

EL IMPACTO TECNOLÓGICO DE LA INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA NAVAL: EL CASO DE COTECMAR

DANIEL TORO GONZÁLEZ,
JOSÉ MOLA ÁVILA,
VANESSA ANGULO CARVAJAL,
MARTHA CASTRO PORTO,
JOSÉ MANUEL GÓMEZ Y
MARLIS ANGULO VÁSQUEZ*

RESUMEN

La innovación genera significativas externalidades positivas en el entorno productivo, conocidas como *spillovers*. Tomando como caso los astilleros de Cotecmar, en Cartagena, Colombia, este trabajo se mide el efecto de la inversión en este tipo de actividades a nivel de las firmas, sobre la rentabilidad de las empresas del entorno a partir de un modelo de panel de datos usando variables instrumentales. Las estimaciones indican que la inversión en ciencia, tecnología e innovación se refleja en un aumento de la rentabilidad general de la empresa que la realiza. Además, se encuentra evidencia de *spillovers* intra-sectoriales que afectan positivamente los resultados económicos de las demás firmas del sector, principalmente en el contexto de la Región Caribe colombiana.

* Los autores son en su orden: Decano de la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB). Profesor y consultor de la UTB. Egresada del programa de Economía de la UTB. Coordinadora del programa de Administración de Empresas de la Fundación Universitaria Colombo Internacional. Capitán de Fragata de la Armada Nacional de Colombia; y gestora de Conocimiento de Cotecmar. Correos electrónicos: dtoro@unitecnologica.edu.co; molajose10@gmail.com; vanessaangulocarvajal@gmail.com; mcastro@unicolombo.edu.co; jmgomez@cotecmar.com; mangulo@cotecmar.com. Este documento es una versión resumida del trabajo desarrollado en 2015 entre la UTB y Cotecmar titulado "Impacto económico, social y tecnológico de las actividades de la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial – Cotecmar". Recibido: octubre 9 de 2015; aceptado: noviembre 20 de 2015.

JEL Classifications: O33, O54, C81, L53

Palabras clave: Caribe colombiano, *spillovers*, adopción tecnológica, astilleros.

ABSTRACT

The Technological Impact of Innovation in the Naval Industry: The Case of Cotecmar, in Cartagena, Colombia

Innovation generates significant positive externalities in its productive environment, known as spillovers. We study the case of the shipyard Cotecmar, in Cartagena, Colombia, and measure the effect of investment in this type of activity at the level of the firm on profits using panel data with instrumental variables. Our estimates indicate that investment in science, technology and innovation raises the profitability of the firm that undertakes it. We also find evidence of intrasectorial spillovers that positively affect the profitability of the rest of the firms in the sector, particularly in the context of the Colombian Caribbean Region.

JEL Classifications: O33, O54, C81, L53

Keywords: Colombian Caribbean, spillovers, adoption of new technologies, shipyards.

I. INTRODUCCIÓN

La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (Cotecmar) es una empresa de carácter mixto, sin ánimo de lucro, que se rige por normas del derecho privado. Fue constituida el 21 de julio del 2000 por el Ministerio de Defensa, la Armada Nacional, la Universidad Nacional de Colombia y la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, todos en calidad de socios fundadores. Luego, la Universidad Tecnológica de Bolívar y la Universidad del Norte se integraron como socios de la Corporación y se separó de la misma la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Cotecmar, 2013).

Desde su fundación en 2000, Cotecmar ha desarrollado actividades que le han permitido alcanzar reconocimiento nacional e internacional. La dinámica de sus procesos, su organización, el liderazgo, la amplia participación del personal, así como los enfoques basados en procesos, su sistema de gestión y el mejoramiento continuo, le garantizaron la certificación de calidad ISO 9001:2008 (Cotecmar, 2014b).

Este trabajo recoge la experiencia de un equipo de investigación interinstitucional en la medición del impacto de las actividades de la Corporación entre 2009 y 2012. El impacto es estimado específicamente respecto al impacto tecnológico, que se mide usando un modelo de panel de datos que captura el efecto del desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) en el entorno productivo de una economía (*spillovers* o derramamientos tecnológicos).

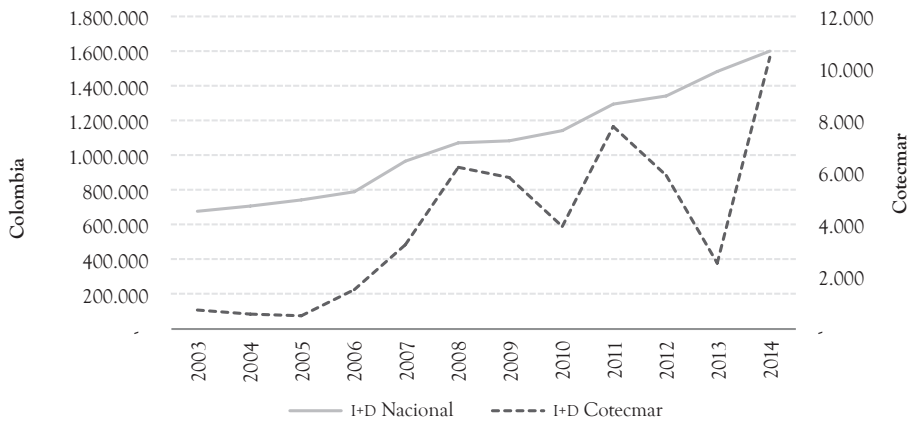
El trabajo está dividido en cinco secciones. En la segunda se compara la inversión en ACTI de Cotecmar con las realizadas en el país. La tercera presenta una revisión de literatura sobre los resultados del impacto tecnológico de la firma, así como una identificación de *spillovers* tecnológicos en Colombia y a nivel regional. En la cuarta sección se describen las variables y la forma funcional del modelo de *spillovers* tecnológicos a estimar. En la última sección se presentan algunas conclusiones y recomendaciones.

II. INVERSIÓN EN ACTIVIDADES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (ACTI) DE COTECMAR

En esta sección se describe la inversión en ACTI de Cotecmar y su evolución en el periodo 2003-2014. También se aborda la relación entre la inversión que realiza el país en este rubro y la realizada por la Corporación y se compara la estructura de la inversión en ACTI de Cotecmar con la realizada por las empresas de los sectores de Investigación y Desarrollo Experimental (IDE) y Construcción y Reparación de Buques (CRB), ambos asociados a las actividades que realiza Cotecmar. Esta comparación ayuda a dar contexto al importante aporte relativo de Cotecmar en los dos sectores en que se desempeña.

