

# *La Innovación Empresarial y el Mundo de las Tecnologías de Producción<sup>1</sup>*

C

Marleny Cardona Acevedo<sup>2</sup>  
Carlos Andrés Cano Gamboa<sup>3</sup>

## **SINTESIS**

Los Mundos de Producción expresan las formas de movilización de los recursos económicos, la asignación óptima de los factores productivos y los procesos sociales de convenciones. En este contexto, las oportunidades de endogenizar las capacidades tecnoproductivas y aprovechar las ventajas que ofrece el espacio y la potencialidad que éste genera a las firmas PyMEs que hoy se enfrentan a condiciones dispares y a mayores riesgos. El objetivo de este artículo es identificar los factores de la innovación y la tecnología de las PyMEs y su impacto en el crecimiento industrial de Colombia. Para tal fin, se construye un modelo Datos de Panel para interpretar las interrelaciones sectoriales en el crecimiento industrial de las PyMEs colombianas, en 27 sectores productivos en el período 1990-2002.

1 Este artículo hace parte de la investigación: “Tecnologías, Organización y Políticas: Mundos de producción de las PyMEs en Colombia en el período 1990-2002”, desarrollada en el año 2005 por el Grupo de Estudios sectoriales y territoriales –Esys– de la Universidad EAFIT, con la participación de Carlos Julio Ramírez y Jahir Gutiérrez, profesores de la Universidad de Medellín. El objetivo en esta investigación fue determinar los factores de mayor incidencia en cada uno de los Mundos de Producción: Tecnología, Organización y Políticas de las PyMEs, tomando en cuenta los procesos de acumulación y regulación, el tamaño de las firmas, la combinación de factores productivos, los planes de desarrollo, las leyes de fomento, el ciclo de vida de las firmas y el territorio. El proceso de investigación comprende una articulación entre el marco de referencia considerado (la teoría de los Mundos de Producción, la organización industrial, la institucionalidad y las políticas de desarrollo) y la utilización de la modelación cuantitativa a través de Datos de Panel.

2 Investigadora y profesora de la Universidad EAFIT. Economista Universidad de Antioquia y Doctora en Ciencias Sociales del Colegio Frontera Norte, México. Directora del Grupo de Estudios Sectoriales y Territoriales –Esys– de la Universidad EAFIT de Medellín. [marca@eafit.edu.co](mailto:marca@eafit.edu.co)

3 Candidato a Magister de Economía de la Universidad de Antioquia. Economista de la Universidad EAFIT. Asistente de investigación y profesor de cátedra de la Universidad EAFIT. [ccanogam@eafit.edu.co](mailto:ccanogam@eafit.edu.co).

**DESCRIPTORES**

Tecnologías de producción, Innovación productiva, PyMEs, Datos de Panel.

JEL: L20, L23, L52, O30.

**ABSTRACT**

Production worlds express the ways of mobilization of economical resources, the optimal assignation of production factors and the convention social processes. In this context, the opportunities to endogenize the technoproductive capacities and take advantage of the possibilities that the space offers, and the potentiality that it generates to the SME's, which today face dissimilar conditions and greater risks. The objective of this article is to identify the factors of innovation and technology of the SME's and its impact in Colombia's industrial growth. For this purpose, a panel data model is constructed, in order to interpret the sector interrelations in the industrial growth of the Colombian SME's in 27 productive sectors, in the period 1990-2002.

**DESCRIPTORS**

Production technologies, productive innovation, SME's, panel data.

## 1. INTRODUCCIÓN

La reducción de las disparidades entre regiones y países constituye un objetivo que gana relevancia progresivamente, en medio de las dificultades que tienen las economías para lograr mayor bienestar y equidad. La sociedad de la información es un proceso dinámico que sugiere un cambio en la cultura organizacional, incluyendo innovación en la difusión de los conocimientos, el comportamiento social, las prácticas empresariales, el compromiso político y las competencias laborales.

En este escenario, caracterizado por tecnologías que hacen uso intensivo de información, por la globalización de los mercados y por el aumento de la presión competitiva y la incertidumbre que enfrentan los agentes hacen de la competitividad un fenómeno sistémico<sup>4</sup>. La capacidad endógena de los agentes, el grado de desarrollo del ambiente en que actúan y la pertenencia a una red productiva se han convertido en elementos claves para desarrollar competencias y crear ventajas competitivas.

Las relaciones productivas actuales generan capacidades de producción tanto en capital como en trabajo, teniendo en cuenta las tecnologías como forma de acumulación y difusión del conocimiento para la transformación industrial. Esto supone la articulación de firmas productivas que permitan superar la frontera de la innovación y el desarrollo a nivel global y local, en especial en las PyMEs, dada su flexibilidad estructural y su capacidad de adaptación.

---

4 *La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) durante la década de 1990 propone un esquema para la explicación de la competitividad sistémica teniendo en cuenta la interacción entre los subsistemas sociales en cuatro niveles: macro (agregados económicos), meta (cultura y cohesión social), meso (institucionalidad) y microeconómico (organización industrial), desde allí se actúa para el fortalecimiento estructural y el diseño coherente de un entorno con dinámica territorial. La competitividad sistémica surge como propuesta articuladora de procesos que relacionan la estructura y el comportamiento de los actores en las regiones en búsqueda del desarrollo. Este proceso depende de las ventajas comparativas y competitivas del territorio, de la institucionalidad y de la dinámica empresarial.*

Este artículo propone identificar los principales factores determinantes del mundo de la tecnología de la producción, desde la innovación y la tecnología y su incidencia en el crecimiento industrial de las PyMEs de Colombia en el período de análisis. Para este fin se organiza el siguiente esquema: en la segunda sección se muestra la evidencia empírica. En la tercera sección se formula el modelo. En la cuarta sección se presentan los resultados del modelo Datos de Panel. Finalmente, se presentan las conclusiones.

