



Eficiencia innovadora en el sector servicios: el caso de Uruguay

BRIDA, JUAN GABRIEL

Universidad de la República (Uruguay)

Correo electrónico: elbrida@gmail.com

LADÓS, VALENTINA

Universidad de la República (Uruguay)

Correo electrónico: valelados@gmail.com

SICILIA, GABRIELA

Universidad Autónoma de Madrid (España)

Correo electrónico: gabriela.sicilia@uam.es

RESUMEN

Este estudio analiza la eficiencia técnica en términos de innovación de las empresas del sector servicios en la economía uruguaya. Para ello, se utilizan los datos provenientes de la Encuesta de Actividades de Innovación 2010-2012 de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII). En una primera etapa, se estima el nivel de eficiencia de cada empresa mediante un modelo de Análisis Envoltante de Datos, incorporando los inputs y outputs relacionados con la actividad innovadora de las empresas. Los resultados revelan que, a pesar de los esfuerzos realizados en materia de inversión en innovación, los resultados son aún muy pobres. En promedio, las empresas analizadas podrían aumentar su producción en materia de innovación en un 44,5% dado los recursos invertidos. Posteriormente, se explora la relación entre la eficiencia innovadora y diversas características de las firmas. En este sentido, se encuentra que las empresas medianas presentan menor eficiencia que las pequeñas y grandes. Asimismo, las empresas que no solicitaron apoyo estatal para financiar las actividades de innovación muestran un mayor nivel de eficiencia que aquellas que sí solicitaron. Los resultados pueden ser de interés tanto para los responsables del área de innovación de las empresas, como para las instituciones que brindan apoyo en materia de innovación (como la ANII), ya que aportan evidencia sustantiva para mejorar la orientación de la estrategia innovadora a seguir por las empresas del sector servicios.

Palabras clave: innovación, eficiencia técnica, Encuesta de Actividades de Innovación, Análisis Envoltante de Datos.

Clasificación JEL: C61; C67; O32; L80.

MSC2010: 03H10; 46N10; 62-07.

Innovative efficiency in the service sector: the case of Uruguay

ABSTRACT

This study analyse the technical efficiency in terms of innovation of the firms in the service sector in the Uruguayan economy. Therefore, we use data from the 2010-2012 Innovation Activities Survey of the National Agency for Research and Innovation (ANII). In a first stage, we estimate the level of efficiency of each company through a Data Envelopment Analysis model, incorporating the inputs and outputs related to the innovative activity of the firms. The results reveal that, despite the effort made in terms of investment in innovation, the results are still very poor. On average, the companies analysed could increase their innovation production by 44.5% given the resources invested. Subsequently, we explore the relationship between innovative efficiency and several characteristics of the firms. In this sense, we found that medium-sized firms have lower efficiency than small and large companies. The results can be useful for both those responsible for the area of innovation of the firms, as well as to the institutions that provide support in the field of innovation (such as the ANII), since they provide substantive evidence to improve the orientation of the innovative strategy to be followed by firms in the service sector.

Keywords: innovation, technical efficiency, Innovation Activities Survey, Data Envelopment Analysis.

JEL classification: C61; C67; O32; L80.

MSC2010: 03H10; 46N10; 62-07.



1. Introducción.

Si bien históricamente la producción en la economía uruguaya estuvo basada en la actividad agropecuaria, el sector terciario (que incluye suministro de electricidad, gas y agua, construcción, comercio, reparaciones, restaurantes y hoteles, transporte, almacenamiento y comunicaciones y otros servicios) ha ido incrementando notoriamente su participación en la estructura económica del país, siendo actualmente el sector con mayor participación en el Producto Interno Bruto (PIB). Como consecuencia, la investigación sobre la actividad económica de este sector ha ido adquiriendo una creciente atención en los últimos años, con el fin de comprender, entre otras cuestiones, los motivos de dicha expansión.

Otra de las cuestiones que ha cobrado relevancia en las últimas décadas, es el estudio del proceso de innovación de las empresas y sus efectos sobre su desempeño económico y productividad. Existe actualmente amplio consenso en la literatura acerca de la importancia que tienen las actividades de investigación y desarrollo (I+D) como factor impulsor del crecimiento de la productividad de las empresas (los trabajos de Griliches (1973) y Terleckyj (1974) son pioneros en este tema), tanto en los países desarrollados como en las economías en desarrollo. Por ejemplo, para el caso uruguayo Aboal y Garda (2016) encuentran que en el sector servicios tanto las innovaciones tecnológicas como las no tecnológicas tienen efectos muy positivos en la productividad de las empresas. Asimismo, Aboal et al. (2015a) concluyen que la innovación de productos en empresas del sector servicios es una fuente importante de crecimiento del empleo de la empresa. Esta evidencia, sumada al sostenido crecimiento del sector terciario, hace que sea imprescindible que las empresas de dicho sector incorporen actividades innovadoras como parte de su estrategia organizacional para hacer frente a las constantes exigencias del mercado y la competencia. Esto es particularmente relevante en las economías de América Latina y el Caribe que evidencian una baja tasa de crecimiento de la productividad (Crespi & Zuñiga, 2010).

En el caso particular de Uruguay, un avance institucional importante en materia de innovación fue la creación de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) en el año 2005 (<http://www.anii.org.uy/>). La ANII ha sido fundamental en el diseño e implementación de diversos instrumentos para promover la innovación empresarial, así como también la formación de recursos humanos y la promoción de vínculos entre distintos actores (emprendedores, inversores, gobierno, industria y la academia), con el objetivo de impulsar el surgimiento y la gestión de los emprendimientos.

Sin embargo, a pesar de estos avances, la actividad innovadora de las empresas del sector terciario en Uruguay muestra un desempeño notablemente pobre (ANII, 2015), siendo uno de los más bajos de la región (Aboal et al., 2015b). Tanto la proporción de firmas innovadoras como la inversión destinada a innovar en este sector disminuyeron en el período 2004-2012. Asimismo, el tipo de actividades de innovación más frecuente que realizaron las empresas de servicios durante el período 2010-2012 fue básicamente la adquisición de bienes de capital, lo que implica un bajo grado de innovación ya que sólo repercute en la propia empresa y no tiene impacto en el mercado local o internacional. Dentro de las principales causas del bajo desempeño innovador se encuentran la escasez de capital humano, la falta de desarrollo financiero y el déficit de inversión del sector público, así como el hecho de que aquellos sectores más dinámicos y que demandan inversiones en innovación poseen una baja participación en la estructura productiva nacional (Aboal et al., 2015b).

