

LA INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE LA REGION CARIBE COLOMBIANA

FERNANDO BARRIOS AGUIRRE
CAROLINA CARCAMO VERGARA*

RESUMEN

Este documento analiza los principales determinantes del desempeño innovador en las firmas manufactureras de la Región Caribe colombiana. Se construye un modelo de regresión a tres niveles que relaciona variables a nivel firma, sector y región. La hipótesis central es que algunos de los determinantes específicos de la innovación que propone la literatura internacional aplican y se comprueban para el caso de la Región Caribe colombiana. El análisis se basa principalmente en datos de la Cuarta Encuesta de Innovación y Desarrollo Tecnológico (EDIT IV), que incluye información para 404 empresas manufactureras regionales. Finalmente, con base en los resultados, se hacen recomendaciones para impulsar la innovación regional.

Palabras clave: Colombia, Región Caribe, innovación, industria manufacturera.

Clasificaciones JEL: O31, O32.

* Los autores son, respectivamente, docente-investigador de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, y docente-investigadora de la Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena. Correos electrónicos: fernando.barrios@utadeo.edu.co y ccaramo@unitecnologica.edu.co. Fecha de recepción: octubre 3 de 2013; fecha de aceptación: noviembre 22 de 2013.

ABSTRACT

Innovation in Manufacturing Industries in the Colombian Caribbean Region

This paper examines the determinants of innovation in manufacturing firms of the Colombian Caribbean region. We use a regression model that relates firm, sectors and region level variables and show the benefits derived from regional and business environments in explaining innovative performance. We show that some of the specific determinants of innovation mentioned in the international literature on the subject apply to the case of the Colombian Caribbean. We use data from the Fourth Survey of Innovation and Technological Development (EDIT IV), which includes information from more than 404 manufacturing firms. Finally, we present some suggestions for promoting innovation in the region.

Key words: Colombian Caribbean region, innovation, manufacturing industry.

JEL Classifications : O31, O32.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento industrial y regional de los países en desarrollo es uno de los temas de mayor interés actual en la literatura sobre el desarrollo. El nuevo escenario mundial caracterizado por el rápido avance tecnológico, la globalización económica, las distintas estrategias empresariales y la desregulación, han generado oportunidades para la modernización y el crecimiento en los países en desarrollo (Archibugi and Pietrobelli, 2003). La gran mayoría de los países desarrollados aprovechan las ventajas que el escenario mundial ofrece para acumular capacidad tecnológica y también convertirse en centros especializados en las redes globales de conocimiento (Asheim et al, 2006). Muchos países pobres, sin embargo, especialmente en África y partes de América Latina, se están quedando atrás en niveles de crecimiento, la reducción del desempleo y la pobreza, y, en particular, en la innovación tecnológica (Kaplinsky, 2005).

La innovación es «la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizacional, en las prácticas internas de la empre-

sa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores» (OECD/EUROSTAT, 2005). Desde el punto de vista de la innovación, el crecimiento económico regional puede generarse por dos vías. La primera, porque, dado un conjunto de insumos, una nueva idea permite producir más y/o mejores productos, procesos, técnicas de comercialización y organización. Mediante la aplicación de ideas, estos nuevos bienes y servicios generan un alto nivel de beneficios en los parámetros tecnológicos (Romer, 1990). La segunda tiene que ver con el papel que desempeña la innovación en un escenario de internacionalización: una firma con costos altos de localización podría sólo mantener su competencia a nivel internacional si puede desarrollar y comercializar productos y servicios altamente competitivos en períodos de tiempo cada vez más cortos (Sternberg and Arndt, 2001). En este orden de ideas, los procesos de innovación están unidos a las características inherentes al ambiente y al conglomerado donde se especializa la firma (Lawrence and Lorsch, 1967). Por lo tanto, las regiones con un alto desempeño innovador poseen unos altos niveles de especialización y competitividad, y fuertes sinergias de redes (Scheel, 2012).

El estudio del desempeño innovador regional es importante porque la interdependencia de los aspectos mencionados genera en diferentes perspectivas los «sistemas de innovación», en los cuales las empresas actúan y ejercen un impacto real en las decisiones relacionadas con el cambio tecnológico (Braczyk, Cooke and Heidenreich 1997; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). Sin embargo, la literatura existente sobre innovación regional y sectorial a nivel de firmas para la Región Caribe colombiana no permite generalizar más allá de los límites de casos particulares. Además, en la literatura internacional han sido menos comunes los análisis comparativos interregionales analizados en cuanto a la influencia de «lugar» y «la región» en los procesos de innovación a nivel de empresas (Sternberg y Arndt, 2001). Son escasas, por lo demás, las evaluaciones del impacto del entorno regional o empresarial sobre la innovación en las firmas. Este trabajo, por lo tanto, es un intento de llenar este vacío.

El objeto del presente estudio es evaluar el grado en que la empresa, en respuesta al mercado, el sector industrial como un todo, en respuesta a los incentivos del conglomerado o la región como organismo de red y con una capacidad de innovación independiente, generan innovación en la Región Caribe colombiana. La investigación tiene como bases algunos de los estudios sobre el crecimiento económico, las instituciones y las políticas públicas asociadas a la innovación, y el perfil de las empresas de la industria colombiana (Forero et al, 2009). Además, se tiene

en cuenta el desarrollo de modelos y enfoques aplicados tanto a Colombia como a casos internacionales (Zuluaga et al. 2012; Austin, 2001; Wang et al, 2009; Rabe-Hesketh et al, 2008; Lee and Wang, 2006).

II. SISTEMAS DE INNOVACIÓN

El contexto teórico y empírico de los sistemas de innovación se ha desarrollado desde varios ámbitos: global, nacional, regional, sectorial, tecnológico y corporativo. En este sentido, los sistemas de innovación incorporan un agente que desarrolla la innovación y un ambiente determinante de las condiciones del entorno, que son cruciales para el desempeño innovador de las firmas y los determinantes del crecimiento económico en los niveles micro y macro (Audretsch and Feldman, 2004; Rondé and Hussler, 2005; Gupta, Tesluk and Taylor, 2007; Gittelman, 2007; Lundvall and Borrás, 1997). También, los sistemas de innovación permiten enlazar el aprendizaje, la innovación y la construcción de competencias en diferentes niveles de agregación (Lundvall, 2007).

Los sistemas de innovación regionales (SIR), o constelación de industrias conglomeradas que gravitan alrededor de organizaciones que apoyan actividades relacionadas con la innovación, son aquellos que diseñan un ambiente en el cual las firmas mejoran sus capacidades para innovar y poder agregar valor a sus productos (Padilla-Pérez, Vang and Chaminade, 2009). Lo hacen, por lo común, usando las tecnologías disponibles, debido a que las capacidades tecnológicas y regionales se concentran en la interacción y la interdependencia entre firmas, organizaciones e instituciones dentro de un espacio geográfico (Castillo, 2012). A partir del conglomerado se pueden analizar los sistemas de innovación sectoriales (SIS), que son sistemas compuestos por agentes que participan en el mercado, donde la interacción es trascendental para la creación, desarrollo y difusión de nuevos productos dentro del sector, y aportan puntos de vista multidimensionales, integrados y dinámicos (Malerba 2005; 2002; Joseph, 2009). Se puede afirmar que el enfoque multidimensional, integrado y dinámico de los sistemas de innovación generan una serie de interacciones en diferentes esferas (SIS y SIR en este caso) (Malerba, 2002). En este sentido, un sinnúmero de agentes inciden en el desempeño innovador de las empresas: proveedores, productores, usuarios, tecnología y conocimiento, universidades, centros de investigación, instituciones públicas y privadas, y redes.