## **2. EVIDENCIA EMPÍRICA**

La actividad innovativa, según Yoguel y Boscherini (1996), se desarrolló en un ambiente económico con diversos tipos de incertidumbres, que son codificadas de distinta forma por las firmas en función de su cultura organizacional y del grado de desarrollo de sus competencias. Estas competencias acumuladas permiten decodificar de distinta forma el conjunto de informaciones y señales del ambiente en términos de conocimientos específicos vinculados a sus particularidades. Este conjunto de códigos, que son desarrollados en forma desigual por las firmas, condiciona la calificación de los recursos humanos presentes en la firma y por lo tanto, sus competencias y el grado de complejidad de las innovaciones realizadas.

En esta dirección, se observa que el proceso innovativo en las empresas adquiere un carácter multidimensional, pudiéndose diferenciar dos planos que influyen no sólo en la importancia que tienen las actividades innovativas, sino también en las diferentes modalidades y respuestas bajo las cuales se manifiestan. En primer lugar, Yoguel y Boscherini (1996) destacan las modalidades de gestión, las características personales, educativas, emprendedoras, la toma de decisiones de los empresarios, la historia previa de las firmas y la capacidad de diseño de estrategias. En segundo lugar, está el entorno

socio-institucional y su influencia en la construcción de competencias.

El enfoque tradicional del crecimiento económico que se desarrolló en los años cincuenta (Solow, 1956), consideró como eje central de la acumulación el capital físico, la creación de grandes empresas, la producción en serie y a gran escala. Luego, emerge como variable principal el capital humano (educación-calificación) por su capacidad para generar conocimiento creando retornos crecientes a escala (crecimiento endógeno)<sup>5</sup>. Asimismo, los modelos de Lucas (1988), Romer (1986), Rebelo (1991) y Barro (1991) establecieron que por medio de externalidades o la introducción del capital humano, se generaban convergencias positivas hacia un mayor crecimiento económico en el largo plazo.

En los modelos de Romer (1986) se introduce el concepto del learning by doing, el cual fue introducido por Arrow (1962)<sup>6</sup>. En estos modelos el incremento de la producción o de la inversión contribuye en la productividad de los factores. Más aún, el aprendizaje de un productor incrementaría la productividad sistémica, por medio del spillovers<sup>7</sup> del conocimiento. Una firma que incrementa su capital físico aprende cómo producir eficientemente. Este efecto positivo de experiencia en productividad es denominado learning by doing o, en este caso, learning by investing.

---

5 Según Becker (1983), los beneficios de la inversión en capital humano no se miden exclusivamente por las retribuciones o los rendimientos, sino por la diferencia entre los rendimientos y los costos de devolución de préstamos. Expresado en términos geométricos, no son iguales al área debajo de la curva de demanda, sino a la diferencia entre el área que limita una curva de demanda y la que limita una de oferta. Aunque los beneficios son evidentemente menores que las retribuciones, la distribución de los primeros no es necesariamente ni menos ni más desigual que la de las segundas.

6 En: Barro, Robert y Xavier Sala-i-martin (1999). "Economic Growth" The MIT Press.

7 El conocimiento spillovers es considerado como un ejemplo de externalidades positivas de economías de escala. Este se transmite de una firma a otra o de un sector a otros, sin compensación alguna. Según Karlsson (2004), el conocimiento spillovers ocurre debido al conocimiento creado por una firma (u otro agente) que no es completamente difundido al interior de ésta, y por lo tanto, crea valor para otras firmas.

Acs y Audretsch (1994) sostienen que el producto innovador está determinado por los insumos innovativos del período anterior. El conocimiento es quizás el input más importante para la producción de innovaciones. Los autores establecen que existe una relación directa entre la inversión en investigación y desarrollo y la producción de conocimiento útil.

Las competencias endógenas, de acuerdo con Yoguel et. al. (2004), entendidas como las potencialidades de las empresas para transformar sus conocimientos genéricos en específicos a partir de competencias iniciales y de una acumulación dinámica que incluye aprendizajes formales e informales de tipo codificado como tácito, se determinan a través de la consideración de: 1) la capacidad innovativa de los agentes, 2) el esfuerzo de las empresas por asegurar la calidad del proceso y del producto, medido por el cumplimiento de normas certificadas, y, 3) el modelo de organización del trabajo, que influye en las posibilidades de circulación de la información y de adquisición de conocimiento tácito por los trabajadores para mejorar sus competencias.

Las tecnologías de producción están reflejadas en la velocidad de adaptabilidad de la innovación productiva, en la capacidad de aprendizaje y en la difusión de las tecnologías de procesos y su creciente flexibilidad con respecto a la producción dinámica en el tiempo. En ellas las tecnologías de la información y las comunicaciones, según Yoguel (et. al. 2004), facilitan el acceso a la información, que se transforma en competencias sólo si existe un umbral mínimo de conocimientos en individuos, empresas e instituciones.

La innovación, cuando se desarrolla de forma endógena en una firma o en un territorio, con las competencias especializadas, responde a una lógica de extensión progresiva y de incremento de la experiencia; pero cuando se buscan salidas comerciales y extensiones hacia otros dominios se produce la capacidad de innovación basada en la experiencia acumulada: experiencia

cruzada entre productores y experiencia cruzada entre productores y clientes.

Para Acs y Audretsch (1989), las medidas de innovación sólo indican la cantidad de recursos asignados a la actividad innovadora y no la cantidad resultante de innovaciones, mientras que las medidas con patentes son inexactas porque existen invenciones patentadas que no se convierten en innovaciones comercializadas e innovaciones que no son patentadas. El modelo de Acs y Audretsch (1988)<sup>8</sup> sugiere que la tasa innovativa está influenciada por la investigación y el desarrollo y las características propias de la estructura del mercado. Además, se encuentra que el número total de innovaciones está negativamente relacionado con la concentración industrial, y positivamente relacionado con el gasto en investigación, las competencias laborales y el grado de complementariedad industrial y sectorial<sup>9</sup>.

