



**Instituto de Economía**

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

## CONTENIDO TECNOLÓGICO DE LAS EXPORTACIONES: UNA PROPUESTA DE UN INDICADOR DE OPORTUNIDADES

---

Cynthia Ketenjian  
Marcos Alvez

**INSTITUTO DE ECONOMÍA**

Serie Documentos de Investigación Estudiantil

Mayo, 2016

DIE 05/2016

ISSN: 2301-1963 (en línea)

Forma de citación sugerida para este documento: Alvez, M. y Ketenjian, C. (2016). “Contenido tecnológico de las exportaciones: Una propuesta de un indicador de oportunidades”. Serie Documentos de investigación estudiantil, DIE 05/2016. Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República, Uruguay.

## Contenido tecnológico de las exportaciones: Una propuesta de un indicador de oportunidades

Cynthia Ketenjian\*  
Marcos Alvez\*\*

### Resumen

En este trabajo se mide el contenido tecnológico de la canasta exportadora de Uruguay en 2007-2009 según tres indicadores: Intensidad en I+D, Sofisticación y Oportunidades tecnológicas. En esta última se incluye el efecto directo del gasto público sobre la innovación, como también la complementariedad entre el gasto público y el privado.

Encontramos que Uruguay cuenta con productos del sector Agro con alto contenido tecnológico, según el indicador de oportunidades. A su vez, no encontramos evidencia significativa sobre la complementariedad del gasto público y privado. Finalmente, observamos un efecto directo negativo del gasto público sobre las innovaciones, lo que requiere mayor investigación.

**JEL:**O30, F14, H5

**Palabras claves:** Innovación, indicadores de contenido tecnológico, Uruguay.

\*Cynthia Ketenjian. E-mail: cketenjian@gmail.com.

\*\*Marcos Alvez. E-mail: marquitosalvez@gmail.com.

## The technological content of exports: An Opportunities indicator approach

---

Cynthia Ketenjian  
Marcos Alvez

### Abstract

---

This paper measures the technological content of the exports basket of Uruguay in 2007-2009 based on three indicators: R&D Intensity, Sophistication, Technological Opportunities. The former includes the direct effects of public expenditures on innovation, and the complementarity between public and private expenses.

We have found that in Uruguay the products of high technological content are agricultural, according to the Opportunities indicator. Moreover, there is no significant evidence that supports the complementarity between public and private expenditures. Finally, we identified a direct negative effect on innovations, which calls for further research.

**JEL Code:** O30, F14, H5

**Keywords:** Innovation, Technological content indicators, Uruguay.

---

## 1. Introducción

Entre los economistas existe consenso acerca de que mayores innovaciones redundan en crecimiento económico, en particular, a través de las exportaciones. Sobre esto Felipe et al. (2010) afirma, junto con Hidalgo et al. (2007) y Hausmann, Hwang, y Rodrik (2007) que es recomendable y necesario producir nuevos productos para crecer sustentablemente, y no tan solo incorporar aprendizajes en cierto set de productos.

Esto es de especial interés en una economía pequeña como la de Uruguay, donde las exportaciones son relevantes para explicar la dinámica del crecimiento. La importancia de actividades de alto contenido tecnológico reside en que, en el proceso de desarrollo, la gama de posibilidades para el avance tecnológico se hace mayor, posibilitando movimientos hacia la frontera tecnológica. Estas actividades de alta tecnología precisan conocimiento acumulado, expresado en la trayectoria de cada sector productivo de la economía.

Precisamente, nuestro estudio consta en investigar el contenido tecnológico de la canasta exportadora uruguaya, considerando a los productos provenientes del agro, de la industria y de los servicios en el periodo 2007-2009. A su vez, a través de este análisis se busca ver la relación (complementariedad o sustitución) del gasto público con el privado y su impacto directo sobre las innovaciones. De este modo, el trabajo brinda distintos elementos para evaluar las políticas públicas en materia de I+D.

Wood (2004) argumenta que la medición del contenido tecnológico se ha enfocado mucho en los *inputs*, y menos en los resultados (*outputs*). El enfoque de la literatura ha estado, además, muy sesgado hacia las manufacturas. Con respecto a los indicadores más utilizados, él menciona que la literatura se ha concentrado en el gasto en I+D y patentes. El autor resalta la importancia de incorporar mediciones para los servicios, además de enfocarse en el output de la innovación.

Vinculado a esto, gran parte de los indicadores existentes no son comparables para todos los sectores de una economía. En general estos indicadores solo clasifican productos manufactureros. Parte de esa problemática surge de la menor disponibilidad de datos de innovación en el sector agropecuario y de servicios. En el caso de Uruguay, las encuestas de innovación están disponibles para los tres sectores, y tienen una base conceptual única, por lo cual permiten superar esta limitación

Nuestro trabajo presenta un nuevo indicador basado en el rendimiento del gasto en actividades de innovación, considerando además, el rol que tiene el gasto público en el gasto privado. Asimismo, este estudio aporta al debate actual sobre la medición del contenido tecnológico, realizando una discusión conceptual. El estudio puede ser visto como una extensión de los trabajos de Aboal, Arza y Rovira (2015) y CINVE - CENIT (2014).

La oportunidad tecnológica es entendida como la potencialidad que tiene el gasto en I+D y otras actividades de innovación, en una actividad productiva determinada para generar innovación. El indicador mide la fertilidad en términos de innovaciones, o sea, la rentabilidad del gasto en actividades de innovación. De esta forma se busca medir la innovación mediante un indicador que sea más adecuado para los procesos de innovación en Uruguay. Realizaremos una comparación con otros dos indicadores: el de Sofisticación, que parte de los aportes de Lall (2006) y Hausmann et al. (2007), y el de Esfuerzo en innovación utilizado por la OCDE.

Es así, que estos indicadores nos serán útiles para ordenar a los sectores<sup>1</sup>de acuerdo al contenido tecnológico. Clasificaremos a cada sector utilizando los distintos indicadores por separado. De esa forma, podremos identificar aquellos productos con alto contenido tecnológico según el esfuerzo en I+D, las oportunidades tecnológicas y la sofisticación.

---

<sup>1</sup>Definidos de acuerdo a la clasificación CIU revisión 3 a 4 dígitos, que tiene en cuenta un grado de desagregación exhaustiva de los productos y servicios.

El indicador de Oportunidades Tecnológicas incluye un análisis desde lado de los *inputs* (el gasto en actividades de innovación, no solamente I+D) como de los *outputs* (las innovaciones efectivamente realizadas). De esta forma, por la trayectoria del país, la creciente fragmentación del proceso productivo a nivel mundial y la especialización del país en productos cercanos al sector agropecuario, creemos que en Uruguay, utilizando el indicador de oportunidades tecnológicas, encontraremos productos de alto contenido tecnológico en el Agro.

En relación a esto, un estudio en curso de CENIT<sup>2</sup>, toma en cuenta el contexto, entendiéndolo que “es muy importante para los países de América Latina, descubrir cuáles son las industrias de mayores oportunidades de innovación, que estarán asociadas con aquellas que han sido favorecidas por la historia y la geografía en sus contextos particulares.”. Nuestro trabajo va precisamente en esa línea.

Respecto al análisis del gasto público en innovación, podremos constatar si existe complementariedad o sustitución entre este gasto y el privado, además de observar el efecto directo sobre la innovación, ya que se puede incluir en la regresión del indicador de Oportunidades Tecnológicas. Nuestra hipótesis es que los gastos se complementan y que el efecto es positivo, ya que se corresponde con lo encontrado en trabajos anteriores. Posteriormente explicaremos esto más profundamente.

En la sección 2 se expone el marco conceptual, para luego en la sección 3 proceder con los antecedentes. Seguidamente, en la sección 4 explicitamos la hipótesis. En la sección 5 se desarrolla la estrategia empírica, en la 6 se muestran los resultados y por último, en la sección 7 se sintetizan las conclusiones.

---

<sup>2</sup>(CENIT, “Las oportunidades tecnológicas de los sectores industriales y el rol de los contextos de desarrollo científico y tecno-productivo de cada país”)

## 2. Marco teórico

Una primera pregunta pertinente es cómo medir el contenido tecnológico. Existen varios abordajes que contestan esta pregunta, el nuestro es considerar indicadores que tengan en cuenta varias dimensiones del contenido tecnológico y que sean consistentes con los paradigmas tecnológicos de la actualidad. Dadas las taxonomías existentes, nuestro esfuerzo se enfoca en aproximarnos a una taxonomía que pueda clasificar productos de todos los sectores.

Para conocer el contenido tecnológico, dentro de un enfoque teórico, primero nos preguntamos qué debemos considerar como contenido tecnológico actualmente, y así ver qué abarca este concepto. Luego para responder el problema de las taxonomías, la intención es que el instrumental de conceptos quede reflejado mediante una medición. Revisaremos los conceptos de tecnología, de modo de entender luego la teoría y modelos de innovación. Seguidamente, nos centraremos en la explicación teórica de los indicadores.

### 2.1 Conceptos de tecnología

Si recurrimos al Manual de Oslo, encontramos que se diferencia innovación en producto, proceso, e innovación en técnicas de organización y comercialización. Todo ello engloba el concepto de innovación: crear o mejorar significativamente un nuevo producto, proceso, modo de comercializar u organización al interior de la empresa o en las relaciones externas.

La primera refiere a una innovación en el uso o en las características del producto. La innovación en proceso se define como la introducción de nuevos modos de producción o nuevas combinaciones de capital y trabajo. Esta implica cambios en las técnicas, materiales o programas informáticos.

Luego se agrega al concepto, la innovación en técnicas de organización. Esta refiere a modificaciones en la forma de organizar y administrar la producción. Se puede lograr este tipo de innovaciones al reducir los costos administrativos, insertando una nueva práctica en la gestión de la empresa, en la relación con clientes u otras empresas, en la división de trabajo, etc.

Por último, innovación en técnicas de comercialización son innovaciones en métodos de entrega, almacenamiento y conservación, diseño o presentación, promoción y posicionamiento (nuevos canales de venta) de los productos.

Finalmente, es propicio definir la Investigación Científica y Desarrollo Experimental (I+D). Es “todo trabajo creativo emprendido de forma sistemática con el objetivo de aumentar los conocimientos y el uso de este conocimiento para desarrollar bienes/servicios o procesos nuevos o significativamente mejorados.” (Jaramillo, H. et al., 2000, pp. 52-53 y ANII, 2009. citado en CINVE, 2013, pág. 17)

En este trabajo consideraremos por tecnología a todo conocimiento acumulado, que permite generar un nuevo producto, nuevo proceso, nueva técnica organizacional y nuevo método de comercialización, es decir, que permite generar innovación. Estudiaremos este concepto ligado a la canasta exportadora del país.