El Gráfico 1 muestra la evolución de la inversión en proyectos de investigación y desarrollo (I+D) de Cotecmar entre 2003 y 2014. Se puede observar que en sus primeros años de funcionamiento no se realizaron inversiones en este rubro, pero en 2010 dicha inversión alcanzó \$3.912 millones (pesos de 2010). Por su

GRÁFICO 1
Colombia y Cotecmar: Evolución de la inversión en proyectos de I+D, 2003-2014
 (millones de pesos de 2010)



Nota: Los datos usados de Cotecmar corresponden a los montos presupuestados.

Fuentes: Cotecmar, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, y cálculos de los autores.

parte, la inversión nacional en I+D durante el periodo mantuvo una tendencia creciente, alcanzando \$1.142.849 millones en 2010.

La historia de la inversión en I+D en Cotecmar se puede dividir en dos etapas: antes y después de 2006, año en el cual se aprobó el Plan Orión.¹ El Gráfico 1 muestra que los niveles de inversión de Cotecmar en I+D son diferentes para estos periodos. Sin embargo, los recursos destinados a esta actividad disminuyeron a \$2.541 millones de pesos en 2013. En la mayoría de los años, gran parte de la inversión en I+D provino de recursos propios. Sin embargo, en 2014 el porcentaje

¹ El Plan Orión fue un proyecto de la Armada Nacional de Colombia que tuvo por objeto fortalecer las capacidades navales, aeronavales, de guardacostas, fluviales y terrestres de Colombia. Cotecmar fue el ejecutor de la recuperación de la flota naval colombiana. Entre 2007 y 2012 la Corporación construyó seis unidades y modernizó las fragatas misileras y los submarinos de la Armada Nacional, reflejándose esto de manera significativa en sus ingresos operacionales (Cotecmar, 2012; Gueto y Vásquez, 2013).

de financiación externa fue de 88% (Gráfico 2). Estas variaciones en la inversión serán de gran utilidad en la identificación de los parámetros del modelo de *spillovers*.

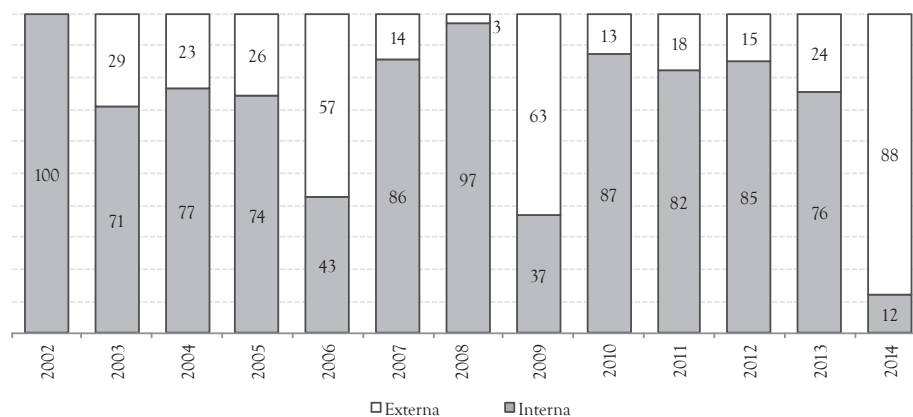
Para comparar la estructura de la inversión en ACTI de Cotecmar con la composición en los sectores a los que pertenece, fue necesario hacer algunas estandarizaciones. Específicamente, la inversión de los sectores Investigación y Desarrollo Experimental (IDE) y Construcción y Reparación de Buques (CRB) se llevó al estándar usado por Cotecmar, cuya inversión en ACTI se divide en cuatro componentes: 1) Infraestructura; 2) Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i); 3) Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICS); y 4) Sistema Integral de Aprendizaje Organizacional (SIAO).

Al hacer este ejercicio se encontró que hay diferencia entre la estructura de la inversión en ACTI entre el sector de IDE, el sector CRB y la de Cotecmar (Gráficos 3 y 4). Puntualmente, la estructura de inversión en ACTI del sector de IDE se basa en actividades de I+D+i, mientras que el de CRB invierte principalmente

GRÁFICO 2

Cotecmar: Evolución de la inversión en I+D+i por fuentes de financiación, 2002-2014

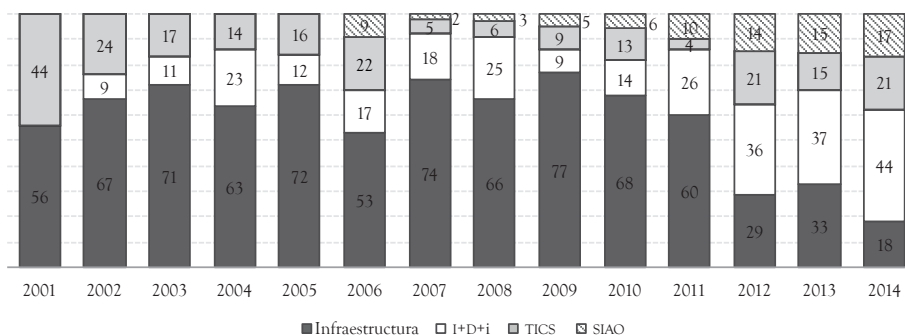
(porcentajes)



Nota: Los datos usados corresponden a los montos presupuestados.

Fuentes: Cotecmar, y cálculos de los autores.

GRÁFICO 3
Cotecmar: Estructura de la inversión en ACTI, 2001-2013
(porcentajes)



Nota: Los datos usados corresponde a los montos presupuestados.

Fuentes: Cotecmar, y cálculos de los autores.

en infraestructura y en TIC. Por su parte, Cotecmar se encuentra en un punto medio entre estos sectores. Si bien invierte la mayor parte en infraestructura, no alcanza los porcentajes del sector de CRB. Sin embargo, el porcentaje de recursos que destina a actividades de I+D+i son superiores a los asignados por el sector de CRB, pero inferiores al de IDE. Esto refleja los mayores esfuerzos en el desarrollo de innovaciones de Cotecmar en relación con el sector de CRB; en 2012 y 2013 las inversiones en ACTI fueron asignadas en su mayoría a I+D+i. Los frutos de estas actividades facilitan el ingreso de Cotecmar a los mercados de países vecinos, donde las actividades en este campo son bajas.