Audretsch y Feldman (1996) concluyen que el derramamiento de conocimiento a través del sistema económico genera impactos en las tasas de retorno de los factores productivos y en el crecimiento industrial. La innovación está medida por el gasto en investigación y desarrollo de la industria privada y las universidades. Las variables explicativas para este caso fueron: el Gini de producción, el Gini de innovación<sup>10</sup>, los recursos naturales, los costos de transporte, la relación entre gasto en investigación y desarrollo sobre ventas, las competencias laborales y el gasto en la investigación universitaria.

En el modelo de Stel y Nieuwenhuijsen (2002) se estudia el impacto del efecto spillovers a nivel intrasectorial e

---

8 *En este modelo las variables explicativas son el logaritmo del gasto total nacional en investigación y desarrollo, el gasto industrial de investigación y desarrollo, la intensidad del capital, la concentración industrial, el gasto en publicidad, la formación laboral en la gran empresa, las competencias laborales y el tamaño industrial.*

9 *Este resultado será contrastado para Colombia utilizando las variables de competencia industrial, concentración industrial, localización industrial y logro educativo para el período 1990-2002.*

10 *El coeficiente de Gini de innovación está construido como el número de innovaciones estatales en Estados Unidos ponderado por el número de innovaciones por industria a nivel nacional en el año 1982.*

intersectorial en un modelo de crecimiento regional. El modelo explica a través de proxis el impacto de la diversificación, la localización y la competencia industrial en el crecimiento económico<sup>11</sup>. Acs (2002) plantea un modelo que explica la tasa de las invenciones patentadas en las regiones por industria a través del gasto de las empresas privadas en investigación y desarrollo, el gasto en investigación de las universidades, la proximidad de centros de investigación en las regiones<sup>12</sup>.

A continuación se presenta la formulación del modelo que intenta establecer la incidencia de la innovación y capacidad tecnoproductiva en el crecimiento industrial de las firmas PyMEs en Colombia, en el período 1990-2002.

### 3. EL MODELO

La hipótesis principal que se busca corroborar es que el grado en el cual los gastos de investigación y desarrollo generan un producto innovador, está condicionado por la facilidad de apropiación y que la actividad innovadora en las PyMEs y grandes empresas responde a distintos regímenes económicos y tecnológicos, dependiendo del esquema organizacional previo y las estructuras que faciliten el aprendizaje.

La incorporación de las tecnologías de información y comunicación en las empresas puede ser analizada como un proceso dependiente del sendero tecnológico previo. Por lo tanto, una condición necesaria para que esas tecnologías sean funcionales al desarrollo de las ventajas competitivas de las

---

11 *El modelo es estimado usando datos sectoriales para 40 regiones alemanas en el periodo 1987-1995. Se encontró que la competencia local es particularmente importante para el crecimiento de sectores industriales, donde la diversificación industrial, una proxy para medir el efecto inter sectorial del spillovers, es importante para el crecimiento del sector servicios. Se encontró que el efecto spillovers intra sectorial no es significativo.*

12 *El modelo es una representación logarítmica de la tasa de invenciones patentadas en las regiones y en los sectores de Estados Unidos. Concluye que la investigación en centros universitarios tiene un efecto spillovers importante principalmente en las grandes empresas.*

firmas, es la existencia de competencias endógenas que puedan potenciar procesos de generación, circulación y apropiación de información asociadas con la difusión de TIC's<sup>13</sup>, en los procesos productivos.

Los planteamientos a priori que aparecen bajo estos supuestos y para el análisis de las PyMEs en Colombia, son los siguientes: 1) heterogeneidad estructural que reduce niveles de competencias tecnológicas, 2) débil presencia y profundidad de las redes productivas, 3) perfil de especialización complejo, caracterizado por escasos eslabonamientos hacia atrás y el predominio de commodities, 4) limitado desarrollo institucional, y, 5) ausencia de políticas sistémicas, que reducen la presencia del paradigma tecnológico<sup>14</sup>.

La necesidad de innovar ha modificado los esquemas tradicionales de formación de competencias laborales y el uso de tecnologías en las firmas. Estos cambios trascendentales requieren estructuras de conocimiento, apropiación y adaptación de dichos desarrollos tecnológicos. En estas estructuras se incorporan los avances que garanticen el aprendizaje y la dinámica en el conocimiento. Así, el recurso estratégico sobre el cual se basa la competitividad es el conocimiento y el mecanismo para lograrlo son las redes de cooperación. Las firmas se ven enfrentadas a usar la tecnología, adecuarla en sus organizaciones y controlar su uso; estas son tareas que inciden dentro de la estructura productiva y la organización del trabajo.

---

13 *Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC's– se definen como el conjunto de instrumentos, herramientas o medios de comunicación como la telefonía, los computadores, el correo electrónico y la Internet que permiten comunicarse entre sí a las personas u organizaciones.*

14 *Cimoli y Correa (en Yóguel et. al. 2004), explican cómo algunas de las características mencionadas condicionan la difusión y el aprovechamiento sistémico de las TIC's. En primer lugar, estas tecnologías están correlacionadas con el nivel de ingreso, lo que significa que existiría una barrera de acceso. En segundo lugar, la interpretación y decodificación de la información demanda umbrales mínimos de conocimientos que son poco frecuentes en nuestro sistema económico. Por lo tanto, Yóguel et. al. (2004), advierten que para que sea posible generar un círculo virtuoso entre las TIC's y el avance del conocimiento se requieren cambios técnicos y organizacionales profundos en las firmas e instituciones.*

La mayoría de trabajos empíricos reseñados parten de la hipótesis de que la diferencia en la tasa de innovación entre las PyMEs y la gran empresa es atribuida a las características y a la estructura del mercado y al número de innovaciones o patentes del sector industrial en general, o la firma productiva específicamente. Se encuentra que el número de patentes es inversamente proporcional a la concentración industrial y a las barreras de entrada y se correlaciona de forma positiva con las capacidades laborales y el grado de asociatividad empresarial.