Por otra parte, más allá del bajo desempeño innovador, las empresas innovadoras tampoco están aprovechando las innovaciones de sus productos (Cassoni & Ramada-Sarasola, 2010). En este sentido, antes que apostar por un aumento de los niveles de innovación sería deseable mejorar los procesos internos de las empresas para reducir las ineficiencias y aprovechar mejor los recursos invertidos. Para ello, resulta imprescindible medir el nivel de eficiencia innovadora de las empresas. Es decir, investigar cómo se traducen las inversiones realizadas en I+D en resultados innovadores y conocer si las empresas están maximizando la producción innovadora. La medición del nivel de eficiencia relativa de las empresas en materia de innovación permite no sólo identificar comportamientos ineficientes para corregirlos y aprovechar mejor los recursos invertidos, sino también identificar a las mejores empresas y aprender de sus prácticas, así como conocer qué factores se asocian con la eficiencia innovadora

empresarial. De este modo, aporta evidencia fundamental para diseñar mecanismos adecuados que promuevan un mayor y mejor desempeño innovador. Por tanto, esta información resulta sumamente relevante, no sólo para las propias empresas, sino también para las agencias e instituciones que financian parte o totalmente las inversiones realizadas (por ejemplo, la ANII) y que, como en la situación actual, operan en contextos de restricción fiscal.

En este contexto, el principal objetivo de este trabajo consiste en medir, por primera vez, el nivel de eficiencia innovadora de las empresas del sector servicios de Uruguay. Para ello, se utilizan los datos provenientes de la última edición de la Encuesta de Actividades de Innovación 2010-2012 de la ANII. En una primera etapa, se estima el nivel de eficiencia de cada empresa mediante un modelo de Análisis Envoltante de Datos (DEA por sus siglas en inglés), incorporando los inputs y outputs relacionados con la actividad innovadora de las empresas. Posteriormente, se estudia la distribución de la eficiencia innovadora de las empresas incluidas en el análisis según diversas características con el fin de caracterizar a las empresas más eficientes, así como identificar potenciales áreas de mejora. Dada la ausencia de estudios previos sobre la medición de la eficiencia innovadora de las empresas, el presente trabajo pretende ser un punto de partida que motive la realización de más investigaciones sobre el tema.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la siguiente sección se presentan los principales antecedentes en materia de medición de la eficiencia técnica innovadora. En la tercera sección se desarrollan los principales aspectos metodológicos relacionados con la estimación de la eficiencia innovadora de las empresas. En la cuarta sección se describen los datos, las variables y la selección de la muestra. En la quinta sección se discuten los resultados. Finalmente, en la última sección se presentan las principales conclusiones del trabajo, así como las limitaciones y las líneas futuras de investigación que se desprenden del mismo.

2. Antecedentes de la eficiencia innovadora.

La innovación es ampliamente considerada como una de las principales fuentes de ventaja competitiva sostenible en un entorno cada vez más cambiante, porque conduce a mejoras en los productos y procesos, genera avances continuos que ayudan a las empresas a sobrevivir, les permite crecer más y mejor, ser más eficientes y ser más rentable que las no innovadoras. Analizar y cuantificar los efectos de productividad de las actividades de innovación ha sido una tarea desafiante para los economistas durante varias décadas. A pesar de una gran cantidad de estudios empíricos, la investigación en el rol de la innovación solo ha tenido un suceso parcial en explicar e incluso medir el efecto de las innovaciones de proceso en la productividad, al menos a nivel de empresa. Para poder analizar las relaciones entre innovación, productividad, conocimiento y aprendizaje en el marco de las economías basadas en el conocimiento, y teniendo en cuenta la diversidad de patrones de innovación sectorial (Malerba, 2003) es imprescindible introducir el concepto de sistema de innovación, tanto a nivel nacional, regional, pero fundamentalmente a nivel sectorial (Malerba, 2002). Los sistemas de innovación (SI) (Lundvall, 2010; Malerba, 2004; Malerba & Mani, 2009) nos brindan un marco conceptual para analizar los procesos de innovación que permite analizar los factores que influyen en el crecimiento de la productividad del trabajo en los distintos sectores de una economía.

El concepto de SI es una derivación de la teoría evolutiva (Lundvall, 2010) en la discusión acerca de la relación existente entre conocimiento, innovación y desarrollo económico, y resalta la naturaleza no lineal, multidimensional, interactiva, social, cultural-institucional e histórica de los procesos de innovación y aprendizaje (ver Malerba & Nelson, 2011, 2012). En particular la noción de sistema sectorial de innovación (introducida originalmente por Malerba) permite analizar el rol de la dinámica de productividad sectorial del trabajo en las diferencias sectoriales de los procesos de innovación. Malerba define el concepto de sistema sectorial de innovación como “un conjunto de productos nuevos o establecidos para usos específicos y el conjunto de los agentes que realizan interacciones de mercado y de no mercado para la creación, producción y venta de estos productos” (Malerba, 2002; p.250), lo

que nos permite entender el papel de la co-evolución recíproca de varios factores tecnológicos e institucionales en el crecimiento de la productividad de los distintos sectores de la economía.

Diversos estudios empíricos a nivel internacional han utilizado el Análisis Envolvente de Datos como estrategia metodológica para estimar la eficiencia técnica productiva de las empresas y relacionarla *a posteriori* con su actividad innovadora. Por ejemplo, véase Álvarez y Crespi (2003) o Diaz-Balteiro et al. (2006). Los primeros investigan los factores que explican los diferentes niveles de eficiencia en pequeñas empresas, principalmente del sector manufacturero de Chile. Los segundos, analizan la relación entre la eficiencia productiva y las actividades de innovación en la industria de la madera española.

Sin embargo, en nuestro estudio el objetivo es medir directamente el nivel de eficiencia técnica en términos de innovación, esto es, incluyendo las variables relacionadas con las inversiones en I+D (inputs) y los resultados innovadores producidos (outputs) en el modelo DEA a la hora de estimar la eficiencia técnica. El interés de este enfoque radica en identificar potenciales mejoras en la producción de productos innovadores, ya que como hemos comentado la evidencia disponible para Uruguay muestra un desempeño insuficiente por parte de las empresas. A diferencia del enfoque de medición de la eficiencia técnica global, en este caso la evidencia internacional disponible es relativamente más reciente y escasa (Tabla 1).

Tabla 1. Estudios previos de la eficiencia técnica innovadora de las empresas.

| Autores | Ámbito | Método | Input | Output |
|--|--|---------------|--|---|
| Wang & Huang (2007) | Actividades de I+D de 30 países | DEA | Stock de capital en I+D; mano de obra | Patentes; publicaciones académicas |
| Bae & Chang (2012) | Empresas de industria manufacturera de Corea | DEA | Gasto en Innovación; personal en I+D | Número de patentes registradas; ingresos; beneficios operativos |
| Khoshnevis & Teirlinck (2017) | Empresas activas en I+D de Bélgica | DEA | Inversiones internas y externas en I+D; total de empleados; empleados en I+D; intensidad de I+D; adquisición de patentes | Facturación por empleado; valor agregado neto por empleado; facturación |

Fuente: Elaboración propia.