III. IMPACTO DE LA INVERSIÓN EN ACTI

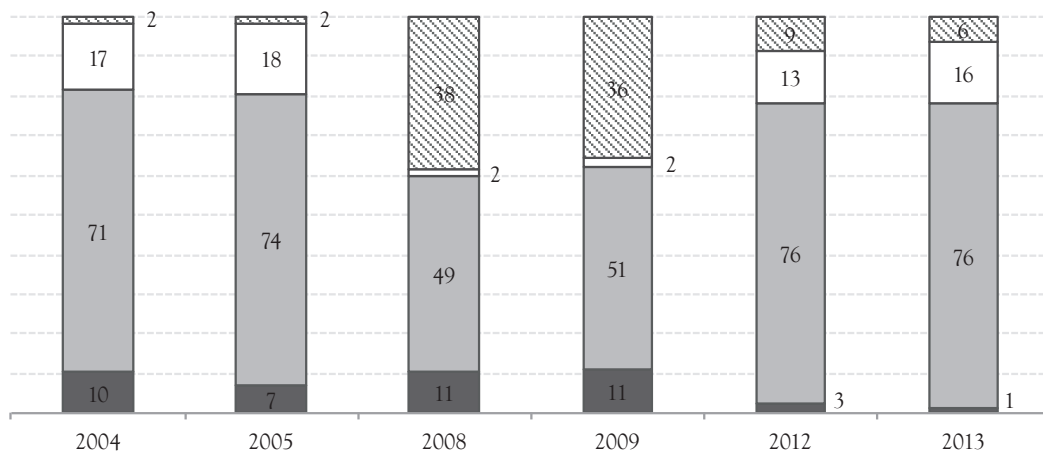
El efecto económico del cambio tecnológico ha sido documentado ampliamente en la literatura económica, no sólo por los beneficios que genera individualmente a las empresas, sino por el impacto que ha tenido en la economía mundial desde la Revolución Industrial (Parente y Prescott, 1994; Parente, 1995; Eaton y

GRÁFICO 4

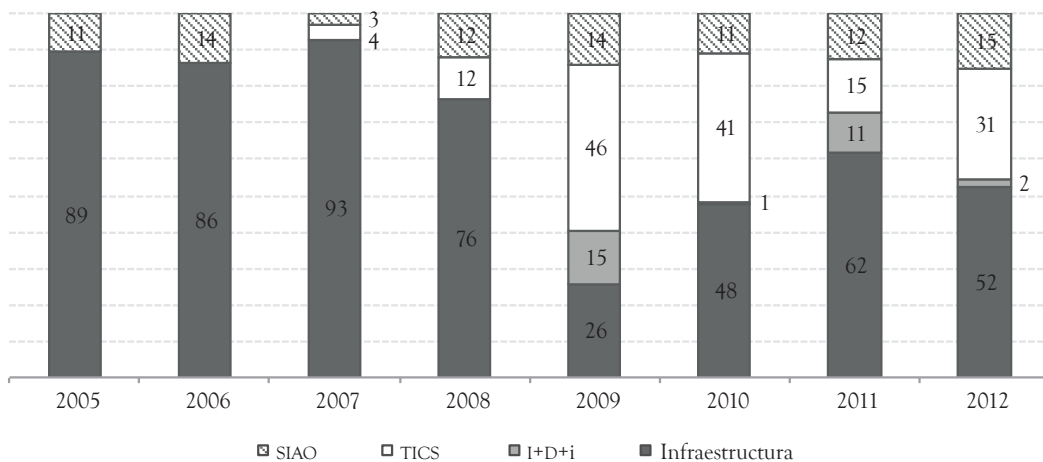
Cotecmar: Estructura de la inversión en ACTI por sectores, 2004-2013

(porcentajes)

a) Investigación y Desarrollo Experimental (IDE)



b) Construcción y reparación de buques (CRB)



Fuentes: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, DANE, y cálculos de los autores.

Kortum, 1996, 2002, y 2006; Comin y Hobijn, 2004; Klenow y Rodríguez-Clare, 2005; Foster y Rosenzweig, 2010)

La mayoría de países buscan incentivar la generación de nuevo conocimiento utilizando como instrumento las políticas públicas y el presupuesto nacional para fomentar actividades de innovación, entre las cuales se cuenta la inversión en ACTI. Según Salazar, *et al.* (2010), en 2010, se destinó en Colombia 0,4 % del PIB a ACTI, aunque la meta que se había fijado el gobierno nacional era alcanzar el 1% del PIB, similar al nivel promedio de América Latina y el Caribe. De acuerdo con cifras más recientes, entre 2012 y 2014 la inversión en ACTI ha representado cerca del 0,5% del PIB (Lucio, 2014).

En resultados obtenidos por Choi, Toro-González, y Grey (2013), se señala que las actividades de I+D, desarrolladas en su mayoría con presupuesto público, y de innovación tecnológica, desarrollada en su mayoría por capital privado, se vuelven más complementarias a medida que aumenta el nivel de desarrollo. Este fenómeno de complementariedad en las inversiones de ACTI empieza a ser notorio en economías como la colombiana, donde se observan algunos esfuerzos por financiar proyectos productivos y de innovación por medio de iniciativas mixtas, público-privadas, como el caso de Cotecmar.