La complejidad en la medición del proceso de innovación y la falta de información detallada y confiable sobre el número de innovaciones realizadas por las empresas y la clasificación de patentes en Colombia, hizo necesario buscar formas de medición sustitutas que permitirán la construcción de indicadores alternos, por medio de los cuales se realicen observaciones a la actividad innovadora y los determinantes de la misma. A continuación se presentan las variables, los resultados y el análisis que se recogen de la formulación del modelo respecto a ocho variables que determinan la innovación, la investigación y las competencias laborales en la industria colombiana.

### **3.1. FORMULACIÓN DEL MODELO**

La innovación industrial en Colombia es resultado de la acumulación de conocimiento, de trabajo y de competencias regionales. El estudio sobre el mundo de producción de las tecnologías es un campo poco explorado a nivel nacional, regional y local. Este trabajo empírico analítico utiliza modelación econométrica de Datos de Panel en la interpretación de las interrelaciones sectoriales en el crecimiento industrial de las PyMEs colombianas en 27 sectores productivos (clasificación CIIU) en el período 1990-2002.

El método de estimación del modelo permite determinar el comportamiento de los efectos individuales, desde el control

de efectos fijos (EF) o de efectos aleatorios (EA)<sup>15</sup>. En el modelo de EF, los investigadores hacen inferencia condicional sobre los efectos involucrados sobre la muestra. Esta aproximación toma el intercepto como un término constante específico para cada grupo en el modelo de regresión.

El objeto de estudio para medir el mundo de las tecnologías de la producción es el impacto de las variables: Índice de localización industrial, Índice de competencia industrial, Intensidad del capital, Gini de producción, Logro educativo y gasto en investigación y desarrollo nacional. Las variables están construidas por tamaño de empresa (pequeña y mediana). La ecuación a estimar para el modelo es la siguiente:

$$\Delta CI_{ijt} = \alpha + x'_{ijt} + \gamma_t + \eta_i + \mu_{it} \quad (1)$$

Donde,  $i = 1, \dots, N$   $t = 2, \dots, T$ .

$\Delta CI_{it}$  = Tasa de la variación de la producción de la industria  $i$  en el período  $t$

$x_{it}$  = Representa un vector de variables explicativas asociadas al tamaño de las firmas (PyMEs) y clasificadas en: 1) organización industrial, 2) competencias laborales, y, 3) gasto en investigación y desarrollo.

$\eta_i$  = Representa el efecto individual no observable que refleja diferencias en los niveles de eficiencia de cada uno de las industrias.

$\gamma_t$  = Representa el efecto temporal que captura cambios en la productividad comunes a todas las industrias.

15 El método de estimación del modelo permite determinar efectos no observables en los individuos sobre la muestra, los cuales no se logran controlar en una estimación tradicional; de este modo, la estimación de panel de datos no solo vislumbra la interacción entre los componentes de la muestra sino también los efectos diferenciadores. Este tipo de efectos endógenos pueden afectar de manera directa a los regresores —between—, o que dichos efectos se hacen directamente en la matriz de varianzas y covarianzas—within—; la identificación del tipo de relación determinará el tipo de especificación del modelo a estimar: efectos fijos o aleatorios (Wooldridge, 2002). La elección del método es a través del contraste de Hausman, el cual requiere que no haya correlación serial en los errores, supuesto que es difícil de cumplir cuando  $T$  es pequeño (Maddala, 1987). Los resultados del test de Hausman no pueden rechazar la hipótesis de efectos endógenos sobre los regresores, por tanto el modelo se estimó en efectos fijos. En este modelo se hace inferencia condicional sobre los efectos involucrados sobre la muestra. Esta aproximación toma el intercepto como un término constante específico para cada grupo en el modelo de regresión. En el modelo de efectos aleatorios, se hacen inferencias incondicionales o marginales sobre la población. En esta aproximación el intercepto es un término aleatorio específico para cada grupo (Hsiao, 1986 y Greene, 2003).

### 3.2. BASE DE DATOS DEL MODELO

La construcción del modelo y de la base de datos fue un proceso que ameritó concentrar la atención en torno al análisis del comportamiento de los resultados en las mediciones teniendo en cuenta los delineamientos de la teoría y la selección de variables de acuerdo con criterios econométricos sobre los cuales se basaría la elección de las mejores estimaciones. La construcción de la base de datos que estableciera relaciones fue conceptualizada y construida con información obtenida del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas –DANE– bajo el criterio de los códigos de las agrupaciones industriales y escala de personal ocupado<sup>16</sup>.

En la estructuración de la base de datos para la modelación se encontraron algunas dificultades en la calidad y cantidad de los datos, limitando el tipo de método que se podría utilizar. En este caso, se encontró: 1) diferencias en la construcción del dato, 2) la falta de información en las regiones por tamaño por parte del DANE, 3) poca homogenización de la información disponible, 4) la heterogeneidad estructural de los sectores productivos analizados, 5) falta de información sobre la investigación y desarrollo en las universidades públicas y privadas y en las instituciones del Estado, 6) falta de información sobre la tasa de gasto de las empresas privadas PyMEs en investigación y desarrollo.

