

INNOVACIÓN EMPRESARIAL Y CAPACIDADES TECNOPRODUCTIVAS: ANÁLISIS SECTORIAL Y REGIONAL EN COLOMBIA EN EL PERÍODO 1990- 2002¹

Marleny Cardona Acevedo²
Carlos Andrés Cano Gamboa³

Resumen

Innovación y tecnología son conceptos básicos en el análisis de las estructuras productivas. En este artículo se buscó identificar los principales factores del Mundo de la tecnología de la producción desde el territorio y la organización industrial. Se exploran las relaciones entre las variables crecimiento económico y algunos indicadores como: Gini de producción, Intensidad del capital, Índice de localización, Índice de competencia, Logro educativo y Gasto en investigación y desarrollo. Para este fin se organiza la presentación del artículo desde tres secciones. Primero, se desarrolla el tema de la interrelación de la actividad innovativa y la capacidad tecnoproductiva de las firmas PyMEs. Luego, se presenta el marco teórico y la formulación del modelo. Por último, la medición, teniendo en cuenta las variables utilizadas, los signos esperados y los resultados desde un modelo Datos de Panel. Finalmente, se presentan las conclusiones.

Palabras clave: Tecnologías de producción, Innovación productiva, PyMEs, Datos de Panel.

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 el año 2005 por el Grupo de Estudios sectoriales y territoriales –EsyT– de la Universidad EAFIT, con la participación de Carlos Julio Ramírez y Jahir Gutiérrez, profesores de la Universidad de Medellín.

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 –EsyT– de la Universidad Eafit de Medellín. marca@eafit.edu.co

³ Economista y profesor de cátedra de la Universidad Eafit. Joven Investigador de Colciencias (2004). Asistente de Investigación Grupo EsyT. Aspirante a Magíster de Economía de la Universidad de Antioquia. ccanogam@eafit.edu.co

1. Introducción

Las relaciones productivas generan capacidades de producción en la combinación: capital y trabajo, teniendo en cuenta las tecnologías como forma de acumulación y difusión del conocimiento en 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.

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 meta se inscribe en la sociedad de la información como un proceso dinámico que sugiere un cambio en la cultura organizacional, incluyendo el proceso de la innovación que tiene en cuenta la difusión de los conocimientos, el comportamiento social, las prácticas empresariales, el compromiso político y las competencias laborales.

Una de las hipótesis que se busca corroborar está relacionada con el gasto de investigación y desarrollo y la generación de productos innovadores, condicionado por la facilidad de apropiación y las políticas innovadoras al interior de las PyMEs y grandes empresas que responde a distintos regímenes económicos y tecnológicos dependiendo del esquema organizacional previo y las estructuras que faciliten el aprendizaje.

Las tecnologías hacen uso intensivo de información para enfrentar los territorios y los sectores en la realidad productiva, por la globalización de los mercados, por el aumento de la presión competitiva y la incertidumbre que enfrentan los agentes, lo cual convierte la competitividad en un fenómeno sistémico⁴. Según Yoguel (2000),

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

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.

De acuerdo a Acs y Audretsch (1994), poco se ha escrito en la literatura económica sobre la identificación de aquellas condiciones y contextos de mercado que son propicios para la actividad innovadora y de aquellas que retrasan esta actividad. Además, la investigación empírica se ha concentrado en las grandes empresas y ha descuidado la de las PyMEs⁵. Scherer (1980), afirma que es equivocada la búsqueda de un tamaño de empresa que sea óptimo para la innovación. Se acumula evidencia teórica y empírica a favor de cada postura. La doctrina económica clásica y neoclásica que sostiene que las empresas relativamente pequeñas, impulsadas por la motivación competitiva, son propicias para el progreso tecnológico, y la postura schumpeteriana que afirma que las grandes empresas son las mejor dotadas para explotar las oportunidades de innovación.

Las competencias endógenas, de acuerdo a 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

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.

⁵ Las pequeñas empresas tienen las siguientes condiciones en Colombia: 1) planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores; 2) activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil uno (5001) salarios mínimos mensuales legales vigentes. Por su parte, la mediana empresa en Colombia se responde a los siguientes parámetros: 1) planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores, y 2) activos totales por valor entre cinco mil uno (5001) y quince mil (15000) salarios mínimos mensuales legales vigentes. La pequeña y mediana empresa, ha asumido un papel cada vez más relevante en la economía y en planes y programas de los gobiernos en la mayoría de los países del mundo. Las razones responden a las nuevas estrategias empresariales de disminución de costos, flexibilidad de la producción, eficiencia, respuesta rápida a los mercados cambiantes, generación de empleo, etc.

dinámica que incluye aprendizajes formales e informales de tipo codificado como tácito, se determinan a través de la consideración de diversos elementos: **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.

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. El límite de este esquema, según Veltz (1999), es el riesgo de encerrarse en un conjunto limitado de productos y procedimientos.

