



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO

Programa de Economía Documentos de Trabajo



El comportamiento de las innovaciones radicales e
incrementales ante un ambiente de
internacionalización: Un análisis multinivel para la
industria manufacturera Colombiana

Luis Carlos Castillo Téllez

N. 2013-7

**EL COMPORTAMIENTO DE LAS INNOVACIONES RADICALES E
INCREMENTALES ANTE UN AMBIENTE DE INTERNACIONALIZACIÓN: UN
ANÁLISIS MULTINIVEL PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA
COLOMBIANA***

Luis Carlos Castillo Téllez*

Resumen:

Haciendo una revisión de la literatura relacionada con los estudios de innovación, se encuentra que son pocas las publicaciones que abordan la innovación como un proceso multinivel. Sin embargo Zuluaga et al. (2013) y Castillo (2012) han encontrado evidencia que el desempeño innovador de las firmas manufactureras en Colombia es explicado e influenciado por variables de diferentes niveles de agregación. Para estudiar la influencia de estas variables en el comportamiento innovador de las firmas, es necesario construir un modelo de regresión multinivel que involucre variables a nivel regional y empresarial. Este trabajo busca responder la siguiente pregunta de investigación. ¿Cuáles son los efectos del proceso de internacionalización sobre la generación de innovaciones radicales e incrementales en la industria manufacturera colombiana? El proceso de internacionalización en países en desarrollo contribuye en la difusión tecnológica y de conocimiento la cual es absorbida por firmas locales generando una trayectoria más fuerte en innovaciones incrementales que en las radicales (Pietrobelli & Rabellotti, 2011).

Palabras clave: proceso de internacionalización, innovaciones radicales e incrementales, sistemas de innovación, modelos de regresión multinivel.

Clasificación JEL: O31, O32

* Trabajo realizado bajo la Dirección del profesor Fernando Barrios Aguirre. Profesor de tiempo completo. Programa de Economía.

* Estudiante del Programa de Economía. Integrante del Grupo Interdisciplinario de Estudios Histórico Económicos (GRIEHCO). E-mail: griehco@utadeo.edu.co

Abstract:

Doing a review of the literature related to innovation studies, we find that there are few publications that address innovation as a multilevel process. However Zuluaga et al. (2013) and Castillo (2012) have found evidence that the innovation performance of manufacturing firms in Colombia is explained and influenced by variables at different levels of aggregation. To study the influence of these variables on the innovative behavior of firms, it is necessary to build a multilevel regression model that includes variables at two levels: regional and enterprise level. Therefore, this paper seeks to answer the following research question. What are the effects of internationalization on the generation of radical and incremental innovations in manufacturing Colombian firms? The internationalization process in developing countries contributes to the diffusion of technology and knowledge which is absorbed by local firms generating a stronger path of incremental innovations rather than the radical (Pietrobelli & Rabellotti, 2011).

Keywords: internationalization process, radical and incremental innovations, innovation systems, multilevel regression models.

Introducción

De acuerdo a la nueva teoría de crecimiento económico, la innovación no es solo una estrategia que las firmas desarrollan para aumentar su productividad y competitividad, sino también un determinante del crecimiento económico. Es importante destacar que el surgimiento de nuevas ideas ayudan al proceso de innovación y con el tiempo estas ideas evolucionan mejorando la combinación de capital y trabajo (Romer, 1990). En la literatura hay muchas definiciones de innovación, sin embargo Liu (2009) la define como un proceso acumulativo e incesante que involucra no solo innovaciones radicales e incrementales, sino también difusión, absorción y uso de la innovación¹.

En los países emergentes los sistemas de innovación nacionales (en adelante SIN) juegan un papel importante en el diseño de estrategias nacionales de desarrollo, tanto a nivel regional y sectorial como empresarial (Lundvall, Joseph, Chaminade, & Vang, 2009). Recientes estudios afirman que las firmas que se encuentran inmersas en un sistema de innovación (en adelante SI), están expuestas a un escenario globalizado en donde el intercambio de mercancía (importaciones y exportaciones) (Laurin & St-Pierre, 2012) y la movilidad de capitales (Keller, 2010) se convierten en un puente entre las redes de conocimiento global y el SI. Siguiendo a Sen & Ghandforoush (2011) la innovación es un concepto complejo que no es fácil de definir, y a su vez es un proceso multidimensional que involucra un agente y un ambiente (Gupta, Tesluk, & Taylor 2007).

La clasificación de la innovación va desde las innovaciones de producto (Dougherty, 1992), procesos (Davenport, 1994) y servicios (Frambach & Barkema, 1998). Otros autores como: Walsh (2007; Wei (2009); Köhler, Sofka, & Grimpe (2009); Sen & Ghandforoush (2011); Porter (1990) hacen una clasificación más rigurosa en donde se distingue las innovaciones radicales² e incrementales³ y por último Lundvall et al. (2009) analiza el proceso de

¹ De acuerdo a la OECD & Eurostat (2005) la innovación es la implementación de un producto, servicio, proceso, métodos organizacionales y de mercadeo, prácticas de negocio nuevos o significativamente mejorados

² Las innovaciones radicales son nuevos productos y procesos que son tecnológicamente superiores a los existentes (Schumpeter, 1943). Por otra parte, para Sen & Ghandforoush (2011) la innovaciones radical es el uso y la funcionalidad de tecnologías que no habían sido identificadas

innovación desde las dimensiones: nacionales, regionales, sectoriales⁴ y empresariales a la luz de los sistemas de innovación.

Ningún estudio aplicado al caso colombiano analiza los efectos del proceso de internacionalización en el desarrollo de innovaciones radicales e incrementales. De esta forma este trabajo contribuiría a llenar este vacío que hay en la literatura en cuanto a investigaciones que enmarcan la innovación como un proceso multinivel respondiendo a la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuáles son los efectos del proceso de internacionalización sobre la generación de innovaciones radicales e incrementales en la industria manufacturera colombiana?

En virtud de lo anterior, el objetivo de esta investigación es, determinar si los efectos ante un ambiente de internacionalización sobre las innovaciones incrementales y radicales en la industria manufacturera colombiana son significativos en el modelo de regresión multinivel.

Este documento está organizado de la siguiente manera: en la primera sección se dará a conocer la innovación como un proceso multinivel y como el ambiente de internacionalización afecta, además de las trayectorias en tipologías de innovación de las firmas, también las capacidades tecnológicas regionales de los Sistemas de Innovación Regional (en adelante SIR). En la segunda sección se expondrá de forma concisa los determinantes de las innovaciones radicales e incrementales que se encontraron dentro de la literatura, tanto a nivel regional como a nivel firma. En la tercera, se explicara el modelo empírico, consecuentemente el modelo de regresión multinivel y en las últimas dos secciones se darán a conocer los resultados y las conclusiones respectivamente.

³ Las innovaciones incrementales son consideradas como el perfeccionamiento de funcionalidades tecnológicas existentes (Sen & Ghandforoush, 2011)

⁴ Con base a la evidencia que suministra Castillo (2012) en cuanto a los Sistemas de Innovación Sectorial, se decide no incluir el análisis sectorial en esta investigación.

Marco teórico y estado del arte

1. La innovación desde una dimensión regional y empresarial ante un ambiente de internacionalización.

Para desarrollar y comprender el análisis de las dos dimensiones, primero, es necesario entender que la innovación es un proceso multinivel, en donde interactúan los componentes principales de los sistemas de innovación regional con las firmas manufactureras. Segundo, esta interacción puede darse en un ambiente de internacionalización, y por último, en países en desarrollo según los estudios realizados por Porter (1990); Sen & Ghandforoush (2011); Audretsch & Aldridge (2008); Norman & Verganti (2012) revelan que las innovaciones incrementales son más importantes en la dinámica del crecimiento, que las innovaciones radicales. No obstante la evidencia que suministra la encuesta de desarrollo e innovación tecnológica EDIT (IV) para el caso colombiano, revela que el conteo de las innovaciones radicales es mayor al de las incrementales tal como se puede observar en el gráfico 1.

1.1. La innovación a dos niveles de agregación: un análisis multinivel

Hay muchos estudios que definen la innovación como un proceso individual en donde solo se analizan los determinantes de la innovación a nivel empresarial, omitiendo variables a nivel sector y región que podrían explicar la trayectoria innovadora de las firmas manufactureras. No obstante autores como Gupta et al. (2007) afirman que el proceso de innovación al menos involucra dos niveles de análisis, en el primer nivel involucra un actor es decir un agente, un equipo o una organización, y en el segundo nivel un ambiente más amplio en donde los agentes del primer nivel se encuentran inmersos.