---

16 *La información está construida para los siguientes sectores: Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas (311), Alimentos diversos para animales y otros (312), Industria de bebidas (313), Industria del tabaco (314), Fabricación de textiles (321), Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado (322), Industria del cuero y productos del cuero y sucedáneos del cuero y pieles, excepto del calzado y otras prendas de vestir (323), Fabricación de calzado y sus partes, excepto el de caucho o plástico (324), Industria de la madera y productos de la madera, excepto muebles (331), Fabricación de muebles, excepto los que son metálicos (332), Fabricación de papel y productos de papel (341), Imprentas, editoriales e industrias conexas (342), Fabricación de sustancias químicas industriales (351), Fabricación de otros productos químicos (352), Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón (354), Fabricación de productos de caucho (355), Fabricación de productos plásticos (356), Fabricación de vidrios y productos de vidrio (362), Fabricación de otros productos minerales no metálicos (369), Industrias básicas de hierro y acero (371), Industrias básicas de metales no ferrosos (372), Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo (381), Construcción de maquinaria, exceptuando la eléctrica (382), Fabricación de maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos (383), Construcción de equipo y material de transporte (384), Fabricación de material profesional y científico, instrumentos de medida y de control, aparatos fotográficos e instrumentos de óptica (385), y, Otras industrias manufactureras (390).*

### 3.3. VARIABLES DEL MODELO

El sistema económico depende de la interacción entre las actividades económicas desde lo productivo, las competencias laborales y el espacio. Las variables seleccionadas como explicativas de este fenómeno se dividen en: 1) variables de organización, concentración, localización y competencia industrial, 2) variables de competencias laborales, y, 3) variables de gasto en investigación y desarrollo nacional. El crecimiento industrial se definió como la variable dependiente en el proceso de modelación. Las variables explicativas son: crecimiento industrial rezagado en dos períodos, Intensidad del capital, Índice de localización industrial, Índice de competencia industrial, Gini de producción, Logro educativo y Gasto en investigación y desarrollo total nacional.

El modelo relaciona los distintos efectos de proximidad que generan capacidades para elevar la productividad. Una de las categorías de las variables que se tienen en cuenta permiten medir el grado de localización de una industria en el sentido con que tradicionalmente se usa ese término en economía regional, es decir, el grado en que las decisiones de localización de las empresas responden a la existencia de fuerzas de aglomeración que las inducen a escoger una determinada región, o a buscar la agrupación espacial con otras empresas del mismo sector.

Para este caso se construye el índice de *localización industrial*, el cual intenta mostrar economías de escala externas a la firma, qué parte de la hipótesis que la concentración espacial de una industria específica puede ser debida a la influencia de economías externas de aglomeración. Para Callejón y Costa (1995) las economías de localización son ganancias de productividad propia de una industria, imputable a la localización conjunta.

Las *economías de especialización y urbanización* están asociadas a la

difusión de conocimientos entre empresas de una industria. Para este fin se construye el *Índice de competencias industriales*. La integración de empresas a nivel local facilita la internalización de los efectos y, por tanto, favorece el crecimiento. De hecho, en la consideración de la especialización asociada al poder de mercado como fuente de crecimiento regional está latente la concepción neoschumpeteriana de la innovación.

La *organización industrial* estudia el comportamiento estratégico de las empresas, y su interacción para determinar la estructura de mercados. En este trabajo, para establecer las condiciones y las especificidades sectoriales se construye el *Gini de producción*, y la *intensidad del capital*. Estas variables representan la *organización industrial* particulares a cada región e intentan capturar las economías de escala internas a los sectores.

**Cuadro 1: Signos esperados en el modelo**

Variable explicativa	Resultado esperado desde la teoría económica	Signo esperado en el modelo
Intensidad del capital IK Organización industrial	Relación entre el valor de los activos fijos reales de cada industria ( $K_{ijt}$ ) (deflactado por el IPP, base 1998) y el total de personal ocupado en cada una de ellas ( $N_{ijt}$ ) —incluye personal permanente y temporal—. A mayor Intensidad del capital se presentaría un efecto positivo en el sector lo que incidiría positivamente en la generación de valor agregado por trabajador. Esto genera un efecto positivo en el sistema y repercute en la aglomeración y especialización sectorial en la región. Esta variable mide el factor tecnológico del sector en cada región.	Positivo
Gini de producción GINI Organización industrial	Mide el grado de concentración del valor agregado en los sectores industriales. Se esperaría: 1) que entre mayor concentración mayor serán las barreras de entrada a los mercados, lo que genera exclusión y procesos monopólicos; 2) a mayor concentración, se podrían generar economías externas, desde las empresas concentradoras hacia la cadena productiva, lo que propicia economías externas y transmisión de innovación y conocimiento, lo que facilita el surgimiento de nuevas empresas a los sectores.	Positivo

Índice de Localización Industrial (LI) Economía de aglomeración	Expresa el efecto de las economías externas intraindustriales. Se define como la cantidad de empleo en el sector $i$ sobre el empleo industrial en la región $j$ . A mayor nivel del índice será mayor el nivel de aglomeración sectorial, por lo que repercutiría positivamente en la dinámica del valor agregado de cada región.	Positivo
Índice de Competencia Industrial (ICI) Economía de especialización y urbanización	Se espera que a mayor Índice de Competencia Industrial se presenten procesos que incentivan encadenamientos productivos y economías de escala, por lo que se espera signo positivo que conduciría a mayor crecimiento industrial.	Positivo
Logro Educativo (LE)	Mayor nivel educativo conducirá a mayor nivel de competencias laborales, por lo que se espera signo positivo frente al comportamiento de la variable dependiente.	Positivo
Gasto en Investigación y desarrollo total nacional (GID)	Los procesos de innovación e investigación en el sistema conducirán a mayor derramamiento de conocimiento e innovación en el entorno productivo y propiciará mayor crecimiento industrial.	Positivo

Fuente: Elaboración propia.