### 2.2 Escuelas y modelos de innovación

la teoría evolucionista diferencia el conocimiento de la información. Se centra en que cada empresa, de acuerdo a su trayectoria, acumula conocimiento tácito y codificado, y también capacidades. De este modo, el conocimiento no se puede comprar porque es propio de cada empresa y se obtiene mediante un proceso de aprendizaje acumulado. Por ejemplo, el *know-how* es algo que no se puede comprar. En cambio, la información es un bien que se puede comprar. Esto hace que la tecnología sea parte pública (por ejemplo, informes científicos y externalidades generadas) y privada (trayectoria tecnológica de cada empresa, basada en el paradigma reinante). (Pittaluga, 2000)

Lo importante de esta teoría es que no solo considera la investigación y desarrollo como fuente de innovación, sino que incluye “el conocimiento práctico o basado en la experiencia adquirido vía aprender haciendo, usando e interactuando”. (Traducción propia, Havas, A. 2015: 8). Es así, que el

conocimiento científico no es el único que genera innovaciones exitosas. La escuela evolucionista afirma que el éxito de las empresas se basa en utilizar distintos tipos de conocimiento, proveniente tanto de actividades de I+D y como otras que no son I+D. Estas últimas refieren a: “diseño, creciendo, probando, *tooling – up*, solucionando problemas y actividades de ingeniería, ideas de los proveedores y consumidores, conceptos de los inventores y experimentos prácticos, como también colaboración entre ingenieros, diseñadores, artistas y otros “geeks”.” (Havas, 2015, pág. 8. Traducción propia). Por ello, es ideal a la hora de medir el contenido tecnológico, no solo considerar el gasto en I+D, sino, por ejemplo, distintos vínculos que la empresa o industria mantiene con otros agentes. Dichos vínculos se estudian mediante modelos que presentaremos más adelante.

Vemos también, de acuerdo a la cita anterior, que la innovación puede proceder del personal capacitado de la empresa. Es por eso, que al construir el indicador de Oportunidades Tecnológicas, lo tendremos en cuenta.

Es así que nos inclinaremos por los postulados de la teoría evolucionista, ya que afirman que un factor determinante de la innovación es la trayectoria previa y el conocimiento acumulado. Esto se observa a nivel país. La trayectoria de Uruguay está fuertemente vinculada con el sector primario, sector en donde existe conocimiento acumulado que podría generar innovaciones dentro del mismo. Abordaremos esto más adelante, al analizar el indicador de oportunidades tecnológicas.

Además, esta teoría tiene un enfoque más abarcativo de los procesos de innovación. Es decir, la innovación se puede generar por otros factores, además de las actividades de I+D, como ya mencionamos.

Luego se desarrolló el modelo *chained-linked* y el *multi-channelinteractivelearningmodel*. Estos dejan de ser lineales e incorporan varias fuentes de información y distintos ciclos de feedback. (Havas, 2015)

El primero fue creado por Kline and Rosenberg (1986). Ellos dan cuenta de que el proceso en el que se crean innovaciones no es uniforme, mas tiene diversos patrones. Otro aporte, es la inclusión de la ciencia dentro del proceso de innovación, donde ésta puede surgir por demanda de innovaciones. (Caraça, et al., 2008)

Caraça, et al. (2008) construyen el segundo modelo mencionado, de acuerdo a las definiciones anteriores, contemplan innovaciones en producto, proceso, un nuevo nicho de mercado y organizacionales. Se considera aquí, a diferencia de los anteriores, el ambiente institucional compuesto por un micro ambiente y un macro ambiente. El microambiente refiere a organizaciones y actores que influyen en el proceso, como por ejemplo los proveedores. El macro ambiente es todo el entorno social, político, macroeconómico, institucional. También, integra en esta categoría el sistema nacional de innovación. Además, explican canales por los cuales la empresa transforma la información desde este entorno en innovaciones.

Lo relevante es que para innovar las empresas se vinculan con todo lo que comprende su entorno, es decir, no solo el conocimiento científico genera innovaciones. Por ello, es importante que en la construcción del indicador consideremos estos vínculos. Uno de esos vínculos recolectado por la encuesta de innovación es el vínculo con el sistema nacional de innovación. Sin embargo, la base de datos a la que accedimos no disponía de esa variable.

Por otro lado, es probable que las empresas de gran tamaño tengan mayores facilidades, más y mejores vínculos que una pequeña empresa. A su vez, una gran empresa tendrá mayores fondos y posibilidades de financiación que le permiten innovar.

La teoría reconoce estos canales por los cuales el tamaño puede fomentar y facilitar la innovación. Fisher, et al. (1973), explicitan, además de las mayores oportunidades para la financiación, la posibilidad de las grandes empresas de diversificar riesgos a la hora de innovar. Al tener mayor cantidad personal capacitado, la empresa puede enfocarse en distintas investigaciones, de modo que si una innovación no resulta exitosa, se tienen otras innovaciones. De este modo, esta también será una variable a incorporar en el modelo como variable de control.



Es importante aclarar que suponemos rendimientos decrecientes a escala. Esto significa que a mayor tamaño, mayor innovaciones. Pero a medida que se crece en tamaño, la tasa de crecimiento de las innovaciones es menor.

La lógica detrás de la incorporación de la proporción de capital extranjero es que los extranjeros “importarán” prácticas, tanto organizacionales, como de procesos, y nuevos productos. Esto es más probable en países en desarrollo, como el nuestro.

Respecto a la proporción de profesionales, se espera una relación positiva con los resultados de la innovación. El personal capacitado es una parte importante en el desarrollo de innovaciones. Un claro ejemplo son las empresas de Silicon Valley donde el motor de la innovación es el personal. A su vez, se puede ver en la creciente aparición de especializaciones de las carreras. Resulta común ver que los profesionales se especialicen, siendo cada vez más conocedores en cierta área.

En relación a los obstáculos, se han considerado aquellos comunes a los tres sectores. Los obstáculos son situaciones adversas a las que se enfrentan las empresas a la hora de tomar la decisión de innovar. La innovación se llevará a adelante en un ambiente propicio para luego se pueda tener un buen resultado por haber invertido en ella. Se espera que el coeficiente sea negativo, significando menos innovación cuanto más obstáculos.

### **2.3 Enfoque de las oportunidades tecnológicas**

Nuestro trabajo contribuye con la comparación de tres indicadores que captan el contenido tecnológico de los productos de la canasta exportadora de Uruguay de manera distinta. En esta sección vamos a mencionar el marco conceptual de cada indicador. El primer indicador es el esfuerzo innovativo, el indicador asociado es la Intensidad en I+D medida como el gasto en I+D. El segundo, intenta reflejar la sofisticación de las exportaciones donde el indicador asociado mide indirectamente el contenido tecnológico. El tercer indicador es el de oportunidades tecnológicas; definida como la probabilidad de generar una innovación, para ello construimos un indicador que será explicado más adelante.

. Son pocos los trabajos que usan este enfoque. Nos basaremos en lo que se ha hecho en CINVE-CENIT (2014) para seguir trabajando sobre la construcción de ese indicador. En dicho informe se utiliza una regresión muy similar a la que se utiliza en este trabajo, pero sin incorporar el gasto público al análisis.

La idea es intentar medir directamente las oportunidades tecnológicas mediante la estimación del retorno que se tiene luego de haber realizado un gasto en innovación, que puede ser tanto intra-muros como extra-muros (gastos realizados por la empresa o externos a la empresa como el gasto público destinado a I+D, respectivamente). Lo que refleja este enfoque es cuán probable es que se realice una innovación, ante determinado esfuerzo o gasto en actividades de innovación, en el entendido de que los sectores tienen diferentes condiciones para innovar. Con este indicador sabremos cuáles son los sectores que tienen mayor potencial innovador. De esta manera se puede llegar a una medición del contenido tecnológico que tiene en cuenta el contexto, la acumulación de conocimiento y otras características que influyen a la hora de innovar. Entre ellas se encuentra el capital extranjero, la capacitación del personal, el tamaño de la empresa, el gasto en actividades de innovación y las condiciones que imponen un obstáculo. De esa forma, se podrá identificar los productos de acuerdo a la fertilidad para generar innovaciones que tiene el gasto en actividades de innovación de los distintos sectores de una economía.

Para entender mejor el concepto de oportunidad tecnológica, seguiremos a Nelson & Wolff (1992). Estos autores explican que la diferencia entre dos industrias con el mismo nivel de intensidad de I+D, está dada por las oportunidades tecnológicas y la apropiabilidad del retorno del gasto en I+D. Con todo lo demás constante, a mejores oportunidades tecnológicas, el gasto en I+D será más rentable o provechoso. Es así, que identifican como factores generadores de las oportunidades tecnológicas a la ciencia, nuevos materiales, nuevas tecnologías o nuevos modos de producción. Por ejemplo, sectores con alto I+D como el farmacéutico, reciben nuevas oportunidades exógenas desde la ciencia o demás, que hace que la productividad del gasto en I+D sea alta.

Es decir, las oportunidades tecnológicas hacen que para una misma intensidad en I+D, los avances en cierto sector sean mayores que en otro. Dichos autores señalan que las oportunidades tecnológicas son

las que determinan el ritmo del avance tecnológico en un sector a largo plazo, mientras que la apropiabilidad nos da cuenta de la altura, o sea del punto en donde está la empresa respecto a la cantidad de I+D.

Otro trabajo que maneja este concepto es el de Klevorick, et al (1995), se revisa el concepto de oportunidad tecnológica y se discuten tres categorías de fuentes de oportunidades tecnológicas una de ellas es el avance del conocimiento científico; la segunda son los avances tecnológicos que se originan fuera de la industria; y la tercera son evaluaciones que se hacen de los avances tecnológicos propios de una industria específica, los avances en la comprensión científica y técnica que amplían las oportunidades tecnológicas,

Concluyen que la oportunidad tecnológica y la capacidad de apropiarse de la rentabilidad de los nuevos desarrollos son la clave para explicar que la intensidad de I+D es alta en algunas industrias y baja en otros. Por ello cabe esperar que los resultados del indicador de intensidad de I+D y el de oportunidades tecnológicas estén muy relacionados

El aporte de nuestra investigación se centra en llegar a un indicador que refleja la oportunidad de generar innovación. El conocimiento que se va acumulando, y cada vez con una mayor velocidad, genera oportunidades crecientes de que cada nuevo esfuerzo permita obtener mayores resultados innovativos. A su vez intentaremos captar mediante este indicador, la investigación realizada por el sector público que permite acumular conocimientos de forma tal que el retorno en términos de productos innovativos sea mayor en los sectores que se benefician de dicha investigación. Por ello, en la próxima sección presentaremos argumentos teóricos sobre la relación del gasto público con el privado.

## 2.4 Relación con el I+D Público

Rubianes (2013) realiza un repaso sobre las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) y los cambios efectuados entre el 2005 y 2011. Una característica del Sistema de Innovación uruguayo es que el ámbito privado históricamente ha realizado muy poca contribución a la producción de conocimiento. Menos del 40 % de la inversión en innovación se financia o realiza por el sector privado, mientras que en países que basan su crecimiento en el conocimiento, la participación privada supera el 50% del total. Para citar algunos ejemplos, Estados Unidos y Japón invierten en I+D público y privado aproximadamente un 3% de su PBI.<sup>3</sup> La contribución en Uruguay es baja tanto en I+D endógena como I+D exógena, o sea que tampoco adquieren I+D desde fuera de la empresa.

Hubo una evolución leve pero creciente del gasto público en actividades de ciencia y tecnología: se pasa de un 0.21 % del PIB al 0.45 %. El 18 % del presupuesto de UDELAR se destina a ACT, es por ello que el presupuesto aprobado en el período tuvo una repercusión en la mayor inversión pública en ACT. En tanto que la ANII asigna menos del 14 % de la inversión pública total. El aporte de las empresas es de 40% del total aproximadamente. En el 2011 contando gasto público y privado se estima en un 0.75% la inversión en ACT, un valor que sigue siendo muy bajo.