Consecuentemente Gupta et al. (2007) concibe dos tipos de análisis multinivel en el proceso de innovación. En primer lugar, analiza el proceso ascendente (*Bottom-up*) de la innovación argumentando que las actividades de innovación se originan desde un comportamiento individual en el que la interacción con otros individuos y grupos permite que emerja hacia niveles superiores. En segundo lugar, el proceso de innovación es

analizado de forma descendente (*top-down*), en donde cada nivel del sistema de innovación se encuentra integrado dentro de un contexto de niveles superiores que pueden ayudar a desarrollar el comportamiento innovador en niveles inferiores. Dentro del análisis descendente se encuentra un efecto a nivel transversal en donde ciertos factores de un nivel superior podrían inducir los resultados de variables dependientes en niveles inferiores. En virtud de lo anterior, este trabajo tomara dos niveles de análisis, regional y empresarial⁵ desde una perspectiva de análisis multinivel descendente o *top down*.

1.2. Un ambiente de internacionalización

El proceso de internacionalización ha sido ampliamente documentado. Dentro de la literatura se encuentra el estudio que hace Andersen (1993) donde expone algunos modelos que describen el proceso de internacionalización de las firmas, enfocándose en el acceso a nuevos mercados de acuerdo a la capacidad que tiene cada firma para exportar y para absorber conocimiento proveniente de la interacción con clientes extranjeros. Otro estudio como el de Lundvall (2004) enfatiza que además, de los diez factores o actividades tradicionales⁶ que influyen en la innovación, hay que también tener en cuenta que: la competencia, la apertura al comercio internacional y el flujo de capitales, también influyen en las actividades y procesos de innovación dentro de los SI.

Por una parte, Laurin & St-Pierre (2012) y Boermans & Roelfsema (2012) afirman que en el proceso de internacionalización contribuye en las trayectorias de innovación de las empresas, argumentando que no solo el sector exportador juega un papel importante, sino en general el comercio internacional, al igual que Shirani (2009) pero extendiendo el análisis en los flujos de inversión extranjera directa (IED). Hay que destacar que estas actividades de intercambio comercial y de movilidad de capitales hacen que se difunda el conocimiento y la tecnología teniendo en cuenta la proximidad geográfica y la distribución espacial que haya entre los países (Keller, 2010; Audretsch & Aldridge, 2009; Audretsch &

⁵ El análisis de esta investigación solo incluye el nivel regional y empresarial, dado que a nivel sector las variables de economía abierta no tienen ningún impacto sobre el conteo de innovaciones (Castillo, 2012).

⁶ I&D, creación de competencias, formación de nuevos productos, articulación a las necesidades del usuario, creación y cambio en organizaciones e instituciones, redes de conocimiento, financiación de la innovación, etc. (Lundvall, 2004).

Feldman, 2006). Por otra Carlsson (2003) enfatiza que el proceso de internacionalización no solo involucra relaciones comerciales que mantienen las firmas, sino también la interacción y la inserción que puedan tener con el mundo exterior, instituciones financieras, universidades, negocios, instituciones políticas, leyes, cultura y normas sociales que hacen parte de un sistema de innovación a nivel regional y nacional.

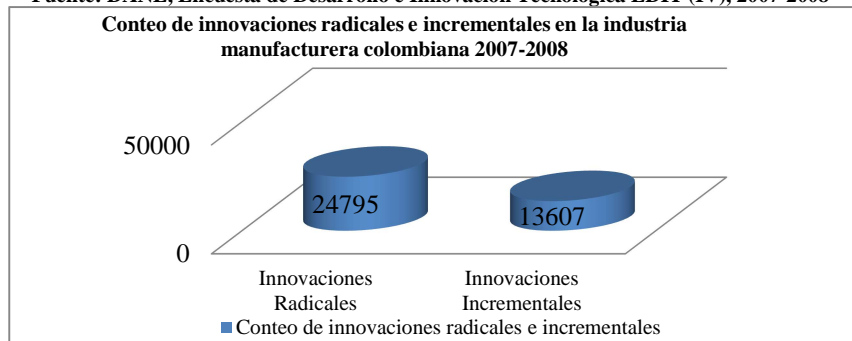
Haciendo un balance el ambiente de internacionalización toma una forma multidimensional, involucrando un proceso en el cual se genera una disposición de intercambio de tipo integral, ya que no solo involucra las actividades que desarrollan las empresas en busca de una inserción internacional, sino también actividades sociales, laborales, académicas, legales, entre otras que abarcan un ambiente más amplio como el regional y el nacional. Por último, la inserción internacional que tienen los SI en países en desarrollo son vitales, no solo por el acceso a nuevas tecnologías, sino también por la participación internacional de creación y difusión de tecnología y conocimiento (Marin & Arza, 2009).

1.3. Las innovaciones en productos nuevos o radicales y productos mejorados o incrementales

Dentro de las investigaciones que hacen la distinción entre innovaciones radicales e incrementales se puede encontrar diferentes definiciones, al igual que diferentes enfoques, en este caso la evidencia ha demostrado que para generar innovaciones radicales e incrementales se necesitan diferentes estructuras económicas, de conocimiento, nuevos procesos y por ultimo tecnología; también se ha identificado que a pesar que los países en desarrollo se tengan las capacidades para desarrollar innovaciones incrementales (Sen & Ghandforoush, 2011), también están adquiriendo y desarrollando las estrategias y capacidades para generar una trayectoria de innovaciones radicales (Hang & Chen, 2008). Como se puede ver en el grafico 1 en el caso colombiano de acuerdo a la encuesta de innovación y desarrollo tecnológico, EDIT (IV), el conteo de innovaciones radicales asciende a 24795, mientras que las innovaciones incrementales ascienden a 13607. Esto evidencia que la industria colombiana ha adoptado las estrategias necesarias para generar

una trayectoria de innovaciones radicales en productos tanto para la empresa, el mercado nacional y extranjero.

Grafico 1. Conteo de innovaciones radicales e incrementales en la industria manufacturera colombiana
Fuente: DANE, Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT (IV), 2007-2008



De acuerdo al estado del arte de esta investigación, las innovaciones radicales se caracterizan: primero, por tener un horizonte de tiempo más largo que las incrementales, entre 5 y 10 años (Norman & Verganti, 2012; Audretsch & Aldridge, 2008); segundo, no se puede copiar fácilmente ya que se debe poseer recursos tecnológicos y de conocimiento avanzados (Ramani & Mukherjee, 2011); por último, el valor económico tiende a ser incierto (Audretsch & Aldridge, 2008). Siguiendo a Schumpeter (1943) las innovaciones radicales son nuevos productos y procesos que son tecnológicamente superiores a los existentes y conducen a la evolución del mercado, por otra parte el concepto que tiene Sen & Ghandforoush (2011) de las innovaciones radicales es el uso y la funcionalidad de tecnologías que no habían sido identificadas.

Por otra parte, las innovaciones incrementales se caracterizan: primero, por tener un horizonte tiempo más corto, entre 6 y 24 meses (Stamm, 2003) como se cita en Audretsch & Aldridge (2008); segundo, se da un perfeccionamiento gradual en los productos utilizando recursos tecnológicos y de conocimiento existentes, además es más fácil de adaptar que las innovaciones radicales (Orlikowski, 1991). Dentro de la literatura las innovaciones incrementales son consideradas como el perfeccionamiento de funcionalidades tecnológicas existentes (Sen & Ghandforoush, 2011) y son significativas en el crecimiento y desarrollo de países emergentes (Porter, 1990).

Porter (1990) identifica tres etapas del desarrollo competitivo de los países. En la primera etapa los países tienen una economía agrícola en donde los factores básicos de producción tales como: recursos naturales y mano de obra no calificada interactúan en un ambiente que tiene una débil estructura institucional, esto como tal representa una restricción para innovar y desarrollar otro tipo de industrias, por lo tanto la tecnología que se utiliza en los procesos productivos es adoptada o imitada de otros países más desarrollados, convirtiendo de esta forma el comercio internacional un canal de difusión tecnológica y de conocimiento.

La segunda etapa es impulsada no solo por el comercio sino también por la inversión, la cual es utilizada para modernizar la infraestructura productora y la capacitación de capital humano, de esta forma las empresas son más eficientes y productivas. Es importante destacar que aunque las empresas siguen dependiendo de tecnología y conocimiento proveniente del exterior, las estrategias de innovación no solo permiten adaptar la tecnología a las condiciones locales, sino mejorarla de forma incremental. También hay que tener en cuenta que las instituciones y los componentes del SI evolucionan mejorando las capacidades tecnológicas tanto regionales como empresariales.

La tercera etapa es motivada principalmente por la innovación la cual es el motor de crecimiento de la economía, en esta etapa las empresas no solo adaptan y mejoran la tecnología de forma incremental, sino también la crean. Esta etapa es caracterizada por tener capital humano altamente calificado capaz de crear nuevos productos y de mejor calidad, el ambiente institucional es el propicio para que los componentes del SI interactúen y desarrollen las estrategias y las capacidades necesarias para trazar una trayectoria de innovaciones radicales e incrementales (Lopez-Claros, 2011).