Wang y Huang (2007) emplean un modelo DEA para evaluar la eficiencia relativa de las actividades de I+D entre treinta países. Utilizan como inputs el stock de capital de I+D y la mano de obra, mientras que como outputs utilizan las patentes y las publicaciones académicas. Uno de los resultados a los que llegan los autores es que menos de la mitad de los países evaluados son eficientes en actividades de I+D.

Por otra parte, Bae y Chang (2012) estudian la eficiencia de la innovación de empresas manufactureras de Corea para responder la interrogante de si existen diferencias significativas en el desempeño entre empresas de innovación abierta (donde los proyectos se originan combinando conocimiento externo con interno) y de innovación cerrada (donde los proyectos se gestionan solo con el conocimiento y medios de la propia empresa). Como inputs, utilizan el gasto en innovación y el personal en I+D, mientras que el número de patentes registradas, los ingresos y las ganancias operativas son variables utilizadas como outputs. Uno de los resultados más relevantes es que las empresas de innovación abierta resultaron más eficientes, concluyendo que la adquisición de conocimiento y tecnología tiene un impacto positivo en el desempeño de las empresas.

Por último, Khoshnevis y Teirlinck (2017) utilizan un modelo DEA para medir el desempeño de empresas activas de I+D de Bélgica. Como input utilizan las inversiones internas y externas en I+D, el total de empleados y los empleados en I+D, la intensidad de I+D y la adquisición de patentes. Como output utilizan la facturación por empleado y el valor agregado neto por empleado. Asimismo, realizan una clasificación de las empresas según el tamaño y el sector de actividad. Dentro de los resultados a los que llegan, encuentran que tanto las pequeñas, medianas y grandes empresas tienen ineficiencias técnicas y de escala. Sin embargo, las empresas más pequeñas son las que muestran mayores ineficiencias de escala.

En resumen, es importante destacar que, utilizando inputs y outputs similares, los estudios disponibles en materia de eficiencia técnica innovadora, evidencian que las empresas resultan ser, en promedio, altamente ineficientes (independientemente del ámbito de análisis). Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela ya que los estudios disponibles son aún muy escasos y en particular para Uruguay no se han encontrado estudios previos.

3. Metodología.

La estimación de la eficiencia técnica innovadora de las empresas, se basa en la propuesta de Farrell (1957) de estimación de una frontera productiva. Entendiendo esta última como el máximo nivel de output que se puede alcanzar con cierta combinación de inputs (orientación al output), o alternativamente, como el mínimo nivel de inputs necesario para la producción de cierto nivel de output (orientación al input). Dicha frontera no es observable en la práctica, por lo que es necesario estimarla teniendo en cuenta las mejores prácticas que componen la muestra a evaluar. Para ello, se puede proceder básicamente mediante dos grupos de técnicas: paramétricas o no paramétricas. La diferencia entre ambas técnicas está en la forma en que se construye la tecnología, los supuestos del modelo y en la forma en que se estima la eficiencia. Por un lado, las técnicas paramétricas requieren estimar la relación entre inputs y outputs utilizando técnicas econométricas, es decir, se debe definir *a priori* la forma funcional de la tecnología de producción y los parámetros del modelo. La ventaja más destacada de estas técnicas es la posibilidad de calcular elasticidades y de realizar inferencia estadística. La principal desventaja es la imposibilidad de considerar más de un output en el proceso productivo.

Por otra parte, los métodos no paramétricos no requieren realizar hipótesis sobre la forma funcional de la frontera de producción y tiene dentro de sus ventajas la posibilidad de trabajar con múltiples inputs y outputs. Dentro de las desventajas, se encuentra el hecho de que es una técnica muy sensible a datos atípicos y no permite el cálculo de elasticidades ni inferencia estadística. Sin embargo, en las últimas décadas los modelos no paramétricos han sido extendidos incorporando la técnica de *bootstrap* (Gijbels et al., 1999; Kneip et al., 1998, 2008, 2011), lo que permite realizar inferencia estadística sobre los índices de eficiencia estimados.

En este trabajo se opta por la utilización de un modelo no paramétrico, en concreto, el Análisis Envoltente de Datos ya que por su flexibilidad ha sido el más aplicado para la medición de la eficiencia técnica en el sector servicios. Esta metodología resulta especialmente adecuada para medir la eficiencia innovadora de las empresas de servicios uruguayas ya que no se dispone de los precios de los inputs y outputs, no se conoce la tecnología de producción que puede estar detrás del proceso productivo, y como hemos mencionado previamente, nos permite incorporar múltiples outputs en el análisis. Según el trabajo de Emrouznejad y Yang (2018), las áreas de aplicación más recientes del modelo DEA son agricultura, transporte, banca, cadena de suministro y en políticas públicas.

El modelo DEA, propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978,1981) y Banker, Charnes y Cooper (1984) se basa en un problema de programación matemática que pretende obtener una envolvente con todas las unidades de análisis (llamadas DMU por su denominación en inglés, *Decision Making Units*) y sus combinaciones lineales que son eficientes, dejando por dentro las unidades

ineficientes. La envolvente funciona como la frontera eficiente, por lo que la distancia entre cada unidad de análisis y la frontera de producción representa su índice de eficiencia.

A la hora de estimar la frontera de producción mediante el DEA es preciso elegir las alternativas que mejor se adapten al sector, entre ellas la orientación del modelo y el tipo de rendimientos a escala. En principio no se va a imponer ninguna restricción sobre este último ya que existe una gran heterogeneidad en la escala de producción de las empresas analizadas y para muchas de ellas resulta inviable modificar la escala de producción en la que operan (al menos en el corto y medio plazo). Por tanto, se aplicará el modelo DEA con rendimientos variables a escala propuesto por Banker, Charnes y Cooper (1984), conocido como modelo DEA-BCC por las siglas de sus autores. En cuanto a la elección de la orientación, en el presente trabajo se ha optado por la orientación output ya que el objetivo es identificar la mejora potencial de los resultados obtenidos en materia de innovación y no reducir los recursos invertidos hasta el momento.

Siguiendo a Coelli et al. (2005), el modelo DEA-BCC con orientación al output y con rendimientos variables a escala, se puede formular de la siguiente forma:

$$\theta_i = \max_{\lambda, \theta} \{ \theta_i \mid \theta y_i \leq Y\lambda; x_i \geq X\lambda; n' \lambda = 1; \lambda \geq 0; \forall i = 1, \dots, n \} \quad (1)$$

donde y_i es el vector de outputs de dimensión $(q \times 1)$, Y es la matriz de outputs de dimensión $(q \times n)$, x_i es el vector de inputs de dimensión $(p \times 1)$, X es la matriz de inputs de dimensión $(p \times n)$. El vector λ de dimensión $(n \times 1)$, determinado por el problema de optimización, contiene los ponderadores virtuales de las DMU que determinan la *unidad de referencia* eficiente para la i -ésima DMU evaluada. Finalmente, $\theta_i \geq 1$ es la medida de ineficiencia de la unidad i , es decir, su nivel de ineficiencia técnica innovadora. Cuando $\theta_i = 1$ la unidad se ubica sobre la frontera, es eficiente. Por el contrario, cuando $\theta_i > 1$ la unidad analizada es ineficiente, y $(\theta_i - 1) \times 100\%$ representa la mejora potencial en todos los outputs de la i -ésima unidad si ésta fuera eficiente. Por ejemplo, un valor de $\theta_i = 1,052$ implica que la i -ésima unidad podría mejorar la producción de todos sus outputs en un 5,2%. A partir de esta medida, podemos computar la medida de eficiencia de Farrel (1957) como $0 \leq \varphi_i = \frac{1}{\theta_i} \leq 1$, que indica el nivel de eficiencia de la i -ésima unidad. En este caso, cuanto mayor es el valor de φ_i , más eficiente es la unidad. Cuando $\varphi_i = 1$ la unidad productiva analizada es eficiente, es decir, se encuentra sobre la frontera de producción.

