferenciales a nivel sectorial.

4.3. Análisis descriptivo

Para poder caracterizar la muestra de 400 empresas manufactureras seleccionadas, se realizó un análisis comparativo de estas empresas con el comportamiento de la muestra original que considera todas las empresas que respondieron a la encuesta.

En relación al gasto de innovación, el promedio de las 400 empresas de la muestra aquí analizada se ubica en 0.3% en 2001-2003, 0.2% en 2004-2006 y 0.3% en 2006-2009. A su vez, como se puede apreciar en la figura 2, si se compara el comportamiento de Uruguay en términos del gasto en actividades de I+D respecto a países de América Latina, se observa que este país está entre que menos gasto realizan.

Figura 2. Intensidad del gasto en I+D, por países



Fuente: BID, Science, Technology, and Innovation in Latin America and the Caribbean. Encuesta de Innovación (Argentina: 1998-2001; Brasil: 2005; Colombia: 2003-2004; 2008; Uruguay: 2004-2006; Paraguay: 2004-2006).

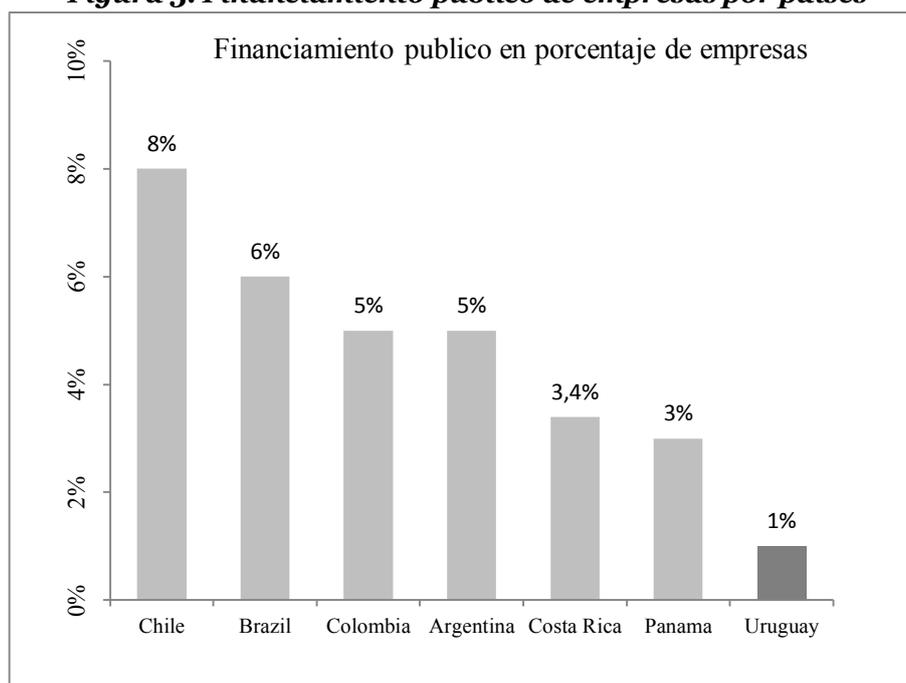
Considerando la muestra de 400 empresas seleccionadas, aproximadamente el 33% reportan la realización de actividades de I+D en 2001-2003, el 26% durante 2004-2006 y el 28% durante 2007-2009. Sin embargo, si se considera el total de empresas originalmente encuestadas, las que declaran haber realizado alguna actividad de I+D, es aún más baja: 24%, 18% y 17% respectivamente (ver Tabla A.2 y A.3 del anexo).

Respecto al tipo de innovación que realizan, se observa que el 56%, 50% y 54% de las empresas manufactureras de la muestra reportan haber realizado innovaciones tecnológicas (de producto y/o de proceso) durante los periodos 2001-2003, 2004-2006 y 2007-2009, respectivamente. Este porcentaje se reduce al 44%, 42% y 41% respectivamente, si consideremos el total de empresas encuestadas en cada ola (ver Tabla A.2 y A.3 del anexo).

Respecto a la presencia de capital extranjero en las empresas, se observa una tendencia temporal creciente, con un 15% de empresas que reciben capital extranjero en 2001-2003, 17% en 2004-2006 y finalmente 19% en 2007-2009. Si se analiza al total de las empresas encuestadas, el porcentaje baja al 12% en promedio del periodo analizado.

En relación al financiamiento público, un porcentaje muy bajo de las empresas cuentan con alguna ayuda pública para realizar actividades relacionadas con la innovación. En particular, en el periodo 2001-2003 el 1% de las empresas reciben financiamiento público, el 2% en el 2004-2006 y, finalmente, en la última ola, el 10% de las empresas cuentan con algún tipo de ayuda pública. El porcentaje es similar si se analiza el total de las empresas encuestadas originalmente (ver tabla A.2 y A.3 del anexo). Este resultado resulta interesante si se lo compara con el conjunto de los países de América Latina. La inspección visual del figura 3, nos permite observar que Uruguay es de los países en los que las empresas reciben un porcentaje menor de financiamiento público.