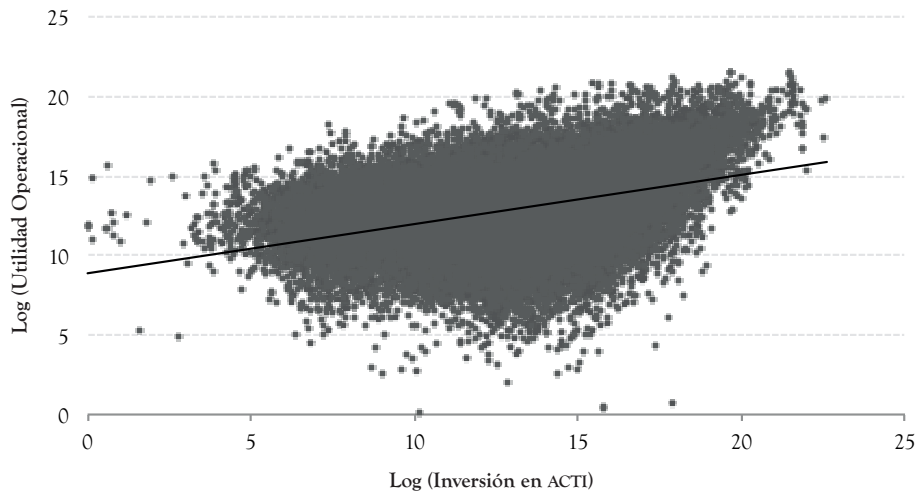
Las actividades de innovación de empresas y países han fortalecido el vínculo entre investigación, innovación y mercados, facilitando un escenario en donde los beneficios generados por el nuevo conocimiento son aprovechados por todos los agentes económicos, permitiendo así el desarrollo de un sistema de innovación nacional. Este sistema se define como el conjunto de instituciones, agentes y prácticas interrelacionadas que participan en el proceso de innovación tecnológica (Cantner y Meder, 2008). En este sentido, las oportunidades asociadas al aumento del conocimiento y al dominio de nuevas tecnologías cobran mayor importancia en las decisiones de inversión, ya que el efecto no sólo se refleja positivamente en los beneficios de las firmas (Gráfico 5), sino que además se produce un efecto de derramamiento (*spillover*) sobre las demás firmas del mismo sector, e incluso sobre firmas de otros sectores.

Singh (2004), Wei y Liu (2006) y Tian (2007), en estudios para Corea del Sur y China, encontraron evidencia del impacto positivo de la I+D en el nivel de productividad de la propia empresa que realiza la inversión, de otras empresas de la industria y de empresas de otras industrias.

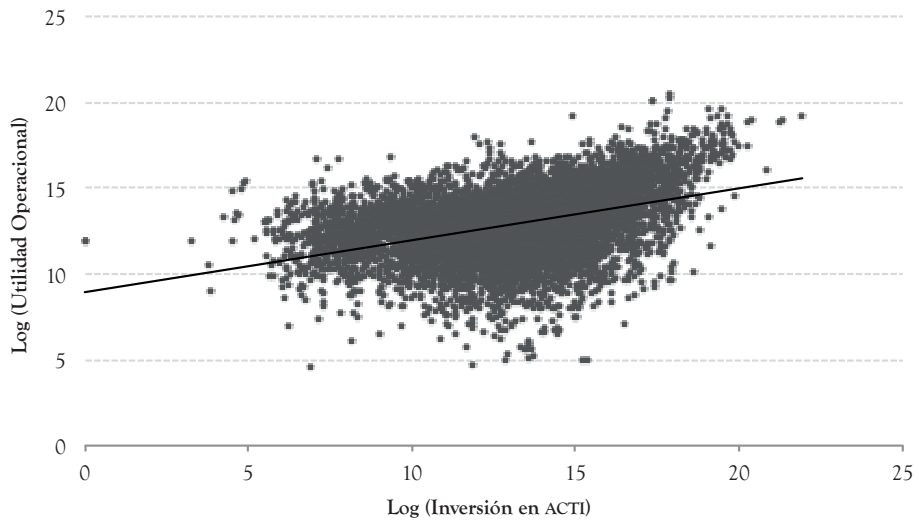
Los *spillovers* tecnológicos son una externalidad positiva, es decir, un efecto favorable que inadvertidamente incide en el desempeño de las empresas, y que

GRÁFICO 5
Colombia y Caribe continental: Inversión en ACTI (proxy) y utilidades de las firmas, 1995-2014.

a) Colombia



b) Caribe continental



Fuente: Cálculos de los autores con base en Supersociedades.

en este caso específico es generado por la inversión en actividades de innovación tecnológica. Este fenómeno se refleja no sólo en los retornos de la inversión de la propia firma que la realiza, sino también en retornos que son apropiados de manera indirecta por otras firmas, constituyendo a la actividad innovadora en un instrumento generador de beneficios sociales. De hecho, según Arrow (1962) la existencia de *spillovers* es uno de los argumentos clásicos para justificar la financiación de investigación por parte del Estado. En la siguiente subsección se describen las variables y la forma funcional del modelo de *spillovers* tecnológicos a estimar.

IV. LAS VARIABLES DEL MODELO

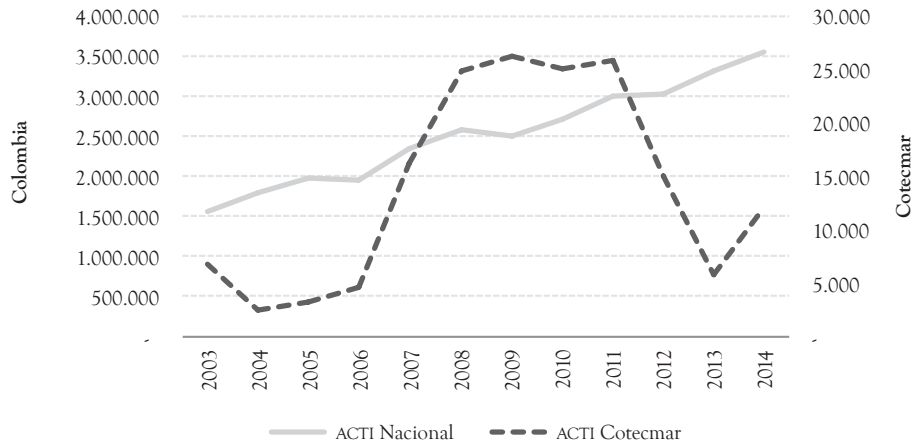
La variable que se busca explicar es la rentabilidad de la empresa, medida por las utilidades operacionales (UO), la cual depende de diversos factores como el ciclo económico, la estructura de costos en cada lugar, la eficiencia productiva (tecnología) y la competencia en la industria en la que se desempeñan (estructura del mercado). Además de estas variables, es indispensable incorporar otras variables explicativas que ayudarán a capturar el efecto de la inversión en ACTI en la economía. Según Bernstein (1988), la existencia de *spillovers* genera una disminución del costo promedio de producción y, por lo tanto, un aumento de la utilidad operacional.

El cálculo del nivel de inversión en ACTI (Gráfico 6) se realizó como la sumatoria de activos intangibles y valorizaciones en planta y equipo, que es una buena *proxy* de la inversión real, ya que el coeficiente de correlación entre estas dos variables es 0,73.