El desempeño innovador en países tanto desarrollados como en desarrollo se enfrenta a diferentes desafíos, al estar incorporado en los distintos marcos institucionales, en especificidades temporales y, a menudo, al utilizar capital y conocimientos provenientes no sólo de fuera de las fronteras regiones subnacionales, sino del propio país (Pietrobelli y Rabellotti, 2006). Adicionalmente, la falta de recursos de conocimiento local para la innovación en los países en desarrollo resulta en una mayor confianza en las empresas transnacionales como proveedores de conocimientos y de capital, y también como canalizadores del desempeño innovador (Pietrobelli y Rabellotti, 2006, Asheim and Gertler, 2006). En estos las regiones geográficas, los sectores económicos y el sistema gerencial de las firmas juegan papeles determinantes.

III. DETERMINANTES DE LA INNOVACIÓN EN LAS FIRMAS MANUFACTURERAS

La innovación tecnológica es un factor clave del crecimiento económico y de la mayor eficiencia productiva de las empresas (Nelson and Winter, 1982; Freeman, 1997; Schumpeter, 1934; 1944). Las oportunidades de mercado de las empresas y de desarrollo de las regiones dependen cada vez más de su capacidad para generar continuamente innovaciones en productos y procesos. La innovación, por lo tanto, desempeña un papel fundamental en la construcción de la competitividad y el crecimiento económico sostenible (Sternberg and Arndt, 2001).

La literatura ha examinado el desempeño innovador desde distintos ángulos. Los más comunes han sido la evaluación de patentes como parte de un resultado de innovación; el estudio de las variables que miden la inversión en investigación y desarrollo (I+D) como parte del esfuerzo innovador; la probabilidad de innovar, y el conteo de innovaciones totales, de productos o de procesos. Estas variables se han evaluado frente a la hipótesis schumpeteriana (que se define más adelante), las condiciones del mercado, los procesos de producción de conocimiento, las restricciones financieras y la tecnología, relacionada con la oferta de factores.

Las complejas relaciones entre los determinantes tanto de la innovación como de sus resultados han generado una amplia literatura que varía desde la perspectiva en que se ubica el estudio hasta el objeto analizado. La mayor parte de los estudios se basan en análisis de casos de estudio particulares y del marco administrativo y teórico que la innovación amerita. En este contexto, el marco de análisis combina

los estudios a nivel de firmas manufactureras de Forero (2009), Zuluaga et al. (2012), Castillo (2012), Sterbeng y Arndt, (2001) y Beugelsdijk (2007). Las diferencias de estos enfoques radican en la metodología del desarrollo del modelo sobre la base teórica de otros autores como Tsai (2009); en los componentes de la capacidad de absorción, como Powell y Grodal (2005); en el concepto de las conexiones o redes, como Dosi y Malerba (1996); en la perspectiva evolucionista de la firma o, como lo hace Schumpeter (1935), en la importancia de la competencia y el tamaño. A continuación se presenta una síntesis de los determinantes más comunes del desempeño innovador a nivel de firmas, sector y región.

A. Firmas

El tamaño de la firma. El tamaño es una de las variables más importantes como determinante del desempeño innovador. Entre más grandes sean las empresas y menos competencia se genere entre ellas, más se estimulará la innovación. Este argumento, conocido como la hipótesis schumpeteriana, sostiene que la innovación se ve favorecida por un clima en que las empresas son grandes, o en industrias donde hay menos competencia. El tamaño de la firma importa, y es utilizada como variable de control al momento de evaluar nuevos determinantes de la innovación (Cohen y Klepper, 1996; Scherer, 1999).

Las redes de conocimiento. En los países en desarrollo, las empresas que presentan mejores resultados de innovación son aquellas que tienen redes de conocimiento más amplias. Estas se plantean como los contactos inter organizacionales que las firmas desarrollan tanto interna como externamente en el desempeño innovador, y que benefician la difusión de información, el intercambio de recursos, el acceso a los recursos especializados y el aprendizaje inter organizacional (Powell and Grodal, 2005; Callon, 2001; Tsai, 2009). En otras palabras, son relaciones que emergen de la experiencia compartida. Entre los autores mencionados hay un amplio consenso sobre la hipótesis de las redes, debido a que las ideas fértiles no prosperan en ambientes aislados (Forero et al, 2009).

El capital extranjero. En los países en desarrollo, se espera que las empresas con una mayor presencia de capital extranjero tiendan a innovar más. Un argumento a favor de esta hipótesis es la liberalización gradual del comercio que se ha generado en los países latinoamericanos desde la década de los noventas, donde las empresas han tenido que elevar su competitividad. Así, las empresas

han competido en los mercados internacionales frente a los retos y las oportunidades de las preferencias de los consumidores y del cambio tecnológico (Karray and Driss, 2009); además, en estos países la actividad innovadora va encaminada a una adopción de tecnología extranjera, que requiere unos costos de adaptación al contexto nacional. En este orden de ideas, las firmas nacionales innovan por medio de productos nuevos para las empresas o para el mercado de referencia. Sin embargo, si un país en desarrollo no ofrece atractivos como receptor de este tipo de actividades (por ejemplo, recursos humanos calificados, facilidades para la investigación, protección de derechos de propiedad) se desestimula la inversión extranjera y la absorción de capacidades para el fomento de la innovación local proveniente de las multinacionales o empresas extranjeras. La reducción de los incentivos para llevar a cabo I+D o innovaciones de vanguardia solo produciría beneficios en términos de productividad para los países menos avanzados (Helpman, 2004).

Financiación de recursos. Frente a la financiación de recursos y el desempeño innovador, las empresas que más innovan tienden a financiarse en mayor proporción con recursos propios. Sin embargo, en algunos casos, a mayor desempeño innovador recurren a financiar sus gastos en innovación con endeudamiento. Esta afirmación es coherente con lo hallado por Karray y Driss (2009), quienes señalan que si la I+D sigue siendo una función centralizada dentro de una empresa multinacional, la estrategia de I+D de las filiales en el país anfitrión se podría ver seriamente afectada positiva o negativamente por la casa matriz. De la misma manera, si la empresa es controlada por el Estado, la innovación y las estrategias en I+D pueden influir negativa o positivamente. La presencia de las autoridades públicas en el capital de la empresa puede ser una fuente de complicaciones y pérdida de flexibilidad o una fuente de mayor poder de mercado.

Capital humano. La disponibilidad de un equipo de científicos y técnicos con la preparación adecuada y los conocimientos en actividades de I+D es un recurso necesario para la innovación (Karray and Driss, 2009). Este capital humano suministra mayores habilidades y conocimientos en la organización, lo cual es positivo para la realización de actividades de I+D. La inclusión de una medida de capital humano es necesaria para dar cuenta de las habilidades incorporadas en los propios trabajadores.