Figura 3. Financiamiento público de empresas por países

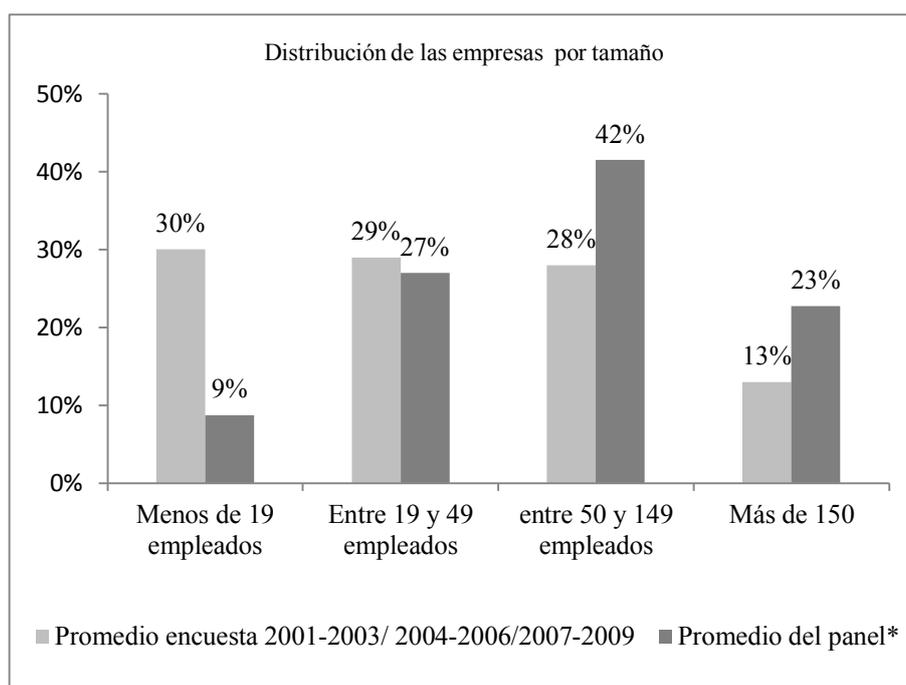


Fuente: BID, Science, Technology, and Innovation in Latin America and the Caribbean. Encuesta de Innovación (Argentina: 1998-2001; Brasil: 2005; Colombia: 2003-2004; Uruguay: 2001-2003; Paraguay: 2004-2006).

Con relación a la importancia que otorgan las empresas a las fuentes de información para innovar, cerca del 87% de las empresas consideran muy importantes las fuentes de mercado, y las provenientes de proveedores y competidores. El 79% consideran muy importantes fuentes de información pública, y un 30% consideran relevantes las fuentes de información científicas. Este comportamiento es similar al de la muestra en su conjunto.

Con respecto a la distribución de las empresas por tamaño (figura 4), en promedio se observa que casi dos tercios de las empresas tienen entre 20-49 empleados (27%) y 50-149 empleados (41%). El resto se explica fundamentalmente por empresas grandes (más de 150 empleados) con un 23% del total; las empresas pequeñas (menos de 19 empleados) representan tan sólo un 9% de la muestra de 400 empresas. Si se comparan estos resultados con respecto a la distribución del total de empresas, se observa que la muestra utilizada en el presente estudio está concentrada en las empresas de mayor tamaño. Esto último, se debe al diseño de la muestra de la encuesta, donde las empresas que se encuentran obligadas a responderla son las empresas grandes (ver Tablas A.5 y A6 del anexo).

Figura 4. Distribución de empresas por tamaño



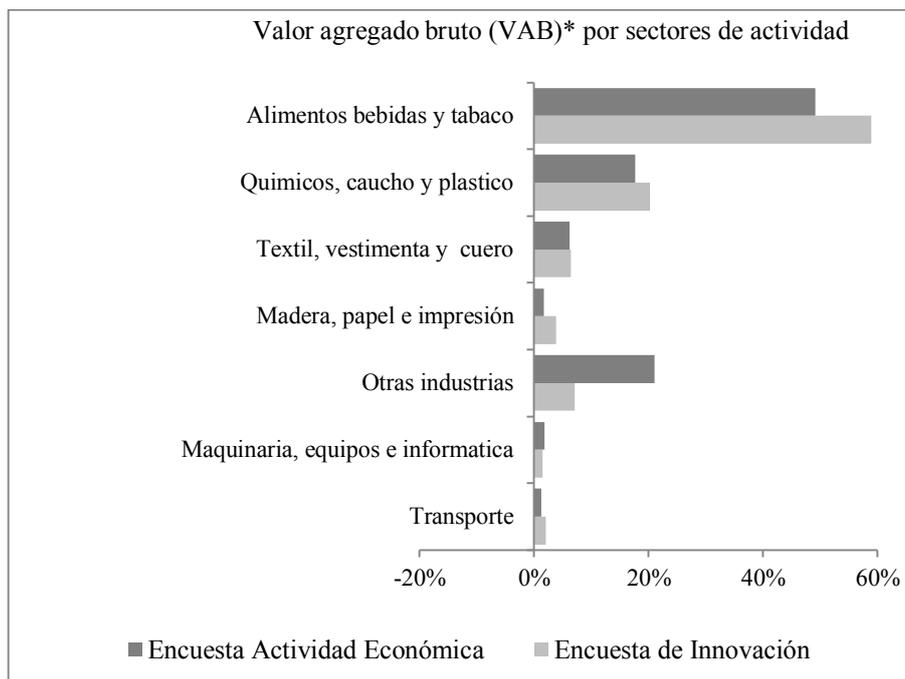
Fuente: elaboración propia en base a datos de la encuesta de innovación de la ANII.

(*) El promedio del panel corresponde con el promedio de las tres olas consideradas en este trabajo.

Finalmente, en base a la clasificación industrial CIIU (tercera revisión) se agruparon las 400 empresas analizadas en 7 sectores industriales. Los sectores considerados son: 1-Alimentos, bebidas y tabaco; 2-Químicos, caucho y plástico; 3-Textil, vestimenta y cuero; 4-Madera, papel e impresión; 5-Maquinaria, equipos eléctricos e informáticos; 6-Transporte y 7-Otras industrias. Analizando la distribución sectorial de la muestra, se observa que las ramas de Alimentos, bebidas y tabaco (35%); Productos químicos, de caucho y de plástico (19%); y Textiles, vestuario y productos de cuero (16%), comprenden el 70% de las empresas de la muestra.