Según Bessant (2005), el aprendizaje no es automático y existen encrucijadas donde puede fracasar sino se afrontan los obstáculos. El emprendimiento y la innovación son procesos que requieren la conexión entre los instrumentos de política y los sujetos involucrados en el tejido productivo. El espíritu empresarial no es sólo la acción individual, sino también las acciones de las organizaciones para crear empresas. Los individuos y los colectivos necesitan reconocimiento de sus acciones para potencializar sinergias teniendo en cuenta la política sectorial en un contexto de cooperación y desarrollo de instancias públicas y organismos que coordinen esfuerzos y atraigan recursos para las iniciativas locales, tanto privadas como públicas.

2. Actividad innovativa y capacidad tecnoproductiva de las PyMEs

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 en 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 la innovación en las empresas adquiere un carácter multidimensional, diferenciándose 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.

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.

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)⁶. 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)⁷. 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*⁸ 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*.

La tecnología de producción es importante por el aumento y la difusión de las tecnologías de procesos y su creciente flexibilidad con respecto a la producción dinámica en el tiempo. Según Storper y Salais (1995), la destreza tecnológica está reflejada en el rango y la velocidad de la innovación productiva, para que en

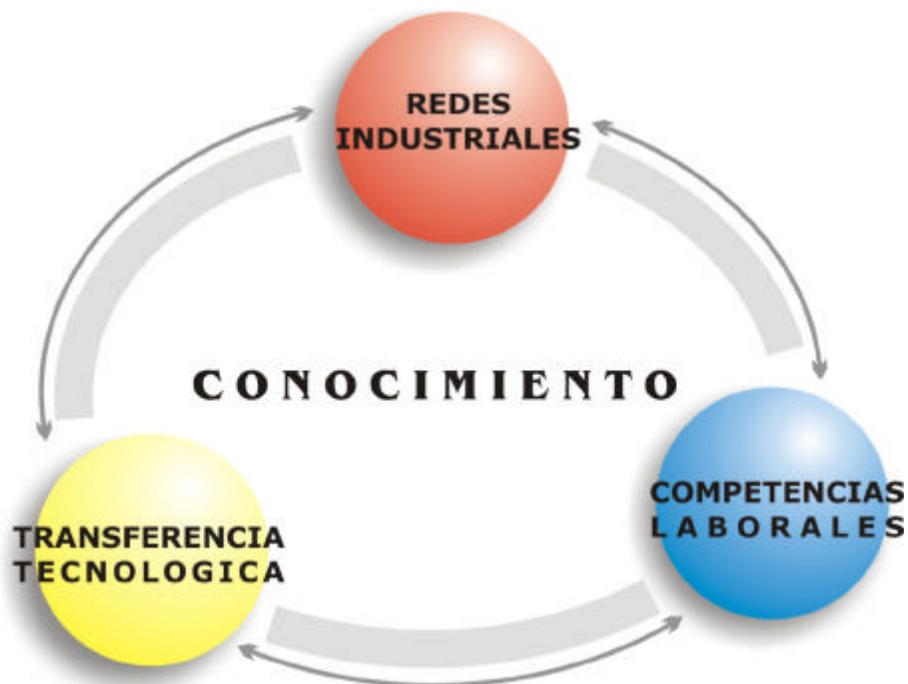
⁶ Según Becker (1983), los beneficios de la inversión en capital humano no se miden exclusivamente por las retribuciones o los rendimientos, sino por la diferencia entre los rendimientos y los costos de devolución de préstamos. Expresado en términos geométricos, no son iguales al área debajo de la curva 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.

⁷ En: Barro, Robert y Xavier Sala-i-martin (1999). "Economic Growth" The MIT Press.

⁸ 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.

cualquier momento se incremente el comercio aunque existan algunos centros con escasos niveles de producción.

Esquema 1
Dinámica empresarial e integración del conocimiento



Fuente: Cardona et. al. (2002)

La incorporación de las tecnologías de información y comunicación en las empresas puede ser analizada como un proceso dependiente del sendero tecnológico previo (ver esquema 1). Por lo tanto, una condición necesaria para que esas tecnologías sean funcionales al desarrollo de las ventajas competitivas de las firmas es la existencia de competencias endógenas que puedan potenciar

procesos de generación, circulación y apropiación de información asociadas a la difusión de TIC's⁹, en los procesos productivos.

La amplitud y el uso más extenso de las tecnologías de información y comunicación representan un cambio fundamental en la economía y la sociedad. En esta postura surgen dos posiciones: **1)** la de quienes piensan que casi toda la información es conocimiento, y por ende, que más información implica necesariamente mayor conocimiento; **2)** la que admite que existen diferencias entre información y conocimiento y describe la producción de conocimiento como un proceso complejo que no responde a un aumento de la información¹⁰ (Jonson, et. al., 2002; en Yoguel et. al. 2004).