Resumiendo algunos valores importantes, la inversión pública en ACT en términos brutos pasó de 40 millones de USD en 2005 a poco más de 200 millones de USD en 2011. Pero en términos del PIB anual la inversión ha pasado de 0.21% en el año 2005 a 0,45% en el año 2011.

### 2.4.1 La importancia de incluir al gasto público en nuestro estudio

Incluir el gasto público en nuestro análisis es relevante porque el gasto privado puede ser más fértil a consecuencia de este. Conociendo la fertilidad de los sectores, se tiene más información para asignar el presupuesto a los programas de financiamiento o de políticas públicas orientadas a la I+D+i de forma más eficiente.

Además de calcular el indicador, investigaremos la relación del gasto público en I+D con el gasto de I+D privado. El I+D público puede desplazar el I+D privado (situación en que llamamos al I+D público sustituto del privado). O bien puede complementar al gasto privado, reportando mayor retorno del gasto privado. Es decir, acrecentando el indicador de oportunidades tecnológicas. Veremos que el

modelo que adoptaremos, incluye una interacción entre las dos variables, en donde podremos conocer si se complementan o son sustitutos.

En trabajos teóricos como los de David, Hall, y Toole, A. (2000) se discute la complementariedad del gasto público (complementariedad en el sentido de inducir mayor gasto privado) o la sustitución que tendría el gasto de las empresas privadas. Los autores realizan una revisión de la literatura al respecto. Para ello, ordenan los conceptos en un modelo teórico. Aquí solamente especificaremos relaciones entre variables que nos ayudan a entender el comportamiento de una empresa en relación a la inversión en actividades de innovación.

Se explica la tasa marginal de retorno como una función del gasto en I+D de la empresa, oportunidades tecnológicas, demanda del mercado y características institucionales u otras que afecten la apropiabilidad del retorno de la innovación. Por otro lado, el costo marginal de capital es función del gasto en I+D de la empresa, políticas de tecnología, características macroeconómicas y expectativas que influyen en el costo del financiamiento, condiciones en el mercado de bonos y la existencia de capital de riesgo. La empresa encuentra su equilibrio donde la tasa de retorno marginal y el costo marginal de capital son iguales.

Veamos formas específicas en las cuales la complementariedad se puede dar. Una es mediante la generación de “*spillovers*” causados por el gasto público, es decir, derrames de conocimiento que se dan entre sectores y que luego crean un estímulo al gasto privado. Por ejemplo, las investigaciones académicas pueden producir derrames. Otra forma es a través de entrenamiento del personal, capacitándolo.

En el estudio de David, Hall, y Toole, A. (2000) se examinan los posibles canales por los cuales el gasto público podrá sustituir o complementar al privado. Ellos mencionan 4 canales donde el I+D público complementa al privado. El primero es que contratos entre ambos actores permiten disminuir costos haciendo a la empresa más eficiente. El segundo refiere a que estos contratos significarán demanda futura. Tercero, el gasto público incrementa la probabilidad de éxito de otros proyectos de la empresa. Estos canales hacen que la tasa marginal de retorno sea mayor (las oportunidades tecnológicas). El cuarto canal que mencionan es que estos contratos ayudan a enfrentar los primeros altos costos de la inversión.

. Rubianes (2013) menciona que en Uruguay si la empresa cuenta con un buen proyecto de innovación y su respectivo plan de negocios, le será posible recibir apoyo estatal para compartir el riesgo del proyecto, ya que hay un gran número de instrumentos por parte de organismos públicos como la ANII, el MEF y el MIEM para compartir el riesgo inicial de los proyectos innovadores.

Sin embargo, el gasto público puede sustituir al gasto privado, sin generar derrames. Esto puede suceder cuando el gobierno invierte donde, en realidad, la empresa podría enfrentar los costos de invertir sin ayuda gubernamental. A su vez, puede sustituir el gasto privado, ya que al intervenir en el mercado invirtiendo, la tasa de retorno de empresas privadas podría reducirse y no gastarían en I+D. Otra forma que David, Hall y Toole, (2000) mencionan es que se puede generar un *crowding - out* a través de los contratos. Las empresas que firman un contrato se ven perjudicadas porque la inversión pública puede quitar algunas barreras a la entrada y producir mayor competencia. Es así que estas empresas no les es posible apropiarse del gasto público.

A nivel macro, puede ocurrir un *crowding-out*, ya que el gobierno y las empresas participantes, demandarán mayores insumos para llevar a cabo el proyecto, como por ejemplo, mayor personal. Esto presiona a la suba los salarios, y otros costos que deriva en una disminución del retorno esperado, por tanto, bajando el gasto en I+D.

Se menciona que las condiciones propicias para la sustitución de gasto privado es cuando la proporción de I+D público sobre el total es chico, la oferta de personal calificado es elástica, la inversión pública se da en mayor nivel a través de subsidios que contratos y donde el rendimiento del gasto en I+D privado disminuye gradualmente con el aumento de los gastos en I+D.

Sin embargo, los autores sostienen que la relación entre ambos gastos en innovación es ambigua y no hay claras conclusiones al respecto. En nuestro estudio veremos la relación entre el gasto público con respecto al privado y cómo afecta el gasto público a la rentabilidad de las innovaciones.

### 3. Algunos antecedentes empíricos

Hemos constatado que la mayor parte de la literatura ha abordado la medición de contenido tecnológico desde dos enfoques. Uno de ellos es el propuesto por la OCDE intentando medir directamente el contenido tecnológico mediante el esfuerzo en I+D y agrupando los productos en categorías. El otro enfoque, se hace desde el comercio mundial donde se mide la sofisticación de los productos de la canasta exportadora, de acuerdo a los aportes de Lall, Rodrik, Hidalgo, entre otros. La lógica de esta metodología es que si el país en cuestión exporta bienes que los países desarrollados exportan, se consideran de alto contenido tecnológico.

#### 3.3 Respetto a indicadores de oportunidades

Procederemos con los antecedentes que tratan de medir la **oportunidad tecnológica**, es en esta dimensión que se centra nuestra investigación.

##### 3.3.1 Antecedentes internacionales.

Nelson y Wolff (1992) buscan una relación empírica entre las oportunidades tecnológicas y apropiabilidad, con la intensidad en I+D; y por otro, entre la intensidad en I+D y el avance tecnológico medido como productividad de los factores productivos.

Scherer ((1965) citado en Nelson & Wolff, 1992) se aproximó a la medición de las diferencias en oportunidades tecnológicas mediante dummies para distintas industrias, pero Nelson & Wolff señalan que no es la mejor metodología. Por lo tanto, utilizan la “cercanía” a la ciencia, los campos científicos que las empresas utilizan para el avance tecnológico y la contribución de la investigación de la universidad como proxy para las oportunidades tecnológicas ligadas a la ciencia. Luego, respecto a aquellas ligadas a las industrias proveedoras, usan las contribuciones de proveedores de materiales, las contribuciones de proveedores de equipos y las contribuciones de proveedores de equipos de investigación (*research equipments suppliers*). Estas variables se identifican como los factores generadores de las oportunidades tecnológicas.

Confirman estas relaciones en general. Específicamente, concluyen que las contribuciones de proveedores en materiales y de equipos son sustitutos, es decir, cuanto más se haga en las industrias proveedoras en términos de intensidad en I+D, menos se hará en la propia industria. En cambio, los proveedores de equipos de investigación resultan ser complementarios, hasta pueden llegar a promover la I+D propia de la industria.

##### 3.3.2 Antecedentes regionales

Un antecedente de carácter regional es el trabajo de Marín y Petralia (2015). El objetivo de la investigación es aportar a la discusión del concepto de oportunidades tecnológicas y elaborar una taxonomía para medirlas, además de mostrar la importancia de su aplicación en diferentes tipos de contextos. El estudio empírico lo hacen sobre la industria manufacturera de Brasil y Argentina

Para el análisis empírico se basaron en la información de las Encuestas de Innovación de Argentina (ENIT) para el período 1998-2001 y de Brasil (la PINTEC) para el 2001-2003. La investigación se realizó usando una metodología para medir Oportunidades tecnológicas, que tiene como objetivo capturar la eficacia de los esfuerzos innovadores. Estiman un modelo de coeficientes aleatorios con una estructura jerárquica en la que el menor nivel de análisis es la empresa. Llevan en una ecuación de la innovación a nivel de empresa y evalúan, entre otras cosas, la eficacia de los gastos en I+D sobre el rendimiento de la innovación.

Esos determinantes incluyen vínculos con la base de conocimientos (Conocimiento Básico), y el potencial de los conocimientos disponibles que podrían tener un desbordamiento siendo tres los mecanismos de trasmisión i) desbordamientos inter- industria (Proveedores), ii) desbordamientos Inter-industria (consumidores) y iii) desbordamientos Intra-industrial.

En Marín y Petralia (2015) se concluye, en primer lugar, que hay una gran variabilidad de Oportunidades tecnológicas. En segundo lugar, que la clasificación de las industrias que tienen altas

Oportunidades tecnológicas en Argentina y Brasil es diferente a otros estudios empíricos. También, sus resultados no apoyan la idea de que las industrias tradicionales asociadas a los recursos naturales crean menos Oportunidades tecnológicas. Por último, sólo una de las tres fuentes de Oportunidades tecnológicas -los derrames que proceden de los consumidores- fue significativa en los dos países.

### 3.3.3 Antecedentes nacionales

El antecedente para Uruguay que tiene en cuenta la dimensión de oportunidades es el documento de trabajo CINVE/CENIT (2014) mencionado anteriormente. Según el informe de CINVE – CENIT, respecto a las oportunidades tecnológicas, se mide la rentabilidad como la probabilidad de generar nuevas innovaciones. La clave es medir el potencial de las actividades para agregar valor. Se utiliza el modelo de regresión multinivel con efectos aleatorios. Los efectos aleatorios se interpretan aquí como las oportunidades tecnológicas de realizar inversión en Actividades de Innovación.

De esta forma se puede clasificar cuan fértil en términos de generar innovaciones son los sectores -según la clasificación CIIU revisión 4. Consecuentemente, se hace una división en cuartiles para ordenarlos en un ranking usando la siguiente clasificación: baja tecnología (BT), media baja tecnología (MBT), media alta tecnología (MAT) y Alta tecnología (AT), hay que tener en cuenta que la división descrita es arbitraria a modo de ordenar los valores que toma el indicador. Los coeficientes asociados a la variable Actividades de innovación toman valores positivos y también negativos, indicando que en esos sectores sería contraproducente invertir.

Por último, el presente trabajo pretende ser la continuación de Aboal, Arza, & Rovira, (2015). En este, los autores proponen una nueva metodología de medición del contenido tecnológico, que supera ciertas limitaciones de las metodologías antes utilizadas. Más concretamente, por un lado, la originada por OCDE y por otro, de CEPAL. Tanto OCDE como CEPAL crean metodologías para la medición de la intensidad de I+D. Lo que se resalta es que los criterios de estas metodologías, no son claras y se basan en decisiones subjetivas de expertos.

Además de la intensidad de I+D, los autores consideran un indicador de sofisticación propuesto por Hausman, Hwang, & Rodrik (2006) y Lall et al. (2006), que se basa en el supuesto que los países avanzados exportan bienes con mayor contenido tecnológico. Como proxy de la calidad del producto utilizan los precios unitarios siguiendo a Xu (2007).