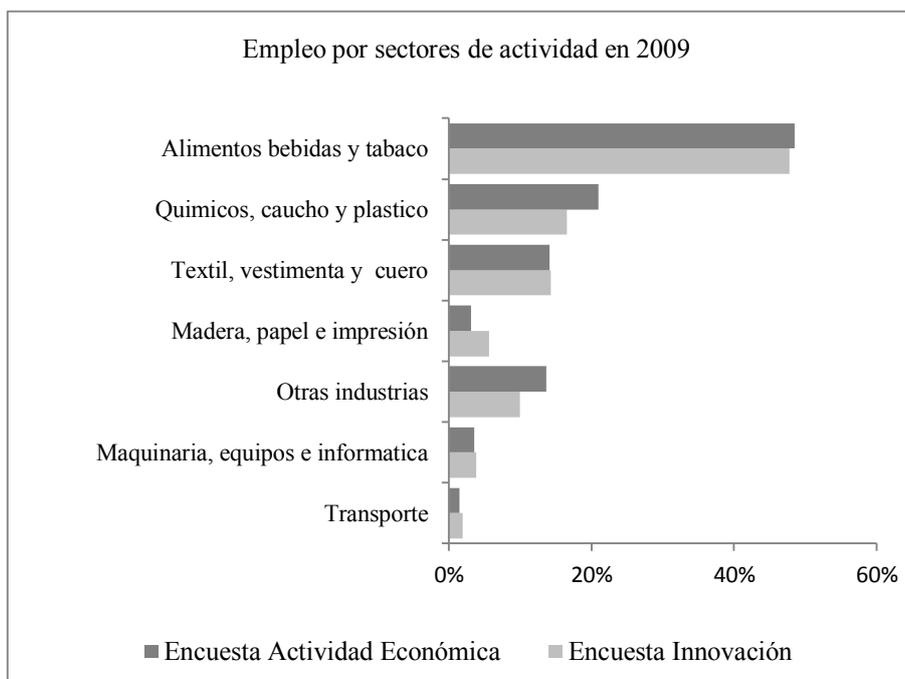
Con el fin de conocer si la distribución sectorial de nuestra muestra resulta representativa de la estructura nacional, se comparó esta distribución con aquella que considera el total de la economía, en base a la Encuesta de Actividades Económicas realizada por Instituto Nacional de Estadísticas de Uruguay (INE). La inspección visual de las figuras 5 y 6, permite determinar que la muestra de empresas considerada en este trabajo es representativa de la estructura productiva de la industria manufacturera en Uruguay.

Figura 5. Distribución del Valor agregado bruto (VAB) por sectores de actividad. (Encuesta de Actividades Económicas 2009)



Fuente: elaboración propia en base a datos de la encuesta e actividades económicas de 2009 publicada por el INE y la encuesta de Innovación de la ANII 2007-2009.
(*) En el caso de la Encuesta de Innovación se utilizó como proxy del VAB a las ventas declaradas por las empresas.

Figura 6. Distribución del empleo por sectores de actividad económica en 2009



Fuente: elaboración propia en base a datos de la encuesta e actividades económicas de 2009 publicada por el INE y la encuesta de Innovación de la ANII 2007-2009.

5. Resultados

En esta sección se presentan los principales resultados de estimar el modelo CDM, a través de un sistema de ecuaciones secuenciales para las tres últimas olas de la encuesta (2000-2003, 2004-2007 y 2007-2009). A su vez, y como ejercicio de robustez estadística, se presentan los resultados de estimar el mismo modelo con datos de sección cruzada para la última ola disponible de la encuesta (2007-2009).

5.1. Decisión de inversión en innovación e intensidad del gasto

En la Tabla 1 se presentan los resultados de estimar las primeras dos ecuaciones del modelo CDM. En la columna 1 observamos los resultados de la ecuación de selección del modelo (ecuación 4), que analiza la decisión de invertir o no actividades de I+D por parte de la empresa. La segunda columna se corresponde con la intensidad de esta inversión (ecuación 5), condicionada a la decisión de realizar tales actividades.

Como se puede observar en la Tabla 1, la presencia de la empresa en el mercado internacional presenta signo positivo y es estadísticamente significativa tanto para la ecuación que recoge la decisión de realizar inversiones en I+D como para la intensidad de este gasto. Este resultado se encuentra en línea con los principales trabajos realizados para América Latina. Braga y Willmore (1991) y Alvarez (2001) presentan evidencia de que las empresas brasileras y chilenas exportadoras tienden a invertir más en innovación.

La presencia de fuentes de financiamiento público tiene un efecto positivo y significativo en ambas ecuaciones. Ello concuerda con trabajos precedentes que demuestran que la falta de acceso al financiamiento público es uno de los obstáculos más importantes para realizar actividades de investigación en los países de América Latina (Anlló y Suárez 2009; Navarro *et al.* 2010).

La variable solicitud de patentes también presenta signo positivo y es estadísticamente significativa. Sin embargo, es una variable relevante para las decisiones de realizar inversiones en I+D aunque no lo es para la determinación del gasto en estas actividades. Esta variable suele ser un proxy de los esfuerzos que realizan las empresas para proteger la propiedad intelectual de sus innovaciones. Es importante tener en cuenta que en las economías de América Latina la adopción de medidas de protección intelectual suele ser escasa (Crespi y Zúñiga 2012; Aboal y Garda 2016).

Las variables que recogen el grado de importancia que las empresas le otorgan a las fuentes de información de mercado (proveedores, clientes, competidores, etc.), y a las fuentes científicas (universidades, centros tecnológicos, etc.), son estadísticamente significativas y tienen un efecto positivo en la intensidad del gasto en actividades de I+D (ecuación 5). Mientras que para la decisión de invertir en I+D (ecuación 4) únicamente son relevantes las fuentes de información de mercado. Este resultado apunta en la misma dirección que el obtenido por Aboal y Garda (2016) para Uruguay.

Por último, el tamaño de la empresa tiene un efecto positivo respecto a las decisiones de invertir en I+D, lo que está en línea con los principales resultados de la literatura. De hecho, la evidencia muestra que para el caso de las empresas de América Latina, existe una clara asociación positiva entre el tamaño y la propensión a invertir en actividades de I+D (Benavente 2006; Crespi y Zúñiga 2012).

Tabla1. Determinantes de la decisión de invertir en actividades de I+D e intensidad del gasto (2001-2003)

	(1) Decisión de invertir en I+D	(2) Intensidad del gasto en I+D
Exp	0.294** (0.152)	1.090*** (0.347)
IED	0.016 (0.190)	0.275 (0.364)
Pat	0.572** (0.267)	0.360 (0.499)
Finp	0.918* (0.569)	1.916* -1.078
Info1	0.487** (0.250)	1.418** (0.722)
Info2	-0.035 (0.147)	0.569* (0.303)
Info3	0.250 (0.183)	-0.078 (0.453)
Tam	0.338*** (0.081)	- -
Constante	-2.840*** (0.522)	-2.648** (1.370)
Dummies sectoriales	Si	Si
Número de observaciones	400	400
Wald χ^2		43.11***
Log pseudo-likelihood		-443.706
Wald test de independencia (q = 0)		17.34***
rho		0.894 (0.069)

Notas: se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad entre paréntesis. El término Rho brinda el valor de probabilidad del test de significación del término de correlación entre los residuos de ambas ecuaciones.