Las tecnologías tendrían influjo sobre la competitividad si se verifica un cambio técnico y organizacional previo o simultáneo que permitiera la optimización en los productos, y que involucrara la definición de estrategias y políticas de gestión tecnológica, el desarrollo de modelos y sistemas de organización del trabajo encaminados a hacer viables la generación y circulación de conocimientos y una estructura organizativa que facilitara procesos de comunicación y aprendizaje.

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 escaso eslabonamientos hacia atrás y el predominio de *commodities*; **4)** limitado

⁹ Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC– 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.

¹⁰ Esta última perspectiva es la que ha estado ganando espacio al señalar que el conocimiento es, fundamentalmente, una capacidad cognitiva asociada a la posibilidad de interpretar y transformar información. La información, en cambio, es un conjunto de datos estructurados y formateados, pero inertes e inactivos hasta que no sean interpretados por los que tienen las capacidades necesarias para manipularlos. En este sentido, las TIC's pueden ser funcionales al desarrollo de procesos de aprendizaje si adquieren cierta complejidad y, además, si permiten acelerar las fases del ciclo cognitivo mencionado.

desarrollo institucional; y, **5)** ausencia de políticas sistémicas, que reducen la presencia del paradigma tecnológico¹¹.

La innovación, según Castells (1999) es un conjunto específico de relaciones de producción y gestión, basado en una organización social que comparte una cultura industrial y metas instrumentales encaminadas a generar conocimiento, procesos y productos. Los medios de innovación son fuentes para la generación de valor agregado en el proceso de producción industrial en la era de la información. En este sentido, se reconoce el papel de las empresas, aportando al producto como a procesos innovativos.

A continuación, se muestra la metodología con la cual se construye el mundo de tecnología de la producción y se obtienen los resultados y las conclusiones que surgen de la medición de un modelo econométrico sobre la incidencia de la innovación y capacidad tecnoproductiva en el crecimiento industrial de las firmas PyMEs en Colombia en el período 1990-2002.

3. Formulación del modelo de las Tecnologías de la producción de las PyMEs en Colombia en el período 1990-2002

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

¹¹ Cimoli y Correa (en Yoguel 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, Yoguel 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.

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. La mayoría de trabajos empíricos parten de la hipótesis 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 empresarial¹².

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)¹³, sugiere que la tasa innovativa está influenciada por la investigación y el desarrollo y las características propias de la estructura del

¹² Este aspecto ha sido estudiado en el ámbito internacional por Loesch (1954), Arrow (1962), Romer (1986), Acs y Audretsch (1991; 1993; 1994; 1998), Anderson, Anderstig y Harsman (1990), Grossman y Helpman (1991), Jaffe, Trajtenber y Henderson (1993), Shelburne y Bednarzik (1993), Acs, Audretsch y Feldman (1999), Feldman (1994a; 1994b), Audretsch y Feldman (1996), Nonaka y Takeuchi (1999), Acs (1999; 2000; 2002), Oliner y Slicher (2000), Colecchia y Schereyer (2001), Stel y Nieuwenhuisen (2002), y, Karlsson (2004) En el caso latinoamericano, se resaltan los trabajos de Poma (2000), Chong y Micco (2001), Cimoli y Correa (2002; 2003), Bisang et. al. (2003), Lugones (2003), Yoguel y Boscherini (1996) y Yoguel et. al. (2004).

¹³ 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.

mercado. Además, se encuentra que el número total de innovaciones está negativamente relacionado con la concentración industrial, y positivamente relacionado al gasto en investigación, las competencias laborales y el grado de complementariedad industrial y sectorial¹⁴.

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 es 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 innovación¹⁵, 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 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 económico¹⁶. 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 regiones¹⁷.

¹⁴ Este resultado será contrastado para Colombia utilizando las variables de competencia industrial, concentración industrial, localización industrial y logro educativo para el período 1990-2002.

¹⁵ 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.

¹⁶ El modelo es estimado usando datos sectoriales para 40 regiones alemanas en el período 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.

¹⁷ 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.

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 permitan 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 recoge de la formulación del modelo respecto a ocho variables que determinan la innovación, la investigación y las competencias laborales en la industria colombiana.