4. Datos y variables.

4.1 Encuesta de Actividades de Innovación (2010-2012).

La base de datos utilizada en este trabajo proviene de la Encuesta de Actividades de Innovación en la industria manufacturera y servicios seleccionados (EAAI 2010-2012), llevada a cabo por la ANII. Los principales resultados de la encuesta se encuentran en el siguiente link: <http://www.anii.org.uy/institucional/documentos-de-interes/22/documentos-de-ciencia-tecnologia-e-innovacion/>.

Esta encuesta es la quinta edición para la industria manufacturera y la tercera en algunos rubros del sector servicios. En ella se recopila información general de las empresas, como la cantidad y la calificación del personal ocupado. Asimismo, proporciona información sobre el desempeño económico de las mismas, a través de variables como las ventas y la utilización de la capacidad instalada. En cuanto a las actividades de innovación, incluye el tipo de actividad de innovación realizada, el monto de la

inversión y la financiación para llevarlas a cabo, los recursos humanos dedicados a las mismas, las de información utilizadas y la vinculación con el sistema de innovación. Por otra parte, se consulta sobre los resultados que ha obtenido de las actividades de innovación y los obstáculos encontrados en el proceso. Por último, se recaba información referida a la organización del proceso de trabajo y a la realización de actividades vinculadas con la calidad. El universo de estudio de dicha encuesta, son todas las empresas con cinco o más personas ocupadas en promedio en el año 2012 o aquellas empresas cuyas ventas fueron mayores o iguales a 120 millones de pesos en ese mismo período (el equivalente a 6 millones de dólares americanos, al tipo de cambio vigente en 2012).

En la selección de los sectores a incluir en la encuesta, se tuvo en cuenta el hecho de considerar los subsectores intensivos en conocimiento, así como también incluir aquellos asociados con la estrategia de desarrollo económico de Uruguay. Esta selección hace que la encuesta no abarque todas las áreas del sector servicios. El peso de los subsectores que se consideraron representa aproximadamente el 63% del valor agregado bruto (VAB) y el 58% de los puestos ocupados del total del sector servicios del año 2010 (Tabla 2). La muestra teórica para el sector servicios fue de 1.348 empresas, de las que respondieron efectivamente 993.

Tabla 2. VAB y puestos ocupados por subsector considerado en la EAAI 2010-2012.

| Descripción | VAB | % VAB | Ocupados | % Empleo |
|--|------------------------|-------------|----------------|-------------|
| Suministro de electricidad, agua, gestión de desechos y actividades de saneamiento | 26.390.029.597 | 12% | 12.607 | 3% |
| Transporte y almacenamiento | 30.132.769.725 | 14% | 40.010 | 10% |
| Alojamiento y servicios de comida | 7.645.859.618 | 4% | 24.413 | 6% |
| Información y comunicación | 22.793.231.065 | 11% | 19.910 | 5% |
| Actividades profesionales, científicas y técnicas | 6.757.865.062 | 3% | 14.787 | 4% |
| Actividades administrativas y servicios de apoyo | 13.719.710.623 | 6% | 58.838 | 14% |
| Actividades relacionadas con la Salud humana | 26.804.237.848 | 13% | 66.328 | 16% |
| Servicios seleccionados | 134.243.703.538 | 63% | 236.893 | 58% |
| Total servicios | 212.741.169.163 | 100% | 410.009 | 100% |

Fuente: INE. Encuesta de Actividad Económica 2010.

Como se observa en la Tabla 3, el porcentaje de estas empresas que invierten en I+D+i son sólo el 33,03% (más aún, en casi todos los subsectores, más de la mitad de las empresas no realizan este tipo de inversiones).

Para la selección de los datos a utilizar en este estudio, el primer filtro realizado fue trabajar con aquellas empresas que declararan realizar alguna actividad de innovación (328). En segundo lugar, se mantuvieron sólo las que efectivamente presentaran valores positivos en los inputs seleccionados (96 empresas), condición necesaria para estimar la eficiencia innovadora (es decir, se incluyen aquellas empresas que han realizado algún tipo de inversión en actividades de innovación). Finalmente, se depuraron las variables quitando los datos atípicos extremos, ya que como ha sido mencionado en la sección metodológica, por construcción el método DEA es muy sensible a la presencia de estos datos.

Los valores atípicos extremos se definen como aquellos que presentan valores mayores (menores) a 3 veces el rango intercuartílico respecto del último (primer) cuartil de la distribución de cada variable. De esta forma, se incluyeron finalmente en el análisis 75 empresas.

Tabla 3. Empresas que invierten en I+D+i durante el período 2010-2012.

| Sector | Invierten | No invierten | Total |
|--|------------|--------------|------------|
| Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado | 1 | 5 | 6 |
| Suministro de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento | 8 | 8 | 16 |
| Transporte y almacenamiento | 62 | 183 | 245 |
| Alojamiento y servicios de comida | 19 | 90 | 109 |
| Información y comunicación | 73 | 70 | 143 |
| Actividades profesionales, científicas y técnicas | 51 | 87 | 138 |
| Actividades administrativas y servicios de apoyo | 56 | 158 | 214 |
| Servicios sociales y relacionados con la Salud humana | 58 | 64 | 122 |
| Total | 328 | 665 | 993 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Actividades de Innovación en la Industria Manufacturera y Servicios seleccionados 2010-2012.