* Significación a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación a 1 %.

5.2. Impacto de la inversión en innovación

La función de producción de innovaciones (ecuación 6) se estimó por un modelo probit bivariado, donde los coeficientes reflejan los efectos marginales de las variables. En este caso la función de producción fue estimada para la ola de la encuesta 2004-2006.

Tal como se muestra en la Tabla 2, la intensidad en el gasto en I+D estimada en el sistema de ecuaciones (4) y (5), es estadísticamente significativa y presenta signo positivo. Por lo tanto, una mayor intensidad en actividades de I+D conduce a una mayor probabilidad de obtener una innovación tecnológica. Este resultado está en línea con los principales resultados de la literatura internacional (Giffith 2006; Mohan y Hall, 2013), y en particular con los resultados para Uruguay, donde la variable predicha del gasto afecta positivamente en el output de la innovación (ver Cassoni y Ramda 2010; y Aboal y Garda 2016).

Destaca la significación y signo de la variable inversión extranjera directa. Si existe presencia de capital extranjero en la empresa, se observa un efecto positivo en la propensión a innovar. Crespi y Zúñiga (2012) también encuentran evidencia de impacto positivo de la IED para el caso de Argentina, Chile, Colombia y Panamá.

La variable solicitud de patentes también presenta signo positivo y es significativa, las empresas que solicitan patentes tienen una probabilidad más alta de obtener innovaciones tecnológicas. Este resultado está en línea con los encontrados por Aboal y Garda (2016) para Uruguay.

Por último, el tamaño de la empresa surge como otro factor relevante para explicar la generación de innovaciones. Las empresas grandes tienden a innovar más debido a que cuentan con economías de escala y se pueda apropiar mejor de las externalidades del conocimiento (Cohen y Levinthal 1989; Crespi y Zúñiga 2010).

Tabla 2. Función de producción de innovaciones (2004-2006)

	(1) Función de innovación tecnológica
IE_p	0.111** (0.044)
Exp	-0.056 (0.073)
IED	0.157** (0.071)
Pat	0.332** (0.123)
Tam	0.137*** (0.031)
Dummies sectoriales	Si
Número de observaciones	400
Wald χ^2	57.93***
Log pseudo-likelihood	-239.57
Pseudo R2	0.13
Probabilidad observada	0.50
Predicción de la probabilidad (valores en media)	0.51

Notas: se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad entre paréntesis.

* Significación a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación a 1 %.

5.3. Impacto de la innovación en la productividad

Aquí se presentan las estimaciones de la ecuación 7 en la Tabla 3. En esta tabla, los coeficientes reflejan elasticidades o semi-elasticidades por tratarse de variables medidas en logaritmos. Considerando la lógica de estimación secuencial del modelo, esta ecuación se estimó para la última ola de la encuesta (2007-2009) considerando como variable explicativa la predicción de la ecuación 6 estimada para la ola 2004-2006.

Se confirma el impacto positivo de la innovación tecnológica en la productividad de las empresas con una elasticidad de 1.6. El impacto de las innovaciones tecnológicas en la productividad resultado muy elevado, confirmando los resultados obtenidos en los trabajos existentes para Uruguay (1.2 en el trabajo de Aboal y Garda 2016, y de 0.8 en Crespi y Zuñiga 2012). De acuerdo con Crespi y Zuñiga (2012), la magnitud de dicho coeficiente se puede explicar por dos factores. Por un lado, debido a que la variable que recoge la innovación es una

variable dicotómica y, por tanto, los impactos suelen ser mayores que cuando se utilizan variables continuas.¹⁰ Por otro lado, se debe tener en cuenta que las brechas de productividad de los países en vías de desarrollo respecto a la frontera tecnológica son muy pronunciadas, y la introducción de la innovación tecnológica puede impulsar de forma importante la productividad de las empresas. De hecho, existe evidencia empírica de que las tasas de retorno social de las innovaciones en economías en vías de desarrollo son mucho más elevadas que en economías desarrolladas (Lederman y Maloney 2003).

Adicionalmente, siguiendo a Crespi y Zuñiga (2012), también se estimó el efecto de la intensidad del gasto en I+D en la productividad de la empresa, resultado que se reporta en la columna 2 de la Tabla 3 (variable IE_p). Los resultados son similares a los obtenidos por dichos autores, es decir a mayor intensidad del gasto en actividades de I+D mayor la productividad de la empresa.

Por su parte, el capital físico por trabajador presenta un efecto positivo y significativo. Con respecto al tamaño de la empresa, los resultados encontrados permiten concluir que es una variable determinante para explicar su productividad.

Tabla 3. Función de Productividad media (2007-2009)

	(1) Función de productividad	(2) Función de productividad
Intensidad del capital	0.086*** (0.022)	0.085*** (0.023)
IT_p	1.625*** (0.489)	- -
IE_p	- -	0.122** (0.049)
Tam	-0.106 (0.098)	0.109** (0.055)
Constante	6.780*** (0.276)	6.815*** (0.289)
Dummies sectoriales	Si	Si
Número de Observaciones	400	400
R2	0.21	0.20

Notas: entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad.

* Significación a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación 1%

¹⁰ Ver Mairesse, Mohnen y Kremp (2005).

6. Análisis de robustez

Para contrastar la robustez de los resultados anteriormente analizados y, a su vez, obtener resultados comparables con los trabajos existentes para el caso de Uruguay, se estimó el mismo modelo CDM utilizando únicamente la última ola de la encuesta 2007-2009. De hecho, esta estimación de sección cruzada tiene la ventaja de permitir la inclusión de un mayor número de empresas (más de 900 empresas).

6.1. Decisiones de inversión en I+D e intensidad del gasto

Al igual que con el modelo anterior se estimaron las ecuaciones (4) y (5) con un modelo Tobit tipo II. Los principales resultados se resumen en la tabla 4.

Con respecto a la decisión de invertir en actividades de I+D, la variable financiamiento público presenta signo positivo y es significativa. Asimismo, la solicitud de patentes presenta efectos positivos y significativos, y dentro de las fuentes de información destaca el efecto positivo de las fuentes científicas. Por último, el tamaño de la empresa es significativo y su efecto es positivo.