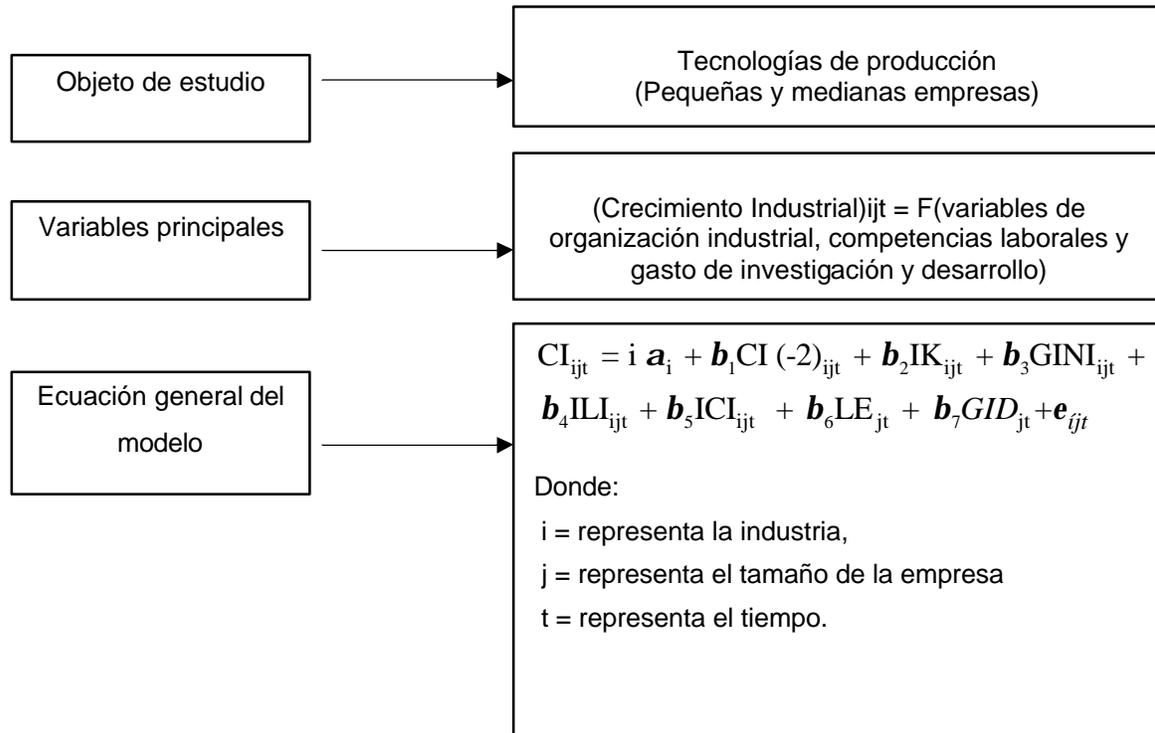
4. Evidencia empírica

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 objeto de estudio para medir el mundo de las tecnologías de la producción es el impacto de las variables: crecimiento industrial rezagado dos períodos, 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 y las dimensiones de análisis están representadas en el esquema 2.

Esquema 2

Proceso metodológico en la medición de las tecnologías de producción



La ecuación a estimar para el modelo de tecnologías de producción es la siguiente:

$$\Delta CI_{it} = a CI_{it-2} + x'_{it} b + g_t + h_i + u_{it}$$

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

ΔCI_{it} = Tasa de la variación de la producción de la industria i en el período t .

CI_{it-2} = Representa la variación del logaritmo de la producción de la industria i en el período $t-2$.

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.

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

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

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 de las universidades públicas y privadas y de las instituciones del Estado, **6)** falta de información sobre la tasa de gasto de las empresas privadas PyMEs en investigación y desarrollo. En la siguiente sección se describen las variables elegidas como determinantes del modelo de las tecnologías de la producción de las PyMEs colombianas. En la siguiente sección se presentan los parámetros de las variables mencionadas y los resultados encontrados en el Modelo Datos de Panel.

5. Modelo Datos de Panel: una propuesta para medir el mundo de las Tecnologías de la producción

El Modelo Datos de Panel busca responder de qué forma las variables de localización, competencias, acumulación de activos competitivos tangibles y concentración industrial, Logro educativo y gasto en investigación y desarrollo total

de Colombia por sectores y tamaño dan cuenta del crecimiento industrial de Colombia.

Los resultados fueron validados¹⁸ mediante las pruebas de los errores estándar robustos para heteroscedasticidad, la probabilidad de los coeficientes, el test para efectos aleatorios de Breusch and Pagan¹⁹, el Test de especificación y de selección entre efectos fijos o aleatorios de Hausman y Taylor²⁰ (1981) y los test

¹⁸ Si los errores en niveles son serialmente independientes, estos en primeras diferencias presentarán correlación serial de orden 1, pero no de orden 2, Arellano y Bond (1991) desarrollan un test formal conocido como el estadístico $m_j \xrightarrow{d} (0,1)$. Bajo la hipótesis nula de no correlación serial. Este estadístico es calculado de los residuales en primeras diferencias, exceptuando cuando la estimación es en niveles. El estadístico m_j está basado en la

autocovarianza de orden j -th promedio, r_j , la cual está dada por: $r_j = \frac{1}{T-3-j} \sum_{t=4+j}^T r_{ij}$, donde

$r_{ij} = E(\Delta \mathbf{u}_u \Delta_{i,t-j})$. Bajo la hipótesis nula $H_0 : r_j = 0$, el estadístico está dado por $m_j = \frac{\hat{r}_j}{se(\hat{r}_j)}$,

donde \hat{r}_j es la contraparte muestral de r_j , basado en los residuales en primeras diferencias $\Delta \hat{\mathbf{u}}_{it}$,

y $\hat{r}_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta \hat{\mathbf{u}}_{it} \Delta \hat{\mathbf{u}}_{i,t-j}$, $se(\hat{r}_j) = \left(\frac{V\hat{ar}(\hat{r}_j)}{N} \right)^{\frac{1}{2}}$, donde $V\hat{ar}(\hat{r}_j)$ es la varianza asíntotica de \hat{r}_j .