Autores como Romijn y Albaladejo (2002) manifiestan que las empresas requieren un número adecuado de personal técnicamente calificado para absorber nuevas tecnologías y para modificar, crear y transferir nueva información tecnoló-

gica, en particular científicos e ingenieros (Hoffman et al., 1998). La incapacidad de contratar personal técnico de alta calidad puede ser una grave limitación al crecimiento posterior (Hoffman et al., 1998). Las empresas pueden mejorar aún más su acervo de capital humano en el tiempo mediante la formación de personal interno (formal e informal). Otra actividad interna importante, siguiendo a Arrow (1962), es «learning by doing» (aprender haciendo) en I+D como una actividad formalmente organizada o como esfuerzos tecnológicos estrechamente vinculados a la producción, destinados a una solución gradual de problemas en los bienes y servicios y a la experimentación en el «taller» (la UNCTAD, 1996).

Protección de la propiedad intelectual. El régimen de la propiedad intelectual estimula la innovación. Las patentes son vistas como una forma clave de protección de la innovación. De esta forma, las empresas comercializan nuevos productos y procesos con los cuales esperan un aumento de las ganancias. Si los inventos son fácilmente copiados por los competidores, hay pocos incentivos para innovar. Para protegerse de la copia, las firmas utilizan diversas formas de protección de la propiedad intelectual, como patentes o secretos comerciales. A pesar de la creencia generalizada de que la existencia de protección de la propiedad intelectual es fundamental para el proceso de innovación, es escasa la evidencia empírica sobre los efectos positivos sobre la actividad innovadora (Cohen, 1996).

B. Sectores

Variables de economía abierta sectorial. Los *spillovers* o derrames de tecnología y conocimiento provenientes de un ambiente de economía abierta aumentan y mejoran las capacidades innovadoras de las firmas, en este caso las firmas que integran un sector o actividad económica. Según Malerba (2006), los sectores son heterogéneos y se caracterizan por usar diferentes tecnologías, redes e instituciones. Teniendo en cuenta estas características los sectores que más innovan son los que, debido a la naturaleza de su actividad económica, se adaptan a un *sis* con un ambiente de economía abierta. De esta manera, la adquisición de nuevas tecnologías a partir de fuentes externas de conocimientos determina el comportamiento innovador de los sectores (Castillo, 2012).

Concentración del conocimiento. La absorción de flujos de conocimiento requiere que los distintos sectores posean un grado de conocimiento para llevar a cabo sus actividades productivas e innovadoras. Gera y Masse (2000) y Pavitt

(1984), por ejemplo, distinguen entre sectores, clasificándolos según su intensidad de conocimiento o taxonomía industrial. Estos estudios encuentran que una mayor intensidad del conocimiento fortalece el mayor uso de capacidades relacionadas con la innovación.

Concentración de la innovación. Relacionado con la hipótesis schumpeteriana, entre más se concentre la inversión en I+D, por poder de mercado o por tamaño del sector, más demanda de recursos requerirá y, por ende, más innovaciones realizará. La heterogeneidad de los sectores permite que el conocimiento se concentre en aquellos que demandan una alta inversión en I+D (Castillo, 2012, citando a Malerba, 2006). Además, la concentración de la innovación presenta una relación positiva con el tamaño de la empresa. La taxonomía de Pavitt permite identificar que los sectores intensivos en economías de escala, con proveedores especializados, concentran más innovación que los sectores que son dominados por proveedores (Urraca, 2000).

C. Regiones

Exportaciones y PIB per cápita. Una región incorpora muchos elementos sistémicos externos a la empresa que influyen en su competencia tecnológica y en su crecimiento (Lundvall, 2007). Cuando los sistemas regionales de innovación no se reducen a las interacciones entre los actores locales, sino que incluyen flujos de conocimiento con otras organizaciones fuera de la región, las innovaciones ocurrirían a menudo en respuesta a problemas específicos que surgen de la interacción entre el usuario y el productor, máxime cuando los usuarios más avanzados tienden a localizarse en el exterior (Padilla-Perez et al., 2009). Así, las exportaciones al mercado mundial estimulan mejoras en las empresas situadas en los SIR de los países en desarrollo. En la misma línea de análisis, entre más alto sea el PIB per cápita de una región más incentivos habrá para aprovechar los excedentes de los ingresos en el desarrollo de innovaciones.

Valor agregado de las industrias de alta tecnología, de la región e indicador de intensidad tecnológica. El valor agregado de las industrias de alta tecnología genera un impacto negativo cuando se concibe como un país de empresas subsidiarias. Mientras que filiales extranjeras generan un aporte valioso a la capacidad tecnológica regional, es decir, se crea una transferencia de actividades tecnológicamente más avanzadas a las empresas en la región, las firmas buscarán incentivar los sectores con menor intensidad de tecnología. En este mismo orden de ideas

y por efectos de costo de oportunidad, el valor agregado de una región podría no contribuir al desempeño innovador.

Población en edad de trabajar. Un mayor tamaño de la fuerza laboral en una región disminuye los costos de ajustes al capital y de contratación. Además mantiene una población disponible a los objetivos de innovación de la firma. Si esta población se asocia con un alto nivel de educación que la califica para participar en los procesos de producción de nuevos o mejorados bienes y servicios, generaría un impacto positivo sobre la innovación.

Cobertura de la educación superior: El rol de las universidades. Las universidades son un elemento crucial en los sistemas de innovación, pues desempeñan un papel fundamental en el origen y la promoción de la difusión de conocimientos y tecnologías que contribuyen a las innovaciones industriales (Lee and Mansfield, 1996). Específicamente, en la economía moderna, las universidades de investigación son importantes como fuentes de conocimientos y tecnología industriales (Mowery y Sampat, 2004). Como generadoras de conocimientos, las universidades son productoras de investigación básica avanzada y de personal capacitado (Mowery y Sampat, 2005). Desde esta perspectiva, no es por lo común el objetivo de la universidad abastecer a la industria con soluciones de conocimiento (en el sentido del conocimiento aplicado), pero sí producir ciencia (conocimientos básicos) y educación a los graduados para formar capital humano para el sector productivo. Así, las universidades son sistemas autónomos al proceso de innovación que transmiten los conocimientos adquiridos y los expanden mediante la investigación académica.

IV. MODELO DE REGRESIÓN

Generalmente, en los modelos econométricos las variables de conteo son tratadas como si fueran continuas, lo que genera regresiones lineales con resultados pobres en eficiencia, consistencia y sesgos de los estimadores (Long, 1997. p. 217). En menor medida se ignora la naturaleza discreta de la variable dependiente y se aceptan valores negativos en el pronóstico. Afortunadamente, existen modelos que se han diseñado para aplicarse a variables dependientes de conteo. Si se hace caso omiso a la recomendación de un modelo aplicable a variables de conteo aceptando un modelo lineal de regresión, tendríamos estimadores inconsistentes e ignoraríamos la heterocedasticidad inherente a los datos de conteo. También se podría plantear una regresión log-lineal o un modelo de mínimos cuadrados

no lineal. Sin embargo, tendría problemas fundamentales como la inadmisión de ceros, el hecho de que la estimación excedería el valor real de los datos y los modelos no capturarían la naturaleza no negativa y entera de la variable dependiente (Winkelmann, 2008).