Con respecto a la intensidad del gasto en I+D, la única variable que presenta signo positivo y significativa, es el financiamiento público. Estos resultados apuntan exactamente en la misma dirección que los resultados obtenidos en el anterior ejercicio, y están en línea con los principales resultados obtenidos en la literatura.

Tabla 4. Determinantes de la decisión de invertir en actividades de I+D e intensidad del gasto (2007-2009)

	(1) Decisión invertir o no I+D	(2) Intensidad del gasto en I+D
Exp	0.113 (0.129)	0.367 (0.247)
IED	-0.072 (0.162)	0.195 (0.349)
Pat	0.768** (0.379)	0.709 (0.674)
Finp	0.742*** (0.174)	0.755** (0.363)
Info1	-0.044 (0.177)	0.423 (0.406)
Info2	0.258** (0.116)	0.219 (0.267)
Info3	0.218 (0.157)	0.557 (0.402)
Tam	0.256*** (0.051)	
Constante	-2.612*** (0.251)	-1.946*** (0.906)
Dummies sectoriales	Si	Si
Número de observaciones	924	924
Wald χ^2		22.56**
Log pseudo-likelihood		-645.173
Wald test de independencia (q = 0)		20.11***
rho		0.732 (0.096)

Notas: se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad entre paréntesis. El término Rho brinda el valor de probabilidad del test de significación del término de correlación entre los residuos de ambas ecuaciones.

* Significación a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación a 1 %.

6.2. Impacto de la inversión en I+D

La ecuación 6 se estimó mediante una regresión probit bivalente. Como muestra la Tabla 5, la intensidad del gasto en innovación (variable predicha en la ecuación 5) presenta un efecto positivo y significativo, confirmando que a mayor esfuerzo o gasto por trabajador, mayor es la probabilidad de obtener una innovación tecnológica. A su vez, el tamaño de la empresa es un determinante relevante en la innovación.

Tabla 5. Función de producción de innovaciones (2007-2009)

	(1) Función de innovación tecnológica
IE_p	0.235*** (0.417)
Exp	-0.018 (0.043)
IED	-0.064 (0.049)
Pat	0.120 (0.202)
Tam	0.118*** (0.017)
Dummies sectoriales	Si
Número de observaciones	924
Wald χ^2	158.51***
Log pseudo-likelihood	-515.87
Pseudo R2	0.14
Probabilidad observada	0.35
Predicción de la probabilidad (valores en media)	0.33

Notas: los coeficientes son los efectos marginales. Se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad entre paréntesis.

* Significación a 10%, ** Significación a 5%, *** Significación a 1 %.

6.3. Productividad

La última ecuación del modelo recoge el efecto de las innovaciones en la productividad. Como indica la columna 1 de la Tabla 6 la innovación tecnológica mejora la productividad de la empresa (variable predicha de la ecuación 6), aunque la semi-elasticidad es bastante inferior a la obtenida en el modelo secuencial dinámico.

La inversión en capital físico por trabajador y el tamaño de la empresa presentan signo positivo y significativo, lo que está en línea con los principales resultados obtenidos en el modelo dinámico.

La variable predicha de innovación tecnológica presenta signo positivo y es significativa como en el modelo anterior. Esto implica que la obtención de innovaciones tecnológicas tiene un efecto positivo en la productividad de las empresas. Los resultados de controlar la productividad por la intensidad del gasto predicho en la ecuación (5) se resumen en la columna 2 de la Tabla 6. Finalmente, tanto la intensidad de capital físico como el tamaño son positivos y significativos para explicar los incrementos de productividad.

Tabla 6. Función de Productividad media (2007-2009)

	(1) Función de productividad	(2) Función de Productividad
Intensidad del capital	0.121*** (0.0209)	0.113*** (0.0203)
IT_p	0.790** (0.371)	- -
IE_p	- -	0.313*** (0.076)
Tamaño	0.135** (0.0634)	0.196*** (0.036)
Constante	5.990*** (0.214)	5.989*** (0.211)
Dummies sectoriales	Si	Si
Número de Observaciones	924	924
R2	0.24	0.25

Notas: entre paréntesis se muestran las desviaciones típicas robustas a heteroscedasticidad.

* Significación a 10%, ** Significación a 5%, ***Significación 1%

7. Conclusiones

Este trabajo analiza la relación entre la inversión en actividades de I+D, generación de innovaciones y variaciones de productividad en las empresas manufactureras de Uruguay. Estimando el modelo estructural CDM de forma secuencial para las tres últimas olas de la encuesta de innovación en las empresas, se encuentra evidencia en favor de un efecto positivo del gasto en I+D sobre la propensión a introducir innovaciones tecnológicas, y de un efecto positivo de las innovaciones tecnológicas sobre la productividad de las empresas.

Los resultados señalan que la mayor presencia de la empresa en el mercado exportador, el acceso al financiamiento público, la solicitud de patentes, su tamaño y las fuentes de información provenientes del mercado son los principales determinantes de las decisión de invertir en actividades de I+D. Mientras que la intensidad del gasto en I+D se correlaciona positivamente con la participación de la empresa en el mercado exterior, la solicitud de patentes y las fuentes de información de mercado y científicas. A su vez, se observa que las empresas que realizan un mayor gasto en I+D, que presentan mayor porcentaje capitales extranjeros y que son de mayor tamaño tienden a introducir más innovaciones tecnológicas que las empresas nacionales y pequeñas. Finalmente, la productividad de la empresa se correlaciona positivamente con las innovaciones tecnológicas introducidas y la intensidad del capital físico.

Estos resultados sugieren implicancias de política relevantes. Así, la mejora del acceso al financiamiento público, el fomento de mecanismos formales de protección intelectual, facilitar el acceso a mercados internacionales e incrementar la participación de capitales extranjeros en las empresas nacionales, surgen como instrumentos efectivos para estimular las inversiones en actividades de I+D por parte de las empresas y fomentar, de esta forma, la generación de innovaciones tecnológicas con efectos positivos sobre la productividad de las empresas manufactureras en Uruguay.