4.2. Inputs y Outputs.

La selección de los inputs y outputs a incluir en la estimación de la eficiencia técnica innovadora de las empresas está basada en la literatura previa existente que relaciona inputs y outputs en el proceso de producción innovador, así como en la disponibilidad de información que proporciona la encuesta EAAI 2010-2012. La evidencia existente referente a los análisis de eficiencia innovadora, destaca al gasto en I+D y el personal en I+D como los inputs que han sido incorporados en los análisis de forma más frecuente (Khoshnevis & Teirlinck, 2017). Asimismo, otros trabajos destacan el rol del capital humano calificado de la empresa dentro del proceso innovador. Teniendo en cuenta información proporcionada en la EAAI, en este trabajo se optó por incluir las siguientes variables como inputs:

- **Inversión en innovación.** Se refiere a la inversión realizada durante el período 2010-2012 (en millones de pesos) en las siguientes actividades de innovación: I+D interna, I+D externa, adquisición de bienes de capital, adquisición de tecnologías de la información y la comunicación, transferencias de tecnología y consultorías, ingeniería y diseño industrial, diseño organizacional y gestión, capacitación y estudios de mercados.
- **Profesionales.** Hace referencia al número de empleados con formación universitaria de la empresa durante el período 2010-2012. Esta variable refleja el capital humano calificado de la empresa.
- **No profesionales.** Se refiere al número de empleados no profesionales durante el período 2010-2012. La variable incluye el número total de empleados no profesionales ya que no es posible distribuir el tiempo que cada uno de los trabajadores destina a la producción de productos y servicios innovadores. En un futuro, si se dispusiera de esta información, sería deseable llevar a cabo un análisis de sensibilidad para cuantificar el impacto que pudiera tener sobre la eficiencia innovadora de las empresas.

En cuanto a los outputs, existen diversas dimensiones incorporadas en los análisis previos: las patentes, el crecimiento de los ingresos, la cuota de mercado o la productividad (Khoshnevis & Teirlinck, 2017); la utilización de instrumentos de protección de la propiedad intelectual (Wang & Huang, 2007); y la cantidad de artículos publicados por investigadores (Aboal et al., 2015). Teniendo en cuenta la información proporcionada en la EAAI, en este trabajo, se optó por incluir los siguientes outputs:

- **Ventas de productos mejorados:** refleja los ingresos por venta al mercado interno de bienes o servicios mejorados 2010-2012 (en millones de pesos). Esta variable ha sido computada a partir del dato del porcentaje de ventas al mercado interno de productos nuevos o significativamente mejorados ya sea para la empresa o para el mercado. Dichos porcentajes se suman y se aplican al total de ingresos por venta de bienes y servicios del período 2010-2012 declarados por la empresa, obteniendo de esta forma, los ingresos por venta al mercado interno de bienes y servicios mejorados.
- **Métodos de protección:** refleja la cantidad de métodos de protección estratégica utilizados por la empresa durante el período 2010-2012. Esta variable se computa a partir del número de métodos que utiliza la empresa para proteger sus innovaciones, por ejemplo, el uso de patentes de invención, diseños industriales, modelos de utilidad, marcas, indicaciones geográficas, derechos de autor y conexos, secreto industrial, contratos de confidencialidad. También incluye los siguientes mecanismos de protección: llegar primero al mercado, escala, complejidad del diseño, segmentación del proceso o controlar las redes de distribución. Resulta necesario incluir esos últimos mecanismos ya que las patentes por sí solas no serían un buen indicador de las actividades de innovación en Uruguay (Aboal et al., 2015).

En la siguiente tabla se presentan los principales estadísticos descriptivos de los inputs y outputs seleccionados.

Tabla 4. Estadística descriptiva de inputs y outputs.

| Variable | Obs. | Media | Desv. Típ. | Min | Máx |
|---|-------------|--------------|-------------------|------------|------------|
| Inversión (millones de pesos) | 75 | 8,13 | 11,12 | 0,01 | 48,01 |
| Profesionales | 75 | 43,04 | 58,76 | 2,33 | 309,81 |
| No profesionales | 75 | 197,89 | 232,10 | 5,43 | 1.397,67 |
| Ventas productos mejorados (millones de pesos) | 75 | 149.824 | 303.210 | 0,53 | 1.220.000 |
| Métodos de protección | 75 | 3,01 | 1,71 | 1,00 | 10,00 |

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta de Actividades de Innovación en la Industria Manufacturera y Servicios seleccionados 2010-2012.

Vale la pena recordar uno de los supuestos básicos del modelo DEA, la monotonicidad. Es decir, si se incrementa la cantidad de inputs para una DMU, entonces se espera obtener la misma cantidad o más de outputs que en la situación anterior (Coelli et al., 2005). En la Tabla 5 se muestran las correlaciones bivariadas entre los inputs y los outputs seleccionados donde se comprueba el cumplimiento de la hipótesis de monotonicidad para las variables seleccionadas.

Tabla 5. Correlaciones bivariadas entre inputs y outputs.

| Variable | Inversión | Profesionales | No profesionales |
|-----------------------|-----------|---------------|------------------|
| Ventas | 0,20** | 0,47 * | 0,15 |
| Métodos de protección | 0,05 | 0,43 * | 0,08 |

Nota: N = 75 // * Correlación significativa al 5%. ** Correlación significativa al 10%.

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta de Actividades de Innovación en la Industria Manufacturera y Servicios seleccionados 2010-2012.

4.3. Variables contextuales.

Las variables contextuales son aquellas que no son esenciales en la función de producción de la empresa, pero que podrían afectar el nivel de eficiencia en la innovación de las empresas y para las que interesa explorar su asociación con los índices de eficiencia estimados.

Nuevamente, siguiendo a la literatura existente y a la disponibilidad de información de la EAAI, en este trabajo se consideran las siguientes variables:

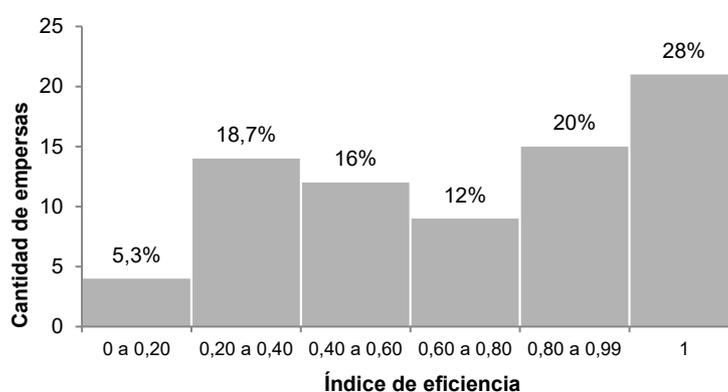
- Subsector productivo de la empresa: se refiere al subsector dentro del área de servicios a la que pertenece la empresa. Se consideran los siguientes subsectores: suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado, suministro de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento, transporte y almacenamiento, alojamiento y servicios de comida, información y comunicación, actividades profesionales, científicas y técnicas, actividades administrativas y servicios de apoyo, servicios sociales y relacionados con la salud humana.
- Tamaño de la empresa: se realiza una categorización de acuerdo a la cantidad de personal ocupado en la empresa: micro empresa (entre 1 y 4 empleados), pequeña empresa (entre 5 y 19 empleados), empresa mediana (entre 20 y 99 empleados) y empresa grande (más de 99 empleados).
- Apoyo del Estado para la financiación de las actividades de innovación: variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa ha solicitado apoyo estatal, ya sea mediante exoneraciones fiscales, subsidios o créditos. En la EAAI se pregunta también si la empresa ha recibido efectivamente la ayuda solicitada. Sin embargo, dicha variable presentaba la mayoría de valores perdidos y, por tanto, no fue posible incluirla. Por este motivo, se decidió incluir la solicitud de Apoyo del Estado.
- Cooperación con otras empresas: variable dicotómica que toma valor 1 si existe algún tipo de acuerdo en el que se comparten capacidades y/o recursos entre dos o más empresas independientes con el fin de aumentar sus ventajas competitivas.
- Participación en redes: variable dicotómica que toma valor 1 si la empresa participa en alguna red. La interacción entre empresas facilita el acceso a experiencias y conocimientos complementarios, con el fin de obtener ciertos objetivos en común.
- Actividad de innovación realizada: relativa al tipo de actividad de innovación que realizó la empresa. Se consideran las siguientes actividades: I+D interna, I+D externa, adquisición de bienes de capital, adquisición de TICs, transferencias de tecnología y consultorías, ingeniería y diseño industrial, diseño organizacional y gestión, capacitación y estudios de mercado.
- Tipo de innovación obtenida: se refiere al tipo de innovación que obtiene al realizar la actividad de innovación. Se consideran los siguientes tipos: innovación en producto, innovación en proceso, innovación en organización e innovación en comercialización.