Habiendo hecho la distinción entre innovaciones radicales e incrementales y teniendo en cuenta la evidencia dentro del contexto internacional, en cuanto a la importancia que tiene las trayectorias de innovaciones incrementales en países en desarrollo, se plantea la siguiente hipótesis para el caso colombiano tomando los datos de la EDIT (IV):

H1: Siendo Colombia un país en desarrollo, se cumple que la participación de las innovaciones incrementales es mayor que las innovaciones radicales, dentro de los patrones de innovación en la industria manufacturera.

1.4. Los sistemas de innovación regional (SIR) en un ambiente de internacionalización.

Los Sistemas de Innovación Regional (SIR) comprende las dimensiones sistemáticas del proceso de innovación, cuya función es desarrollar capacidades tecnológicas regionales mediante la interacción de sus componentes, para crear un ambiente en el que las firmas puedan generar estrategias para agregar valor a sus productos y servicios (Padilla-Pérez et al. 2009). En este proceso la dinámica de interacción entre los diferentes componentes del sistema de innovación (instituciones⁷, organizaciones e individuos) es crucial en el desarrollo de las capacidades innovadoras de las empresas. La taxonomía de un SIR está compuesta por los siguientes componentes: multinacionales subsidiarias, firmas locales, universidades y centros de educación, centros de investigación públicos, sector público y organizaciones privadas (Padilla-Pérez et al. 2009).

Asheim & Coenen (2005) definen los SIR como un conglomerado de instituciones que apoyan los procesos de innovación dentro de una estructura de producción regional. En esta parte los conglomerados se refieren a la concentración geográfica de empresas que hacen parte de una industria (Pietrobelli & Rabellotti, 2004).

Los SIR en países más desarrollados y en países en desarrollo enfrentan diferentes desafíos ya que se encuentran inmersos en distintas áreas geográficas con diferentes estructuras institucionales (Padilla-Pérez et al. 2009). Los estudios de Pietrobelli & Rabellotti (2006); (2007); Yun-Chung, Vang, & Chaminade (2008) han identificado algunos obstáculos que tienen los SIR en países en desarrollo tales como: débil estructura institucional, escasez de conocimiento local y estrategias de innovación dirigidas hacia la imitación. La escasez de

⁷ Siguiendo a North (1990) las instituciones son las reglas de juego que de alguna forma crean incentivos para ahorrar, invertir e innovar, estas reglas ayudan a formar la interacción humana a través de un proceso racional y político.

conocimiento local hace que las firmas locales dependan del conocimiento y tecnología que se encuentra distante a su ubicación geográfica. Esta dependencia tecnológica incentiva el proceso de internacionalización en donde los flujos de comercio, inversión extranjera directa IED se convierten en canales de difusión tecnológica.

En primer lugar, hay que entender que en países en desarrollo existe una relación entre la dinámica comercial transfronteriza de doble vía y la innovación, ya que una de las principales fuentes de progreso tecnológico en estos países es la capacidad que tienen para absorber tecnología proveniente de países más desarrollados (Seker, 2009). Las investigaciones de Seker (2009); Keller (2010) y Lefebvre & Lefebvre (2002) coinciden en que el aumento de la productividad de las empresas está correlacionado de forma positiva con el comercio internacional. De esta manera el aumento de la productividad en parte es explicada por el *learning by exporting*, que es una conducta evolutiva donde las empresas ofrecen productos de mejor calidad en el mercado internacional, en este caso las empresas innovan para cumplir con los estándares exigidos en los mercados internacionales, y el *learning by importing* de acuerdo a Seker (2009) y Vogel & Wagner (2008) como la absorción de conocimiento y tecnología causado por la interacción con proveedores extranjeros de bienes intermedios.

En segundo lugar, dentro del proceso de internacionalización la IED causa por un lado, a nivel sectorial una difusión tecnológica hacia adentro (Keller, 2010) (ver Castillo (2012) sección 1.2), por otro lado, a nivel regional hay una difusión tecnológica hacia fuera, la cual da lugar a la interacción de firmas locales con empresas que están localizadas en otras regiones geográficas y que poseen un alto grado de inversión en I&D (Keller, 2010).

Luego de haber identificado las clases de difusión tecnológica dentro de un proceso de internacionalización sobre los SIR y siguiendo la perspectiva de las innovaciones radicales e incrementales, frente a las etapas del desarrollo competitivo de los países propuesto por

Porter (1990), se plantea desde el punto de vista teórico la siguiente hipótesis.

H2: Las variables de internacionalización se relacionan significativamente con las innovaciones radicales e incrementales. Teniendo en cuenta que las causalidades de estas variables a nivel región y firma pueden arrojar diferentes interpretaciones.

2. Determinantes del comportamiento innovador de la industria colombiana regional

Las investigaciones que se han realizado sobre el desempeño innovador por lo general miden la innovación teniendo en cuenta las patentes como producto final después de haber realizado un proceso de innovación (Zuluaga et al. 2013). Otras investigaciones como la de Bhattacharya & Bloch (2004) identifican que no hay un consenso para medir el desempeño innovador, por esta razón los investigadores utilizan variables proxy tales como: tamaño, gasto en I&D, conteo de innovaciones, el número de personas de la empresa que participa en actividades de I&D entre otros. En esta sección se presentara de forma concisa los determinantes que comúnmente constituyen el comportamiento innovador de las firmas, teniendo en cuenta que dentro de la literatura sobre innovación, son escasas las investigaciones que identifican los determinantes de las innovaciones radicales e incrementales en la dimensión empresarial y regional.

2.1. Los determinantes de la innovación desde una dimensión regional

Dentro de los estudios de economía espacial y regional los *spillovers* tecnológicos y de conocimiento se relacionan con los patrones de innovación regional, considerando el trabajo de Audretsch & Aldridge (2009) la proximidad geográfica entre firmas y regiones ayuda a difundir el conocimiento necesario para aumentar la productividad de las empresas y componentes del SIR. A pesar de la relevancia de los *spillovers*⁸ en la propagación del nuevo conocimiento dentro de los SIR, Krugman (1991) por su parte argumenta “...que los flujos de conocimiento son invisibles y no dejan ningún registro con

⁸ De acuerdo a Castillo (2012) los *spillovers* no solo son importantes en el desarrollo de capacidades tecnológicas regionales, sino también en el desarrollo de los componentes principales o *Building Blocks* dentro del Sistema de Innovación Sectorial, el cual está compuesto por: proveedores, productores, usuarios, universidades, centros de investigación, redes, instituciones públicas y privadas, tecnología y conocimiento.

el cual pueda ser medidos...”. Viendo la dificultad para medir los spillovers, esta investigación hará un estudio de las siguientes variables que en parte explican el comportamiento innovador de forma radical e incremental, y que a su vez se relacionan con los componentes del SIR desde una dimensión regional y empresarial.

– **Las variables de un ambiente de internacionalización (Importaciones y exportaciones per cápita e índice de apertura comercial)**

La evidencia de investigaciones tales como: la de Keller (2010); Padilla-Pérez et al. (2009); Bernard & Jensen (1999); Lefebvre & Lefebvre (2002) y Vogel & Wagner (2008) han mostrado que a medida que las empresas tienen una mayor participación del mercado exterior, es decir interactúan tanto con clientes, como proveedores extranjeros, generan un efecto positivo tanto en términos de productividad como en la trayectoria de innovaciones incrementales, por otro lado un reciente estudio que hace Turco & Maggioni (2013) muestra que las exportaciones se relacionan con las innovaciones radicales, en la medida que las empresas exportan y tienen relaciones comerciales con clientes extranjeros, las capacidades innovadoras mejoran, la participación en el mercado internacional se amplía al crear nuevos productos.

– **Capital Humano**

Dentro de la taxonomía de las capacidades tecnológicas regionales que expone Padilla-Pérez et al. (2009), uno de los componentes importantes dentro de un sistema de innovación, son las universidades y los centros de investigación, ya que la función de este componente es la formación de capital humano el cual juega un papel importante en el crecimiento económico (Lucas, 1988) y el desarrollo de nuevos proyectos de investigación científica. La dinámica de este componente es generar un impacto, tanto en las habilidades como en las capacidades de la población económicamente activa para generar nuevas ideas que se ven materializadas en trayectorias de innovaciones radicales e incrementales.

– **Tasa de desempleo**

“Para hacer la interpretación entre la innovación y el desempleo se debe tener en cuenta que un proceso puro de innovación está enfocado: primero, a reducir las cantidades de los factores (incluido el trabajo) requeridos para obtener una unidad de producto (Harrison, et al, 2008). De esta manera la interpretación, en términos agregados, implica que en aquellos espacios geográficos donde la difusión tecnológica y de conocimiento es más lenta se tiende a tener una tasa de desempleo más alta, lo cual explica el desempeño innovador de las firmas” (Castillo, 2012).