¹⁹ 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:

$$H_0 : \mathbf{s}_u^2 = 0 \text{ (} \text{Corr}[\mathbf{h}_i, \mathbf{h}_i] = 0 \text{)}$$

$$H_1 : \mathbf{s}_u^2 \neq 0$$

El test estadístico es:

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

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

²⁰ 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

autorregresivos de primer y segundo orden. El análisis se centra en los signos y significancia de los coeficientes, a partir de los cuales se puede verificar la relación entre las variables que señala la teoría. En total el modelo está conformado por 27 sectores productivos, 7 variables explicativas y una dependiente: variación del logaritmo del crecimiento industrial.

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 al modelo de

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.

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

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:

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

o que:

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

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

$$Var(b - \hat{\mathbf{b}}) = Var(\mathbf{b}) - Var(\hat{\mathbf{b}}) = \mathbf{y}$$

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

$$W = \mathbf{c}^2 [K-1] = \left[b - \hat{\mathbf{b}} \right]^{\prime} \mathbf{y}^{-1} \left[b - \hat{\mathbf{b}} \right]$$

Para \mathbf{y} , 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)

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.

En los planteamientos teóricos también se tuvo en cuenta a Joan Robinson, asumiendo que: **1)** las condiciones técnicas dependen positivamente de la investigación y la mejora en la educación; **2)** la mejor forma de conseguir que la sociedad mejore su bienestar es aumentando el nivel de inversión; **3)** las alteraciones salariales son la mejor forma de conseguir que la sociedad mejore su bienestar; **4)** el stock de capital inicial establece las condiciones de largo plazo de las empresas. Así, la relevancia explicativa del modelo parte del papel significativo que tiene las condiciones del capital: humano y físico, asumiendo que el progreso técnico presenta un comportamiento endógeno motivado por los efectos que genera sobre el mismo un mayor conocimiento de los hechos y el aprendizaje.

Según Romer (1986), la introducción de nuevo conocimiento aumenta la productividad marginal de la industria, permitiendo un mejor crecimiento dentro de la economía en su conjunto. Junto a este aporte cabe destacar a Lucas (1988) y a Becker (1983), quienes concedieron importancia al papel que tiene el capital humano dentro del proceso de crecimiento. Se resalta que la postura que se asume en el modelo es de corte schumpeteriano, en lugar de la posición del crecimiento endógeno, ya que la primera asume la existencia de un mecanismo de competencia imperfecta de la economía, en tanto que los nuevos clásicos consideran que existe competencia perfecta.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de los signos esperados en la medición del modelo. En este se incluyeron todas las variables explicativas para la pequeña y mediana empresa: Crecimiento industrial rezagado dos períodos, 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).

Cuadro 1
Signos esperados en el modelo de las Tecnologías de la producción de las PyMEs en Colombia en el período 1990-2002

Variable explicativa	Resultado esperado desde la teoría económica	Signo esperado en el modelo	Signo encontrado en el modelo de las pequeñas empresas	Signo encontrado en el modelo de las medianas empresas
Crecimiento industrial (-2)	Se espera que a mayor crecimiento precedente en el sector industrial genere dinámica al interior del sistema y por lo tanto propicie crecimiento a corto plazo. La variable rezagada del crecimiento industrial presenta signo negativo, lo que implica convergencia en el modelo.	Negativo	Negativo	Negativo
Intensidad del capital (IK)	Se espera que a mayor intensidad del capital se presente un efecto positivo en el crecimiento industrial, ya que será mayor la relación de activos fijos reales frente al personal ocupado por sector industrial.	Positivo	Negativo	Positivo
Gini de Producción (GP)	Un valor mayor de Gini de producción mostraría concentración del valor agregado en la industria a nivel sectorial. Por lo tanto, un signo negativo de esta variable estaría mostrando que el mayor nivel agregado por sector conduce a crecimiento industrial.	Negativo	Positivo	Positivo
Índice de Localización Industrial (ILI)	Se espera que a mayor Índice de Localización mayor fuera el crecimiento industrial, esto dado por el nivel de	Positivo	Negativo	Variable insignificante en el

	aglomeración que se presenta por sector.			modelo
Índice de Competencia Industrial (ICI)	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	Variable insignificativa en el modelo	Variable insignificativa en el modelo
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	Negativo	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	Positivo	Positivo

Fuente: Los autores.

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. En el modelo, haciendo una lectura de los resultados desde las leyes de Kaldor, se encontró que el crecimiento de la productividad en el sector manufacturero de la pequeña empresa no está correlacionado de una forma positiva con el crecimiento de la producción.