5. Resultados.

El Gráfico 1 y la Tabla 6 muestran la distribución y los principales descriptivos de los índices de eficiencia estimados a partir del modelo DEA orientado al output y con rendimientos variables a escala. Las estimaciones se realizaron con el programa DEA Shiny (<https://deamh.shinyapps.io/DEASHINY/>)

De las empresas analizadas, un 28% son eficientes, es decir, están aprovechando al máximo los recursos invertidos en innovación. La eficiencia innovadora promedio es de 0,69, lo que significa que la mejora promedio potencial de los resultados en materia de innovación de las empresas del sector servicios analizadas asciende a 44,5%.

Gráfico 1. Distribución de los índices de eficiencia innovadora.



Fuente: Elaboración propia a partir de la EAAI 2010-2012.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de los índices de eficiencia estimados.

| Estadísticos descriptivos | |
|---------------------------|-------|
| Mínimo | 0,140 |
| Máximo | 1,000 |
| Media | 0,692 |
| Mediana | 0,719 |
| Desviación Standard | 0,289 |

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los factores asociados a la eficiencia innovadora de las firmas del sector servicios, en la Tabla 7, se presenta la distribución de los índices de eficiencia, según cada variable contextual. Los resultados de este análisis comparativo deben ser interpretados con cautela, ya que la cantidad de empresas incluidas en el análisis para las que se disponía de información es relativamente pequeña. Asimismo, al trabajar con un modelo no paramétrico no es posible realizar un contraste de medias estadístico entre los subgrupos analizados para estudiar la significatividad de las diferencias.

El subsector que presenta más ineficiencia técnica innovadora es el sector de ‘Servicios sociales y relacionados con la Salud humana’, donde las empresas podrían aumentar su producción innovadora en un 61,5% en promedio, teniendo en cuenta los recursos actualmente invertidos.

Tabla 7. Distribución de la eficiencia según variable contextual.

| Variable contextual | Nº de Obs. | Índice de Eficiencia | Desv. Standard |
|---|------------|----------------------|----------------|
| Subsector productivo | | | |
| Actividades administrativas y servicios de apoyo | 12 | 0,721 | 0,299 |
| Actividades profesionales, científicas y técnicas | 20 | 0,709 | 0,311 |
| Información y comunicación | 27 | 0,688 | 0,276 |
| Servicios sociales y relacionados con la Salud humana | 5 | 0,619 | 0,383 |
| Transporte y almacenamiento | 9 | 0,653 | 0,275 |
| Otras* | 2 | 0,752 | 0,350 |
| Tamaño | | | |
| Pequeña | 9 | 0,811 | 0,248 |
| Mediana | 46 | 0,626 | 0,305 |
| Grande | 20 | 0,789 | 0,226 |
| Solicitó apoyo al Estado | | | |
| No | 54 | 0,712 | 0,296 |
| Si | 21 | 0,641 | 0,269 |
| Realizó acuerdos de cooperación | | | |
| No | 43 | 0,690 | 0,319 |
| Si | 32 | 0,694 | 0,247 |
| Participó en redes | | | |
| No | 40 | 0,663 | 0,313 |
| Si | 35 | 0,725 | 0,259 |
| Actividad de innovación realizada | | | |
| I+D interna | 44 | 0,644 | 0,278 |
| I+D externa | 16 | 0,732 | 0,257 |
| Adquirió bienes de capital | 30 | 0,694 | 0,297 |
| Adquirió tics | 42 | 0,685 | 0,266 |
| Transferencias de tecnología y consultorías | 8 | 0,635 | 0,315 |
| Ingeniería y diseño industrial | 10 | 0,747 | 0,244 |
| Diseño organizacional y gestión | 18 | 0,710 | 0,290 |
| Capacitación | 46 | 0,667 | 0,302 |
| Estudios de mercado | 13 | 0,673 | 0,303 |
| Tipo de innovación obtenida | | | |
| Innovación en producto | 70 | 0,684 | 0,290 |
| Innovación en proceso | 41 | 0,707 | 0,285 |
| Innovación en organización | 27 | 0,681 | 0,298 |
| Innovación en comercialización | 24 | 0,806 | 0,278 |

Nota: *Otros incluye: Alojamiento y servicios de comida y Suministro de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento (excluyendo las Divisiones 37 y 39)

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados de la estimación de la eficiencia por tamaño de la empresa, se observa que las más ineficientes son las de tamaño mediano. Estas empresas podrían aumentar su producción

innovadora en casi un 60% en promedio, dados los recursos que tienen disponibles. Este margen se reduce a menos de la mitad para el caso de las empresas pequeñas y grandes, alcanzando el 24% y 27% respectivamente. Por tanto, si bien el tamaño de la empresa afecta a la decisión de invertir en innovación (Crépon et al., 1998; Dutrénit et al., 2013; Aboal et al., 2015), una vez realizada la inversión no parece haber una relación clara entre el tamaño de la empresa y su eficiencia innovadora.

En cuanto a la solicitud de apoyo estatal para financiar las actividades de innovación, del análisis realizado se desprende que, en promedio, fueron más eficientes quienes no solicitaron dicho apoyo. Estas empresas podrían aumentar su producción innovadora en un 40% en promedio, dados los recursos que tienen disponibles. Un punto a tener en cuenta es que las empresas que no solicitaron apoyo, en su mayoría argumentaron no haberlo solicitado por desconocimiento de ese instrumento de apoyo y en menor cantidad debido a dificultades burocráticas. Además, esta variable refiere solo a la solicitud de apoyo sin distinguir si la empresa efectivamente recibió o no el apoyo para la financiación de las actividades de innovación.