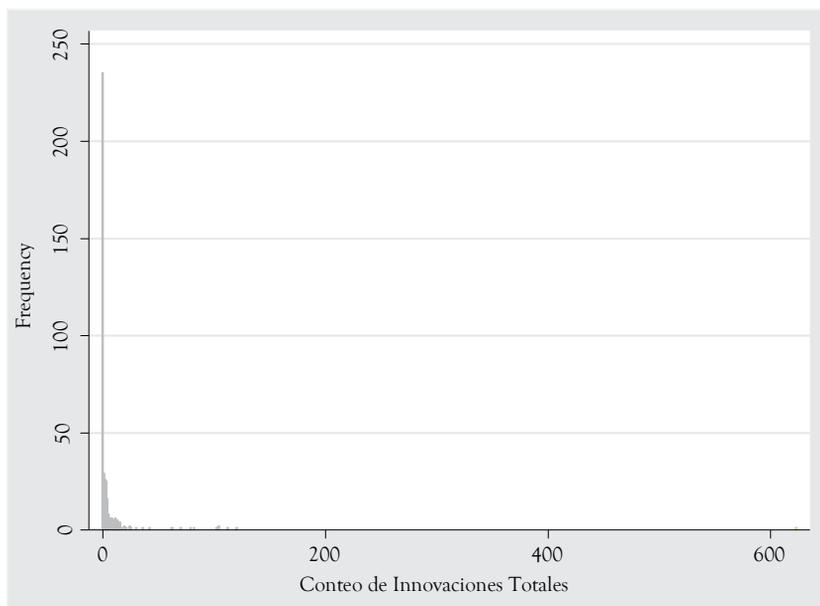
Es práctica estándar transformar la variable dependiente en binaria u ordenarlas por escala de variabilidad. A pesar de que los modelos ologit y oprobit generan una mejor estimación de los datos, esto no tendría sentido, ya que teóricamente no son modelos para variables de conteo, porque no se basan en el concepto de un proceso de generación de datos de conteo. También se pierde la naturaleza cardinal de la variable de conteo, ya que estos modelos generarían observaciones ordinales (no es lo mismo hablar del conteo de 2, 5, 50 innovaciones, que ordenarlas por 0, 1, 2) ó la importancia relativa de la magnitud del desempeño innovador (si realizó 100 ó 1 innovación la binaria es igual a 1 en este caso).

El modelo de Poisson, el más básico de los modelos aplicados a características discretas en las variables, resulta conveniente para este propósito. Se trata de un modelo aplicable a variables dependientes de conteo y con equidispersión, de naturaleza discreta y no negativa, donde la media de la distribución es una función de las variables independientes (Winkelmann, 2008; Long, 1997). Este modelo atribuye probabilidades positivas a los valores cero y cuenta con una variable aleatoria no negativa para la heterocedasticidad y la distribución sesgada. Finalmente, tiene una estructura simple y sus parámetros pueden ser estimados con relativa facilidad.

En el caso del conteo de innovaciones en la Costa Caribe colombiana, tal como se muestra en el Gráfico 1 y en el Cuadro 1, la varianza excede la media y existe un alto porcentaje de ceros en la distribución, lo que indica una sobredispersión de los datos. Como en este caso la varianza es mayor que la media, la evidencia empírica muestra que el modelo de Poisson rara vez predice en la práctica, ya que si los cálculos de la media son correctos, pero existe sobre dispersión, los estimadores del modelo son consistentes pero ineficientes (Long, 1997).¹

¹ Los estimadores deben ser insesgados o centrados. Es decir, su sesgo debe ser nulo por ser su esperanza igual al parámetro que se desea estimar. Debe ser eficiente o más preciso que otro estimador; es decir, la varianza del primero debe ser menor que la del segundo. A medida que el tamaño de la muestra crece, el valor del estimador debe tender a ser el valor del parámetro y la varianza de este sea cero, o sea consistentes. También deben ser robustos y suficientes, es decir, suficiente cuando resume toda la información relevante contenida en la muestra, de forma que ningún otro estimador pueda proporcionar información adicional sobre el parámetro desconocido de la población. Una alternativa de modelos en lo que se acepta la dispersión son los modelos binomiales negativos.

GRÁFICO 1
Histograma del total de innovaciones en la Región Caribe



Fuente: Elaboración de los autores con base en la información del EDIT IV.

CUADRO 1
Estadísticas descriptivas

| Variable | Conteo de innovaciones |
|---------------------------|------------------------|
| Media | 6,034653 |
| Varianza | 1159,329 |
| Desviación Estándar | 34,04892 |
| Valor Máximo | 623 |
| Valor Mínimo | 0 |
| Curtosis | 269,3779 |
| Datos perdidos | 0 |
| Valores negativos | 0 |
| Valores cero | 235 |
| Valores positivos | 169 |
| Observaciones de análisis | 404 |

Fuente: Elaboración de los autores con base en la información del EDIT IV.

Como se muestra en el Cuadro 1, existen muchas observaciones de cero en la variable dependiente (58,1%); es decir, no todas las empresas innovan a pesar de los beneficios que encierra hacerlo. Sin embargo, la existencia de muchas firmas no innovadoras no es problemática si, al tomar la variable el valor 0 se interpreta de dos modos distintos, de tal forma que se mantenga la condición que realmente se da para ciertos procesos de generación de datos. Cuando es así, los modelos inflados de ceros — *Zero Inflated Poisson (ZIP) model* o *Zero Inflated Negative Binomial (ZINB)* — pueden proporcionar mejores resultados que los modelos de Poisson y/o binomial negativo. La razón es que éstos no tienen en cuenta en la estimación esos posibles aspectos diferenciadores, mientras que los inflados de ceros suponen que la variable dependiente es el producto de una ley binaria y una ley de Poisson o binomial negativa (Melgar y Guerrero, 2005).

Los ceros en el conteo de innovaciones se pueden dar por dos procesos, uno que puede entenderse como debido a negligencia (en el buen sentido) y otro por cuestiones estructurales. Interpretando las distribuciones de Lambert (1992), podemos decir que el modelo ZIP se descompone en dos modelos. El primero estima un modelo de Poisson estándar, existan o no valores nulos en la distribución. Dentro del contexto, esta parte del modelo captura la decisión de innovar independientemente de que la firma haya generado o no una estrategia que le permitió cumplir este objetivo. El segundo modelo es un logit que permite definir la probabilidad de no innovar por dos vías: negligencia y carácter estructural.

Los modelos inflados de ceros superan el problema de excesos de cero, pero no resuelven el problema de la dimensión multinivel que pueda generar el proceso de innovación. El desarrollo de modelos de regresión de Poisson o ZIP que ignoran la estructura jerárquica de los datos puede llevar a conclusiones falsas cuando se extrae de los datos. La aplicación de un análisis estadístico que toma en cuenta la estructura jerárquica de los datos requiere métodos especiales. Al comparar con los modelos tradicionales, las inferencias falsas se pueden extraer al ignorar la estructura de los datos.

Hay varias falsas inferencias que son comunes. Una es la llamada falacia ecológica, que se refiere a la confusión entre efectos individuales y efectos agregados en el modelo de regresión. Otra es el error tipo I, que se comete cuando el investigador no acepta la hipótesis nula, siendo ésta verdadera en la población. Equivale a encontrar un resultado falso positivo, porque el investigador llega a la conclusión de que existe una diferencia entre las hipótesis cuando en realidad no existe. Se escoge la hipótesis alternativa siendo la nula verdadera. (Wang et al, 2009). Estos

problemas aumentan artificialmente la importancia de las pruebas de hipótesis, lo que también aumenta el riesgo de falsa conclusión de que existen asociaciones significativas.