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 laboral²¹.

El coeficiente de Gini de producción es significativo y presenta signo negativo, lo que no era esperado a priori, lo que muestra que un incremento de la razón del valor agregado por subsector y tamaño y el valor agregado total de la industria nacional genera 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 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 al crecimiento industrial.

²¹ 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.

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

Variable dependiente crecimiento económico industrial de Colombia				
	Coeficiente	Error estándar	Pruebas t	t-probabilidad
C	7.359121	1.309809	5.618470	0.0000
INDUSTRIA?(-2)	-1.278257	0.224418	-5.695879	0.0000
GINI?	0.117903	0.028736	4.102943	0.0001
GID?	2.825207	0.415620	6.797580	0.0000
IK?	-0.292667	0.078713	-3.718160	0.0002
LE?	-9.246974	1.649247	-5.606787	0.0000
ILI?	-0.194177	0.099775	-1.946153	0.0526

1. Incluye estimaciones en desviaciones ortogonales.
2. Los errores estándar son robustos para heteroscedasticidad.
3. Los instrumentos utilizados en el modelo están dados en primeras diferencias.
4. El método de estimación es paneles incompletos o desbalanceados por efectos aleatorios. Se utilizaron 13 observaciones y 27 cross-sections, para tener en total 341 observaciones en el modelo Datos de Panel desbalanceado.
5. El contraste del multiplicador de Lagrange para el modelo de efectos aleatorios de Breusch and Pagan muestra evidencias a favor del modelo de componentes del error.
6. El contraste de Hausman valida el método de Mínimos cuadrados generalizados utilizado. La hipótesis de que los efectos individuales están correlacionados con la variable dependiente crecimiento industrial, debe ser rechazada.

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 las tecnologías de producción de las medianas empresas en Colombia

Variable dependiente crecimiento económico industrial de Colombia				
	Coeficiente	Error estándar	Pruebas t	t-probabilidad
C	-1.557416	0.478128	-3.257318	0.0012
INDUSTRIA?(-2)	-0.845628	0.364895	-2.317455	0.0000
GID?	3.758401	2.094646	1.794289	0.0737
IK?	0.573259	0.246332	2.327175	0.0205
GINI?	0.246758	0.076761	3.214615	0.0014
LE?	4.263547	1.159873	3.675873	0.0000

1. Incluye estimaciones en desviaciones ortogonales.
2. Los errores estándar son robustos para heteroscedasticidad.
3. Los instrumentos utilizados en el modelo están dados en primeras diferencias.
4. El método de estimación es paneles incompletos o desbalanceados por efectos aleatorios. Se utilizaron 13 observaciones y 27 cross-sections, para tener en total 343 observaciones en el modelo Datos de Panel desbalanceado.
5. El contraste del multiplicador de Lagrange para el modelo de efectos aleatorios de Breusch and Pagan muestra evidencias a favor del modelo de componentes del error.
6. El contraste de Hausman valida el método de Mínimos cuadrados generalizados utilizado. La hipótesis de que los efectos individuales están correlacionados con la variable crecimiento industrial, debe ser rechazada.

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.

CONCLUSIONES

En 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 vida²² de éstas en el sistema para así generar sistemas productivos locales. La idea es la generación de una constelación de fuerzas que tiendan a actuar y reaccionar una sobre la otra en tal forma que se estructure un círculo virtuoso.

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 optimalidad y 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

²² 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 vivientes 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.

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 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.

Se hace énfasis en el componente organizativo, tecnológico y de políticas, en el entorno de los Mundos de Producción de las PyMEs, es decir, sobre la viabilidad de ser empresas del orden externo con nexos, proyecciones, crecimiento y abordaje global, dado que la sobrevivencia de las mismas radica más que en su diversificación de productos, en su propia diferenciación como empresa, conforme a lo que de ella hacen interna o externamente.

Anexos

La utilización de Datos de Panel provee información sobre una muestra de individuos (en nuestro caso por tamaño y por clasificación industrial), que son observados en distintos momentos del tiempo. Como lo explica Hsiao (1986) los modelos de Datos de Panel tienen las siguientes ventajas: **1)** proveen al investigador de un gran número de datos, lo cual aumenta los grados de libertad y reduce la multicolinealidad entre las variables explicativas, mejorando la eficiencia de los estimadores, y **2)** permiten analizar un número importante de temas económicos.

El método de estimación del modelo, permite determinar el comportamiento de los efectos individuales, que puede desde el control de efectos fijos (EF) o de efectos aleatorios (EA). 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.

En el modelo EA, se hacen inferencias incondicionales o marginales sobre la población. En ésta aproximación el intercepto es un término aleatorio específico para cada grupo (Hsiao, 1986 y Greene, 2003)²³. Uno de los criterios para escoger entre los modelos de EF y EA es la prueba de Hausman, la cual requiere que no haya correlación serial en los errores, supuesto que es difícil de cumplir cuando T es pequeño (Maddala, 1987).