En definitiva, analizan los productos de la industria y el agro, de acuerdo a la intensidad en I+D y a su sofisticación. Agregan el gasto en I+D público y contenido tecnológico externo como doméstico. Se llega, de esta manera, a cuatro categorías: alta sofisticación y alto ratio de I+D sobre las ventas totales, alta sofisticación y baja inversión en I+D, alta inversión en I+D y baja sofisticación y, por último, bajo ratio de I+D y bajo nivel de sofisticación.

Comparando los resultados con las metodologías anteriores, Aboal, Arza, & Rovira, encuentran que gran parte de los productos que se clasifican con su metodología como alto contenido tecnológico, no son clasificados o son considerados con bajo contenido tecnológico en las otras metodologías. Ocurre similarmente con otras categorías. Sin embargo, cabe destacar que los productos de alta sofisticación, pero bajo gasto en I+D, según la clasificación de la OCDE más de la mitad tienen alto o medio alto contenido tecnológico. Pero en países en desarrollo, la producción de estos bienes no presenta ventajas relativas.

Un resultado común (para Brasil, Argentina y Uruguay) visto estos antecedentes, es obtener productos de alta tecnología totalmente opuestos a los países avanzados. En países de América Latina, encontramos que los sectores de mayor contenido tecnológico son los más cercanos a los recursos naturales, mientras que los sectores, que en países desarrollados se computan como de alta tecnología, en estos países aparecen en lugares muy por debajo en los rankings. Esto se debe a, por un lado, la especialización productiva y por otro, a la generalización de las cadenas productivas de valor. Con especialización productiva nos referimos a que los países latinoamericanos se han enfocado en producir bienes primarios, dadas su dotación abundante de recursos naturales. Esto genera que, dada esta trayectoria de producir productos asociados al sector primario, los países de América Latina innovaron en la producción de estos.

Por otro lado, las cadenas de valor refieren a la segmentación del proceso productivo en distintos países, por los menores costos de los factores productivos y otras razones. Por tanto, los productos que



en taxonomías como la de sofisticación, se clasifican como alta tecnología en países desarrollados donde se producen, no lo hacen en los países latinoamericanos donde se agrega muy poco valor al producto importado.

### **3.4 Sobre el Gasto público**

#### **3.4.1 Antecedentes Internacionales**

Nos hemos referido anteriormente, al trabajo de David, Hall, y Toole (2000) donde los autores realizan una revisión de la literatura referente a la evidencia sobre la complementariedad o sustitución del gasto público en innovación sobre el gasto privado. Se comenta que la especificación más común es utilizar algún indicador del gasto en I+D privado como variable dependiente, y el gasto público como dependiente, además de otras variables de control. Analizando los distintos trabajos hechos, encuentran cuatro abordajes. El primero de ellos conforman trabajos de sección cruzada utilizando microdatos donde la entidad es la empresa o la industria y se controla por apropiabilidad y oportunidad tecnológica y características de la demanda. El segundo, se trata de trabajos que analizan series temporales. El tercer grupo de trabajos se enfocan en macrodatos. Por último, existen trabajos que consideran la simultaneidad entre el I+D privado y público.

Vemos que no se menciona análisis multinivel, de todos modos, nuestra especificación no es tan distanciada de lo antedicho. Los resultados son variados, pero hay gran cantidad de estudios que concluyen que existe complementariedad, más allá de los distintos modelos estimados.

Por otro lado, Aerts y Czarnitzki (2004), para la región flamenca de Bélgica estudian si las empresas que fueron apoyadas con fondos públicos son las que generan más patentes, sus resultados muestran que no hay efectos significativos sobre la generación de patentes.

#### **3.4.2 Antecedentes Regionales**

Benavente et al. (2007) encuentran para Chile efectos *crowdingout*. Como evaluación de output, constatan que los fondos no promovieron la generación de patentes ni tampoco la creación de nuevos productos.

Avellar y Alvez (2008) para Brasil en una primera aproximación empírica obtienen como resultado que los apoyos fiscales a la innovación fomentan el fenómeno de *crowding in* en las empresas que accedieron al beneficio.

#### **3.4.3 Antecedentes nacionales**

Aboal y Garda (2013) en un estudio que comprende el sector manufacturero y de servicios, concluyen que entre el año 2004 y 2009 no hubo un efecto de sustitución entre fondos públicos y privados. También muestran que el apoyo financiero estatal aumenta el gasto en I+D como proporción del gasto en innovación, aunque los fondos públicos no estimulan significativamente el gasto privado en empresas que de todos modos innovarían ante la falta de apoyo financiero. Notamos algunas similitudes con nuestro trabajo respecto a las variables de control utilizadas: tamaño, capital extranjero y diferencian por sector. Pero asimismo, agregan la edad de la empresa de modo de captar la experiencia, obtención de patentes para controlar la persistencia en innovación, intensidad de capital (capital por trabajador), productividad, pertenencia a un grupo económico o una red de empresas, cantidad de tiendas y si se ubica en Montevideo.

A su vez, la elección de variables es muy parecida a las trabajadas en Shefer y Frenkel (2005). Su estudio busca los determinantes del gasto en I+D. Lo que interesa aquí, son los determinantes para comparar con nuestra elección de variables de control. Ellos incorporan el tamaño, la ubicación, la edad de la empresa, las innovaciones pasadas, si es una empresa exportadora y si la empresa pertenece a un grupo económico. A su vez, separan a las empresas por sectores que tienen características en común (en su caso de alta tecnología versus baja tecnología). Esto último es parecido a nuestro análisis multinivel, ya que se separan los sectores porque se supone que cada sector comparte características

Por último, Bernheim et al. (2014) para el período 2007 – 2012 realizan una evaluación de impacto solo para los programas que realiza la ANII en el sector industria y servicios. Sus resultados indican que existe cierta complementariedad y que hay un resultado positivo en la creación de nuevos productos.

## 4. Hipótesis

---

Dado lo antedicho sobre la especialización, la cadena productiva y la trayectoria propia del país, según el indicador de oportunidades, encontraremos productos basados en recursos naturales de alto contenido tecnológico, que según el indicador de sofisticación no son considerados como tal.

Con esto nos referimos a que en Uruguay, las innovaciones se hacen donde existe conocimiento acumulado debido a nuestra especialización productiva que forma parte de nuestra trayectoria como país. Sin embargo, no se innova en productos que contienen gran parte (y la más relevante) de su proceso productivo en otros países. Por ello, pueden ser de alta tecnología en países desarrollados, pero en Uruguay no se agrega mucho valor, por lo que no innovamos en estos productos.

En relación al gasto público, el I+D público es complementario al I+D privado, es decir, existe heterogeneidad entre sectores explicada por la presencia del I+D público. Heterogeneidad en el sentido que el retorno del I+D privado (u oportunidad tecnológica) es diferente para cada sector dada la existencia del I+D público. Al decir que el I+D público y privado se complementan, esperamos consecuentemente, que el I+D público genere mayor fertilidad al gasto en I+D privado. A su vez el I+D público impacta positivamente en los resultados de innovación, así las empresas que pertenezcan a un sector que se destina más gasto público tendrá mejores resultados que otra empresa que se encuentre en un sector con menor apoyo público.

## 5. Metodología

---

Esta sección trata de explicar el método que utilizamos para construir el indicador de Oportunidades Tecnológicas. Primero presentaremos las fuentes de información, las variables a utilizar y luego, la metodología del indicador de oportunidades tecnológicas. Las metodologías de los otros dos indicadores serán tomadas de CINVE - CENIT (2014) y Aboal, Arza, Rovira (2015).

### 5.1 Datos

Aquí se presenta la fuente de información utilizada y sus limitaciones, así como los procedimientos y consideraciones metodológicas para lograr compatibilizar las bases de datos. Luego reportamos las variables a utilizar en la construcción del indicador de Oportunidades Tecnológicas.

#### 5.1.1 Fuentes de información

Los datos respecto a la innovación provienen de la Encuesta de Actividades de Innovación Agropecuaria (2007-2009), de la IV Encuesta de Actividades de Innovación en la Industria Uruguaya (2007-2009) y de la II Encuesta de Actividades de Innovación en Servicios (2007-2009)

##### 5.1.1.1 Encuesta en la industria

El trabajo de campo fue realizado por el INE desde septiembre de 2010 hasta febrero de 2011.

El universo de estudio son las empresas que tienen 5 o más personas ocupadas -con actividad principal correspondientes a las Divisiones 10 a 33 de la CIU Rev. 4 - o han declarado ventas por un monto superior a los 120 millones de pesos. Se hace el relevamiento para 106 sectores según CIU Rev. 4 (CIU es una clasificación por tipos de actividad económica y no una clasificación de bienes y servicios). El número de empresas que pudo obtener la encuesta es de 924.

Para las variables principales de análisis (venta y actividades de innovación) están todos los valores disponibles, es por ello que la encuesta no presenta limitaciones.

Las actividades de innovación por las que se preguntan son 8 y son las que aparecen en el siguiente cuadro.

**Cuadro III: ACTIVIDADES DE INNOVACIÓN**

I+D interna	Transferencias de Tecnología y Consultorías
I+D externa	Ingeniería y Diseño Industrial
Adquisición de Bienes de Capital	Diseño Organizacional y Gestión
Adquisición de Tecnologías de la Información y la Comunicación	Capacitación

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.1.1.1 Encuesta en los Servicios

Al igual que en la industria el trabajo de campo fue realizado por el INE entre setiembre de 2010 y febrero de 2011.

El universo de estudio son las empresas que tienen 5 o más personas ocupadas -con actividad principal correspondientes a las Divisiones 35, 36, 38, 49 a 53, 55, 56, 58 a 63, 69 a 75, 77 a 82 y 86 de la CIU Rev. 4 - o han declarado ventas por un monto superior a los 120 millones de pesos. Para el año los sectores encuestados representan el 52.5% del PIB y el 33% del empleo en el sector servicios. El número de observaciones de la encuesta finalizada es de 1022.

Las actividades de innovación por las que pregunta la encuesta son las mismas que para la industria. Para las variables principales de análisis (venta y actividades de innovación) están todos los valores disponibles.

Para Industria y Servicios en conjunto, la tasa de respuesta fue del 88.8% es así que la muestra es representativa de todas las actividades de la industria manufacturera Uruguaya pudiendo extrapolar los datos al total la población.

#### 5.1.1.3 Encuesta en el Agro

Se definió como unidad de análisis la Explotación Agropecuaria, esto es, la unidad económica de producción agropecuaria con gerencia única. Se relevaron once subsectores o rubros: ganadería de carne y lana, agricultura de secano, caña de azúcar, citrus, vid para vinificación, papa, lechería, arroz, forestal, frutales de hoja caduca, y apicultura.

Sobre la muestra podemos decir que del conjunto de explotaciones comprendidas en el universo de estudio se seleccionó una muestra compuesta por 3.616 explotaciones obteniendo una tasa de respuesta del 54%. A su vez, ese guarismo varía según el subsector, es así que a pesar de la gran cobertura sectorial de la EAIA (90% de la producción agropecuaria), se resolvió a causa de esas divergencias y a la sobrerepresentación del rubro Papa y Ganadería, no expandir los datos.

Se relevan distintos tipos de gastos de innovación por subsector, comprende un gran número de actividades de innovación, se pregunta entre 23 y 61 actividades.

Las actividades de innovación se agrupan en los formularios de la siguiente manera: A. Manejo del proceso productivo, B. Insumos, C. Utilización de bienes de capital, D gestión, E. Investigación y desarrollo experimental, F. tecnologías de información y comunicación, G. Capacitación. Por último, se incluye asistencia técnica, pero en una sección aparte.