Por el lado de los acuerdos de cooperación con otras empresas, *a priori*, no parece ser un diferencial en el nivel de eficiencia obtenido. En ambos casos, tanto las empresas que realizaron acuerdos de cooperación como las que no realizaron, podrían mejorar los resultados en materia de innovación aproximadamente en un 44% sin modificar los recursos invertidos. Dentro de las empresas que realizaron acuerdos, la mayoría se dio en el área de comercialización y para el desarrollo conjunto de tecnología. Si bien los resultados sugieren que la eficiencia técnica no parece verse alterada por la cooperación con otras empresas, sí podría tener un impacto positivo a la hora de decidir invertir en innovación (Aboal et al., 2015).

De forma contraria a la variable mencionada anteriormente, la participación en redes con otros agentes, sí parece ser un aspecto positivo a la hora de analizar la eficiencia técnica. La mayoría de estas empresas adquirieron conocimientos empresariales y tecnológicos a través de la red que integran, obteniendo un nivel de eficiencia de 0,725. Por otro lado, aquellas empresas que no participaron en redes presentan un nivel de eficiencia de 0,663, por lo que, en promedio, podrían mejorar sus resultados en materia de innovación en un 51%. Este resultado está en línea con lo mencionado por Ahuja (2000) ya que los vínculos con otros agentes influyen positivamente en la producción de innovación.

En cuanto al tipo de actividad innovadora realizada, los resultados señalan que la capacitación fue la actividad de innovación realizada por la mayoría de las empresas y que dichas empresas podrían aumentar sus resultados en materia de innovación en un 50%. Por otro lado, el nivel más alto de eficiencia promedio fue obtenido por las empresas que realizaron ingeniería y diseño industrial como actividad de innovación. De forma contraria, la actividad que se asocia con una mayor ineficiencia es la transferencia de tecnología y consultoría, seguida de I+D interna.

Por último, el tipo de innovación más frecuente en el sector servicios, es la innovación en producto, realizada por casi el 93% de las empresas. Dichas firmas, en promedio, podrían aumentar la producción en materia de innovación en un 46% dados los recursos disponibles. Resultados similares se encuentran para el caso de empresas que han innovado en procesos o en organización. Estos resultados están en línea con lo encontrado por Cassoni y Ramada-Sarasola (2010), quienes destacan el bajo grado de eficiencia de las firmas innovadoras en producto. Por otra parte, las empresas que realizaron innovación en comercialización, realizando cambios en la metodología de ventas y en la comunicación con los clientes, son las que mayor eficiencia en promedio presentan (0,81). Sin embargo, esta modalidad de innovación es la menos frecuente en el sector servicios.

5. Conclusiones.

Desde hace ya varios años, el sector terciario se ha extendido, logrando una participación destacada en el PIB de Uruguay. En vista de esto, las empresas de este sector deben estar preparadas para adaptarse a los cambios apoyándose en la continua introducción de innovaciones. Asimismo, es de crucial importancia utilizar eficientemente los recursos invertidos en estas actividades, es decir, aprovecharlos al máximo ya que las mismas requieren de inversiones sustantivas. Por ello, las empresas deben estar alerta a la relación existente entre los resultados que obtienen y los recursos utilizados, lo que incentiva la necesidad de llevar a cabo evaluaciones de eficiencia en este sector de la economía.

Concretamente en el análisis de la eficiencia técnica innovadora realizado para las 75 empresas de servicios seleccionadas de Uruguay, los resultados muestran que existe un margen sustantivo de mejora en la producción innovadora. En promedio, las empresas analizadas podrían aumentar la producción en materia de innovación en un 44,5% con los recursos que ya invierten. Es decir, reorganizando y modificando los procesos de producción actuales. Este hecho se complementa con lo expuesto por Cassoni y Ramada-Sarasola (2010), quienes sugieren que las empresas deberían de recibir apoyo para mejorar sus procedimientos internos antes de enfocarse en la realización de una nueva actividad de innovación.

Cuando se estudia la distribución de la eficiencia innovadora de las empresas incluidas en el análisis según tamaño, se encuentra que las empresas medianas presentan mayor ineficiencia que las pequeñas y grandes. De la misma forma, las empresas que no solicitaron apoyo estatal para financiar las actividades de innovación muestran un mayor nivel de eficiencia que aquellas que sí lo solicitaron (independientemente de si lo obtuvieron o no). Por otro lado, la cooperación entre empresas no presenta relación con el nivel de eficiencia innovadora. Sin embargo, los resultados parecen sugerir que aquellas empresas que participaron en redes obtienen valores de eficiencia promedio mayores. De la misma manera, al analizar los resultados según el tipo de actividad de innovación realizada, el nivel más alto de eficiencia promedio fue obtenido por las empresas que realizaron actividades de ingeniería y diseño industrial. Asimismo, las empresas que realizaron innovación en comercialización son las que mayor eficiencia en promedio presentan.

En relación a lo anterior, cabe señalar que los resultados alcanzados en este estudio ponen en evidencia la existencia de áreas de oportunidad para profundizar en el conocimiento e investigación sobre la innovación en el sector de servicios. Estos resultados pueden ser de interés tanto para los responsables del área de innovación de las empresas, como para las instituciones que brindan apoyo en materia de innovación (como la ANII), ya que les permite tener otra visión del desempeño innovador y de esta manera poder mejorar la elección de la estrategia innovadora a seguir por las empresas.

Por último, es importante destacar las principales limitaciones del trabajo, así como algunas futuras líneas de investigación. En primer lugar, debido a la calidad de la base de datos y a la baja propensión innovadora de las empresas, los resultados se refieren solamente al subconjunto de 75 empresas seleccionadas para este trabajo. Estas empresas no son necesariamente representativas de la muestra de empresas de servicios que respondió la encuesta, sino de aquellas que efectivamente realizaron alguna inversión en innovación y obtuvieron al menos un producto innovador. Es por este motivo que los resultados deben ser interpretados con mucha cautela, ya que podrían variar si se utilizara otra muestra del sector servicios, o si se tuviera disponibilidad sobre otras variables relacionadas a los inputs y outputs del proceso innovador. En segundo lugar, es importante mencionar que el análisis presentado es estático ya que se obtiene el nivel de eficiencia en el período considerado, pero no se cuenta con una evolución en el tiempo de la misma. Si bien el período analizado considera los datos de tres años consecutivos, puede haber cierto desfase entre el momento en el que se realiza la actividad de innovación y la obtención del resultado de la misma, por lo que el retardo temporal de las innovaciones puede considerarse como una limitación del trabajo.

Como consecuencia de estas limitaciones, las conclusiones de este estudio deben entenderse como una primera aproximación a la temática de la eficiencia innovadora de las empresas que operan

en el sector servicios en Uruguay. Por lo tanto, sería necesario desarrollar más investigación en esta línea en diferentes direcciones. En primer lugar, sería interesante indagar sobre la eficiencia técnica de cada subsector del sector servicios. Es decir, explorar las fuentes de ineficiencia específicas de cada rama y asimismo poder estimar el gap tecnológico entre los diferentes subsectores. Este análisis brindaría un aporte complementario para el diseño de políticas y para el control de los recursos asignados a cada subsector en particular. Para ello, sería necesario disponer de un mayor número de empresas innovadoras en cada subsector.