Entre las consideraciones teóricas que se tienen en cuenta en la formulación del modelo, están que la relación capital-producto y la relación capital-trabajo no son constantes en las empresas y la tecnología no es fija para estos casos, contrario a los planteamientos del Modelo de Harrod y Domar. Además, la escasez de inversión es la que obstaculiza la innovación productiva, de acuerdo con el modelo de Domar. Se excluye de la formulación del modelo el papel del ahorro dentro de la economía que define Kaldor y la teoría neoclásica; pero, se consideran las leyes de Kaldor en los siguientes aspectos: 1) el crecimiento de la productividad en el sector manufacturero está correlacionado de una forma positiva con el crecimiento de la producción en ese sector; y, 2) entre mayor sea el número de trabajadores y más productivos sean, se propiciará el crecimiento de la productividad e innovación competitiva.

A continuación, se muestran los resultados del modelo a la luz de las teorías expuestas, entendiendo que se corrió un modelo Datos de Panel con todas las variables explicativas, excluyendo aquellas que no resultaron significativas.

## RESULTADOS DEL MODELO

El modelo que se corrió incluyó todas las variables explicativas para la pequeña y mediana empresa: Intensidad del capital (IK), Índice de localización industrial (ILI), Índice de competencia industrial (ICI), Gini de producción (GP), Logro educativo (LE) y Gasto en investigación y desarrollo total nacional (GID).

En estos resultados se muestran las deficiencias de la competitividad industrial de las pequeñas empresas, dado el hecho de que no se encontró significativa la variable de competencias industriales. Las condiciones del crecimiento industrial dependen positivamente del gasto en investigación desde el sector público. Contrario a lo esperado, no se genera un proceso positivo explicativo entre la variable dependiente y el índice de Logro educativo, se podría explicar porque incrementos del nivel de escolaridad de los empleados de las empresas pequeñas propiciaría mayor remuneración, lo que implica sobre costos de producción en un sector aún con altas tasas de informalidad laboral<sup>17</sup>.

**Cuadro 2: Modelo Datos de Panel de las tecnologías de producción de las pequeñas empresas en Colombia**

Variable dependiente: Crecimiento industrial			
Tamaño	Variable	Variable	
	GINI	0.11 (4.10)	
	GID	2.85 (6.79)	
	IK	-0.29 (-3.71)	
	Constante	7.35 (5.61)	
	LE	-0.92 (-0.56)	
	ILI	-0.19 (-1.94)	
Estadísticos ponderados		Estadísticos no ponderados	
DW	2.106	DW	1.941
R2 Ajustado	0.74	R2 Ajustado	0.69

Fuente: Elaboración de los autores, basados en los resultados del modelo.

<sup>17</sup> Este resultado es similar al encontrado en el modelo de crecimiento industrial por Datos de Panel realizado por el Grupo Esyt para establecer las variables que explican el crecimiento industrial por tamaño de empresa en Colombia en el período 1980-2000. En este caso, se encontró que la variable Logro educativo presentaba signo negativo (-2.003144) en el modelo de la pequeña empresa.

El coeficiente de Gini de producción es significativo y presenta signo positivo. Esto muestra que un incremento de la razón del valor agregado por subsector y tamaño y el valor agregado total de la industria nacional generaría un incremento en el crecimiento industrial de las pequeñas empresas colombianas.

En las variables Intensidad del capital e Índice de localización industrial los signos son negativos, lo que mostraría que las pequeñas empresas no tienen un patrón de reconocimiento del territorio en el cual se localizan y que la intensidad del capital no es directamente proporcional al crecimiento industrial.

En el modelo de la mediana empresa las variables coeficiente de Gini de producción, el gasto en investigación por parte del sector público colombiano, la Intensidad del capital y el Logro educativo resultaron significativas y explican positivamente la relación con el crecimiento industrial.

### Cuadro 3: Modelo Datos de Panel de las tecnologías de producción de las medianas empresas en Colombia

Variable dependiente: Crecimiento industrial			
Variable		Variable	
Tamaño			
	GINI	0.24	(3.21)
	GID	3.75	(1.79)
	IK	0.57	(2.32)
	Constante	-1.55	(-3.25)
	LE	4.26	(3.67)
	ILI	0.84	(2.31)
Estadísticos ponderados		Estadísticos no ponderados	
DW	1.945	DW	1.924
R2 Ajustado	0.82	R2 Ajustado	0.76

\* t-valor en paréntesis

Fuente: Elaboración de los autores, basados en los resultados del modelo.

En este caso se debe tener en cuenta que el signo no es el esperado en la variable Gini de producción. Posiblemente lo que se establece es que el nivel de concentración de valor agregado de la industria en el período de análisis es alto. Además, el signo y la significancia de la variable Logro educativo muestran que las políticas de competencias laborales si serían eficientes en el caso de las medianas, contrario a lo encontrado con las pequeñas empresas, mostrando grados mayores de productividad, gracias a la mayor capacitación de los empleados de este tipo de firmas.

#### 4. CONCLUSIONES

El sistema económico colombiano no produce información que propicie difusión tecnológica, apropiación del conocimiento e innovación competitiva. Esta dinámica marca características al desarrollo si se le suma la capacitación laboral basada en mejoramiento continuo de procesos, acompañamiento institucional que disminuya los costos de transacción y el territorio que genere entorno favorable y cree economías externas. Estos son factores estáticos que se dinamizan a través de la acumulación colectiva de conocimiento y la gestión empresarial que propicie la creación de empresas.

Estos aspectos se vinculan a la estructura económica y también a la estructura social del territorio. Se requiere diseño de políticas en materia de reglamentación y de competitividad para fomentar la entrada de nuevas empresas y consolidar el ciclo de vida<sup>18</sup> de éstas en el sistema para así generar sistemas productivos locales. La idea es la generación de una constelación de fuerzas que tienda a actuar y reaccionar una sobre la otra, de tal forma que se estructure un círculo virtuoso.