Los efectos directos de la inversión en ACTI de Cotecmar, como los de cualquier otro tipo de inversión, se reflejan en el desempeño de los ingresos operacionales de la firma. Sin embargo, los efectos indirectos, o *spillovers*, de la inversión de Cotecmar en el resto de la economía son más difíciles de cuantificar. No obstante, su efecto, identificado en el ejercicio de modelación, puede ser resumido en que, *ceteris paribus*, por cada 1% de incremento en la inversión en ACTI, los retornos de dicha inversión en la economía nacional se incrementan entre 0,2% y 0,4%.² Este efecto multiplicador es adicional al impacto directo del retorno de la inversión

² El impacto corresponde a 0,3% por cada 1% de incremento en la inversión en ACTI, en promedio. Estos indicadores representan la elasticidad entre dos variables.

GRÁFICO 6
 Colombia y Cotecmar: Evolución de la inversión en ACTI
 (millones de pesos de 2010)



Nota: Los datos usados de Cotecmar corresponden a los montos presupuestados.

Fuentes: Cotecmar, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, y cálculos de los autores.

para Cotecmar y del resto de efectos directos mencionados anteriormente, como el crecimiento de la producción, los encadenamientos productivos y el empleo.

Además del impacto que puede tener el ciclo económico del país, las variables a considerar en el modelo son una *dummy* que representa la región en que se encuentra la empresa, la utilidad operacional (UO), los ingresos operacionales (IO), el total de la inversión en ACTI de todas las empresas del sector (INTRA) y el total de la inversión en ACTI de todos los sectores (INTER).

La UO depende, por definición, de los IO. Por lo tanto, la inclusión de esta variable recoge algunos esfuerzos individuales de las firmas por aumentar sus retornos, como los programas de mercadeo o las mejoras en los procesos productivos específicos a la empresa. Sin embargo, existen efectos individuales adicionales que son imposibles de caracterizar para toda la muestra de empresas, de manera que estos están capturados directamente con los errores del modelo. Es necesario, entonces, utilizar algún instrumento que permita la identificación de los parámetros.

El efecto del ciclo económico es capturado por un grupo de variables *dummy* (D_t) que toman el valor de uno (1) para cada año específico, permitiendo al modelo aislar los fenómenos económicos y/o sociales específicos a cada año por medio de efectos fijos. En términos conceptuales, cada variable *dummy*, representa un año. Por lo tanto, al incluir estas variables en la estimación se tiene en cuenta el efecto del ciclo económico. Por ejemplo, si en 2005 la rentabilidad de las empresas se incrementó por cuenta del crecimiento económico general de la economía, este movimiento general del ciclo económico es capturado por la variable *dummy*, permitiendo aislar otros elementos asociados con actividades específicas de cada empresa.³

La inclusión de una *dummy* de región se sustenta en que cada región tiene una estructura productiva distinta y distintos niveles de la aglomeración de actividades económicas y de población. Duranton y Puga (2004) identificaron tres mecanismos (*sharing*, *matching* y *learning*) que explican estas diferencias en estructuras de costos basado en el tamaño o nivel de concentración de la actividad productiva. Por un lado, consideran que la alta concentración de industrias en una ciudad genera un mercado amplio de insumos a costos más bajos y un ahorro en costos de transporte, resultado de la especialización del trabajo (*sharing*). De manera similar, la alta concentración de la actividad productiva facilita la transferencia de conocimiento entre empresas, y amplía la posibilidad de generar mejoras tecnológicas que vuelvan a las empresas más productivas (*learning*). Asimismo, las ciudades que tienen un mayor número de agentes (empresas y trabajadores) mejoran las posibilidades de que ellos encuentren lo que desean, ya sea insumos, ideas o trabajo (*matching*). Se trata, en otras palabras, de disminuciones en costos debidos a distintas formas de economías de aglomeración (Marshall, 1890; Parr, 2002).

Por su parte, los *spillovers* son de dos tipos, los intra-industriales y los inter-industriales. Los primeros reflejan el efecto de la inversión en ACTI por parte de las empresas de un sector. En el modelo, este efecto es capturado por la variable INTRA. Esto es, los *spillovers* intra-industriales son generados dentro de la misma industria de aquella empresa que realiza la inversión, hacia otras empresas dedicadas a actividades similares. Con el propósito de mejorar la interpretación de los resultados, la variable INTRA se relativiza dividiendo la inversión en ACTI de cada empresa por la inversión en ACTI del sector en que se encuentra.

³ Las variables del modelo se calcularon en pesos de 2010.

Por su parte, los *spillovers* inter-industriales están asociados a las inversiones realizadas por firmas en actividades productivas diferentes a la actividad de la empresa que realiza la inversión. Por ejemplo, la transmisión de conocimiento hacia proveedores. Este efecto es capturado por medio de la variable *INTER*. Esta variable también fue relativizada para mejorar la interpretación: se divide la inversión en *ACTI* de cada sector por la inversión en *ACTI* de todos los sectores.

El modelo a estimar para cada empresa *i* en el sector *j* es el siguiente:

$$UO_{ij} = \beta_0 + \beta_1 IO_{ij} + \beta_2 INTRA_j + \beta_3 INTER + \sum_{t=2001}^{2014} \gamma_t D_t + \sum_{r=1}^7 \theta_r R_r + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde,

- UO* es la utilidad operacional;
- IO* son los ingresos operacionales;
- INTRA* es la inversión en *ACTI* de la empresa *i* relativizada por la inversión total en *ACTI* de todas las empresas del sector;
- INTER* es el total de la inversión en *ACTI* del sector de la empresa *i* relativizada por la inversión total en *ACTI*;
- R_r es la *dummy* que toma el valor de 1 si la empresa *i* está en la región *r* y cero en caso contrario,

y ε_{ij} captura los errores del modelo, que en este caso están asociados a elementos específicos a cada firma, y que se explican a continuación.

Cabe resaltar que el modelo tiene un problema de endogeneidad, pues los *IO* están directamente relacionados con programas, habilidades gerenciales, estrategias y/o muchos otros factores no observables que son específicos a cada firma, que por ser datos no observables, son capturados por el error (ε_{ij}). Es decir, el modelo debe considerar el hecho de que todas las empresas son diferentes y, por lo tanto, los resultados operacionales también lo son. En sí, el problema de endogeneidad consiste en que la variable *IO* está relacionada con los errores del modelo (ε_{ij}).