²³ La especificación de efectos aleatorios individuales sobre el intercepto captura la heterogeneidad de las firmas que conforman la muestra, como su tamaño, su estructura productiva inherentes a cada empresa, que se presentan por una sola vez durante el período de análisis y cuyos efectos generan una caracterización particular de cada firma.

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 orden²⁴. Este modelo puede ser estimado por EF o EA y acepta paneles desbalanceados²⁵ y con períodos de diferente duración. 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 .

Datos de Panel²⁶ permite mayor flexibilidad para modelar las diferencias de comportamiento entre las observaciones, es decir, permiten identificar la heterogeneidad entre los grupos. Esto es importante para nuestro caso por las diferencias estructurales que presentan los sectores productivos por tamaño de firma. Además, permite clasificar los efectos económicos que no pueden distinguirse sólo con el uso de datos de corte transversal o series de tiempo.

El tipo de modelo estudiado considera que los errores variantes a través del tiempo no están correlacionados con valores presentes y pasados de ciertas variables condicionantes, de modo que estas son predeterminadas con respecto a

²⁴ Los procesos autorregresivos (AR) forman una familia de procesos tales que una observación depende de las observaciones anteriores. Se denominan procesos AR y se caracterizan por su orden (P). El proceso autorregresivo de primer orden es el más sencillo de la familia de procesos autorregresivos. Se dice que un proceso o serie es autorregresivo de primer orden si sigue la siguiente ecuación: $Z_t = fZ_{t-1} + a_t$. Si una serie sigue un proceso AR(1), cada observación se construye a partir de la anterior, más una perturbación aleatoria a_t . El proceso AR(1) para ser estacionario debe tener un valor absoluto de $f < 1$. Si el valor de f fuera mayor que 1, el proceso se hace explosivo y rápidamente tiende a crecer desmesudamente.

²⁵ Debido a que la información constituye un Panel desbalanceado, se utiliza toda la información disponible sin tener que eliminar datos o sacar firmas para balancearlo. Al tratar de obtener un panel balanceado con la información disponible se incurriría en sesgos de selección que impediría capturar las diferencias entre firmas en los sectores y por tamaño de empresas. Teniendo en cuenta lo anterior, se utiliza el método de estimación de Biorn (1999) a partir del cual se obtiene el estimador de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS) aparentemente no correlacionados con el error, utilizando una especificación de efectos aleatorios individuales sobre el intercepto, bajo una estructura de datos de panel desbalanceados.

²⁶ La estimación del modelo Datos de Panel se llevó a cabo por medio del paquete econométrico Eviews 3.1.

los errores variantes en el tiempo. Algunas de estas variables pueden ser variables explicativas incluidas en la ecuación o rezagos de éstas, pero otros pueden ser considerados como instrumentos predeterminados externos.

Conceptualización de las variables utilizadas en la modelación de las Tecnologías de la producción de las PyMEs en Colombia en el período 1990-2002

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 y se analizan las relaciones respecto a las variables explicativas propuestas. En el primer grupo se toman en cuenta: crecimiento industrial rezagado en dos períodos, Intensidad del capital, Índice de competencia industrial, Índice de localización industrial, Gini de producción. En el segundo grupo está: Logro educativo. En el tercer grupo está la variable de gasto en investigación y desarrollo total nacional (público y privado). A continuación se describe la forma como fueron construidas cada una de ellas.

Variable crecimiento industrial

El crecimiento industrial de Colombia se mide como la variación de la tasa de la producción bruta de cada sector industrial deflactada con el Índice de precios al

productor anual. La información es recogida por el Dane a través de la Encuesta anual manufacturera.

El modelo trata de responder a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las variables

Crecimiento Pib industrial de Colombia: Se mide como la variación de la tasa de la producción bruta de cada sector industrial deflactada con el Índice de precios al productor anual. La información es recogida por el Dane a través de la Encuesta anual manufacturera.

que dan cuenta del efecto *spillovers* y explican la innovación tecnológica en las PyMEs en Colombia en el período de análisis? En este contexto el modelo analiza el crecimiento industrial desde la

competencia industrial, la localización industrial, la acumulación de activos competitivos tangibles, la concentración de la producción y las condiciones de las competencias laborales y el gasto en investigación y desarrollo total nacional.

Con estas variables se determinan las diferencias estructurales sectoriales e innovativas en las PyMEs. Las unidades productivas, cualquiera que sea su tamaño, objetivo, estructura organizativa y localización como agente económico esencial en la economía de mercado toma protagonismo desde la evolución y el funcionamiento de la actividad que desarrolla y las posibilidades de crecimiento y de acumulación que establezca.

A continuación se presentan las variables explicativas del modelo empezando por las variables de organización industrial: Intensidad del capital, Índice de localización industrial, Índice de competencia industrial, Gini de producción. Luego se presentan las variables: Logro educativo y Gasto en investigación y desarrollo total nacional.