– **Proximidad a la capital y variables institucionales**

Dentro de la rama de la geografía económica se estudia el efecto que tiene las proximidades geográficas en la difusión de conocimiento y tecnología a un menor costo, en áreas geográficas donde hay escases de estos recursos que son importantes para en la generación de innovaciones incrementales y radicales y consecuentemente crecimiento económico. En Colombia la distribución geográfica de los componentes (universidades, instituciones gubernamentales, centros de investigación, cadenas productivas, entre otros) del SIR se encuentran concentrados en la capital, de esta manera las grandes ciudades se convierten en centros de innovación ya que tienen una diversidad en recursos y conocimiento (Jacobs, 1969) como se cita en (Feldman & Audretsch, 1998).

El rol que juegan las instituciones dentro del SI sobre todo en países en desarrollo, es de vital importancia, siendo las instituciones las reglas de juego, normas y hábitos que llevan a los individuos a tomar decisiones que involucran procesos de innovación, de esta manera el desempeño institucional se relaciona con las conductas innovadoras de la región (Lundvall, 2007).

– **Inversión en I&D**

Dentro de la dinámica de la innovación, la producción de conocimiento y el surgimiento de ideas nuevas permiten desarrollar capacidades y estrategias que ayudan a mejorar no solo la

productividad (Arbeláez & Parra, 2009), sino también las dotaciones tecnológicas y de conocimiento regional (Johansson & Karlsson, 2009). Por esta razón las empresas deciden invertir en investigación y desarrollo I&D. La inversión en I&D además de generar beneficios, también demanda altos costos (Filipescu, 2007), lo cual se convierte en una restricción para las empresas locales. De esta manera las capacidades tecnológicas regionales dependen, por una parte de firmas locales y por otra de multinacionales que canalizan recursos para invertir en I&D a través de sus subsidiarias. (Padilla-Pérez et al. 2009).

2.2. Determinantes a nivel firma

Dentro de la taxonomía de las capacidades tecnológicas regionales que expone Padilla-Pérez et al. (2009), se encuentran inmersas las capacidades tecnológicas de las empresas las cuales van a ser explicadas por los siguientes determinantes.

– Tamaño

La hipótesis schumpeteriana del tamaño se encuentra ampliamente documentada dentro de las investigaciones que relacionan el tamaño de las empresas con la innovación. Esta hipótesis surge con los trabajos de Schumpeter (1934); (1943) los cuales afirman que las empresas de mayor tamaño incurren en procesos de destrucción creativa. Otras investigaciones como las de Cohen (2010); Audretsch & Aldridge (2008) afirman que los patrones de innovaciones radicales e incrementales dependen del tamaño de la empresa.

Por su parte Cohen (2010) ha encontrado evidencia para afirmar que las empresas de mayor tamaño tienden a tener trayectorias de innovaciones incrementales que las de menor tamaño. De esta manera se hace relevante estudiar el tamaño la empresa como un determinante de la innovación, pues a partir de este se puede identificar las trayectorias de innovación de las empresas.

– **Redes de cooperación y conocimiento**

Las llamadas redes de cooperación y de conocimiento han sido objeto de estudio debido a su gran impacto en el desempeño innovador de las empresas. Tsai (2009) afirma que las empresas innovan en la medida que estas se relacionan e interactúan con diferentes cooperadores tanto locales como extranjeros tales como: proveedores, clientes, competidores, centros de investigación entre otros, por otra parte Gulati et al (2000) complementa este análisis, argumentando que hay un intercambio de conocimiento que surge de la interacción de estas redes estratégicas. Vinculando este análisis a los sistemas de innovación vemos que la interacción de los componentes del SIR es una interconexión de redes cooperadoras que incentivan el desarrollo de innovaciones radicales e incrementales.

– **Financiación en I&D**

Es importante entender que las empresas de acuerdo a su restricción presupuestal financian actividades de I&D (Hall & Lerner, 2009) que conduzcan a la creación de innovaciones radicales e incrementales ante un ambiente competitivo. Para el caso colombiano de acuerdo a la EDIT (IV) las firmas que tienen una alta propensión para financiar actividades de I&D son las que se consideran grandes empresas, ya que estas por su tamaño pueden acceder a capitales de entidades financieras tanto nacionales como extranjeras. Hay que destacar que las instituciones gubernamentales y las políticas encaminadas a la innovación cumplen una labor importante dentro de los SI, generando incentivos que además de promover la producción de conocimiento científico y tecnológico, también financian actividades de I&D a través de los centros de investigación públicos (Padilla-Pérez et al, 2009).

– **Capital humano**

La capacidad innovadora de las empresas depende principalmente de los recursos intelectuales y de conocimiento, en otras palabras la acumulación de capital humano y de

conocimiento es un determinante para generar conductas de innovación radical e incremental, el estudio que hace Subramaniam & Youndt (2005) revela que las capacidades innovadoras de forma radical están asociadas a la transformación de conocimiento y las habilidades que posee la mano de obra altamente calificada, por otra parte las capacidades innovadoras de forma incremental están relacionadas con el mejoramiento del conocimiento y las habilidades existentes dentro del capital intelectual. En este orden de ideas el capital humano refuerza las capacidades tecnológicas de las empresas, creando habilidades para usar, transformar, absorber y transferir nuevos conocimientos y tecnología. (Hoffman et al, 1998; Wignaraja, 1998).

– **Capital extranjero**

Tal como se explicó en la sección 1.4 la movilidad de capitales genera spillovers de conocimiento y tecnología que son absorbidos y transformados en innovaciones que pueden ser de tipo incremental y radical.

3. Metodología

Modelo empírico

La expectativa de las firmas, cuando generan un comportamiento innovador es de aumentar sus ganancias gracias al mejoramiento significativo o desarrollo nuevos productos (Dougherty, 1992), de acuerdo a Baldwin et al. (2000) los retornos post-innovación está representado en la ecuación (1) donde r_i^* es la ganancia esperada después que la firma i desarrolla una innovación, la representación de variables exógenas de un grupo específico de firmas e industrias está dado por x_i y por último u_i representa el residuo.

$$r_i^* = bx_i + u_i \quad (1)$$

Dado que Baldwin et al. (2000) identifica que r_i^* no es una variable que se pueda observar directamente, introduce la variable I_i la cual permite identificar cuando una empresa innova o no, de la siguiente manera:

$$I_i > 0 \text{ si } r_i^* > 0 \quad (2)$$

$$I_i = 0 \text{ lo contrario} \quad (3)$$

Seguendo a Baldwin et al. (2000) los retornos esperados de la innovación, teniendo en cuenta las características de la empresa y la industria a la que pertenece, es la siguiente:

$$E(r_i^* | x_i) \quad (4)$$

Por consiguiente la probabilidad de observar que una empresa es innovadora está representada por:

$$Prob(I_i > 0) = Prob(u_i > -bx_i) = 1 - F(-bx_i) \quad (5)$$

Donde F es la función de densidad acumulada de los u_i residuos.

3.1. Naturaleza de las variables dependientes

La elección del modelo estadístico se basa en supuestos sobre la forma de los residuos. Si se ajusta a una función logística siendo la variable dependiente binaria, el modelo logit es el más apropiado (Baldwin et al., 2000). No obstante, observando las características de los datos que se extraen de la EDIT (IV), se identifica que la naturaleza de las variables dependientes es de conteo y toma valores discretos y positivos tal como vemos en la *tabla 1*, y por último la distribución tal como se ve en los *gráficos 3 y 4* describe un proceso Poisson⁹, en este caso un modelo Poisson o Binomial Negativo serían los más apropiados.

Las empresas desarrollaran capacidades y aplicaran estrategias distintas en el desarrollo de diferentes tipologías de innovación. Para el caso colombiano la EDIT (IV) proporciona información de los conteos de innovación por tipologías. De las 9 tipologías de innovación se extraen de la encuesta 6 de ellas y se clasifican en dos grupos de la siguiente forma: las innovaciones de bienes o servicios nuevos para la empresa, mercado nacional e internacional se clasifican como innovaciones radicales y las innovaciones de bienes o servicios mejorados significativamente para la empresa, mercado nacional e internacional se clasificaran como innovaciones incrementales.

⁹ Winkelmann (2008) como se cita en Castillo (2012) describe el proceso Poisson como un proceso de conteo especial en el que se lleva a cabo un proceso estocástico. Este proceso estocástico es la acumulación de variables aleatorias (en un espacio de probabilidad) en determinado tiempo.

Analizando la *tabla 1* observamos que dentro de la muestra existen más observaciones con valor de cero, ya que en los países en desarrollo muy pocas empresas innovan (Padilla-Pérez et al, 2009). En Colombia solo el 23.88% de las empresas innova de forma radical mientras que el 19.06% innova de forma incremental.