La solución tradicional a este problema es usar variables instrumentales (IV por sus siglas en inglés) que ayuden a eliminar esta relación entre los *IO* y ε_{ij} . Esto se logra empleando variables que ayuden a explicar los *IO* pero que no están relacionadas con ε_{ij} . En este caso se proponen dos variables: 1) la inversión en *ACTI*; y 2) la estructura de mercado (el número de firmas por sector). En ambos casos

se supone que la inversión en ACTI (ID) y el número de firmas o establecimientos industriales (NF) se encuentran aleatoriamente relacionadas con los esfuerzos individuales de las firmas por incrementar sus ingresos, y sistemáticamente relacionadas con las utilidades operacionales de cada una.

La relación propuesta puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$IO_{ij} = \varphi_1 + \varphi_2 ID_{ij} + \varphi_3 NF_j + \omega_{ij} \quad (2)$$

El número de firmas (NF) ayuda a incorporar el efecto de la estructura de mercado en los precios y, por lo tanto, en el desempeño de las firmas. El fundamento teórico para esta variable es la relación inversa existente entre precios y número de firmas. Intuitivamente, una mayor competencia (más empresas) generada por menores barreras de entrada a un sector debe generar menores precios y, por ende, menores IO. De otro lado, sectores con mayores barreras de entrada y un menor número de firmas deberían reflejar precios mayores. Por este motivo, dada la relación directa entre el número de firmas y los ingresos vía competencia, esta variable es utilizada como instrumento en la identificación de los parámetros, junto con la inversión en ACTI.

La base de datos usada es construida en forma de panel y comprende el periodo de 1995-2014 para estimaciones sin considerar variables de Cotecmar, y el periodo 2001-2014 cuando se incluyen variables asociadas a Cotecmar. Como es costumbre, para considerar el efecto diferenciado que puedan tener los *spillovers* se realizaron las estimaciones para dos modelos diferentes, un modelo nacional y uno regional. Para cada modelo se emplean especificaciones diferentes con el fin de identificar el impacto de la inversión en ACTI de Cotecmar en las empresas de su sector y otros sectores.

Para ello, la Ecuación 1 se reestructura como:

$$\begin{aligned}
 UO_{ij} = & \beta_0 + \beta_1 IO_{ij} + \beta_2 INTRA_j + \beta_3 INTER + \beta_4 INTRA_j SecCotec_j \\
 & + \beta_5 INTER SecCotec_j + \sum_{t=2001}^{2014} \gamma_t D_t + \sum_{r=1}^7 \theta_r R_r + \varepsilon_{ij}
 \end{aligned} \quad (3)$$

La diferencia entre (3) y (1) es la inclusión de una interacción entre las variables INTRA e INTER con una *dummy* (SecCotec), que toma el valor de 1 si la empresa

i pertenece al sector de Cotecmar y cero en caso contrario.⁴ Todas las variables se transformaron a logaritmos al momento de realizar las estimaciones con el propósito de obtener elasticidades, facilitando la interpretación.

A pesar de no existir una metodología estándar para la medición de los *spillovers*, el concepto es muy utilizado en la literatura internacional; se han realizado diferentes investigaciones que buscan calcular estos efectos a nivel nacional, regional y sectorial. En este sentido, en un estudio realizado por Levin y Reiss (1984), se estima que un incremento del 1% en los *spillovers* derivados de la inversión en ACTI, reducen el costo medio de producción en 0,05%. En otro documento, Jaffe (1986) encontró que en Canadá los aumentos en los beneficios son equivalentes al 0,3% cuando los *spillovers* se incrementan en 1% (Bernstein y Nadiri, 1988). Para Griliches (1991), la tasa interna de retorno de la inversión en ACTI, que combina los efectos directos e indirectos (*spillovers*), es del orden del 0,4 %.⁵

Los resultados de las estimaciones en términos de elasticidades se presentan en el Cuadro 1. Las distintas especificaciones muestran una bondad de ajuste razonablemente buena, al explicar por lo menos el 66% de la varianza de la UO. Además, la mayoría de los coeficientes estimados son estadísticamente significativos y positivos a más del 90% de confianza.⁶

V. RESULTADOS DEL MODELO PARA COLOMBIA Y PARA EL CARIBE CONTINENTAL COLOMBIANO

En el periodo de análisis, 1995-2014, los resultados en general indican que las empresas que realizan mayores esfuerzos en inversión en ACTI obtienen mayores UO. Específicamente, un incremento del 1% en el aporte de la inversión intra-industrial en ACTI de la empresa *i*, genera un incremento de 0,12% en sus rendimientos. Esto significa que, en la medida en que cada empresa realiza un mayor aporte

⁴ Para la creación de la variable *dummy* SecCotec se considera como pertenecientes al sector de Cotecmar las empresas del sector IDE y las del sector CRB.

⁵ Para referencias a otros resultados en diferentes estudios, ver la Tabla 11.1, pag. 264, en Griliches (1991). Allí se presenta una selección de estimaciones de los retornos de ACTI y *spillovers* en distintos estudios.

⁶ En el Cuadro 1 no se presentan las *dummies* de las regiones, debido a que el análisis descrito se centra en los *spillovers* tecnológicos. No obstante, las estimaciones de estas variables muestran que las empresas ubicadas en regiones con mayores aglomeraciones tienen mayores utilidades operacionales.

CUADRO 1
Resultados de las estimaciones (segunda etapa)

Variable	Nacional				Región Caribe			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
Ingresos operacionales	0,661*** (0,01)	0,666*** (0,01)	0,666*** (0,01)	0,666*** (0,01)	0,725*** (0,02)	0,729*** (0,02)	0,729*** (0,02)	0,730*** (0,02)
Efecto Intrasectorial (EA)	0,116*** (0,00)	0,117*** (0,00)	0,117*** (0,00)	0,117*** (0,00)	0,091*** (0,01)	0,094*** (0,01)	0,093*** (0,01)	0,093*** (0,01)
Efecto Intersectorial (EE)	0,170*** (0,00)	0,168*** (0,00)	0,168*** (0,00)	0,168*** (0,00)	0,142*** (0,01)	0,144*** (0,01)	0,144*** (0,01)	0,144*** (0,01)
Sector Cotecmar (sc)		0,658*** (0,01)		1,547 (0,98)		0,326** (0,15)		-2,964 (2,94)
SC*EA			-0,092** (0,04)	-0,082** (0,04)			0,487*** (0,17)	0,440*** (0,14)
SC*EE			-0,038** (0,02)	0,136 (0,11)			-0,068*** (0,02)	-0,408 (0,34)
Establecimientos	-0,002*** (0,00)	-0,002*** (0,00)	-0,002*** (0,00)	-0,002*** (0,00)	-0,002*** (0,00)	-0,002*** (0,00)	-0,002*** (0,00)	-0,002*** (0,00)
ACTI	0,333*** (0,01)	0,37*** (0,41)	0,37*** (0,41)	0,37*** (0,48)	0,302*** (0,03)	0,411*** (0,41)	0,41*** (0,42)	0,41*** (0,80)
Observaciones	127,417	112,991	112,991	112,991	10,147	9,096	9,096	9,096
R ²	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67