8. Bibliografía

- Aboal, D y P. Garda (2016), “Technological and Non-technological Innovation and Productivity in Services vis a vis Manufacturing in Uruguay” *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 25(1), pp. 435-454.
- Acemoglu, D., P. Aghion y F. Zilibotti (2006). “Distance to frontier, selection, and economic growth” *Journal of the European Economic Association*, vol. 4(1), pp. 37–74.
- Aghion, P. y P. Howitt (1992), “A Model of Growth through Creative Destruction” *Econometrica*, 60 (2), pp. 323–51.
- Alvarado, A. (2000), “Dinámica de la estrategia de innovación: el caso de Colombia” *Coyuntura Económica*. Fedesarrollo, 30(3), pp. 25–41.
- Alvarez, R. (2001), “External sources of technological innovation in the Chilean manufacturing industry” *Estudios de Economía*, 28(1), pp. 53–68.
- Alvarez, R., C. Bravo y L. Navarro (2011), “Innovation, R&D investment and productivity in Chile” *Cepal Review*, 140, pp. 135-160.
- Anlló, G. y D. Suarez (2009), “Innovación: Algo más que I+D. Evidencias Iberoamericanas a partir de las encuestas de innovación: Construyendo las estrategias empresarias competitivas”, Buenos Aires, Argentina: CEPAL-REDES.
- Arza, V., y A. López (2010), “Innovation and productivity in the argentine manufacturing sector”, *IDB Working Paper No.187*. Washington, DC, United States: Inter-American Development Bank.
- Aw, B.Y., M. J. Roberts, y D. Yi Xu (2011), "R&D Investment, Exporting, and Productivity Dynamics, *American Economic Review*, 101(4), pp. 1312-44.
- Braga, H., y L. Willmore (1991), “Technological imports and technological effort”, *Journal of Industrial Economics*, 39(4), pp. 421–432.
- Benavente, J. M. (2006), “The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile” *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5), pp. 301-315.
- Cameron, A.C. y P.K. Trivedi (2005), *Microeconometrics: Methods and Applications*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Cassoni, A., y M. Ramada (2010), “Innovation, R&D investment and productivity: Uruguayan manufacturing firms” *IDB Working Paper No. 191*. Washington, DC, United States: Inter-American Development Bank.
- Chudnovsky, D., A. López y G. Pupato (2006), “Innovation and Productivity in Developing Countries: A Study of Argentine Manufacturing Firms Behavior (1992- 2001)” *Research Policy*, 35, pp. 266-288
- Cohen, W. M., y S. Klepper (1996), “Firm size and the nature of innovation within industries: The case of process and product R&D”, *The Review of Economics and Statistics*, 8(2), pp. 232–243.

- Cohen, W., y D. Levinthal (1989), "Innovation and learning: The two faces of R&D", *The Economic Journal*, 99(397), pp. 569-596.
- Crépon, B., E. Duguet y J. Mairesse (1998), "Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level", *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), pp. 115-158.
- Crespi, G., y P. Zúñiga (2012), "Innovation and productivity: Evidence from six Latin American countries", *World Development*, 40(2), pp. 273-290.
- De Negri, J. A., L. Esteves y F. Freitas (2007), "Knowledge production and firm growth in Brazil" *Working Paper IPEA*, no. 21.
- Daude, C. (2010), "Innovation, productivity and Economic Development in Latin America and the Caribbean" *OECD Development Centre, Working Paper No. 288*.
- Griffith, R., E. Huergo, J. Mairesse y B. Peters (2006), "Innovation and Productivity Across Four European countries" *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4), pp. 483-498.
- Griliches, Z. (1979), "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth" *Bell Journal of Economics*, 10(1), pp. 92-116.
- Grossman, G., y E. Helpman (1991), *Innovation and Growth in the World Economy*, MIT Press, Cambridge.
- Hall, B. y A. Maffioli (2008), "Evaluating the impact of technology development funds in emerging economies: Evidence from Latin America", *European Journal of Development Research*, 20(2), pp. 172-198.
- Hall, B. y J. Mairesse (2006), "Empirical studies of innovation in the knowledge-driven economy", *Economics of Innovation and New Technology*, (4-5), pp. 289-299.
- Hall, B. H., F. Lotti y J. Mairesse (2009), "Innovation and Productivity in SMEs: Empirical Evidence for Italy", *Small Business Economics*, 33(1), pp. 13-33.
- Hegde, D. y P. Shapira (2007), "Knowledge, technology trajectories, and innovation in a developing country context: Evidence from a survey of Malaysian firms" *International Journal of Technology Management*, 40(4), pp. 349-370.
- Helpman E., M. Melitz y S. R. Yeaple (2004), "Export versus FDI with Heterogeneous Firms", *American Economic Review*, 94(1), pp. 300-316.
- IDB (2010), *Science, technology and innovation in Latin America and the Caribbean: A statistical compendium of indicators*. Washington, DC, United States: Inter-American Development Bank.
- Janz, N., H. Löf y B. Peters (2004), "Firm level Innovation and Productivity – Is There a Common Story across Countries", *Problems and Perspectives in Management*, 2, pp. 184-204.
- Jefferson, G., H. Bai, X. Guan y X. Yu (2006), "R&D Performance in Chinese Industry", *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5), pp. 345-366.