Tabla 1: Estadísticas descriptivas del conteo de innovaciones radicales e incrementales.
Fuente: Cálculos Basados en la EDIT (IV)

Variables dependientes	Conteo de innovaciones radicales	Conteo de innovaciones incrementales
Media	4.70	2.58
Varianza	2380.84	750.54
Desviación Estándar	48.79	27.40
Valor Max	1799	932
Valor Min	0	0
Valores Negativos	0	0
Valores Positivos	1259	1005
Valores cero	4014	4268
Curtois	591.20	647.34
Observaciones	5273	5273

Como consecuencia de los excesivos ceros en la muestra, el supuesto de equis-dispersión¹⁰ en el modelo Poisson se viola dado que la varianza no es igual a la media (Winkelmann, 2008). Sin embargo, Lambert (1992); Long (1997) y Winkelmann (2008)) sugieren que en este caso se debe adoptar un modelo Poisson Inflado de Ceros, ZIP (*Zero-Inflated Poisson*).

3.2. Modelo Poisson Inflado de Ceros ZIP multinivel

Analizando los histogramas se observa que el conteo de innovaciones radicales e incrementales proviene de una distribución Poisson, por lo tanto el modelo Poisson es el más indicado.

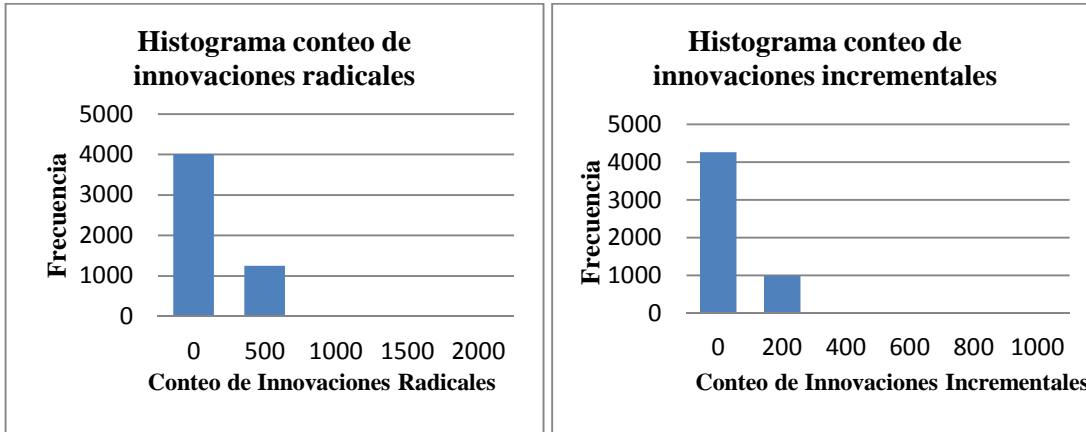
Grafico 2. Histograma de conteo de innovaciones radicales.

Fuente: Cálculos Basados en la EDIT (IV)

Grafico 4. Histograma de conteo de innovaciones Incrementales.

Fuente: Cálculos Basados en la EDIT (IV)

¹⁰ La media es igual a la varianza (Long, 1997).



De acuerdo a Winkelmann (2008) los modelos que tienen excesivos ceros o que son inflados en ceros tienen la particularidad de darle dos interpretaciones a los ceros, en este caso se podría clasificar a las empresas de la EDIT (IV) en dos grupos. En primer lugar, se tiene los ceros estructurales con una probabilidad de π_i representan a las empresas que siempre tienen cero conteos de innovación dado que las empresas estructuralmente no cumplen con las capacidades tecnológicas; en segundo lugar, los ceros circunstanciales con una probabilidad de $(1 - \pi_i)$ pueden ocurrir por lo siguiente: a pesar que las empresas cumplen con las capacidades tecnológicas para desarrollar innovaciones no lo logran al final del periodo, o porque al momento de realizar la encuesta todavía estaba en proceso la innovación (Long, 1997). En este caso los valores positivos pueden originarse con una probabilidad de $(1 - \pi_i)$ expresado en las siguientes ecuaciones:

$$P(Y = y_i) \begin{cases} \pi_i + (1 - \pi_i) e^{-\mu}, & y = 0 \\ (1 - \pi_i) \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}, & y_i = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (8)$$

De esta forma el conteo de innovaciones radicales e incrementales está representado en el siguiente proceso: $(1 - \pi_i) \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}, para y_i \geq 0 \quad (9)$

Donde $\mu = E(Y)$. El modelo ZIP estima de manera simultánea los parámetros μ y π dada las siguientes distribuciones: $\log(\mu) = B\beta \quad (10)$

$$\text{logit } t(\pi_i) = \log\left(\frac{\pi_i}{1-\pi_i}\right) = G\gamma \quad (11)$$

En esta parte el modelo logit estima la probabilidad de no innovar (π_i) es decir modela los ceros estructurales, mientras que el modelo Poisson permite encontrar no solo la probabilidad que ocurra los ceros circunstanciales, sino también la probabilidad de que una innovación ocurra (μ_i), en este orden de ideas la probabilidad de innovar y no innovar se calculan con la ecuación (8). De acuerdo Long (1997) hay que tener en cuenta que el método de estimación del modelo ZIP es el de máxima verosimilitud.

Entendiendo el proceso de innovación como un fenómeno multinivel, el modelo ZIP se desarrollara como un ZIP multinivel con intercepto aleatorio¹¹. Es destacable mencionar que las ventajas¹² de un modelo ZIP multinivel generalmente se asocian con la estructura jerárquica de los datos. Una de las limitaciones del modelo es que no corrige la sobre dispersión. No obstante los estimados del modelo Poisson se acercan a los del modelo Binomial Negativo Inflado de Ceros ZINB (*Zero-Inflated Negative Binomial*) (Long, 1997).

El reciente estudio que hace Wang et al, 2012 menciona que la sociedad no debe ser estudiada de forma aislada dada la existencia de grupos y subgrupos que podrían representar distintos niveles de agregación. Para el caso colombiano la EDIT IV clasifica a las empresas de acuerdo a la región y actividad económica considerada la estructura de los datos la implementación de un modelo multinivel permite evitar las inferencias falsas que arrojan otros modelos por omitir la estructura jerárquica de los datos. Los modelos multinivel también evitan cometer errores de tipo I y sesgos de agregación que consisten en hacer inferencias estadísticas a nivel individual a partir de datos agregados, también conocido como la falacia ecológica (Robinson, 1950) como se cita en Wang et al, 2012.

¹¹ Para un mejor detalle del desarrollo de modelos multinivel ver Castillo (2012) sección 3.2

¹² También hay que tener en cuenta que el problema de sobre-dispersión en la muestra puede ser una limitación para el modelo ya que se puede incurrir en sesgos, por esto es recomendable usar un modelo Binomial Negativo Inflados de Ceros (ZINB). Sin embargo Long (1997) afirma que la diferencia entre los estimados entre el ZINB y el ZIP son minimas por lo tanto ambos resultados son robustos.

3.3. Los datos

Las variables que componen el primer nivel fueron construidas a partir de la EDIT (IV) para los años 2007 y 2008, de esta encuesta se toman 5273 empresas. Las variables a nivel región fueron construidas teniendo en cuenta los 32 departamentos de Colombia con datos de varias fuentes como el DANE, DNP, Ministerio de educación, Ministerio de Comercio Industria y Turismo, DIAN, Proexport. Hay que aclarar que las variables continuas fueron estandarizadas para hacerlas comparables entre ellas.

3.7. Medidas

3.7.1. Variables dependientes:

- Conteo total de innovaciones radicales e incrementales, cada variable está compuesta por la sumatoria de tres tipologías cada una, las cuales se extraen de la EDIT (IV) para los años 2007-2008.