Dado el diseño jerárquico, la inflación de ceros y la falta de independencia es plausible un modelo ZIP multinivel con efectos fijos o aleatorios (coeficientes e intercepto) para hacer frente a una estructura de correlación más compleja. Para modelar esta situación desde una perspectiva multinivel Lee y Wang (2006), Hur (1999) y Hur et al. (2002) afirman que los modelos ZIP multinivel con interceptos o coeficientes aleatorios son parecidos al ZIP tradicional de Lambert (1992), solo que incorporan un conjunto de componentes aleatorios para el intercepto y/o coeficientes. Tradicionalmente este tipo de modelos pueden ser generados a partir de una aproximación de un modelo mixto lineal generalizado mediante la técnica de máxima verosimilitud.

El modelo ZIP multinivel con efectos fijos emplea dos componentes que corresponden a sendos procesos de generación de ceros:

1. Una distribución binaria generadora de ceros
2. Una distribución poisson que puede incluir valores ceros

De acuerdo con Lambert (1992), Hur (1999), Hur et al. (2002) y Hedeker y Gibbons (2006), el modelo es el siguiente:

$$\Pr (y_i = 0) = \pi_i + (1 - \pi_i) \exp (-\lambda_i) \tag{1}$$

$$\Pr (y_i = 0) = (1 - \pi_i) \exp \frac{(-\lambda_i)\lambda_i^{h_i}}{h_i!}; h_i > 0 \tag{2}$$

y_i = Una variable no negativa

λ_i = Conteo Poisson esperado para el individuo i

π_i = Probabilidad de extra ceros

Bien sean ceros estructurales ($y_i = 0$) o ceros esperados por una poisson ($y_i = h_i > 0$), la probabilidad de un conteo se define como:

$$\Pr (y_i) = \pi_i I (y_i) + (1 - \pi_i) f(y_i) \tag{3}$$

Si:

$\pi_i > 0$ se tiene una distribución inflada de ceros

$\pi_i < 0$ se tiene una distribución deflada de ceros

$\pi_i = 0$ El ZIP se reduce a una distribución poisson

$I(y_i)$ es una función indicador. Es uno si $y_i = 0$ y es cero si $y_i = h_i > 0$. $f(y_i)$ es

una distribución poisson $f(y_i) = \exp \frac{(-\lambda_i)\lambda_i^{h_i}}{h_i!}$.

El ZIP estima simultáneamente los dos parámetros π_i y λ_i . La función logit es usada para modelar la verosimilitud de ceros extras/estructurales.

$$\text{logit}(\pi) = \log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = Z\gamma \quad (4)$$

Para la distribución poisson se usa

$$\log(\lambda) = X\beta \quad (5)$$

X y Z son matrices de variables, las cuales pueden o no coincidir, dependiendo del modelo teórico. β y γ son coeficientes de regresión en las dos ecuaciones.

Para el caso del ZIP multinivel con efectos aleatorios, existen las siguientes diferencias:

1. $I(y_i)$ es una función indicador. Es uno si $y_{ij} = 0$ y es cero si $y_{ij} > 0$
2. La función logit es usada para modelar la verosimilitud de ceros extras/estructurales

$$\text{logit}(\pi) = \log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = Z\gamma + \mu_1 = Z\gamma + \sigma_1\theta_1 \quad (6)$$

Para la distribución poisson se usa

$$\log(\lambda) = X\beta + \mu_2 = X\beta + \sigma_2\theta_2 \quad (7)$$

Donde X y Z son matrices de variables, las cuales pueden o no coincidir, dependiendo del modelo teórico. β y γ son coeficientes de regresión en las dos ecuaciones. Los efectos aleatorios μ_1 y μ_2 se explican como la variación no explicada en la probabilidad de ceros extras y la variación en el conteo (Poisson) esperado en el nivel 2. Estos efectos aleatorios se asumen normalmente distribuidos.

μ_1 y μ_2 se pueden estandarizar a:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \frac{\mu_1}{\sigma_1} \\ \theta_2 &= \frac{\mu_2}{\sigma_2} \\ \theta &\sim N(0, 1)\end{aligned}\tag{8}$$

V. DATOS

La muestra del estudio está conformada por el número de empresas de la Región Caribe reportadas en la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) para los años 2007-2008 (EDIT IV, 404 firmas). Para los datos de ambiente regional se emplea el banco de datos del Dane, estadísticas del Ministerio de Educación y DIAN.

La innovación es muy peculiar. Las empresas son heterogéneas. Algunas de las diferencias en la capacidad de innovación se relacionan con diferencias en el entorno de la industria, mientras que otros son atribuibles a diferencias en las tendencias innovadoras de las empresas individuales. Por lo tanto, la innovación se postula aquí para ser una función de tres escenarios específicos: la región, el sector y la empresa específica. A continuación se resaltan las variables usadas en cada uno de los niveles.

VI. MEDIDAS

A. Variable dependiente:

- Conteo de innovaciones de las firmas en la Región Caribe. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.
- Binaria de no innovaciones de las firmas en la Región Caribe (1= no innova; 0= innova). Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.

B. Variables independientes. Nivel firma (primer nivel):

- Capital extranjero: Porcentaje de capital extranjero (75% ó más del capital es de origen nacional se considera empresa nacional; si más de 25% del

capital es de origen extranjero entonces se considera empresa extranjera). En segunda medida se usa una variable binaria que indica: 1 = Capital extranjero; 0 = Lo contrario. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.

- Redes Internas de Innovación de la Firma: Conteo de redes con el Departamento interno de I+D, Departamento de producción, Departamento de ventas y mercadeo, Otros departamentos, Grupos interdisciplinarios, Directivos y Trabajadores. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.
- Redes Externas: Capítulo V de la EDIT IV, conteo desde la fuente 8 a la 33, para la innovación. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.
- Inversión en I+D provenientes de recursos privados de la firma: recursos propios en actividades de la firma en I+D/Monto disponible para investigación y desarrollo. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.
- Tamaño de la firma: Número de empleados de la firma. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.
- Personal ocupado profesional, magister y con doctorado: razón del número de empleados con formación profesional y doctoral sobre el número total de empleados. Fuente: EDIT IV 2007-2008.
- Conteo de Registro de Propiedad intelectual. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008.

C. Variables independientes. Nivel sector (segundo nivel):

- Intensidad de conocimiento alto sector (1 = Si; 0 = No)
- Intensidad de conocimiento bajo sector (1 = Si; 0 = No)
- Concentración de la Innovación empresas sector (Estandarizadas)
- Concentración de la Innovación Monto sector (Estandarizadas)
- Índice de apertura comercial en el sector (Estandarizada)

D. Variables independientes: Nivel región

- PIB per cápita del departamento (Estandarizado): DANE
- Tasa de desempleo del departamento (Estandarizado): DANE
- Cobertura en educación superior departamento (Estandarizado): ESNIES-ESPADIES. Mineducación
- Índice de apertura comercial en el departamento (Estandarizada): SIEX

VII. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL MODELO ZIP Y POISSON MULTINIVEL CON INTERCEPTO Y COEFICIENTE ALEATORIO