---

18 Existe un debate que surge desde la economía y la demografía, sobre la utilización de los términos surgimiento-desaparición de firmas y nacimiento-muerte de firmas. Para la demografía, los seres vivos son los únicos que nacen y mueren, excluyendo por ende de esta denominación a las unidades productivas, las cuales, por su parte, surgen y desaparecen. En este artículo, seguiremos la terminología de la demografía, por lo que se utiliza el término surgimiento de firmas menos desaparición de firmas para estudiar el ciclo de vida industrial.

La endogenización de las capacidades tecnoproductivas y el aprovechamiento de las ventajas que ofrece el territorio y la potencialidad que éste puede generar a las firmas, es vital para el crecimiento industrial de las PyMEs. La flexibilidad y los procesos innovativos generan dinámicas que propician eficiencia en la combinación de los factores productivos.

Las actividades innovativas constituyen condición necesaria pero insuficiente para garantizar un buen comportamiento económico, especialmente de las unidades productivas. En la estructura organizativa de las firmas, el desarrollo de innovaciones y la forma como se aprovechan sus resultados en el ámbito sistémico va constituyendo dinámica, capacidad de gestión y planeamiento estratégico.

Por otra parte, para reducir o eliminar la falta de adaptación de los distintos niveles del sistema educativo a las necesidades empresariales, sería necesario: 1) impulsar la colaboración de la empresa con el sistema educativo; 2) potenciar el conocimiento de la realidad empresarial y la formación de emprendedores; 3) desarrollar la formación profesional orientada hacia las necesidades de las empresas; y, 4) aplicar sistemas de aprendizaje permanente.

La colaboración inter e intrasectorial es escasa, especialmente entre las PyMEs, por lo que las medidas que se podrían implementar deberían ir en la línea de: 1) impulsar la investigación aplicada en la universidad con apoyo a programas formativos de profesores universitarios relacionados con la gestión empresarial; revisión de la legislación y de los estatutos de las universidades para facilitar y estimular la implicación de los doctores universitarios en la transferencia de conocimientos y búsqueda de financiación para la universidad en el propio mercado; 2) desarrollar un sistema de reconocimiento de la investigación aplicada para los investigadores universitarios; y, 3) la inclusión de nuevas asignaturas para ir cambiando la mentalidad del alumnado motivándolo para actividades emprendedoras.

Las condiciones del crecimiento industrial en el modelo de **la pequeña empresa** dependen positivamente del gasto en investigación desde el sector público. Contrario a lo esperado, no se genera un proceso positivo explicativo entre la variable dependiente y el índice de Logro educativo, se podría explicar porque incrementos del nivel de escolaridad de los empleados de las empresas pequeñas propiciaría mayor remuneración, lo que implica sobre costos de producción en un sector aún con altas tasas de informalidad laboral. El coeficiente de Gini de producción es significativo y presenta signo negativo, lo que no era esperado a priori. En las variables Intensidad del capital e Índice de localización industrial los signos son negativos, lo que muestra que las pequeñas empresas no tienen un patrón de reconocimiento del territorio en el cual se localizan y que la intensidad del capital no es directamente proporcional con el crecimiento industrial.

En el modelo de **la mediana empresa**, las variables coeficiente de Gini de producción, el gasto en investigación por parte del sector público colombiano, la Intensidad del capital y el Logro educativo resultaron significativas y explican positivamente la relación con el crecimiento industrial.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACS, Zoltan J. and Audretsch D.B, (1988) "R&D, firm size and innovate activity", in Z.J Acs and D.B. Audretsch (eds), *Innovation and Technological Change: An International Comparison*, Ann Arbor: University of Michigan Press.

ACS, Zoltan J. y Audretsch, David B. (1989) "Patents as a Measure of Innovative Activity". *KYKLOS*. Vol. XLII.

ACS, Zoltan J. and Audretsch D.B, (1994) "Asymmetric information, agency costs and innovative entry". Working paper. Wissenschaftszentrum Berlin Für Sozialforschung.

ACS, Zoltan J. (2002) "Innovation and the growth of cities". Edward Elgar Publishing Inc. Massachusetts. USA.

ARROW, Kenneth J. (1962) "Economic Welfare and the allocation of Resources for Invention". En: Richard R. Nelson, ed. *The rate and direction of inventive activity*. Princeton. Nj: Princeton University Press.

AUDRETSCH, David B, Feldman, Maryann P. (1996) "R&D Spillovers and the geography of and production". *The American Economic Review*; June, 86 (3); ABI/INFORM Global.

BARRO, Robert J. (1991) "Government spending in a simple model of endogenous growth". En: *The Journal of Political Economy*. Vol. 98. No. 5, October.

BARRO, Robert y Xavier Sala-i-martin (1999) "Economic Growth". The MIT Press.

BECKER, Gary (1983) "El capital humano. Un análisis teórico y empírico referido fundamentalmente a la educación". Alianza Editorial. Madrid.

BIORN, E. (1999) "Random coefficients in regression equation systems. The case with unbalanced Panel Data. Memorandum No. 27/99. Department of Economics University of Oslo.

BREUSCH, T., and Pagan, A., (1980) "The Lagrange Multiplier test and its applications to model specification in econometrics" *Review of Economic Studies*, 47.

CALLEJÓN, M. y Costa, M.T. (1995) "Economías externas y localización de las actividades industriales". *Economía Industrial*, n° 305, p. 75-86.

GREENE, William H. (2003) "Econometric Analysis". Fourth Edition. Prentice Hall. New Jersey.

HAUSMAN, J.A. y W.E. Taylor (1981) "Panel data and unobservable individual effects". *Econometrica* 49.