Las principales limitaciones de la encuesta son: 1) un gran número de observaciones faltantes por la no respuesta del dato. 2) Son demasiadas y diversas las actividades que se consideran como de innovación, en la encuesta se relevan entre 23 y 61 actividades de innovación según el subsector,



mientras que en la encuesta de la industria se pregunta por 8 actividades de innovación 3) sólo se preguntó por el monto invertido a las explotaciones que realizaron actividad de innovación entre el 2007 y 2009, esto causa una pérdida de datos.

#### 5.1.1.4 Relevamiento del gasto en I+D público.

Se utilizará la base de datos de gasto público en I+D relevada en CINVE-CENIT (2014). Las instituciones públicas consideradas en el relevamiento del gasto son la ANII, el Instituto de Investigación Biológica Clemente Estable (IIBCE) la Universidad de la República (UDELR) y del INIA y por último las actividades financiadas por otras instituciones públicas en convenio con UDELAR.

Es importante considerar el gasto que hace el sector público en I+D que el productor puede aprovechar. Es principalmente relevante la inversión que se hace en el sector Agropecuario por el gran peso de estos productos en la canasta exportadora y porque del total del monto asignado al I+D pública la mayor parte es para ese sector.<sup>4</sup>

Se deben considerar la investigación básica y aplicada que realizan las instituciones públicas ya que contribuyen al desempeño innovador de las empresas.

En relación a ello, es relevante todo el impulso que se ha realizado a través del sistema nacional de innovación desde 2005.

Las actividades pueden ser de forma directa según la generación de centros destinados a la investigación o indirecta, según el financiamiento a actividades de I+D+i en instituciones y empresas.

#### **5.1.2 Variables a considerar.**

Se utilizará el código CIIU Revisión 4, a 3 dígitos para indicar el sector (como veremos, en el segundo nivel del modelo) y las empresas estarán a un nivel de agregación de acuerdo al código CIIU Rev. 4 a 4 dígitos.

Las variables para el análisis son las siguientes. Muchas son variables de control que nuestros antecedentes incluyeron. Innovación será nuestra variable de resultado, mientras que el gasto en actividades de innovación privado y público son las variables que nos interesan.

**Cuadro V: VARIABLES DE LA REGRESIÓN DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
<b>Innovación (inn)</b>	Variable categórica que vale 0 si no realizó ninguna innovación, 1 si realiza una innovación en proceso o producto, 2 si realiza innovaciones en proceso y en producto.
<b>Obstáculos (obs)</b>	Cantidad de obstáculos de importancia media o alta para realizar innovaciones. Se incluye: 1. Escasez de personal capacitado; 2. Riesgo que implica la innovación 3. Período de retorno de la inversión; 4.Reducido tamaño del mercado; 5. Dificultades de acceso al financiamiento; 6. Insuficiente información sobre tecnologías; 7. Infraestructura física inadecuada y 8 Inestabilidad macroeconómica.
<b>Personal capacitado (cap)</b>	Variable categórica que toma los valores 0 a 3 de acuerdo al cuartil en el que la firma esté posicionada en la distribución de la variable porcentaje de profesionales y técnicos dentro del sector

<sup>4</sup>Ver Anexo III

<b>Tamaño medido mediante el empleo (empleo)</b>	Cantidad total de trabajadores en la explotación (2009) o personas ocupadas en el año 2009
<b>Proporción de Capital Extranjero (mnc)</b>	Variable binaria que vale uno cuando la participación del capital extranjero es igual o mayor al 10%
<b>Gasto en I+D público sobre VBP (AI Pub)</b>	Gasto en I+D público clasificado por sector de actividad medido en USD sobre el VBP del sector. El dato es el promedio de los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011.
<b>Gasto en actividades de innovación (AI)</b>	Gasto en actividades de innovación (no solo I+D) medida en dólares del 2009 sobre las ventas en igual unidad. Es así que sabremos la proporción del ingreso por ventas que se destina a actividades de innovación.

## 5.2 MÉTODOS

Para contrastar la primera hipótesis, compararemos los tres indicadores de modo de identificar qué productos son de alta tecnología según cada uno de los indicadores.

La metodología del indicador de esfuerzo en innovación, consiste en el gasto en I+D sobre Ventas y es analizado en distintas categorías: directo privado, indirecto privado y directo público para cada sector (agro e industria). Para el indicador de sofisticación se calculará el QPRODY que se ajusta por la calidad con un índice de precios unitario.<sup>5</sup>

La segunda hipótesis será contrastada utilizando modelos multinivel con efectos aleatorios, metodología que aplicaremos para la regresión de oportunidades tecnológicas, de donde sacaremos el indicador de oportunidades tecnológicas.

Este tipo de modelos es ideal para trabajar con datos jerárquicos, es decir, los datos se dividen en distintos grupos (niveles) siguiendo un orden de jerarquía. En nuestro caso, el primer nivel (el más específico) es la empresa. El segundo es el sector definido de acuerdo al código CIIU Revisión 4 a 3 dígitos.

Este método consiste en dejar variar a algunos coeficientes para distintos niveles. Es decir, coeficiente de interés tiene un componente fijo y otro aleatorio (o variable). De esta manera, se puede captar la variación entre sectores. Mientras que si se estima regresiones comunes, el coeficiente no tendría un componente aleatorio y, por ende, se supone que no existe variación entre sectores. Por ello, los coeficientes se asumen aleatorios con una distribución normal.

Utilizamos esta metodología por varias razones. La razón más directa es por el carácter jerárquico de los datos. A su vez, de esta manera podemos modelizar las diferencias entre sectores.

Guo y Zhao, (2000) describen ciertas ventajas de estos modelos más específicamente. Mediante esta modelización se puede explicar la variable de resultado (innovación) por variables a nivel de empresa como variables a nivel de sector, además de medir los efectos de interacciones entre variables de los distintos niveles

También, estos modelos sirven para evitar sesgos asociados al agrupamiento. Si las observaciones están muy correlacionadas dentro de los grupos, es conveniente usar esta modelización de modo de

<sup>5</sup> Para ver en detalle leer Aboal, Arza y Rovira (2015) y CINVE - CENIT (2014)

eliminar sesgos en las estimaciones y en el error estándar. Es por eso que se calcula la relación intraclase para ver las correlaciones entre las unidades dentro de los grupos.

Veamos ahora, la especificación de un modelo sencillo. Para el nivel 1 sería,

$$y_i = \beta_{ji} + \varepsilon_i$$

Se observa que el intercepto  $\beta_{ji}$  varía para cada nivel  $j$ , a este lo podemos definir como

$$\beta_j = \gamma_{00} + u_{0j}$$

lo que significa que tiene un componente aleatorio.  $u_{0j}$  es la variación de  $y_i$  proveniente de factores del segundo nivel. Esta última ecuación es el modelo del nivel 2. Sustituyéndolo en el modelo referente al primer nivel, obtenemos

$$y_i = \gamma_{00} + u_{0j} + \varepsilon_{ij}$$

$\gamma_{00}$  es la media,  $\varepsilon_i$  es el error referente al nivel 1, mientras que  $u_{0j}$  nos da el error del nivel 2. Por lo que hay dos varianzas de los residuos, el cociente de estas se define como la correlación intraclases, que mide la proporción de varianza proveniente del nivel dos en el total de varianza. (Jones, 2007)

Lo presentado es el modelo más simple. Se puede extender a modelos agregando variables explicativas a cada nivel, y se utiliza la misma lógica. Lo que utilizaremos es un modelo que presente interacción entre la variable I+D público y la variable gastos en actividades de innovación (AI) que es la que representa el I+D privado. Decidimos esto porque el coeficiente asociado a esta interacción nos dará si existe complementariedad entre dichos gastos en I+D.

Además, se muestra la lógica de que el I+D público tiene relación con la variabilidad del gasto privado en I+D en cada sector. Esperamos que dicha relación sea de tal forma que se potencie el gasto privado, generando mayor rendimiento del gasto.

Continuemos con el modelo. Denotaremos todo lo que refiere al nivel 1 con  $i$ , y al nivel 2 con  $j$ . A nivel de empresa (primer nivel) estimamos una regresión para encontrar el retorno del gasto en I+D invertido, controlando por variables que se relacionan con la innovación. El coeficiente  $\beta_{1ji}$  es el indicador de oportunidades tecnológicas ya que a iguales condiciones (tamaño, obstáculos, etc.), cierta empresa puede innovar más o menos por la presencia o no de oportunidades tecnológicas. Este es el que se deja variar para cada sector.

A nivel de sector (Código CIIU Rev. 4 a 3 dígitos), la variabilidad del gasto en innovación es explicada por la inversión pública en innovación. Es decir, la pendiente cambia para los distintos niveles de I+D público. Por tanto el modelo a estimar es:

Primer nivel:

$$inn_i = \beta_{0ji} + \beta_{1ji}AI_i + \beta_2obs_i + \beta_3cap_i + \beta_4empleo_i + \beta_5empleo_i^2 + \beta_6mnc_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Segundo nivel:

$$\beta_{0ji} = \gamma_{00} + \gamma_{01}AIPub_j + u_{0i} \quad (2)$$

$$\beta_{1ji} = \gamma_{10} + \gamma_{11}AIPub_j + u_{1i} \quad (3)$$

Si sustituimos (2) y (3) en (1) obtendremos

$$inn_i = \gamma_{00} + \gamma_{01}AIPub_j + u_{0i} + (\gamma_{10} + \gamma_{11}AIPub_j + u_{1i})AI_i + \beta_2obs_i + \beta_3cap_i + \beta_4empleo_i + \beta_5empleo_i^2 + \beta_6mnc_i + \varepsilon_i$$

$$inn_i = \gamma_{00} + \gamma_{01}AIPub_j + \gamma_{10}AI_i + \gamma_{11}AIPub_jAI_i + \beta_2obs_i + \beta_3cap_i + \beta_4empleo_i + \beta_5empleo_i^2 + \beta_6mnc_i + \varepsilon_i + u_{0i} + AI_iu_{1i}$$

Se supone que los errores se distribuyen normal con media cero y varianza  $\sigma_\varepsilon^2$ ,  $\sigma_{u1}^2$ ,  $\sigma_{u2}^2$ .

Entonces ahí aparece la interacción mencionada anteriormente, captada por  $\gamma_{11}$ . Hemos mencionado que se espera que el I+D público genere mayor fertilidad en el sector (mayores oportunidades tecnológicas). En el modelo, esto equivale a que  $\gamma_{11} > 0$ . Este coeficiente nos dará a conocer si el gasto público hace que rinda más o menos el gasto privado en innovación.

Por otro lado, vemos que el gasto público aparece solo en la regresión resultante. Este coeficiente muestra el efecto directo del gasto público sobre la innovación. Se trata de una relación más directa que la mencionada antes.

Cabe destacar que el modo en que imputamos los datos del gasto público, la variable AIPub recoge si la empresa pertenece a un sector donde se destina determinado monto de gasto público sobre VBP.

En resumen, la estimación logra captar los retornos que se dan para cada sector. La idea es que al mismo nivel de gasto en I+D, las oportunidades tecnológicas hacen que cierto sector presente mayor innovación, por eso nos importa el coeficiente asociado a la variable AI.