CUADRO 2
Modelo ZIP. (Poisson inflado de ceros)

| Variables | Poisson Conteo de innovaciones totales | Logit Probabilidad de no innovar |
|---|--|--|
| Personal Empleado (Estandarizado) | 0,337*** (0,00640) | -0,779* (0,426) |
| Firma Con capital Extranjero (1=si; 0=No) | -1,394*** (0,137) | 2,209* (1,328) |
| Conteo de Redes Internas en la firma (Estandarizada) | -0,192*** (0,0420) | -2,169*** (0,384) |
| Conteo de Redes Externas en la firma (Estandarizada) | -0,199*** (0,0291) | -1,265*** (0,290) |
| Capital Humano: PhD, Magíster y profesionales (Estandarizada) | 0,0654*** (0,0243) | 0,426 (0,294) |
| Capital Humano: Personal Técnico (Estandarizada) | 0,0634** (0,0283) | 0,204 (0,326) |
| Total registros de Propiedad Intelectual (Estandarizada) | 0,140*** (0,00675) | 0,265 (0,312) |
| Inversion de Capital propio en I+D/total monto invertido I+D (Estandarizada) | -0,386*** (0,0193) | -4,896*** (1,262) |
| Constante | 2,889*** (0,0577) | -0,634 (0,766) |
| Observaciones | 404 | 404 |
| Errores estándar entre paréntesis *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1 | | |
| McFadden's R2: | 0,459 | |
| McFadden's Adj R2: | 0,455 | |
| Máxima verosimilitud del modelo vacío | -4.080,904 | |
| Máxima verosimilitud del modelo lleno | -2.205,811 | |

Fuente: Cálculos de los autores con base en EDIT IV.

CUADRO 3

Modelo Poisson multinivel inflado de ceros

| Variables | Poisson Multinivel Conteo de innovaciones | Segundo nivel CIU | Tercer nivel dpto | Logit multinivel Probabilidad de no innovar | segundo nivel CIU | Tercer nivel dpto |
|--|--|----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|
| Personal Empleado (Estandarizado) | 0,545*** (0,0167) | | | -0,591 (0,502) | | |
| Firma Con capital Extranjero (1=si; 0=No) | -0,471*** (0,0437) | | | 0,190 (0,383) | | |
| Conteo de Redes Internas en la firma (Estandarizada) | 0,0438 (0,0578) | | | -2,387*** (0,480) | | |
| Conteo de Redes Externas en la firma (Estandarizada) | -0,169*** (0,0407) | | | -1,466*** (0,422) | | |
| Capital Humano: PhD, Magister y profesionales (Estandarizada) | -0,562*** (0,0453) | | | 0,662* (0,380) | | |
| Capital Humano: Personal Técnico (Estandarizada) | 0,127*** (0,0363) | | | 0,0316 (0,369) | | |
| Total registros de Propiedad Intelectual (Estandarizada) | -0,0231 (0,0158) | | | 0,179 (0,460) | | |
| Inversion de Capital propio en I+D/total monto invertido I+D (Estandarizada) | -0,102*** (0,0339) | | | -5,438*** (1,489) | | |
| Intensidad de conocimiento alto sector (1 = Si; 0 = No) | 0,347** (0,174) | | | 0,443 (0,434) | | |

CUADRO 3 (Continuación)
Modelo Poisson multinivel inflado de ceros

| Variables | Poisson Multinivel Conteo de innovaciones | Segundo nivel CIU | Tercer nivel dpto | Logit multinivel Probabilidad de no innovar | Segundo nivel CIU | Tercer nivel dpto |
|---|--|----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|
| Intensidad de conocimiento bajo sector (1 = Si; 0 = No) | 0,0512 (0,167) | | | -0,352 (0,397) | | |
| Concentración de la Innovación empresas sector (Estandarizadas) | -0,116 (0,203) | | | -0,551 (0,414) | | |
| Concentración de la Innovación Monto sector (Estandarizadas) | 0,0977 (0,184) | | | 0,0548 (0,410) | | |
| Indice de apertura comercial en el sector (Estandarizada) | -0,156 (0,166) | | | -0,172 (0,441) | | |
| Pib Per cápita del departamento (Estandarizado) | 0,574** (0,281) | | | 0,490 (0,552) | | |
| Tasa de desempleo del departamento (Estandarizado) | 0,160 (0,158) | | | -0,398 (0,385) | | |
| Cobertura en educación superior departamento (Estandarizado) | -0,480** (0,243) | | | -0,766 (0,573) | | |

| Índice de apertura comercial en el Departamento (Estandarizada) | -0,543 (0,333) 1,617*** (0,186) | Logaritmo natural de la desviación sector (2,428) | Logaritmo natural de la desviación región (0,129) | 0,213 (0,576) -0,736 (0,744) | Logaritmo natural de la desviación sector (-18,09) | Logaritmo natural de la desviación región (-1,274) |
|---|--|---|---|---|--|--|
| Constante | 169 | 169 | 169 | 404 | 404 | 404 |
| Número de grupos | 39 | 39 | 39 | 48 | 48 | 48 |
| Errores estándar entre paréntesis *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1 LR test vs. regresión Poisson: chi2(2) = 1559,76 Prob > chi2 = 0,0000 LR test vs. regresión logística: chi2(2) = 0,01 Prob > chi2 = 0,9972 | Poisson Multinivel Logit Multinivel | | | | | |
| LR test vs. regresión Poisson: chi2(2) = 1559,76 Prob > chi2 = 0,0000 LR test vs. regresión logística: chi2(2) = 0,01 Prob > chi2 = 0,9972 Poisson máxima verosimilitud modelo lleno Logit Máxima verosimilitud modelo lleno Poisson máxima verosimilitud modelo vacío Logit Máxima verosimilitud modelo vacío | Poisson Multinivel Logit Multinivel | | | | | -867,72095 -39,102615 -2333,6259 -269,05514 |

Fuente: Cálculos de los autores con base en EDIT IV.

Los resultados soportan la hipótesis planteada, existen determinantes a nivel sectorial, regional y de firma que afectan el desempeño innovador en la Región Caribe colombiana. Desde un punto de vista econométrico, en términos de significancia, son más las variables de firma que aportan al desempeño innovador; sin embargo, en términos de los parámetros, existen variables de región y de firma que tienen un aporte valioso al conteo de innovaciones en la Región Caribe.

Algunas de estas variables que contribuyen a la innovación son el tamaño de la empresa (número de empleados) y el producto interno bruto per cápita (Cuadros 2 y 3). Es de anotar que solo una variable relacionada con el sector explica la variación del desempeño innovador.

Los resultados permiten inferir que para la Región Caribe el tamaño de la firma genera un aumento en el conteo de innovaciones, es decir, a mayores empleados en la firma, mayor es el conteo de innovaciones promedio de una firma. Así, la hipótesis schumpeteriana de que el tamaño de la firma sí importa se mantiene para cualquier tipología de innovación.

Si una firma en la Región Caribe tiene un mayor porcentaje de capital extranjero menos desempeño innovador tendrá. Esto implica que la región no es atractiva para recibir actividades innovadoras por parte de las multinacionales (carece de recurso humano cualificado, facilidades para la investigación y protección de los derechos de propiedad). Este resultado es muy importante, porque los países en desarrollo a menudo carecen de los recursos locales necesarios para la adquisición de las capacidades tecnológicas avanzadas. Ellos son mucho más dependientes de fuentes externas de conocimiento.