Notas: (1) * p < 0,1; ** p < 0,05; *** p < 0,01.

(2) Todas las variables se usan en logaritmos.

(3) Los resultados que no consideran información sobre Cotecmar emplean los datos desde 1995 a 2014, mientras que los que estiman coeficientes de Cotecmar de 2001 a 2014.

(4) Errores estándares entre paréntesis.

Fuentes: Supersociedades, Cotecmar, y cálculos de autores.

a la inversión sectorial en ACTI, mayores serán los retornos de esta sobre su UO. Este resultado va en la línea con el trabajo de Bernstein (1988), quien encontró que la retribución de la inversión en ACTI es principalmente para la empresa que la realiza.

Por otro lado, un incremento del 1% en el aporte de la inversión inter-industrial en ACTI del sector j , genera un incremento del 0,17% en los rendimientos de las empresas del sector j . Esto significa que, en la medida en que cada sector hace una mayor inversión en ACTI, mayor es su UO. En otras palabras, las empresas de los sectores con mayor inversión en ACTI tienen mayores UO como resultado de esta inversión.

Como se indicó antes, con el propósito de identificar un efecto diferencial asociado a Cotecmar, en las estimaciones se incorpora una variable *dummy* que toma el valor de 1 si la empresa i pertenece al sector de Cotecmar (IDE o CRB). Para ello se toman datos de 2001 a 2014.⁷ Los resultados indican que este sector tiene mayor UO en comparación a otros sectores (Columna 2/Nacional). Sin embargo, las empresas de este sector tienen menor retribución de la inversión intra-sectorial en ACTI en relación a los otros sectores (interacción entre la *dummy* SecCotec y la variable INTRA). Un resultado similar se halla en la inversión inter-sectorial, donde el sector de Cotecmar tiene un menor retorno de la inversión en ACTI.

En síntesis, los resultados indican que hay beneficios asociados a la inversión en ACTI a nivel de empresa, pero también que estas ganancias son mayores en la medida en que el esfuerzo es conjunto (todas las empresas del sector). Este último procede del efecto intra-sectorial: en la medida en que un sector invierte más en ACTI, mayores serán las UO de las empresas de su sector. Este resultado es una muestra de la existencia de *spillovers* tecnológicos intra-sectoriales, siendo menores para las empresas del sector de Cotecmar.

Los resultados para la Región Caribe continental colombiana son, en general, similares a los hallados a nivel nacional, a diferencia de que la retribución de la inversión en ACTI para el sector de Cotecmar es mayor al promedio de los demás sectores de la región.⁸

En términos de la retribución intra-sectorial, se encuentra que un incremento de 1% en el aporte de la inversión intra-industrial en ACTI de la empresa i genera

⁷ La información se reduce porque Cotecmar fue creada en 2000.

⁸ La Región Caribe continental de Colombia está conformada por los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre.

un incremento del 0,09% de sus rendimientos.⁹ Esto significa que en la medida en que cada empresa realiza un mayor aporte a la inversión sectorial en ACTI, mayores serán los retornos de esta sobre su UO. De manera similar, un incremento de 1% en el aporte de la inversión inter-industrial en ACTI del sector j , genera un incremento del 0,14% en los rendimientos de las empresas de ese sector. Es decir, en la medida en que cada sector hace una mayor inversión en ACTI, mayor es su UO.

La interacción entre la *dummy* del sector de Cotecmar y la variable INTRA señala que las empresas del sector tienen una mayor retribución de la inversión en ACTI comparadas con otras empresas de la Región Caribe. Específicamente, la retribución de la inversión en ACTI de este sector es de 0,58%, mientras que la interacción entre la *dummy* y la variable INTER señala que el sector de Cotecmar tiene una menor retribución de la inversión en ACTI en relación con otras empresas de la Región Caribe. Estos resultados muestran la existencia de *spillovers* tecnológicos intra-sectoriales en las empresas de la región. Dentro de este grupo, los *spillovers* entre las empresas del sector de Cotecmar son mayores.

VI. CONCLUSIONES

Las estimaciones del modelo de *spillovers* tecnológicos indican que el esfuerzo de inversión en ACTI se refleja en un aumento de la UO. Además, se encuentra evidencia de *spillovers* intra-sectoriales. A nivel nacional, las empresas del sector de Cotecmar obtienen menor retribución de la inversión en ACTI, mientras para las empresas de este sector en la Región Caribe es mayor. Este resultado muestra que Cotecmar es una empresa generadora de *spillovers* que afectan positivamente los resultados económicos de las demás firmas de su sector, principalmente en la Región Caribe continental.

En síntesis, se recomienda el diseño de políticas públicas que alienten el aumento de la inversión en ACTI, no sólo porque aumenta la UO de la firma que la realiza, sino porque genera beneficios que se irrigan a toda la economía y, en especial, el sector económico en el que se realiza la inversión. Además, porque en la

⁹ Cabe recordar que las estimaciones que no incluyen variables del sector de Cotecmar se obtuvieron de datos para el periodo 1995-2014.

medida en que estas inversiones sean conjuntas (todas las empresas del sector) los beneficios son mayores. Estos resultados aplican a todas actividades económicas, además del sector de CRB y de IDE.