En relación a los métodos de estimación, existen tres métodos de estimación de estos modelos: máxima verosimilitud o máxima verosimilitud restringida, métodos bayesianos y estimación en dos etapas. En una primera etapa se estiman las regresiones del nivel 1, y luego tomando los parámetros se regresan contra las variables explicativas del nivel 2.

Nosotros seguiremos a Jones, B. (2007), para encontrar la relación entre niveles estimando por máxima verosimilitud.

## 6. Resultados

### 6.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Mostraremos en esta sección algunos resultados descriptivos de las variables que utilizamos. La agregación en sectores CIU es a 3 dígitos. Siendo la de menor desagregación la que vamos a usar, esta presenta 124 sectores; para cada uno de ellos tenemos el gasto público asociado.

La variable de nuestro interés en el primer nivel es AI/ ventas. La variable de interés del segundo nivel es el gasto público que lo tenemos presentado de dos maneras, el gasto en dólares y en forma relativa (el gasto sobre el VBP), usaremos el esta última.

La variable Inn representa los resultados de innovación. Toma los valores 0 si no innova, 1 si innova en proceso o en producto y 2 si innova en ambos.

**Cuadro VI: FRECUENCIA Y TOTAL DE MISSING DE VARIABLE DE RESULTADO INN**

INN	FRECUENCIA	%
0	1029	37,79
1	1006	36,94
2	688	25,27
SUB TOTAL	2723	100
MISSING	1787	
TOTAL	3910	

Fuente: Elaboración propia

Los datos muestran que de las 3910 empresas, 1029 no innovan. 1006 innovan en procesos o en productos y 688 tanto en productos como en proceso. Si separamos por proceso o producto, 1460 empresas innovan en proceso mientras que 922 empresas innovan en productos.

Otra variable incluida en nuestro análisis es la cantidad de obstáculos, definida con un máximo de 8 obstáculos. En promedio, las empresas enfrentan 4 obstáculos para innovar. Si observamos el cuadro VII, siempre hay más empresas que innovan que presentan obstáculos, que las que no innovan.

**Cuadro VII: FRECUENCIA POR CANTIDAD DE OBSTÁCULOS SEGÚN SI INNOVA O NO INNOVA LA EMPRESA**

OBSTÁCULOS	NO INNOVA	INNOVA
	FRECUENCIA	FRECUENCIA
0	67	74
1	62	114
2	100	175
3	139	266
4	145	264
5	164	255
6	130	228
7	114	182
8	120	135

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro VIII: RANGO DE VALORES, MEDIA, PERCENTILES Y TOTAL DE MISSINGS DE VARIABLE AI**

VARIABLE	AI	PERCENTILES	VALOR
RANGO	<b>[0,68.664911]</b>	<b>10%</b>	<b>0</b>
MEDIA	<b>0.270674</b>	<b>25%</b>	<b>0</b>
MISSING	<b>22/3910</b>	<b>50%</b>	<b>0,0312</b>

Fuente: Elaboración propia

Si nos enfocamos en AI sobre ventas, vemos que el 50% de las empresas destinan como máximo un 0,0312% de sus ventas a gastos en actividades en innovación. Mirando los percentiles, se podría decir que se trata de una distribución con cola a la derecha. En promedio, destinan un 0,2706 % de sus ventas a AI. Del total de 3910 empresas se pierden 22 observaciones debido a que no hay datos de AI y/o en ventas.

Al ver que hay valores que exceden la unidad decidimos no usarlos, y solo tener en cuenta los valores menores a 1.

Las empresas que no innovan están conformadas por 7.73% de profesionales y/o técnicos, en promedio. Mientras que las empresas que al menos hicieron alguna innovación están conformadas por 14.44 %. Entonces hay una relación positiva entre mayor cantidad de profesionales que conforman la empresa e innovaciones que se realizan.

**Cuadro IX: PORCENTAJE DE PROFESIONALES SEGÚN SI LA EMPRESA INNOVA O NO**

VARIABLE	PROPORCIÓN DE PROFESIONALES EN LAS EMPRESAS QUE NO INNOVAN	VARIABLE	PROPORCIÓN DE PROFESIONALES EN LAS EMPRESAS QUE INNOVAN
MEDIA	7.731	MEDIA	14.441
MISSING	2/1029	MISSING	4/2881

Fuente: Elaboración propia

Las empresas que no innovan están conformadas por 27 empleados, en promedio. Mientras que las empresas que al menos hicieron alguna innovación están conformadas por 80 empleados en promedio. Nuevamente encontramos una relación positiva entre el número de empleados y las innovaciones, el número de empleados nos servía como aproximación para el tamaño de la empresa, estos resultados indican que las empresas más grandes innovan más que las pequeñas. Podría ser por el factor de escala.

**Cuadro X:** CANTIDAD DE EMPLEADOS SEGÚN SI LA EMPRESA INNOVA O NO

Variable	EMPLEO EN LAS EMPRESAS QUE NO INNOVAN	VARIABLE	EMPLEO EN LAS EMPRESAS QUE INNOVAN
RANGO	[0, 4359]	RANGO	[1,9973]
MEDIA	27.470	MEDIA	79.807
MISSING	0/1029	MISSING	4/2881

Fuente: Elaboración propia

## 6.2 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

Primero, es necesario justificar el análisis multinivel realizando un test de Razón de verosimilitudes (RV) y calculando la correlación intraclase. Esta relación nos muestra la correlación entre las observaciones que están en un mismo grupo. Si es 0, agregar por sectores de acuerdo al código CIU Rev. 4 a tres dígitos, no nos brinda ninguna información adicional para analizar. Si es 1, todo estaría explicado por los sectores, por lo que tan solo sería necesario hacer una regresión utilizando los sectores como unidades de análisis. Por tanto, lo óptimo es que el guarismo no se ubique en ninguno de los extremos.

El cálculo de la correlación intraclase es:

$$\text{correlación intraclase} = \frac{\sigma_{u_0}^2 + \sigma_{u_1}^2}{\sigma_{u_0}^2 + \sigma_{u_1}^2 + \sigma_{\varepsilon_i}}$$

Este cálculo nos da 0,17. Confirmando que podemos hacer un estudio multinivel debido a la heterogeneidad de los sectores

El Test de RV consiste en probar que el modelo solamente con efectos fijos es significativamente distinto al que incluye efectos aleatorios, midiendo por la verosimilitud. La hipótesis nula es que son iguales, contra la alternativa que son distintos. Al rechazar  $H_0$ , sabremos que son distintos significativamente. En todas las estimaciones el p-valor es cero, por lo que rechazamos  $H_0$ . Tomaremos la decisión de usar un modelo con efectos aleatorios.

### 6.2.1 Resultados de los modelos empleados

Como hemos mencionado antes, el gasto en I+D no es la única fuente de la innovación. Para contrastar esto, estimaremos el modelo solamente con el gasto en I+D que realizan las empresas, que es parte de las actividades de innovación. Luego se va a estimar con la variable AI.

Para cada empresa, tenemos el gasto que se realiza en I+D. El modelo que sigue, explica la innovación en función del gasto en I+D (I\_D) excluyendo las restantes actividades de innovación, además de las variables de control. También, incluimos la interacción entre el gasto público y el gasto privado.

$$\begin{aligned} \text{inn}_i = & \gamma_{00} + \gamma_{01}AIPub_j + \gamma_{10}I\_D_i + \gamma_{11}AIPub_j I\_D_i + \beta_2 \text{obs}_i + \beta_3 \text{cap}_i + \beta_4 \text{empleo}_i + \beta_5 \text{empleo}_i^2 \\ & + \beta_6 \text{mnc}_i + \varepsilon_i + u_{0i} + AI_i u_{1i} \end{aligned}$$

Los resultados de la parte fija del modelo se reportan en la tabla XI. Esto es, todos los coeficientes estimados que no varían, es decir, que no están explicados por un componente aleatorio. Se observa

que la variable de gasto en I+D no es significativa, es decir, no encontramos una relación entre los resultados de innovación y el gasto de las empresas en I+D. Por tanto, como no consideramos otros gastos en innovación, esta variable no logra explicar los resultados de innovación.

**Cuadro XI: RESULTADOS CON VARIABLE I+D**

Inn	Coef.	Std. Err.	Z	P>  z
Mnc	-0,0644191	0,0631845	-1,02	0,308
I+D	2,01E-07	2,04E-07	0,99	0,323
AIPub	-11,95198	2,698064	-4,43	0
AiPub*I_D	0,0001172	0,0001529	0,77	0,443
Cap	0,110184	0,0130462	8,45	0
Obstáculos	-0,0169005	0,0067079	-2,52	0,012
Empleo	0,0001627	0,000108	1,51	0,132
empleo2	-1,97E-08	1,42E-08	-1,38	0,166
_cons	0,933591	0,0554044	16,85	0

Fuente: Elaboración propia

Las únicas variables significativas son el gasto público (AIPub) con un efecto negativo sobre las innovaciones, al igual que obstáculos y por último la proporción de profesionales dentro de la empresa con un impacto positivo sobre los resultados de innovación.

Esto podría indicar que es necesario agregar otras actividades de innovación al análisis. Por ello, utilizaremos la variable AI que recoge el gasto privado en todas las actividades relacionadas con la innovación.

Estimamos el mismo modelo, pero sustituyendo el gasto privado en I+D por las Actividades de Innovación. La especificación es la presentada anteriormente:

$$inn_i = \gamma_{00} + \gamma_{01}AIPub_j + \gamma_{10}AI_i + \gamma_{11}AIPub_jAI_i + \beta_2obs_i + \beta_3cap_i + \beta_4empleo_i + \beta_5empleo_i^2 + \beta_6mnc_i + \varepsilon_i + u_{0i} + AI_iu_{1i}$$

Los resultados de la parte fija del modelo se muestran en la siguiente tabla.

**CUADRO XII: RESULTADOS CON VARIABLE AI**

Inn	Coef.	Std. Err.	z	P>z
AI/VENTAS	0.569	0.096	5.930	0.000
AIPub	-11.230	3.984	-2.820	0.005
AI*AIPub	-4.435	9.997	-0.440	0.657
Cap	0.112	0.013	8.560	0.000
Obstáculos	-0.017	0.007	-2.520	0.012
Empleo	0.000	0.000	2.130	0.033
empleo2	0.000	0.000	-1.670	0.096



Mnc	-0.061	0.063	-0.960	0.338
_cons	0.868	0.069	12.570	0.000

Fuente: Elaboración propia

Una vez que agregamos el gasto en actividades de innovación al modelo, todas las variables son significativas excepto la proporción de capital extranjero (mnc) y la interacción entre el gasto público y gasto privado. Los signos de los coeficientes asociados a cada variable son los esperados, excepto la variable de gasto público.

Cuanto más personal capacitado tenga la empresa, mayores resultados de innovación tendrá. De este modo, vemos cómo el capital humano es un componente primordial a la hora de generar innovaciones, agregando nuevos conocimientos en la producción y modo de producción de la empresa

Se estima que promediamente, la correlación entre obstáculos e innovaciones es negativa, a más obstáculos presente la empresa peores resultados tendrá en materia de innovación. Esto demuestra que podría ser un punto clave para aplicar políticas de modo de mitigar estos obstáculos. Por ejemplo, los riesgos asociados a la innovación como el periodo de retorno de la inversión, podrían ser reducidos mediante planes gubernamentales que impliquen certidumbre e información.