- Le Bas, C. y C. Sierra (2001), “Location versus home country advantages in R&D activities: some further results on multinationals location strategies”. *Research Policy*, 31(4), pp. 1-21.
- Lee, K., y S. M. Kang (2007), “Innovation types and productivity growth: Evidence from Korean manufacturing firms”, *Global Economic Review*, 36(4), pp.343–359.
- Lederman, D., y W. Maloney (2003), “R&D and development”. World Bank Policy Research Working Paper No. 3024. Washington, DC
- Lööf, H., A. Heshmati, R. Apslund y S.O. Nåås (2003), “Innovation and Performance in Manufacturing Firms: A Comparison of the Nordic Countries” *International Journal of Management Research*, 2, pp. 5-36.
- Mairesse, J. y P. Mohnen, (2010), Using innovation surveys for econometric analysis, in the Handbook of the Economics of Innovation, B. H. Hall and N. Rosenberg (editors), Elsevier, Amsterdam, pp. 1130-1155.
- Mairesse, J., P. Mohnen y E. Kremp (2005), “The Importance of R&D and Innovation for Productivity: A Reexamination in Light of the 2000 French Innovation Survey”, *Annales d'Économie et de Statistique*, 79/80, pp. 489-529.
- Mohnen, P. y B.H. Hall (2013), “Innovation and productivity: An update” *Eurasian Business Review*, 3(1), pp. 47-65
- Mohnen, P., J.Mairesse y M. Dagenais (2006), “Innovativity: A comparison across seven European countries”, NBER working papers 12280. Washington, DC, United States: National Bureau of Economic Research, Inc.
- Musolesi, A. y J.P. Huiban (2009), “Innovation and productivity in knowledge intensive business services”, *Journal of Productivity Analysis*, Organization for Economic Cooperation and Development (1992, 1996, 2005), Oslo Manual, Paris.
- Navarro, J. C., J.J. Llisterri y P. Zúñiga (2010), The importance of ideas: innovation and productivity in Latin America. In C. Page´s, (Ed.). *The age of productivity: transforming economies from the bottom up*. Development in the Americas Report. Washington, DC, United States: Inter-American Development Bank/Palgrave-McMillan.
- OECD (2009), *Innovation in firms: A microeconomic perspective*. Organization for Economic Cooperation and Development.
- Pakes, Ariel y Zvi Griliches (1984), “Patents and the R&D at firm level: a first look”, en Griliches (ed.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press, pp. 55-72.
- Pantel, P. y M. Vega (1999), “Patterns of internationalising and corporate technology: location versus home country advantages” *Research Policy* 28, pp. 41-47.
- Perez, P., G. Dutrenit y F. Barceinas (2005), “Actividad innovadora y desempeño económico: Un análisis econométrico del caso Mexicano. Indicadores de Ciencia y Tecnología en Iberoamérica”. Buenos Aires. Argentina: RICYT.

- Raffo, J., S. L'huillery y L. Miotti (2008), "Northern and Southern Innovativity: a Comparison across European and Latin American Countries", *European Journal of Development Research*, 20(2), pp. 219-239.
- Raymond, W., J. Mairesse, P. Mohnen, y F. Palm (2013), "Dynamic models of R&D, innovation and productivity: Panel data evidence for Dutch and French manufacturing", *CIRANO Working Papers 2013s-12*, CIRANO.
- Romer, P. (1990), "Endogenous Technological Change" *Journal of Political Economy*, 98 (5), pp.71-102.
- Roper, S., J. Du y J.H. Love (2008), "Modeling the innovation value chain", *Research Policy*, 37(6-7), pp. 961-977.
- Schmookler, Jacob (1966), *Invention and economic growth*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Veugelers, R. y B. Cassiman (2003), "Foreign Subsidiaries as a Channel of International Technology Diffusion: Some Direct Firm Level Evidence from Belgium" *European Economic Review*, 48, pp. 455-476.
- Wagner, J. (2006), "International Firm Activities and Innovation: Evidence from Knowledge Production Functions of German Firms", *Working Paper No. 25*, Universität Lüneburg.

Anexo

Tabla A1. Definición de Variables

Variables Dependientes	Nombre	Descripción
Actividades de I+D	I+D	Dummy igual a 1 si la empresa declara haber realizado actividades de I+D interna y/o externa en el período de la encuesta
Innovación tecnológica	IT	Dummy igual a 1 si la empresa introduce una innovación de proceso y/o de producto en el período de la encuesta
Gasto en actividades de I+D por empleado	IE	Logaritmo de gasto en actividades de I+D interna y/o externa en términos de los empleados al final del año de la encuesta
Productividad	Y	Logaritmo de las ventas por empleado al final del año de la encuesta
Variables Explicativas		
Tamaño	Tam	Logaritmo del número de empleados al final del año de la encuesta
Exportaciones	Exp	Dummy igual a 1 si la empresa reporta haber realizado exportaciones en el período al final del año de la encuesta
Inversión extranjera directa	IED	Dummy igual a 1 si la empresa declara tener al menos 10% de capital extranjero al final del año de la encuesta
Patentes	Pat	Dummy igual a 1 si la empresa declara haber solicitado patentes en el período de la encuesta
Financiamiento Público	Finp	Dummy igual a 1 si la empresa recibió financiamiento público para realizar las actividades de innovación en el período de la encuesta
Intensidad del capital	lintk	Logaritmo de adquisición de capital fijo en términos de los empleados al final del año de la encuesta
Fuentes de información de mercado	Info1	Dummy igual a 1 si la empresa le da importancia a las fuentes de información de mercado (proveedores, clientes, competidores, etc.) en el período de la encuesta
Fuentes de información científicas	Info2	Dummy igual a 1 si la empresa le da mucha importancia a las fuentes de información científicas (universidades, investigaciones públicas, institutos tecnológicos) en el período de la encuesta

Fuentes de información públicas	Info3	Dummy igual a 1 si la empresa le da mucha importancia las fuentes de información públicas (internet, base de datos, revistas, etc.) en el periodo de la encuesta
---------------------------------	-------	--

Tabla A2. Estadísticas Descriptivas Encuesta de Innovación (Panel de 400 empresas)

Variable	Observaciones	Encuesta 2001- 2003			
		Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Gasto en I+D por empleado	400	4.95	25.51	0	425.8
Actividades de I+D	400	0.3375	0.47	0	1
Innovación tecnológica	400	0.5625	0.49	0	1
Productividad (en pesos uruguayos)	400	2.094	5876.84	0	106777
Intensidad del capital (capital por empleados)	400	26	73.66	0	642.1
Exportaciones	400	0.55	0.49	0	1
IED	400	0.15	0.35	0	1
Patentes	400	0.0475	0.21	0	1
Financiamiento público	400	0.0075	0.09	0	1
Info1	400	0.8675	0.34	0	1
Info2	400	0.31	0.46	0	1
Info3	400	0.795	0.40	0	1
Tamaño (número de ocupados promedio)	400	106.11	180.40	5	1849
Variable	Observaciones	Encuesta 2004- 2006			
		Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Gasto en I+D por empleado	400	3.24	14.94	0	224.44
Actividades de I+D	400	0.2625	0.44	0	1
Innovación tecnológica	400	0.5025	0.50	0	1
Productividad (en pesos uruguayos)	400	2427.15	5473.73	24.65	86460
Intensidad del capital (capital por empleados)	400	30.02	95.83	0	8.757
Exportaciones	400	0.56	0.49	0	1
IED	400	0.17	0.37	0	1
Patentes	400	0.045	0.20	0	1
Financiamiento público	400	0.017	0.13	0	1
Info1	400	0.87	0.33	0	1
Info2	400	0.25	0.44	0	1
Info3	400	0.77	0.41	0	1
Tamaño (número de ocupados promedio)	400	131.99	212.96	2	2232
Variable	Observaciones	Encuesta 2007- 2009			
		Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Gasto en I+D por empleado	400	4.83	23.05	0	323.07
Actividades de I+D	400	0.28	0.45	0	1
Innovación tecnológica	400	0.54	0.49	0	1