REFERENCIAS

- Arrow, Kenneth (1962), “Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention”, in Harold Groves (editor), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton: Princeton University Press.
- Bernstein, Jeffrey (1988), “Costs of Production, Intra- and Interindustry R&D Spillovers: Canadian Evidence”, *The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d’Economie*, Vol. 21, No. 2.
- Bernstein, Jeffrey, and M. Ishaq Nadiri (1988), “Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries”, *The American Economic Review*, Vol. 78, No. 2.
- Bonet, Jaime (2000), “La matriz insumo-producto del Caribe colombiano”, *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional*, N° 15, Centro de Estudios Económicos Regionales, Banco de la República.
- Cantner, Uwe, and Andreas Meder (2008), “Innovators and the Diversity of Innovation Systems”, *Jena Economics Research Papers*, No. 2008-043.
- Choi, Seung Mo, Daniel Toro-González y Peter Gray (2013), “International Technology Adoption, Growth, and R&D”, *The B.E. Journal of Macroeconomics*, Vol. 13, No. 1.
- Comin, Diego, and Bart Hobijn (2004), “Neoclassical Growth and the Adoption of Technologies”, *NBER Working Paper Series*, No. 10733.
- Cotecmar (2012), *Informe de Gestión 2011*, Cartagena.
- Cotecmar (2013), *Informe de Gestión 2012*, Cartagena.
- Cotecmar (2014a), *Informe de Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013*, Cartagena.
- Cotecmar (2014b), *Informe de Gestión 2013*, Cartagena.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (2005), *Cuentas departamentales, PIB (1990-2005)*, [Disponible en: <http://www.dane.gov.co>].
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (2006), *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas: Revisión 3.1 adaptada para Colombia*, [Disponible en: http://190.25.231.249/aplicativos/sen/aym_document/aym_ciiu/ciiu%20Rev%2031%20AC.pdf].

- Duranton, Gilles, y Diego Puga (2004), “Micro-foundations of urban agglomeration economies”, in Vernon Henderson y Jacques Thisse (editors), *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. 4, Amsterdam: Elsevier.
- Eaton, Jonathan, and Samuel Kortum (1996), “Trade in Ideas Patenting and Productivity in the OECD”, *Journal of International Economics*, Vol. 40, No. 3/4.
- Eaton, Jonathan, and Samuel Kortum (2002), “Technology, Geography, and Trade”, *Econometrica*, Vol. 70, No. 5.
- Eaton, Jonathan, and Samuel Kortum (2006), “Innovation, Diffusion, and Trade”, *NBER Working Paper Series*, No. 12385.
- Foster, Andrew D., and Mark R. Rosenzweig (2010), “Microeconomics of Technology Adoption”, *Yale University Center Discussion Paper*, No. 984
- Griliches, Zvi (1991), “The Search for R&D Spillovers”, *NBER Working Papers Series*, No. 3768.
- Gueto, Gerardo, y Ángela Vásquez (2013), “Plan Orión Fragatas: Desafío tecnológico para la defensa de la soberanía nacional en el mar”, *La Timonera*, No. 18, [Disponible en: <http://revistalatomonera.blogspot.com/p/revista-la-timonera-n18.html>]
- Jaffe, Adam (1986), “Technological Opportunity and Spillovers from Firms’ Patents, Profits and Market Value”, *The American Economic Review*, Vol. 76, No. 5.
- Klenow, Peter, and Andrés Rodríguez-Clare (2005), “Externalities and growth”, in Philippe Aghion and Steven Durlauf (editors), *Handbook of Economic Growth*, Vol. 1, Amsterdam: Elsevier.
- Levin, Richard, and Peter Reiss (1984), “Tests of a Schumpeterian Model of R&D and Market Structure”, in Zvi Griliches (editor), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago: University of Chicago Press
- Lucio, Jorge, Diana Lucio-Arias, Sandra Carolina Rivera Torres, Jinneth Tique, Nelson Fabián Villarreal, Marcela Lozano-Borda, Sandra Daza-Caicedo, Henry Mora, Gloria Inés Perea, Edgar Bueno, Andrea Guevara, Jenny Marcela Salinas Pico, Jenny Fabiola Cárdenas-Osorio, Marcela Galvis-Restrepo, Ximena Aguilar, Daniel Ricardo Torralba Barreto, Viviana Barón, y Diana Angélica Cruz (2014), *Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2013*, Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Marshall, Alfred (1890), *Principles of Economics*, London: Macmillan.
- McFadden, Daniel L., and Melvyn Fuss (1978), *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*, Vol. II, Amsterdam: North-Holland.
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), y Oficina de Estadísticas de las Comunidades Europeas (Eurostat) (2006), *Manual de Oslo*:

- Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, Madrid: OCDE, Comisión Europea, Eurostat y Grupo Tragsa.
- Parente, Stephen L. (1995), “A Model of Technology Adoption and Growth”, *Economic Theory*, Vol. 6, No. 3.
- Parente, Stephen L., y Edward C. Prescott (1994), “Barriers to Technology Adoption and Development”, *Journal of Political Economy*, Vol. 102, No. 2.
- Parr, John (2002), “Missing Elements in the Analysis of Agglomeration Economies”, *International Regional Science Review*, Vol. 25, No. 2.
- Salazar, Mónica, Mónica Salazar, Jorge Lucio, Sandra Carolina Rivera, Edwin Bernal, Crithian Ruiz, Diana Usgame, Sandra Daza Caicedo, Diana Lucio-Arias, Nadia Albis, Luis Colorado, Javier Guerrero C., Andrés León, Giovanni Usgame, Edgar Bueno, Gloria Inés Perea, Mercy García, Andrea Guevara, y Mónica Pardo (2010), *Indicadores de ciencia y tecnología, 2010*, Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. [Disponible en: <http://ocyt.org.co/es-es/InformeAnualIndicadores/ArtMID/542/ArticleID/19/Indicadores-de-Ciencia-y-Tecnolog237a-Colombia-2010>].
- Singh, Lakhwinder (2004), “Domestic and International Knowledge Spillovers in Manufacturing Industries in South Korea”, *Economic and Political Weekly*, Vol. 39, No. 5.
- Superintendencia de Sociedades, *Estados financieros (1995-2013)*, [Disponible en: <http://www.supersociedades.gov.co>].
- Tian, Xiaowen (2007), “Accounting for Sources of FDI Technology Spillovers: Evidence from China”, *Journal of International Business Studies*, Vol. 38, No. 1.
- Wei, Yingqi, y Xu Liu (2006), “Productivity Spillovers from R&D, Exports and FDI in China’s Manufacturing Sector”, *Journal of International Business Studies*, Vol. 37, No. 4.