3.7.2. Variables Independientes

Tabla 2. Variables Independientes

Nivel	Variables	Descripción
I	Tamaño	Según el número de empleados se toma el promedio entre 2007-2008. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008. (Estandarizada)
	Firmas con Capital extranjero	Las empresas con más del 25% de capital extranjero se considerara empresa extranjera, de esta forma se utiliza una variable binaria donde 1 son empresas extranjeras y 0 lo contrario. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008. (Dummy)
	Redes Internas	Los departamentos de las empresas que participan en el desarrollo de innovaciones, redes internas que utilizo la firma sobre el total de redes (Int+Exter). Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008. (Estandarizada)
	Registros de Propiedad Intelectual	Sumatoria de las tipologías de propiedad intelectual que la firma registró. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008. (Estandarizada)
	Porcentaje de capital nacional privado	Se calculó el total de recursos propios, extranjeros y públicos sobre el total de los recursos Privados invertidos en I&D. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008. Fuente: EDIT IV para los años 2007-2008. (Estandarizada)
	Porcentaje de capital extranjero privado	Se toma las empresas que dentro de su capital tienen algún porcentaje de capital extranjero privado Fuente: EDIT III para los años 2005-2006. (Estandarizada)
	Nivel Educativo: Prof, Mas, PhD en I&D	Numero empleado personas con Doctorado, maestría y profesionales en I&D sobre el total empleado. EDIT IV para los años 2007-2008. (Estandarizada)
	Nivel Educativo: técnicos en I&D	Numero empleado de técnicos en I&D sobre el total empleado. EDIT IV para los años 2007-2008. (Estandarizada)

2	PIB per cápita	Promedio PIB (2007-2008) sobre población total. Fuente: DANE. (Estandarizada)
	Gestión Pública Territorial	Es el promedio de la calificación que obtiene cada departamento en cuanto a la gestión pública. Fuente: DANE, Encuesta sobre Ambiente y Desempeño Institucional Departamental EDID 2008
	Distancia a la Capital	Kilómetros de distancia a la capital. Fuente: Google Earth. (Estandarizada)
	Índice de apertura comercial de la región.	Es la proporción entre el promedio de las importaciones más las exportaciones y la producción para los años 2007 y 2008. Fuente: DANE, comercio exterior. (Estandarizada)
	Inversión nacional por entidad territorial en I&D	Promedio de la Inversión en I&D por departamento para los años (2007-2008). Fuente: OCYT. (Estandarizada)
	Tasa de desempleo por departamento	Promedio de la tasa de desempleo por departamento (2007-2008) Fuente: DANE, mercado laboral
	Número de PhDs por departamento	Promedio del número de personas con doctorado años 2007-2008. Fuente: Ministerio de Educación
	Número de personas con maestría	Promedio del número de personas con maestría años 2007-2008. Fuente: Ministerio de Educación
	Grupos de Investigación Activos	Promedio de grupos de investigación activos entre 2007-2008. Fuente OCYT. (Estandarizada)

4. Resultados

Para probar la hipótesis 1 primero hay que entender que dentro de un contexto internacional las trayectorias de innovaciones incrementales predominan sobre las radicales. Sin embargo esta teoría no se cumple dentro del sistema de innovación colombiano dado que el conteo de innovaciones radicales asciende a 24795 con una participación de 64.57%, mientras que las innovaciones incrementales ascienden a 13607 con una participación de 35.43%, por lo tanto se rechaza la hipótesis 1. . Por otra lado, analizando el sistema de innovación colombiano a la luz de las etapas del desarrollo competitivo de los países propuesto por Porter (1990) se identifica que hay una transición entre la etapa que depende de innovaciones incrementales hacia la etapa que depende de las innovaciones radicales.

Es importante resaltar que la transición entre estas dos etapas debe estar acompañada en primera instancia: del fortalecimiento de la estructura institucional dentro del sistema de innovación colombiano, además de una buena interacción entre los componentes del sistema de innovación (universidades, centros de investigación, sector público, empresas locales, empresas extranjeras y el sector privado) Padilla-Pérez et al. (2009) que no solo permita el desarrollo de nuevas ideas sino también promover el espíritu emprendedor.

De acuerdo a Etzkowitz (2004) como se cita en Brundenius, Lundvall, & Sutz (2009) las universidades de emprendimiento cumplen un rol importante dentro de los sistemas de innovación en países en desarrollo ya que estas representan la capitalización del conocimiento, en otras palabras las universidades se convierten en actores económicos en la medida que estas creen una sinergia que supla el conocimiento necesario para crear patrones de innovación y desarrollo tecnológico.

Para probar la hipótesis 2 se corren dos modelos uno para las innovaciones radicales y otro para las innovaciones incrementales, después de correr los dos modelos se obtiene un pseudo R^2 de 4.83% para las innovaciones radicales y 3.29% para las innovaciones incrementales. Las variables de internacionalización que se incluyen a nivel firma son: firmas con capital extranjero y porcentaje dentro de la empresa de capital extranjero privado, y a nivel región el índice de apertura comercial. En la tabla 3 de resultados se puede observar, por una parte, la importancia del primer nivel predomina con más variables significativas que el nivel regional, por otra las variables de internacionalización se relacionan de forma significativa con las innovaciones radicales e incrementales, probando de esta forma las *H2*.

Analizando los resultados la hipótesis schumpeteriana (Schumpeter, 1934; 1943) del tamaño (medido con el número de personas empleado en la empresa) se cumple para las dos tipologías de innovación, las redes se relacionan significativamente y de forma positiva (Tsai, 2009) con las dos tipologías, al igual que el capital humano calificado empleado en actividades de I&D dentro de la empresa, junto con los registros de propiedad intelectual. Sin embargo, cuando involucran técnicos en el departamento de I&D el conteo de innovaciones radicales e incrementales dentro de la empresa disminuye por un problema estructural dentro de la educación técnica (Gómes, 1995) como se cita en Castillo (2012), otra interpretación dentro del contexto que plantea Hoffman et al, (1998); Wignaraja (1998) el personal técnico no ha desarrollado las habilidades para usar, transformar, absorber y transferir nuevos conocimientos y tecnología. De acuerdo a lo anterior se hace evidente la debilidad que tiene uno de los componentes principales del SI colombiano, este

componente son las universidades y centros de educación técnica requerida para incrementar las capacidades tecnológicas regionales.

Conclusiones

La interpretación de las variables de internacionalización dentro de un contexto en el que las firmas locales están dispuestas a un proceso de intercambio comercial en un ambiente externo, se torna ambigua debido a la diferencia de signos en las variables: firmas con capital extranjero y porcentaje de capital extranjero privado dentro de la empresa.

En este caso el resultado de la variable, firmas con capital extranjero es negativo porque el hecho de tener capital extranjero no es una condición necesaria para que las innovaciones sean generadas por firmas locales con capital extranjero, sino que provienen de empresas extranjeras, es decir hay una dependencia tecnológica por parte de las empresas que se localizan en los países en desarrollo, en donde los recursos tecnológicos tienen un stock de conocimiento limitado y escasos en capital y mano de obra calificada.

Siguiendo a Marin & Arza (2009) las multinacionales usualmente promueven la importación de bienes de capital, el uso de patentes y alianzas estratégicas, convirtiéndose en una de las principales formas de introducir tecnología dentro del sistema de innovación. Por otra parte Joseph (2007) como se cita en Castillo (2012) la transferencia tecnológica se da de forma incompleta “porque los importadores adquieren productos intermedios y finales, en el que el flujo de información es limitado para el importador, ya que desconoce los procesos y la tecnología que se utilizó en el proceso productivo”. No obstante, el resultado de la variable firmas con capital extranjero podría contradecir lo anterior, en la medida que las firmas locales posean las capacidades para absorber tecnología proveniente del exterior por medio de subsidiarias (Blit, 2011), para posteriormente adaptarla dentro del sistema de innovación; en este caso el signo sería positivo.

Ilustración 1. Resultados de los modelos Logit y Poisson de las innovaciones radicales e incrementales.

Variables	Logit Radicales		Logit Incrementales		Poisson Radicales		Poisson Incrementales	
		CD		CD		CD		CD
Firmas con Capital Extranjero	-0.341 *		-0.246		-0.487***		-0.214***	
	-0.207		-0.213		-0.0298		-0.0405	
Promedio Personal Empleado 2007-2008	-0.471***		-0.438***		0.0804***		0.0849***	
	-0.0492		-0.0457		-0.00226		-0.00303	
% de capital nacional privado	0.105		0.00853		0.352***		0.166***	
	-0.0906		-0.098		-0.0265		-0.0228	
% de capital extranjero privado	0.0071		0.00304		0.0269***		0.0181***	
	-0.00471		-0.00499		-0.00125		-0.00111	
Redes Internas	-0.969***		-0.839***		0.139***		0.000629	
	-0.0392		-0.0403		-0.00864		-0.0123	
Capital Humano en I&D PhD, Master, Bachelor	-0.379***		-0.347***		0.0347***		0.0206***	
	-0.0419		-0.0398		-0.00444		-0.00707	
Capital Humano en I&D Técnicos	-0.130***		-0.189***		-0.190***		-0.0945***	
	-0.0338		-0.0365		-0.00923		-0.00771	
Registros de Propiedad Intelectual	-0.191***		-0.227***		0.0157***		0.0629***	
	-0.0361		-0.0355		-0.00379		-0.00379	
PIB Per cápita	-0.152		0.589***		0.0536		-0.41	
	-0.302		-0.192		-0.281		-0.352	
Tasa de Desempleo	0.0761		-0.191		0.818		-0.76	
	-0.537		-0.389		-0.518		-0.665	
Índice de Apertura Comercial	0.0722		-0.206		0.904***		0.697**	
	-0.283		-0.187		-0.254		-0.33	
Inversión en I&D	-0.981		0.767		-0.387		-0.751	
	-1.37		-0.928		-1.348		-1.725	
Distancia a la Capital	0.0695		0.13		-0.660***		-0.833***	
	-0.216		-0.121		-0.207		-0.263	
Numero de PhDs	0.302		-0.57		0.364		0.0383	
	-0.683		-0.449		-0.683		-0.886	
Numero de Masters	-0.571		0.0568		-0.0632		-0.593	
	-0.56		-0.188		-0.616		-0.827	
Grupos de Investigación Activos	1.289		-0.447		0.127		1.314	
	-1.018		-0.659		-0.995		-1.265	
Gestión pública territorial	0.00439		-0.0763		0.503**		0.809**	
	-0.264		-0.136		-0.256		-0.344	
Constante	1.684***	-0.618**	2.179***	-19.42	1.504***	-0.450***	1.918***	-0.145
	-0.372	-0.268	-0.31	-1.52E+07	-0.325	-0.17	-0.386	-0.165
Observaciones	5,273	5,273	5,273	5,273	1,259	1,259	1,005	1,005
Numero de grupos	32	32	32	32	32	32	32	32
LL Modelo vacío	-2865.7436		-2550.7803		-52593.517		-24324.134	
LL Modelo Lleno	-2186.5557		-2015.0509		-50862.176		-23149.701	
Pseudo R2	23.70%		21.00%		3.29%		4.83%	