Respecto al empleo, proxy del tamaño de la empresa, vemos que a mayor tamaño, mejores resultados de innovación. A su vez, se cumple que existen rendimientos decrecientes a escala.

Es importante observar que la interacción no es significativa al 10%. No podemos comentar sobre el signo de la variable por tanto no sabemos si hay complementariedad o sustitución del gasto público sobre el privado, sino que encontramos que no existe una relación significativa entre el gasto público y el privado.

Respecto a la variable de gasto público, es significativa al 10% pero su signo no es el esperado. Cuando una empresa pertenece a un sector al que se le destina mayor gasto público que a otro sector (en proporción a la producción del sector), se estima que los resultados innovativos son peores en el primero.

Sobre estos dos últimos resultados nos centraremos en interpretarlos y ahondar en posibles explicaciones.

A partir de este resultado, nos preguntamos si existen diferencias entre sectores (agro, industria y servicios). Es así que creamos una variable que distinga a los sectores. Toma el valor 1 cuando el código CIIU corresponde a la sección A, divisiones 01-03 (producción agropecuaria, forestación y pesca), toma el valor 2 cuando el código CIIU corresponde a la sección C divisiones 10-33 (Industrias Manufactureras) y finalmente toma el valor 3 para representar a los servicios cuando el sector se encuentra entre la sección E y la U comprendiendo desde la división 35 a la 98.6

Decidimos estimar separadamente, porque cada sector tiene comportamientos internos diferentes a la hora de innovar. Por ejemplo, la variabilidad climática es un obstáculo para el agro pero no afecta tan directamente a los demás sectores. En este análisis intragrupo, ganamos homogeneidad en el estudio (es decir, que los coeficientes serán la media del propio sector).

Con esta nueva especificación, no encontramos una dinámica específica a cada sector, los tres sectores tienen el mismo comportamiento respecto a la complementariedad o sustitución del gasto público con el privado. La interacción sigue siendo no significativa, pero lo que sí cambia es el coeficiente de la variable gasto público que no resulta significativa, es decir, ahora no tiene efecto en las innovaciones para ninguno de los tres sectores.

<sup>6</sup>Se adjunta tabla en el anexo III.

### 6.2.2 Posibles interpretaciones del resultado del gasto público

Ante estos resultados, buscamos distintas posibles explicaciones al respecto que también forman parte de las limitaciones del modelo.

Antes de proceder con las explicaciones, el hecho de que el efecto directo del gasto público sobre las innovaciones privadas diera negativo es un resultado válido, aunque dado nuestro antecedentes nuestra hipótesis era que existía complementariedad. Rubianes (2013) destaca que los resultados de las políticas públicas no han sido los esperados ya que la conducta innovadora sigue siendo baja. Él explica que puede ser debido al contexto económico internacional, que para la exportación de commodities desincentiva la innovación por no creerla necesaria para aumentar la competitividad. Otro factor interno podría ser que los instrumentos hayan sido mal orientados, abarcando solamente a un cierto grupo de empresas, instrumentos que son horizontales y que no se focalizan en el contexto particular de cada empresa, sector o cadena productiva.

A su vez, Aboal y Garda (2014) - mencionados en los antecedentes - respaldan esto, ya que encuentran que los fondos públicos no estimulan el gasto privado en empresas que de todos modos innovaron. Por lo que posiblemente el foco de las políticas públicas debería cambiarse hacia las empresas que no innovarían. David, Hall y Toole (2000) ofrecen una explicación al respecto. Generalmente las agencias e institutos de investigación pueden enfocar su gasto en empresas donde es más probable que realicen actividades de innovación para que los resultados de ese gasto sean exitosos. No podemos comprobar esto, pero sirve como una primera exploración.

Ligado a esto, otra posibilidad es el desconocimiento por parte de las empresas de los programas e investigaciones públicas para apoyar al sector privado. Es probable que las empresas de menor tamaño sean las que más desconocen.

También, hemos expuesto en el marco teórico los distintos canales y formas en que se puede dar la sustitución. Por ejemplo, cuando la oferta de trabajo calificado es elástica, es decir, cuando cambios en la cantidad de personal calificado varíe, el salario se mantiene constante.

Como hemos mencionado a lo largo del trabajo, la apropiabilidad por parte de las empresas es algo importante a la hora de evaluar el gasto público. Es posible que existan sectores donde las empresas no puedan apropiarse de los retornos ni del gasto público. Evidentemente, estos elementos son algo que debemos averiguar en investigaciones futuras.

Respecto a las posibles explicaciones, creemos que las estimaciones son sesgadas por problemas de endogeneidad, y por ende, tanto el signo negativo del coeficiente asociado al gasto público como la no significatividad puede deberse a ello.

La cantidad de observaciones en que el gasto público es cero y la cantidad de missing nos sugiere que existen errores de medición en la base del gasto público, especialmente en la industria y los servicios. De la base de datos de gasto público tenemos para cada sector (CIU 3 a dígitos) un monto destinado de gasto público en el cuál tenemos valores perdidos para 41 sectores y en 16 sectores tenemos el valor de 0 en un total de 124 sectores. Otra posible causa es la que mencionan David, Hall y Toole (2000). Las estimaciones podrían ser sesgadas por la simultaneidad que se puede dar entre el gasto privado y el gasto público. A su vez, encontramos que otro problema es el de la omisión de variables, especialmente de variables de control.

Comparamos con otros trabajos (vistos en la sección de antecedentes) y hay variables de control que en el presente trabajo no están incluidas: la edad, patentes, intensidad de capital (capital por trabajador), productividad, pertenencia a un grupo económico o una red de empresas, cantidad de tiendas, si se ubica en Montevideo. Respecto a la productividad, David y Hall (1999) sostienen que existe una respuesta débil entre el I+D privado y el público cuando este último no mejora la productividad de la empresa, entre otros factores. Por lo que parece adecuado incorporar al análisis esta variable para futuros trabajos. Hamberg (1966) utiliza a nivel de empresa, los beneficios, las ventas, la depreciación, la inversión bruta y un rezago del personal capacitado. David, Hall y Toole (2000) sostienen que estas variables de control mantienen constante todo lo que puede hacer variar el la tasa de retorno de la innovación.

A su vez, la teoría afirma que las vinculaciones con el macro y micro ambiente son relevantes para innovar (Caraça (2008)). Esta es otra variable omitida.

Otra posibilidad es agregar el tiempo al análisis como el trabajo de Goldberg (1979), Nelson y Wolff (1992) y otros más, donde dependiendo del tiempo encuentra sustitución o complementariedad. El análisis temporal permite ver si la oportunidad tecnológica crece hasta cierto punto o no, es decir, su evolución.

Otra fuente del problema es el método de estimación. El método de estimación elegido tiene sus limitaciones ya que si no se cumplen los supuestos, las estimaciones no son correctas. En este trabajo se estimó por máxima verosimilitud (MV) pero también se puede estimar por máxima verosimilitud restringida (MVR). En la primera tanto los coeficientes como las varianzas están en la función de verosimilitud. En cambio, en la segunda solamente los elementos variables se incluyen en la función de verosimilitud. Esto implica que al estimar los componentes variables MV trata a los componentes fijos como conocidos, mientras que en MVR se tratan como estimaciones con cierto error. Por eso, cuando la cantidad de grupos es pequeña, MVR tiende a estimar mejor. Sin embargo, existen ventajas del método de MV respecto a MVR en relación a los tests que se pueden hacer. (Hox, 1998)

### 6.3 Análisis de los tres indicadores

Dado que los coeficientes asociados al gasto público no son significativos, no incluimos el efecto del gasto público en las oportunidades tecnológicas. Aquí presentaremos los resultados de cada indicador. Además se calcularon los indicadores para el Agro e Industria, por inaccesibilidad al dato de las dos primeras dimensiones en los servicios.

Según el indicador de oportunidades obtenemos el siguiente ranking para los sectores clasificados según CIIU Rev. 4 del Agro la industria y los servicios. Se presentan las 10 primeras posiciones.

**Cuadro XVI: RANKING SEGÚN OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS**

<b>CIIU REV 4</b>	<b>Descripción</b>	<b>valor</b>	<b>posición</b>
0149	Cría de otros animales (solo apicultura)	0,7328	1
0210	Silvicultura y otras actividades forestales	0,7267	2
0141	Cría de ganado vacuno y búfalos (Leche)	0,7202	3
0111	Cultivo de cereales (excepto arroz), legumbres y semillas oleaginosas	0,7177	4
0124	Cultivo de frutas de pepita y de hueso	0,7167	5
0113	Cultivo de hortalizas y melones, raíces y tubérculos (solo papa)	0,7147	6
0121	Cultivo de uva	0,7144	7
6920	Servicios de auditoría, contables, jurídicos, notariales, arquitectura, ingeniería y agrimensura.	0,7067	8
0123	Cultivo de cítricos	0,7052	9
8010	Otras actividades de seguridad e investigación n.c.p.	0,6821	10

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los sectores del Agro son los que se posicionan en los primeros lugares del ranking como se proponía en la hipótesis.

Las siguientes tablas comparan los tres indicadores. Obtuvimos la medición para 86 sectores siguiendo la REV 3 del CIU

**Cuadro XVII: SECTORES MEJOR UBICADOS SEGÚN EL INDICADOR DE SOFISTICACIÓN**

		<b>Sofisticación</b>	<b>Intensidad I+D</b>	<b>oportunidades</b>
<b>CIU Rev. 3</b>	<b>Descripción</b>	<b>posición</b>	<b>posición</b>	<b>posición</b>
2692	Fabricación de productos de cerámica refractaria	1	78	31
2222	Actividades de servicios relacionadas con la impresión	2	36	54
<b>3312</b>	<b>Fabricación de instrumentos y aparatos para medir, verificar, ensayar, navegar y otros fines</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>18</b>
2413	Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético	4	50	59
2695	Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso	5	80	50
2915	Fabricación de equipo de elevación y manipulación	6	22	14
1729	Fabricación de otros productos textiles n.c.p.	7	44	53
2919	Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso general	8	27	24
2423	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	9	7	67
2893	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	10	21	13

Fuente: Elaboración propia

Los sectores mejor posicionados son los que corresponden a la industria. Cabe destacar que el sector 3312 (Fabricación de instrumentos y aparatos para medir, verificar, ensayar, navegar y otros fines) tiene buen posicionamiento tanto en sofisticación como en los otros dos indicadores, ambas mediciones están dentro de las primeras 25 de un total de 86

**Cuadro XIX: SECTORES MEJOR UBICADOS SEGÚN EL INDICADOR DE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS**

		<b>oportunidades</b>	<b>Sofisticación</b>	<b>Intensidad I+D</b>
<b>CIU Rev. 3</b>	<b>Descripción</b>	<b>Posición</b>	<b>posición</b>	<b>posición</b>
122	Cría de otros animales; elaboración de productos animales n.c.p.	1	80	1
200	Silvicultura, extracción de madera y actividades de servicios conexas	2	65	17
112	Cultivo de hortalizas y legumbres, especialidades hortícolas y productos de vivero	3	74	2
113	Cultivo de frutas, nueces, plantas cuyas hojas o frutas se utilizan para preparar bebidas, y especias	4	60	10
121	Cría de ganado vacuno y de ovejas, cabras, caballos, asnos, mulas y burdéganos; cría de ganado lechero	5	85	5
111	Cultivo de cereales y otros cultivos n.c.p.	6	62	6
<b>3190</b>	<b>Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p.</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>19</b>
2913	Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión	8	18	20
2010	Aserrado y acepilladura de madera	9	82	55

Fuente: Elaboración propia

Los sectores mejores posicionados son los del Agro. Un sector a destacar que se encuentra dentro de los mejores 20 lugares es el 3190 (Fabricación de otros tipos de equipo eléctrico n.c.p.<sup>7</sup>). Se ve nuevamente, cómo el indicador de sofisticación ubica en los lugares más bajos a los que el de oportunidades o intensidad en I+D ubica en los primeros lugares, más allá de la excepción mencionada.