HSIAO, C. (1986) "Analysis of panel data". *Econometric Society monographs* No. 11. Cambridge University press.

KARLSSON, Charlie, et. Al. (2004) "Knowledge spillovers and knowledge managements". Edward Elgar Publishing, Inc.

LUCAS, Robert (1988) "On the Mechanics of Economic Development". En: *JME*.

MADDALA, G.S. (1987) "Recent developments in the econometrics of panel data analysis". *Transportation research-A*. Vol. 21<sup>a</sup>:303-326.

REBELO, Sergio (1991) "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth". En: *The Journal of Political Economy*. Vol. 99. No. 3.

ROMER P.S. (1986) “Increasing Returns and Long-Run Growth”. En: *Journal of Political Economy* 94, 1.

SOLOW, Robert (1956) “A Contribution to the Theory of Growth”. En: *Quarterly Journal of Economics*.

STEL, André y Henry Nieuwenhuijsen (2002) “Knowledge spillovers and Economic growth”. En: *Tinbergen Institute Discussion Paper*, 051-3.

WOOLDRIDGE, J. (2002) “Econometric analysis of cross section and panel data”. MIT Press. Cambridge.

YOGUEL, G. y Boscherini F. (1996) “La capacidad innovativa y el fortalecimiento de la competitividad de las firmas: el caso de las PyMEs exportadoras de argentina”. Documentos de trabajo, N° 71. LC/BUE/L.154. Buenos Aires. Oficina de la CEPAL. Buenos Aires. Agosto.

YOGUEL, Gabriel, Marta Novick, Darío Milesi, Sonia Roitter y José Borello (2004) “Información y conocimiento: la difusión de las tecnologías de información y comunicación en la industria manufacturera Argentina”. En: *Revista Cepal*. No. 82. Abril.

## ANEXO

El test para efectos aleatorios de Breusch and Pagan (1980) se presenta en un multiplicador de Lagrange basado en los residuales de los mínimos cuadrados ordinarios. La prueba contrasta las hipótesis:

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0 \text{ (} \text{Corr}[\eta_{it}, \eta_{is}] = 0 \text{)}$$

$$H_1 : \sigma_u^2 \neq 0$$

El test estadístico es:

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_{t=1}^n \left[ \sum_{i=1}^T \ell_{it} \right]^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \ell_{it}^2} - 1 \right]^2 = \frac{nT}{2(T-1)} \left[ \frac{\sum_{t=1}^n (\mathcal{Y} \ell_i)^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \ell_{it}^2} - 1 \right]^2$$

Bajo la hipótesis nula,  $LM$  es distribuida como una Chi-cuadrada con un grado de libertad.

La significancia del modelo de efectos fijos indica que existe una importante heterogeneidad no observada, en este caso, entre las regiones y los sectores productivos de Colombia. Sin embargo, existe la posibilidad que dicha heterogeneidad responda a efectos aleatorios. Resulta entonces necesario comparar ambos modelos. A tal fin, se utiliza el Test del multiplicador de Lagrange Breusch-Pagan basado en los residuos del estimador de MCC. La hipótesis nula del mismo consiste en que la varianza de los efectos específicos es cero. En cambio, bajo la alternativa, los efectos específicos se comportan según una variable aleatoria.

El test de especificación de Hausman es utilizado para verificar la ortogonalidad de los efectos aleatorios y los regresores. El test está basado en la idea que bajo la hipótesis de no correlación, el modelo de mínimos cuadrados ordinarios en el modelo de variables dummies de mínimos cuadrados y el modelo de

mínimos cuadrados generalizados son consistentes, pero el modelo de mínimos cuadrados ordinarios es ineficiente. La otra alternativa es que mínimos cuadrados ordinarios es consistente, pero mínimos cuadrados generalizados no lo es. De esta forma, bajo la hipótesis nula, los dos estimadores podrían no diferir sistemáticamente, y el test puede estar basado en la diferencia.

$$Var(b - \hat{\beta}) = Var(b) + Var(\hat{\beta}) - Cov(b - \hat{\beta}) - Cov(b - \hat{\beta}) \quad (1)$$

El resultado esencial del test de Hausman es que la covarianza de un estimador eficiente con la diferencia de un estimador ineficiente es cero, lo que implica que:

$$Cov((b - \hat{\beta}), \hat{\beta}) = Cov(b, \hat{\beta}) - Var(\hat{\beta}) = 0 \quad (2)$$

O que:

$$Cov(b, \hat{\beta}) = Var(\hat{\beta}) \quad (3)$$

Insertando este resultado en (1) se produce la matriz de covarianza requerida para el test:

$$Var(b - \hat{\beta}) = Var(\beta) - Var(\hat{\beta}) = \psi \quad (4)$$

El test de Chi-cuadrada está basado en el criterio Wald:

$$W = \chi^2 [K - 1] = \left[ b - \hat{\beta} \right]' \psi^{-1} \left[ b - \hat{\beta} \right] \quad (5)$$

Para  $\psi$ , se utiliza la matriz de covarianzas estimadas del coeficiente del estimador del modelo de mínimos cuadrados de variables dummies y la matriz de covarianzas estimadas en el modelo de efectos aleatorios, excluyendo el término constante. Bajo la hipótesis nula,  $w$  tiene una distribución Chi-cuadrada con  $K-1$  grados de libertad (Greene, 2003).

Cuando se encuentra correlación serial de primer orden en los residuos se estima un modelo en el cual el error sigue un

proceso autorregresivo de primer orden. Para verificar la correlación serial se utiliza el estadístico de Wooldridge (2002) para Datos de Panel, que considera la hipótesis nula de no autocorrelación serial en los residuos, la regresión de primeras diferencias debe tener una autocorrelación de -0.5.