Fuente:

Cálculos del autor Basados en la EDIT (IV)

A nivel región el índice de apertura comercial genera un efecto mayor en innovaciones radicales que en las incrementales, por lo tanto se cuenta con evidencia para afirmar que las

variables de internacionalización tienen un mayor efecto en el desempeño innovador de las empresas de forma radical que incrementa

Dentro de la composición del índice de apertura comercial (IAC), las exportaciones y las importaciones forman parte de la difusión tecnológica. A la luz del sistema de innovación colombiano a medida que crecen las exportaciones, mejor es el desempeño innovador de la región, esto como consecuencia de la interacción con los consumidores de regiones distantes. De acuerdo a Padilla-Pérez et al, (2009) los compradores extranjeros son un recurso potencial de tecnología y la inserción en mercados internacionales ayuda a los exportadores a estar informados de nuevos productos y procesos.

Las importaciones son el otro componente importante dentro del IAC. Siguiendo a Seker (2009) las importaciones de bienes intermedios se relacionan con un mejor desempeño de las firmas impulsando el crecimiento y la introducción de nuevas innovaciones tecnológicas.

A nivel región el índice de apertura comercial genera un efecto mayor en innovaciones radicales que en las incrementales, por lo tanto se cuenta con evidencia para afirmar que las variables de internacionalización tienen un mayor efecto en el desempeño innovador de las empresas de forma radical que incremental.

Para terminar es importante incluir los conteos de otras tipologías de innovación como la de procesos y distribución que aparecen en la EDIT IV, también se recomienda utilizar otro tipo de modelos como el Binomial Negativo Inflado de Cero ZINB.

En cuanto a recomendaciones de política es necesario no solo fortalecer los componentes del SIR colombiano, las universidades y los centros de investigación, sino también crear un ambiente institucional en el que las firmas y los componentes del SIR interactúen y permitan hacer una transición de un SI de nivel intermedio a uno avanzado de acuerdo a la taxonomía de los SIR que propone (Padilla-Pérez et al, 2009).

Referencias

- Andersen, O. (1993). On the Internationalization Process of Firms: A Critical Analysis. *Journal of International Business Studies*, 24(2), 209-231.
- Arbeláez, M. A., & Parra, M. (2009). Innovation, R&D Investment and Productivity in Colombia. Fedesarrollo.
- Asheim, B. T., & Coenen, L. (2005). Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research Policy*, 34, 1173-1190.
- Audretsch, D., & Aldridge, T. (2008, Marzo). Radical Innovation: Literature Review and Development of an Indicator. *Draft Report to International Consortium on Entrepreneurship*. Working Paper.
- Audretsch, D., & Aldridge, T. (2009). Knowledge Spillovers, Entrepreneurship and Regional Development. In R. Capello, & P. Nijkamp (Eds.), *Handbook of Regional Growth and Development Theories* (pp. 201-210). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Audretsch, D., & Feldman, M. (1996). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. In D. B. Audretsch (Ed.), *Entrepreneurship, Innovation And Economic Growth* (pp. 101-111). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Audretsch, D., & Feldman, M. (2006). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. In D. B. Audretsch (Ed.), *Entrepreneurship, Innovation And Economic Growth* (pp. 101-111). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Baldwin, J., Hanel, P., & Sabourin, D. (2000). Determinants of Innovative Activity in Canadian Manufacturing Firms: The Role of Intellectual Property Rights.
- Bernard, A., & Jensen, B. (1999). Exceptional exporter performance: cause, effect, or both? *Journal of International Economics*, 47(1), 1-25.
- Bhattacharya, M., & Bloch, H. (2004). Determinants of Innovation. *Small Business Economics*, 22, 155-162.
- Boermans, M. A., & Roelfsema, H. (2012, March). The Effects of Internationalization on Innovation: Firm-Level Evidence for Transition Economies. *Discussion Paper Series 12-04*. Utrecht School of Economics & Tjalling C. Koopmans Research Institute.
- Carlsson, B. (2003, October). Internationalization of Innovation Systems: A Survey of the Literature. *Paper for the conference in honor of Keith Pavitt: What Do We Know about Innovation?* Brighton, England: SPRU - Science and Technology Policy Research, University of Sussex.
- Castillo, T. L. (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*. Retrieved from Banco de la Republica.
- Cohen, W. M. (2010). Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance. In B. H. Hall, & N. Rosenberg (Eds.), *Handbook of the economics of innovation* (Vol. 1, pp. 129-213). Amsterdam: North Holland.
- Cooper, C. (1980). *Policy Interventions for Technological Innovation in Developing Countries*, *World Bank Staff Working Papers No. 441*. Washington DC. : The World Bank.
- Daft, R. (1978). A dual-core model of organizational innovation. *Acad. Management J*, 21 193-210.
- Davenport, T. (1994). *Process Innovation*. Boston, MA: Harvard Business School Press,.
- Dougherty, D. (1992). Interpretive barriers to successful product innovation in large firms. *Organ. Sci*, 3 179-202.

- Feldman, M. P., & Audretsch, D. B. (1998). Innovation in Cities: Science-Based Diversity, Specialization and Localized Competition. In D. B. Audretsch, *Entrepreneurship, Innovation And Economic Growth* (pp. 117-137). Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Filipescu, D. A. (2007). *Innovation and internationalization. a focus on exporting firms*. Retrieved 01 02, 2013, from Autonomous University of Barcelona, Business Economics Department: http://webs2002.uab.es/dep-economia-empresa/Jornadas/Papers/2006_11/TVJornadas_paper_DFilipescu.pdf
- Frambach, R., & Barkema, H. (1998). Adoption of a service innovation in the business market: An empirical test of supply-side variables. *J. Bus. Res.*, 41 161–174.
- Fransman, M. (1986). *Technology and Economic Development*. Brighton: Wheatsheaf Books.
- Gómez, V. M. (1995). *La Educación Tecnológica en Colombia*. Bogotá : Editorial Universidad Nacional.
- Gulati, R., Nohria, N., & Akbar, Z. (2000). Strategic Networks. *Strategic Management Journal*, 21(3, Special Issue:Strategic Networks), 203-215.
- Gupta, A. K., Tesluk, P. E., & Taylor, M. S. (2007, Diciembre). Innovation At and Across Multiple Levels of Analysis. *Organization Science*, 885.
- Hall, B. H., & Lerner, J. (2009). The Financing of R&D and Innovation. In B. H. Hall, & N. Rosenberg (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation*. Elsevier-North Holland.
- Hang, C. C., & Chen, J. (2008, September). Disruptive Innovation: An Appropriate Innovation Approach for Developing Countries. *Division of Engineering & Technology Management (D-ETM) Faculty of Engineering*. National University of Singapore.
- Harrison, R., Jaumandreu, J., Mairesse, J., & Peters, B. (2008, Agosto). *Does innovation stimulate employment? A firm-level analysis using comparable micro data from four (Working Paper 14216)*. Retrieved Junio 09, 2012, from NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH: <http://www.nber.org/papers/w14216.pdf>
- Hoffman, K., Parejo, M., John, B., & Perren, L. (1998). Small firms, R&D, technology and innovation in the UK: a literature review. *Technovation*, 18(1), 39-55.
- Hur, K. (1999). A random-effects Zero inflated Poisson Regression models for Clustered Extra-zero counts. Unpublished Ph.D dissertation, University of Illinois at Chicago.
- Hur, K., Hedeker, D., Henderson, W., Khuri, S., & Daley, J. (2002). Modeling Clustered Count Data with Excess Zeros in Health Care Outcomes Research. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, 3(1), 5-20.
- Johansson, B., & Karlsson, C. (2009). Knowledge and regional development. In R. Capello, & P. Nijkamp (Eds.), *Handbook of Regional Growth and Development Theories* (pp. 239-255). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Keller, W. (2010). International Trade, Foreign Direct Investment, and Technology Spillovers. In *Handbook of The Economics of Innovation* (Vol. 2, pp. 793-829). Amsterdam: Elsevier B.V.
- Köhler, C., Sofka, W., & Grimpe, C. (2009). Radical Versus Incremental Open Innovation - Are Service Firms Different? Mannheim, Germany): Centre for European Economic Research.
- Krugman, P. (1991). *Geography and Trade*. MIT Press.
- Lambert, D. (1992, Feb). Zero-Inflated Poisson Regression, with an Application to Defects in Manufacturing. *Technometrics*, 34(1), 1-14.
- Laurin, F., & St-Pierre, J. (2012). *The internationalisation of SMEs and the relationships between imports and exports*. Retrieved 01 02, 2013, from Research Institute for SMEs Université du Québec à Trois-Rivières: http://www.kmu-hsg.ch/rencontres2012/resources/Topic_A/Rencontres_2012_Topic_A_Laurin.pdf