Respecto a las *redes de innovación* de la firma, no resultaron significativas y no contribuyen al desempeño innovador de la Región Caribe. Mientras que las redes internas no son significativas para el desempeño innovador de la región, las redes externas son significativas pero disminuyen el conteo de innovaciones promedio de las firmas. Al parecer las firmas manufactureras colombianas son egoístas y conservadoras frente al desarrollo de sus innovaciones. Esto se evidencia en la significancia y signo que aportan las *redes externas* sobre las innovaciones. Entre más abierta sea una red de conocimiento se desarrollan menos innovaciones. Este resultado se puede dar si las empresas que usan fuentes externas de conocimiento (i.e. centros de investigación, clientes, proveedores) tienen en promedio mayor capacidad de proceso tecnológico, pero al interactuar con los centros de investigación y universidades en las regiones estudiadas tienen en promedio menores capacidades de innovaciones.

La inversión en I+D provenientes de recursos de la firma genera menos innovaciones, es posible que la principal fuente de recursos para la innovación provenga del sector financiero; para innovar la firma genera una serie de costos que sobrepasan su contexto financiero. Para el capital humano, este resultado implica que el proceso de innovación requiere de un punto de partida mínimo (en cuanto a formación educativa) para hacer más probable el desempeño innovador positivo. Posiblemente, en la Región Caribe las innovaciones de procesos sean las más importantes, haciendo prioritaria la incorporación de técnicos y otros recursos con menos capital humano, debido a que estas innovaciones emergen principalmente de la dinámica del día a día en los procesos de rutinas, asociadas al desarrollo de la práctica.

En el caso de las patentes, una garantía de este mecanismo permite desarrollar en mejor vía la innovación en producto, porque más protección implica menos expropiación de los beneficios derivados de la innovación. El resultado negativo en innovaciones de procesos se da porque los procesos, dado que son propios de la rutina de la empresa, son difíciles de copiar. Por último, entre más capital extranjero tenga una firma manufacturera, mayor impacto genera en la variación del conteo de innovaciones.

A nivel sectorial, la Región Caribe impulsa su desempeño innovador, mediante los sectores que poseen un nivel de conocimiento alto, los cuales están relacionados principalmente con productos químicos, maquinarias y productos eléctricos.

Frente a las variables regionales, el *PIB per cápita* genera un efecto positivo y significativo en las innovaciones. Entre mayor ingreso tenga una región, más oportunidad se tiene para destinar recursos a la investigación y desarrollo. Finalmente la *tasa de cobertura en educación superior* no incide en el desempeño innovador, por lo que el papel que representan las universidades en la región es el de la investigación académica y la enseñanza, más que un fomento del talento humano con visión innovadora.

VIII. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA

Las variables analizadas desde un contexto internacional y en estudios nacionales explican el desempeño innovador de la Región Caribe, entre los cuales se resaltan las variables propias de las firmas, dejando en evidencia que los procesos de innovación dependen más de características de la firma y de su entorno o región.

El ambiente regional influye más que el sectorial en el desempeño innovador de la Región Caribe. Sin embargo, debido a que los determinantes de la innovación a nivel de empresa son, en mayor medida, de gran importancia en las regiones investigadas en este estudio, se sugiere que las políticas de innovación locales deberían centrarse más en las necesidades específicas de las pequeñas y medianas empresas (PYME) que en el escenario en el que se encuentran insertas las firmas potenciales en innovación (Sternberg & Arndt, 2001).

Se recomienda avanzar más en la comprensión de la innovación empresarial de la región, un mayor fortalecimiento de la fuerza laboral, un incremento al aporte de capital nacional, más fortalecimiento de las redes empresariales y un mayor desarrollo de las habilidades del capital humano de la Región Caribe. El éxito del desempeño innovador de las economías debería estar diseñado sobre la base que los países y las regiones tienen diferentes mercados de recursos humanos, condiciones sociales, fortalezas financieras y dotaciones físicas, que en parte están definidas por las estrategias de intervención política y el dinamismo de sus instituciones. En este mismo orden de ideas, se recomienda el apoyo incondicional de las entidades de orden nacional y local, en el desarrollo de alternativas viables para el fortalecimiento del desempeño innovador de la Región Caribe.

Asimismo, se recomienda explorar algunas condiciones ambientales no incluidas en este estudio, como por ejemplo expectativas, diferencias culturales, rasgos sociales, capital social, confianza, el aprendizaje interactivo, las instituciones, y la intervención del Estado como elemento central para el mejoramiento de las capacidades tecnológicas de las empresas. Desde esta alternativa, se vincularían los nuevos estudios de innovación con su marco institucional, y las políticas y las iniciativas de innovación regional mejorarían la capacidad tecnológica de la empresa.

REFERENCIAS

- Archibugi, Daniele, and Carlo Pietrobelli (2003), «The globalization of technology and its implications for developing countries – Windows of opportunity or further burden?», *Technological Forecasting and Social Change*, No. 70(9).
- Arrow, Kenneth (1962), «The Economic Implications of Learning By Doing», *Review of Economic Studies*, No 29(3).
- Asheim, Bjorn and Meric Gertler (2006), «The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems», en Jan Fagerberg, David Mowery and Richard Nelson (eds.), *Oxford Handbook of Innovation*, Oxford U. Press, Cap. 11

- Audretsch, David and Maryann Feldman (2004), «Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation», en Peter Nijkamp (ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam and New York: North-Holland, Volume 4.
- Austin, Peter (2001), «An Introduction to Multilevel Regression Models», *Revue Canadienne de Santé Publique*. No 2, March-April.
- Beugelsdijk, Sjoerd (2007), «The Regional Environment and a Firm's Innovative Performance: A Plea for a Multilevel Interactionist Approach», *Economic Geography*, No. 83.
- Braczyk, Hans-Joachim, Philip Cooke and Martin Heidenreich (2004), «Regional Innovation Systems: The Role of Governance in a Globalized World», New York: Routledge.
- Callon, Michael (2001), «Redes tecno-económicas e irreversibilidad», *Redes, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, No. 17.
- Castillo, Luis (2012), «El impacto de las variables de economía abierta y el desempeño innovador de las empresas manufactureras colombianas: Un análisis multinivel entre el ambiente regional, sectorial y empresarial», Banco de la República, Concurso de ponencias de estudiantes de economía «Jesús Antonio Bejarano», https://quimbaya.banrep.gov.co/publicaciones/concurso_JA-Bejarano_2012.html [consultado febrero 23 de 2013].
- Cohen, Wesley and Steven Klepper (1996), «A Reprise of Size and RyD», *The Economic Journal*, No. 106, pp. 925-951.
- Dosi, Giovanni, and Franco Malerba (1996), «Organizational Learning and Institutional Embeddedness», en Giovanni Dosi y Franco Malerba, *Organization and Strategy in the Evolution of the Enterprise*, London: MacMillan Press.
- Fagerberg, Jan, David Mowery and Richard Nelson (2006), *The Oxford Handbook of Innovation*, New York: Oxford University Press.
- Freeman, Christopher, and Luc Soete (1997), *The Economics of Industrial Innovation*, Cambridge, Mass.: MIT Press, Third Edition.
- Gera, Surendra and Philippe Massé (1996), «Employment Performance in the Knowledge-Based Economy, Industry Canada», Working Paper. No. 14. <http://www.ic.gc.ca/eic/site/eas-aes.nsf/eng/ra01285.html> [consultado mayo 15 de 2013].
- Gupta, Anil., Paul Tesluk and Susan Taylor (2007), «Innovation At and Across Multiple Levels of Analysis», *Organization Science*, No.18 (6).
- Hedeker, Donald, and Robert Gibbons (2006), *Longitudinal Data Analysis*, Hoboken: New Jersey: John Wiley & Sons.