<sup>7</sup>Para ver lo que incluye el sector ver Anexo V.

## 7. Conclusiones

---

Para medir el contenido tecnológico hemos utilizado tres indicadores, con los cuales pudimos analizar si Uruguay cuenta con productos de alta tecnología. Encontramos que, de hecho, no se rechaza nuestra primera hipótesis. Los productos mejor posicionados según el indicador de oportunidades son los asociados a los recursos naturales, y también según el indicador de esfuerzo. Sin embargo, por la forma en cómo está definido el indicador de sofisticación, los productos de alto contenido tecnológico son productos asociados a la industria.

Por otro lado, medimos las oportunidades tecnológicas incluyendo el gasto público como determinante del retorno de las empresas a nivel de sector. De este modo, nuestro objetivo era contrastar si existe complementariedad o no entre el gasto privado y el público, además de analizar el efecto directo del gasto público sobre las innovaciones. Encontramos que la relación entre ambos gastos no es significativa. Pero encontramos que el efecto del gasto público sobre las innovaciones es negativo. Respecto a la segunda hipótesis, encontramos una relación no significativa entre el gasto público y privado; y rechazamos que el gasto público cause mayores innovaciones. Es decir, respecto a esto último, cuando a un sector se le destina mayor gasto público, encontramos peores resultados innovativos.

Para trabajos futuros es necesario trabajar sobre las limitaciones mencionadas anteriormente, de modo de ver si los resultados cambian. En síntesis, sería agregar variables de control, cómo los vínculos entre la empresa y el Sistema Nacional de Investigación, también incluir un análisis temporal, corregir problemas de la base de datos del gasto público relevando mejores datos y mejorar el método de estimación. Asimismo, podría ser útil incorporar las innovaciones en comercialización y organización para observar cómo cambian los resultados. En relación al método, proponemos la máxima verosimilitud restringida, pero a su vez, otra posibilidad sería variables instrumentales ya que pensamos que hay problemas de endogeneidad (omisión de variables relevantes, errores de medición en la base del gasto público y simultaneidad que se puede dar entre el gasto privado y el gasto público) y dado que varios estudios utilizan este método, según la revisión de la literatura de David, Hall, y Toole (2000).

Otra opción sería modificar la especificación del modelo siguiendo a David, Hall y Toole (2000). Ellos sugieren que se diferencie el gasto público entre los contratos o programas de los subsidios, dado que los contratos tienden a tener mayores efectos en el retorno de la innovación. Los autores también, afirman que se debe basar en un modelo teórico, ellos postulan uno ya expuesto en el marco teórico, en donde el retorno de la innovación depende del gasto en I+D privado incluyendo como variables de control las oportunidades tecnológicas, demanda de mercado y apropiabilidad. Estas últimas pueden incluirse en el segundo nivel de nuestro modelo, explicando el retorno a través de estas variables.

Luego de trabajar sobre estas limitaciones será conveniente agregar las tres dimensiones de modo de obtener un único indicador que tome en cuenta varias dimensiones del contenido tecnológico. En este trabajo no se hizo de modo de comparar los resultados de cada indicador por separado.

## 8. Bibliografía

---

- Aboal, A. & Garda, P., 2014. Does Public Financial Support Stimulate Innovation and Productivity? [pdf] IDB. Disponible en <http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2014/14149.pdf>
- Aboal, D., Arza, V., & Rovira, F., 2015. Technological Content of Exports: A Methodology. [pdf] Montevideo: CINVE. Disponible en [http://www.bcu.gub.uy/Comunicaciones/Jornadas%20de%20Economia/Rovira\\_2.pdf](http://www.bcu.gub.uy/Comunicaciones/Jornadas%20de%20Economia/Rovira_2.pdf)
- Aerts, K. & Czarnitzki, D., 2004. Using innovation survey data to evaluate R&D policy: The case of Belgium. EW-Centre for European Economic Research Discussion Paper
- Marin, A. & Petralia, S. 2015. Sources and contexts of inter-industry differences in technological opportunities: the cases of Argentina and Brazil. [pdf] Disponible en <http://stepsamericalatina.org/wp-content/uploads/sites/21/2015/03/SOURCES-AND-CONTEXTS-OF-INTER-INDUSTRY-DIFFERENCES-IN-TECHNOLOGICAL-OPPORTUNITIES.pdf>
- Avellar, A. y Alvez, P. 2008. Avaliacao de Impacto de Programas de Incentivos Fiscais a Inovacao: Um Estudo sobre os Efeitos do PDTI no Brasil. Brasilia (DF): Economia.
- Benavente, J., Crespi, G., & Maffioli, A., 2007. Public Support to Firm-Level Innovation: An Evaluation of the FONTEC Program. Office of Evaluation and Oversight (OVE), Inter- American Development Bank.
- Bernheim, R., Bukstein, D. y Hernandez, E., 2014. Impacto de los instrumentos de promoción de la innovación orientada al sector productivo. Montevideo: Unidad de análisis y monitoreo, ANII
- CINVE-CENIT, 2014. Clasificación de las exportaciones uruguayas por contenido tecnológico: Informe final. [pdf] Disponible en <http://www.uruguayxxi.gub.uy/informacion/wp-content/uploads/sites/9/2015/05/Informe-contenido-tecnolo%CC%81gico.pdf>
- CINVE, 2013. Encuesta de actividades de innovación agropecuaria (2007-2009) ANII: Análisis e interpretación de resultados. [pdf] Disponible en <http://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/encuesta-actividades-innovacion-agropecuaria-2007-2009.pdf>
- David, P., Hall, B. & Toole, A., 2000. Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. [pdf] Elsevier Science B.V. Disponible en <http://eml.berkeley.edu/~bhall/papers/DavidHallToole%20RP00.pdf>
- Felipe, J., Kumar, U., & Abdon, A., 2014. How rich countries became rich and why poor countries remain poor: It's economic structure... duh! [pdf] Bard College Levy Economics Institute. Disponible en [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1730743](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1730743)
- Fisher, F. & Temin, P., 1971. Returns to scale in research and development: what does the Shumpeterian hypothesis imply?. [pdf] Massachusetts Institute of Technology. Disponible en <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/64031/returnstoscaleinooofish.pdf?sequence=1>
- Goldberg, L., 1979. The Influence of Federal R&D Funding On The Demand For And Returns To Industrial R&D.

- Guo, et al., 2000. Multilevel modeling for binary data. [pdf] Disponible en <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.soc.26.1.441>
- Hamberg, D., 1966. R&D: Essays on the Economics of Research and Development. Buffalo: University of New York.
- Hausmann, R., J. Hwang, & D. Rodrik., 2007. What you export matters. [pdf] Cambridge: NBER. Disponible en <http://www.nber.org/papers/w11905.pdf>
- Havas, A., 2015. The persistent high-tech myth in the EC policy cycles: Implications for the EU10 countries. [pdf] GRINCOH. Disponible en [http://www.grincoh.eu/media/serie\\_3\\_knowledge\\_\\_innovation\\_\\_technolog/grincoh\\_wp\\_3.1\\_4\\_havas.pdf](http://www.grincoh.eu/media/serie_3_knowledge__innovation__technolog/grincoh_wp_3.1_4_havas.pdf)
- Hidalgo, C., Klinger, B., Barabási, L., & Hausmann, R., 2007. [pdf] The Product Space Conditions the Development of Nations. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0708/0708.2090.pdf>
- Hox, J., 1998. Multilevel Modelling: When and Why. [pdf] Amsterdam: University of Amsterdam & Utrecht University. Disponible en <http://www.joophox.net/publist/whenwhy.pdf>
- Isabella, F., 2014. Dinámica de los sectores productivos para el cambio estructural. [pdf] Montevideo: Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República. Disponible en <http://www.iecon.ccee.edu.uy/download.php?len=es&id=411&nbre=dt-05-14.pdf&ti=application/pdf&tc=Publicaciones>
- Felipe, J., Kumar, U. & Abdon, A., 2010. As You Sow So Shall You Reap: From Capabilities to Opportunities. [pdf] Nueva York: Levy Economics Institute. Disponible en [http://www.levyinstitute.org/pubs/wp\\_613.pdf](http://www.levyinstitute.org/pubs/wp_613.pdf)
- Jones, B., 2007. Multilevel models. [pdf] California: Department of Political Science, University of California. Disponible en <http://psfaculty.ucdavis.edu/bsjjones/oxfordML.pdf>
- Nelson, R. & Wolff, E., 1992. Factors behind cross-industry differences in technical progress. [pdf] Nueva York: New York University. Disponible en <https://ideas.repec.org/p/cvs/starer/92-27.html>
- OECD, 1984. Specialisation and Competitiveness in High, Medium and Low R&D Intensity Manufacturing Industries: General Trends. Internal OECD memorandum
- OECD & Eurostat, 2005. Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Tercera Edición. [pdf] Disponible en [http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD Oslo Manual 05\\_spa.pdf](http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD Oslo Manual 05_spa.pdf)
- Pittaluga, L., 2000. Concepciones de la tecnología, la innovación y crecimiento. Revisión de la teoría económica.
- Rubianes, E. 2013. Políticas públicas y reformas institucionales en el sistema de innovación de Uruguay. En: Rivas, G. & Rovira, S. eds. 2014. Nuevas instituciones para la innovación Prácticas y experiencias en América Latina. Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37088/S1420026\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37088/S1420026_es.pdf?sequence=1)



- Shamsavari, A., Adikibi, O., & Taha, Y., 2000. TECHNOLOGY AND TECHNOLOGY TRANSFER: SOME BASIC ISSUES. [pdf] Disponible en <http://eprints.kingston.ac.uk/6629/1/Shamsavari-A-6629.pdf>
- Shefer, D. y Fenkel, A., 2005. R&D, firm size and innovation: an empirical analysis. [pdf] Israel Institute of Technology. Disponible en <http://down.cenet.org.cn/upfile/39/20061030184142128.pdf>
- Srholec, M., 2007. High-tech exports from developing countries: A symptom of technology spurts or statistical illusion? [pdf] Universidad de Oslo. Disponible en [http://www.sv.uio.no/tik/InnoWP/0512\\_TIKwpINNOV\\_Srholec.pdf](http://www.sv.uio.no/tik/InnoWP/0512_TIKwpINNOV_Srholec.pdf)
- Uruguay + 25, AÑO Innovación en Uruguay: diagnóstico y propuestas de política. [pdf] Montevideo: Fundación Astur y Red Sur. Disponible en <http://www.cinve.org.uy/wp-content/uploads/2015/05/Documento-de-Trabajo-11.pdf>
- Wood, P., 2002. Consultancy and Innovation: The Business Service Revolution in Europe. Nueva York: Roulledge. Disponible en Google Books <http://booksgoogle.com/>

**INSTITUTO DE ECONOMÍA**

---

Serie Documentos de investigación  
estudiantil

Mayo, 2016  
**DIE05/2016**



**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