- Lee, A., & Wang, K. (2006). *Multilevel zero inflated Poisson regression modelling of correlated count data with excess zeros*. *Statistical Methods in Medical Research* 2006;15:47-61. Edward Arnold Publishers Ltd.
- Lefebvre, E., & Lefebvre, L.-A. (2002). Innovative Capabilities as Determinants of Export Performance and Behaviour: A Longitudinal Study of Manufacturing SMEs. In A. Kleinknecht, & P. Mohnen (Eds.), *Innovation and Firm Performance: Econometric Explorations of Survey Data*. New York: Palgrave.
- Liu, X. (2009). National innovation systems in developing countries: the Chinese national innovation system in transition. In B.-Å. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade, & J. Vang (Eds.), *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries: Building Domestic Capabilities in a Global Setting* (pp. 119-139). Cheltenham: Edward Elgar Pub.
- Long, J. S. (1997). *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. London: Sage Publications. Inc.
- Lopez-Claros, A. (Ed.). (2011). *The Innovation for Development Report 2010-2011: Innovation as a Driver of Productivity and Economic Growth*. New York: Palgrave MacMillan.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Lundvall, B.-Å. (2004, November 29). National innovation systems - analytical concept and development tool. *Paper to be presented at the DRUID Tenth Anniversary Summer Conference 2005 on Dynamics of industry and innovation: organizations, networks and systems*. Denmark: Aalborg University & Tsinghua University.
- Lundvall, B.-Å. (2007). Institutions and Innovation . In F. Malerba, & S. Brusoni, *Perspectives on Innovation* (pp. 279-289). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lundvall, B.-Å., Joseph, K., Chaminade, C., & Vang, J. (2009). *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries, Building Domestic Capabilities In Global Setting*. (B.-A. Lundvall, K. Joseph, C. Chaminade, & J. Vang, Eds.) Edward Elgar.
- Marin, A., & Arza, V. (2009). The role of multinational corporations in national innovation systems in developing countries: from technology diffusion to international involvement. In B.-Å. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade, & J. Vang (Eds.), *The handbook of innovation systems and developing countries* (pp. 280-310). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Norman, D. A., & Verganti, R. (2012, March 18). Incremental and radical innovation: design research versus technology and meaning change. Milan, Italy: Donald A. Norman, <http://jnd.org/dn.mss/Norman%20%26%20Verganti.%20Design%20Research%20%26%20Innovation-18%20Mar%202012.pdf>.
- North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- OECD & Eurostat. (2005). *The Measurement of Scientific and Technological Activities, Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. Retrieved Jun 16, 2013, from http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/OSLO/EN/OSLO-EN.PDF
- Orlikowski, W. J. (1991, April). Radical and incremental innovations in systems development: an empirical investigation of case tools. *Center for Information Systems Research, CISR WP No. 221, Sloan WP No. 3283*. Massachusetts Institute of Technology.
- Padilla-Pérez, R., Vang, J., & Chaminade, C. (2009). Regional Innovation Systems in Developing Countries: Integrating Micro and Meso-Level Capabilities. In B.-A. Lundvall, K. Joseph, C. Chaminade, & J. Vang (Eds.), *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries* (pp. 140-182). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.

Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2004). *Upgrading in Clusters and Value Chains in Latin America: The Role of Policies*. Washington, D. C: Inter-American Development Bank.

Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (Eds.). (2006). *Upgrading to Compete Global Value Chains, Clusters, and SMEs in Latin America*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank, David Rockefeller Center for Latin American Studies, Harvard University.

Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2007). Innovation Systems and Global Value Chains. *Emerging economic regional powers and local systems of production: new threats or new opportunities?* Working Paper SERIES – N. 03/09.

Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (2011). Global value chains meet innovation systems: are there learning opportunities for developing countries. *World Development*.

Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.

Ramani, S. V., & Mukherjee, V. (2011, November). Can radical innovations serve the poor (BOP) and create reputational (CSR) value? Indian case studies. *The 9th Globelics international conference*. India: Globelics Buenos Aires 2011: Creativity, Innovation and Economic Development.

Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Jstor*.

Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Schumpeter, J. A. (1943). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper and Row.

Seker, M. (2009, December). *Importing, Exporting And Innovation In Developing Countries, Working Paper No. 1591*. Retrieved 06 03, 2012, from World Bank: <http://elibrary.worldbank.org/docserver/download/5156.pdf?expires=1338770598&id=id&acname=guest&checksum=542D63DFAEA45415CDF32486590A0800>

Sen, T. K., & Ghandforoush, P. (2011). Radical and Incremental Innovation Preferences in Information Technology: An Empirical Study in an Emerging Economy. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6(4).

Shirani, M. (2009). Internationalization Process Model: A Case Study of Wire and Cable Exporter Firms. *Master Thesis, Continuation Courses Marketing and e-commerce*. Luleå , Sweden: Luleå University of Technology.

Stamm, B. V. (2003). *Managing Innovation, Design and Creativity*. John Wiley & Sons Ltd.

Subramaniam, M., & Youndt, M. A. (2005). The influence of intellectual capital on the types of innovative capabilities. *Academy of Management Journal*, 48(3), 450-463.

Tsai, K.-H. (2009). Collaborative networks and product innovation performance: Toward a contingency perspective. *Research Policy*, 38, 765-778.

Turco, A. L., & Maggioni, D. (2013). Dissecting the impact of innovation on exporting in Turkey. Italy: Universita Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze Economiche e Sociali.

UNCTAD. (2006). Globalization of R&D and developing countries. New York: United Nations.

Vogel, A., & Wagner, J. (2008, November). *Higher Productivity in Importing German Manufacturing Firms: Self-selection, Learning from Importing, or Both? Working Paper No.106*. Retrieved 06 03, 2012, from University of Lüneburg: http://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/ifvwl/WorkingPapers/wp_106_Upload.pdf

Walsh, B. J. (2007, August,). Conflict between Radical and Incremental innovation: Perceptions and behaviours of actors caught in the cross fire. *Submitted for the degree of Masters of Science in Technology Management to the National University of Ireland, Galway*. Galway, Ireland: National University of Ireland, Galway.

- Wang, J., Xie, H., & Fisher, J. H. (2012). *Multilevel Models: Applications Using SAS*. Higher Education Press and Walter Gruyter GmbH & Co. KG, Berlins/Boston.
- Wei, H.-S. (2009). Patterns of the Incremental and Radical Innovation of Design-Driven Enterprises in Singapore. *Department of Architecture, National University of Singapore*. Singapore: National University of Singapore.
- Wignaraja, G. (1998). *Trade Liberalization in Sri Lanka: Exports, Technology and Industrial Policy*. London: Macmillan Press, and New York: St. Martins Press.
- Winkelmann, R. (2008). *Econometric Analysis of Count Data* (Fifth ed.). Berlin: Springer-Verlag.
- Yun-Chung, C., Vang, J., & Chaminade, C. (2008). Regional innovation systems and the global location of innovation activities: Lessons from China. Sweden: Centre for Innovation, Research and Competence in the Learning Economy (CIRCLE), Lund University.
- Zuluaga, J., Barrios, F., & Sanchez, I. (2013). *Estudios Gerenciales*, 28 (EE),(169-189). Retrieved 05 25, 2013, from http://www.icesi.edu.co/eventos/index.php/simposio_estudios_gerenciales/siegi/schedConf/presentations