En segundo lugar, del análisis se desprende que la innovación es un proceso complejo que abarca múltiples agentes, instituciones y variables. Por lo que para comprender por qué una empresa tiene un desempeño innovador pobre, es necesario considerar diversos aspectos. Es por este motivo que, para enriquecer el análisis, sería interesante poder contar con información más detallada de las empresas, así como también información sobre la vinculación con otras instituciones relacionadas a la innovación. Asimismo, es preciso trabajar para mejorar la recolección y estandarización de los datos sobre innovación para poder realizar comparaciones del sector servicios a nivel internacional. Finalmente, sería interesante actualizar este estudio con la última encuesta de innovación llevada a cabo por la ANII para el período 2012-2015, intentando analizar el cambio en la productividad utilizando datos de panel.

En cuanto a las medidas del desempeño innovador, si bien el gasto en I+D es uno de los indicadores más conocidos como medida del esfuerzo que realizan los agentes para innovar, pueden existir otros indicadores aún no utilizados que aporten otra medida del esfuerzo innovador. Por ejemplo, sería interesante disponer de información de cómo incorporan al proceso innovador el conocimiento y tecnología obtenida en el extranjero. En este sentido, en línea con lo comentado por Cassoni y Ramada-Sarasola (2010), sería recomendable desarrollar herramientas e indicadores que midan el grado de innovación que realiza la empresa, observando no solamente la inversión en I+D, sino también incorporando la inversión en capital y capacitación.

Agradecimientos

Nuestra investigación fue apoyada por la UdelaR - CSIC, proyecto GIDE. Los autores desean agradecer a los participantes del seminario GIDE por proporcionar comentarios útiles y constructivos sobre versiones anteriores de este artículo. Queremos agradecer a los editores y a dos revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias, que mejoraron la calidad de este trabajo.

Referencias

- Aboal, D., & Garda, P. (2016). Technological and non-technological innovation and productivity in services vis-à-vis manufacturing sectors. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(5), 435-454.
- Aboal, D., Garda, P., Lanzilotta, B., & Perera, M. (2015a). Does Innovation Destroy Employment in the Services Sector? Evidence from a Developing Country. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(3), 558-577.
- Aboal, D., Angelelli, P., Crespi, G., López, A., Vairo, M., & Pereschi, F. (2015b). Innovación en Uruguay: diagnóstico y propuestas de políticas. *Documento de Trabajo*, 11. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=4728301&pid=S0718-2724201700030000900001&lng=es

- Ahuja, G. (2000). Collaboration networks, structural holes, and innovation: A longitudinal study. *Administrative Science Quarterly*, 45(3), 425-455.
- Álvarez, R., & Crespi, G. (2003). Determinants of technical efficiency in small firms. *Small Business Economics*, 20(3), 233-244.
- ANII (2015). V Encuesta de Actividades de Innovación en la Industria manufacturera y Servicios Seleccionados 2010-2012. *Colección Indicadores y Estudios* n° 9. Montevideo, Uruguay, 2015.
- Bae, Y., & Chang, H. (2012). Efficiency and effectiveness between open and closed innovation: empirical evidence in South Korean manufacturers. *Technology Analysis & Strategic Management*, 24(10), 967-980.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Cassoni, A., & Ramada-Sarasola, M. (2010). Innovation, R&D investment and productivity: Uruguayan manufacturing firms. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1818742>.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Chataway, J., Hanlin, R., & Kaplinsky, R. (2014). Inclusive innovation: an architecture for policy development. *Innovation and Development*, 4(1), 33-54.
- Coelli, T.J., Rao, D.S.P., O'Donnell, C. J., & Battese, G.E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. New York: Springer Science & Business Media. DOI: 10.1007/b136381.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairessec, J. (1998). Research, Innovation And Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115-158.
- Crespi, G., & Zuñiga, P. (2012). Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries. *World Development*, 40(2), 273-290.
- Díaz-Balteiro, L., Herruzo, A.C., Martínez, M., & González-Pachón, J. (2006). An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. *Forest Policy and Economics*, 8(7), 762-773.
- Dutrénit, G., De Fuentes, C., Santiago, F., Torres, A., & Gras, N. (2013). *Innovation and productivity in the service sector: The case of Mexico*. Discussion Paper, num. IDB-DP-293, Washington. Recuperado de

<https://publications.iadb.org/publications/english/document/Innovation-and-Productivity-in-the-Service-Sector-The-Case-of-Mexico.pdf>

- Emrouznejad, A., & Yang, G.L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978-2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Gijbels, I., Mammen, E., Park, B.U., & Simar, L. (1999). On estimation of monotone and concave frontier functions. *Journal of the American Statistical Association*, 94(445), 220-228.
- Griliches, Z. (1973). Research expenditures and growth accounting. In *Science and technology in economic growth* (pp. 59-95). UK: Palgrave Macmillan.
- Khoshnevis, P., & Teirlinck, P. (2017). Performance evaluation of R&D active firms. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 16-28.
- Kneip, A., Park, B.U., & Simar, L. (1998). A note on the convergence of nonparametric DEA estimators for production efficiency scores. *Econometric Theory*, 14(6), 783-793.
- Kneip, A., Simar, L., & Wilson, P.W. (2008). Asymptotics and consistent bootstraps for DEA estimators in nonparametric frontier models. *Econometric Theory*, 24(6), 1663-1697.
- Kneip, A., Simar, L., & Wilson, P.W. (2011). A computationally efficient, consistent bootstrap for inference with non-parametric DEA estimators. *Computational Economics*, 38(4), 483-515.
- Lundvall, B.Å. (Ed.). (2010). *National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning* (Vol. 2). London: Anthem press.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247-264.
- Malerba, F. (2003). Sectoral systems and innovation and technology policy. *Revista Brasileira de Inovação*, 2(2), 329-375.
- Malerba, F. (Ed.). (2004). *Sectoral systems of innovation: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Malerba, F., & Mani, S. (Eds.). (2009). *Sectoral systems of innovation and production in developing countries: actors, structure and evolution*. Northampton, USA: Edward Elgar Publishing.
- Malerba, F., & Nelson, R. (2011). Learning and catching up in different sectoral systems: evidence from six industries. *Industrial and corporate change*, 20(6), 1645-1675.
- Malerba, F., & Nelson, R. (Eds.). (2012). *Economic development as a learning process: Variation across sectoral systems*. Northampton, USA: Edward Elgar Publishing.

Terleckyj, N.E. (1974). *Effects of R&D on the productivity growth of industries: an exploratory study* (No. 140). Washington, DC: National Planning Association.

Wang, E.C., & Huang, W. (2007). Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. *Research Policy*, 36(2), 260-273.