- Helpman, Elhanan (2004), *The Mystery of Economic Growth*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Hoffman, Kurt, Milady Parejo, John Bessant, and Lew Perren (1998), «Small firms, R&D, technology and innovation in the UK: A literature review», *Technovation*, Vol. 18, No.1.
- Hur, Kwan (1999), «A Random-Effects Zero Inflated Poisson Regression Model for Clustered Extra-Zero Counts», Tesis no publicada, University of Illinois at Chicago.
- Hur, Kwan., Donald Hedeker, William Henderson, Shukri Khuri and Jennifer Daley (2002), «Modeling Clustered Count Data with Excess Zeros in Health Care Outcomes Research», *Health Services and Outcomes Research Methodology*, Vol. 3, No.1.
- Joseph, K. J. (2009), «Sectoral Innovation Systems in Developing Countries: The Case of ICT in India», en Bengt-Ake Lundvall, K. J. Joseph, Cristina Chaminade and Jan Vang (eds.), *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Kaplinsky, Rafael (2005), *Globalization, Poverty and Inequality: Between a Rock and a Hard Place*, Cambridge: Polity Press.
- Karray, Zouhour, and Slim Driss (2009), «Structure Industrielle, Économies D'Agglomération, Ouverture et Croissance Régionale en Tunisie», *Region et Developpement*. No 29.
- Lambert, Diane (1992), «Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing», *Technometrics*, No. 34.
- Lawrence, Paul, and Jay Lorsch (1967), «Differentiation and Integration in Complex Organization», *Administrative Science Quarterly*, No 12, Junio.
- Lee Andy and Kui Wang (2006), «Multilevel zero inflated Poisson regression modeling of correlated count data with excess zeros», *Statistical Methods in Medical Research*, No.15.
- Lee, Jeong-Yeon, and Edwin Mansfield (1996), «Intellectual Property Protection and U.S. Foreign Direct Investment», *Review of Economics and Statistics*, No. 78.
- Long, Scott (1997), *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. Advanced Quantitative Techniques in the Social Sciences Series, Thousand Oaks: Sage Publications.
- Lundvall, Bengt-Ake (1992), *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*, London: Pinter.
- Lundvall, Bengt-Ake (2007), «Innovation system research: Where it came from and where it might go», Globelics, Working Paper.

- Lundvall, Bengt-Ake and Susana Borrás (1998), *The globalising learning economy: Implications for innovation policies*, Science Research Development. European Commission, Diciembre.
- Malerba, Franco (2002), «Sectoral systems of innovation and production», *Research Policy*, No. 31, February.
- Malerba, Franco (2005), «Sectoral systems of innovation: A framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors», *Economics of Innovation and New Technology*, No. 14, Enero.
- Malerba, Franco (2006), «Sectoral systems: How and why innovation differs across sectors», *Oxford Handbook of Innovation*, New York: Oxford U. Press.
- Melgar, María del Carmen, José Antonio Ordaz, y Flor María Guerrero (2005), «Diverses Alternatives pour Déterminer les Facteurs Significatifs de la Fréquence d'Accidents dans l'Assurance Automobile», *Insurance and Risk Management*, Vol 73, No 1.
- Mowery, David, and Bhaven Sampat (2004), «The Bayh-Dole Act and University-Industry Technology Transfer: A Model for Other OECD Governments?», *Journal of Technology Transfer*, Vol. 30, No 1.
- Mowery, David, and Bhaven Sampat (2005), «Universities and Innovation», *The Oxford Handbook on Innovation*, New York: Oxford University Press.
- Nelson, Richard (1993), «A Retrospective», en Richard Nelson (ed.), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, New York: Oxford University Press.
- Nelson, Richard, and Sidney Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass.: Belknap Press.
- OECD/EUROSTAT (2005), «The Measurement of Scientific and Technological Activities», *Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/OSLO/EN/OSLO-EN.PDF [consultado agosto 20 de 2013].
- Padilla-Pérez, Ramón R., Vang, Jene, and Cristina Chaminade (2009), «Regional Innovation Systems in Developing Countries: Integrating Micro and Meso-Level Capabilities», en Bengt-Ake Lundvall K.J. Joseph, Cristina Chaminade Chaminade and Jan Vang (eds.), *Handbook of Innovation Systems in Developing Countries*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Pavitt, Keith (1984), «Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory», *Research Policy*, No. 13, Enero.
- Pietrobelli, Carlo, and Roberta Rabellotti (eds.) (2006), *Upgrading to Compete: Global Value Chains, Clusters, and SMEs in Latin America*. Washington, D.C.: Inter-Ame-

- rican Development Bank, and David Rockefeller Center for Latin American Studies, Harvard University.
- Powell, Walter W. and Stine Grodal (2005), «Networks of innovators», en Jan Fagerberg, David Mowery and Richard Nelson (eds.), *Oxford Handbook of Innovation*, New York: Oxford University Press.
- Rabe-Hesketh, Sophia, and Anders Skrondal (2008), *Multilevel and Longitudinal Modeling Using Stata*, College Station, Texas: Stata Press, Second Edition.
- Romer, Paul (1990), «Endogenous Technological Change», *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, Octubre.
- Romijn, Henny, and Manuel Albadalejo (2002), «Determinants of innovation capability in small electronics and software firms in southeast England», *Research Policy*, No. 31, Septiembre.
- Rondé, Patrick., and Caroline Hussler (2005), «Innovation in regions: What does really matter?», *Research Policy*, Vol. 3, Octubre.
- Scheel, Carlos (2012), «El enfoque sistémico de la innovación: Ventaja competitiva de las regiones», *Estudios Gerenciales*, Vol. 28.
- Scherer, Frederic (1999), *New Perspectives on Economic Growth and Technological Innovation*. Washington: The Brookings Institution.
- Schumpeter, Joseph (1934), *The Theory of Economic Development*; Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Schumpeter, Joseph (1944), *Análisis del cambio económico. Ensayos sobre el ciclo económico*, México: Fondo de Cultura Económica, <http://eumed.net/cursecon/textos/schump-cambio.pdf> [consultado enero 28 de 2013].
- Sternberg, Rolf, and Olaf Arndt (2001), «The Firm or the Region: What Determines the Innovation Behavior of European Firms?», *Economic Geography*, Vol. 77, No. 4, Octubre.
- Tsai, Kuen-Hung (2009), «Collaborative networks and product innovation performance: Toward a contingency perspective», *Research Policy*, Vol 38 No. 5, pp. 765-778.
- UNCTAD (2005), *Globalization of R&D and Developing Countries*. New York: United Nations.
- Urraca, Ana (2000), «Patrones sectoriales de cambio técnico en la industria española», *Economía Industrial*, No. 332.
- Wang, Jichuan, Haivi Xie and James Fisher (2009), *Multilevel Models: Applications Using SAS*, Boston: Higher Education Press and Walter Gruyter.

Winkelmann, Rainer (2008), *Econometric Analysis of Count Data*, New York: Springer Press.

Zuluaga, Julio Cesar, Iván Darío Sánchez y Fernando Barrios (2012), «Ambiente regional y desempeño innovador de las firmas. Una propuesta de análisis multinivel», *Estudios gerenciales*, Vol. 28.