		2805.9			
Productividad (en pesos uruguayos)	400	0	6000.32	43.89	95710
Intensidad del capital (capital por empleados)	400	53.79	184.48	0	2362.6
Exportaciones	400	0.54	0.49	0	1
IED	400	0.19	0.39	0	1
Patentes	400	0.017	0.13	0	1
Financiamiento público	400	0.1	0.30	0	1
Info1	400	0.87	0.33	0	1
Info2	400	0.31	0.46	0	1
Info3	400	0.81	0.39	0	1
Tamaño (número de ocupados promedio)	400	146.99	229.45	5	2316

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta de innovación de la industria manufacturera de Uruguay, olas 2001-2003, 2004-2006 y 2007-2009.

**Tabla A3. Estadísticas Descriptivas Encuesta de Innovación
(Muestra original de empresas)**

Encuesta 2001- 2003					
Variable	Observaciones	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Gasto en I+D por empleado	814	3.49	20.83	0	4258.11
Actividades de I+D	814	0.24	0.43	0	1
Innovación tecnológica	814	0.44	0.49	0	1
Productividad (en pesos uruguayos)	814	1525.28	4370.68	0	106777
Intensidad del capital (capital por empleados)	814	16.46	59.88	0	642.19
Exportaciones	814	0.40	0.49	0	1
IED	814	0.11	0.31	0	1
Patentes	814	0.03	0.17	0	1
Financiamiento público	814	0.006	0.07	0	1
Info1	814	0.85	0.35	0	1
Info2	814	0.28	0.45	0	1
Info3	814	0.77	0.42	0	1
Tamaño (número de ocupados promedio)	814	72.38	140.01	3	1849
Encuesta 2004- 2006					
Variable	Observaciones	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Gasto en I+D por empleado	839	5.72	87.74	0	2.500
Actividades de I+D	839	0.18	0.38	0	1
Innovación tecnológica	839	0.36	0.48	0	1
Productividad (en pesos uruguayos)	839	2202.79	7825.79	24.64	158734
Intensidad del capital (capital por empleados)	839	17.76	71.60	0	875.79
Exportaciones	839	0.42	0.49	0	1
IED	839	0.13	0.33	0	1
Patentes	839	0.037	0.18	0	1
Financiamiento público	839	0.013	0.113	0	1
Info1	839	0.84	0.37	0	1
Info2	839	0.24	0.43	0	1
Info3	839	0.71	0.45	0	1
Tamaño (número de ocupados promedio)	839	88.73	165.38	1	2232
Encuesta 2007- 2009					
Variable	Observaciones	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Gasto en I+D por empleado	924	3.44	19.65	0	323.07
Actividades de I+D	924	0.17	0.38	0	1

Innovación tecnológica	924	0.41	0.49	0	1
		2287.6			
Productividad (en pesos uruguayos)	924	2	6687.46	14.8	102823
Intensidad del capital (capital por empleados)	924	36.34	173.61	0	3043.47
Exportaciones	924	0.35	0.48	0	1
IED	924	0.12	0.33	0	1
Patentes	924	0.010	0.10	0	1
Financiamiento público	924	0.07	0.25	0	1
Info1	924	0.85	0.35	0	1
Info2	924	0.26	0.44	0	1
Info3	924	0.755	0.43	0	1
Tamaño (número de ocupados promedio)	924	84.52	170.02	5	2316

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta de innovación de la industria manufacturera de Uruguay, olas 2001-2003, 2004-2006 y 2007-2009.

Tabla A4. Sectores de actividad promedio (promedio de las tres olas del panel)

Variable	Observaciones	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
Alimentos, bebidas y tabaco	1200	0,35	0,47	0	1
Textiles, vestuario y prod. de cuero	1200	0,16	0,37	0	1
Madera, corteza y sus obras/papel pasta cartón	1200	0.078	0.22	0	1
Productos químicos, de caucho y de plásticos	1200	0,19	0,39	0	1
Máquinas y equipamientos/maquinaria y aparatos eléctricos	1200	0.08	0.19	0	1
Materiales de transporte	1200	0,04	0,2	0	1
Otras industrias	1200	0.09	0.15	0	1

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta de innovación de la industria manufacturera de Uruguay, olas 2001-2003, 2004-2006 y 2007-2009.

Tabla A5. Tamaño de las empresas (promedio de las tres olas del panel)

Variable	Observaciones	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
De 0-19 empleados	1200	0.09	0.28	0	1
De 20-49 empleados	1200	0.27	0.44	0	1
De 50- 149 empleados	1200	0.41	0.49	0	1
Más de 150 empleados	1200	0.23	0.42	0	1

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta de innovación de la industria manufacturera de Uruguay, olas 2001-2003, 2004-2006 y 2007-2009.

Tabla A6. Tamaño de las empresas (promedio de las tres olas, muestra original de empresas)

Variable	Observaciones	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
De 0-19 empleados	2577	0.30	0.46	0	1
De 20-49 empleados	2577	0.29	0.45	0	1
De 50- 149 empleados	2577	0.28	0.45	0	1
Más de 150 empleados	2577	0.13	0.34	0	1

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta de innovación de la industria manufacturera de Uruguay, olas 2001-2003, 2004-2006 y 2007-2009.

INSTITUTO DE ECONOMÍA

Serie Documentos de Trabajo

Febrero, 2017
DT 01/2017



Instituto de Economía

Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Universidad de la República - Uruguay

© 2011 iecon.ccee.edu.uy | instituto@iecon.ccee.edu.uy | Tel: +598 24000466 | +598 24001369 | +598 24004417 | Fax: +598 24089586 | Joaquín Requena 1375 | C.P. 11200 | Montevideo - Uruguay