Variables industriales en el modelo de Tecnologías de producción de las PyMEs en Colombia

El análisis de la organización industrial –y en ella el estudio de la tecnología de la producción– conlleva al reconocimiento de la forma como se dividen las actividades desempeñadas por las empresas dentro del sistema económico y la capacidad adaptativa y competitiva en el contexto actual de globalización. De su estudio se espera aprender cómo se organiza la industria desde la perspectiva de innovación y productividad de los factores y las competencias laborales y la forma como difiere en los subsectores productivos del sistema económico. A continuación, se presenta la metodología utilizada para la construcción de las variables para cumplir con este fin.

Intensidad del capital relación entre el valor de los activos fijos reales del subsector por tamaño de empresa y el total de personal ocupado por subsector por tamaño. Esto a su vez dividido por la razón entre los activos fijos totales reales del subsector y el total del personal ocupado del subsector.

Índice de localización industrial es la razón entre el número de establecimientos del subsector por tamaño y el personal ocupado por subsector y tamaño. Esto dividido por la razón entre el total de establecimientos por subsector y el total del personal ocupado por subsector.

Índice de competencia industrial es la razón entre el número de establecimientos por subsector y tamaño y el total de establecimientos por tamaño. A su vez, esto dividido por el total de número de establecimientos del subsector y el número de establecimientos total de la industria nacional.

Gini de producción es el coeficiente de la razón del valor agregado por subsector y tamaño y el valor agregado total de la industria nacional. La metodología para la construcción del índice es planteada por Audretsch y Feldman (1996).

Variable de competencias laborales del modelo de Tecnologías de la producción en las PyMEs en Colombia

En un contexto en el que se tiende a la flexibilización, en un proceso de cambio tecnológico y organizacional por efecto de la reestructuración productiva, donde la subcontratación entre empresas grandes y PyMEs se vuelve común, donde la polivalencia y la rotación de ocupaciones se convierten en habituales, la lógica de las competencias ha pasado al centro de la escena en las empresas, alcanzando nuevas formas de reclutamiento, promoción, capacitación y remuneración.

La noción de competencia, tal como es usada en relación al mundo del trabajo, se sitúa a mitad de camino entre los saberes y las habilidades concretas; la competencia es inseparable de la acción, pero exige a la vez conocimiento razonados, ya que se considera que no hay competencia completa si los conocimientos teóricos no son acompañados por las cualidades y la capacidad que permita ejecutar las decisiones que dicha competencia sugiere. Son entonces un conjunto de propiedades en permanente modificación que son sometidas a la prueba de la resolución de problemas concretos en situaciones de trabajo que entrañan ciertos márgenes de incertidumbre y complejidad técnica.

Para medir las competencias laborales se utiliza la variable logro educativo, que se obtuvo del trabajo realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD–, el Departamento Nacional de Planeación –DNP– y la Agencia colombiana de cooperación en el año 2003.

Variable de gasto de investigación y desarrollo

El progreso técnico se podría atribuir a variables como el progreso técnico –productividad total de los factores, que es el aporte residual adicional al de los factores de producción en el crecimiento del producto– (Solow, 1956). La descomposición de la productividad total de los factores de producción –PTF– en capital, trabajo y el progreso técnico representó un importante avance en el análisis del crecimiento económico.

Jorgenson y Griliches (1967) y Arrow (1974), siguiendo esta línea de investigación, ampliaron las consideraciones sobre el cambio técnico al ajustar la calidad de los factores de producción. El trabajo de Griliches (1986) encontró evidencia de que el gasto en investigación y desarrollo contribuía de manera positiva al crecimiento de la productividad total de los factores y que ésta presentaba una alta tasa de retorno; asimismo, sus resultados permitieron concluir que la investigación básica es el factor más importante en comparación con otros tipos de investigación y desarrollo, y que el gasto en investigación y desarrollo financiado por el sector privado era más eficiente que el financiado por el gobierno.

Fuentes de información del modelo de Tecnologías de producción

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 a 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 para los siguientes sectores:

1. Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas (311).
2. Alimentos diversos para animales y otros (312).
3. Industria de bebidas (313).
4. Industria del tabaco (314).
5. Fabricación de textiles (321).
6. Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado (322).
7. Industria del cuero y productos del cuero y sucedáneos del cuero y pieles, excepto del calzado y otras prendas de vestir (323).
8. Fabricación de calzado y sus partes, excepto el de caucho o plástico (324).
9. Industria de la madera y productos de la madera, excepto muebles (331).
10. Fabricación de muebles, excepto los que son metálicos (332).
11. Fabricación de papel y productos de papel (341).
12. Imprentas, editoriales e industrias conexas (342).
13. Fabricación de sustancias químicas industriales (351).
14. Fabricación de otros productos químicos (352).
15. Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón (354).
16. Fabricación de productos de caucho (355).
17. Fabricación de productos plásticos (356).
18. Fabricación de vidrios y productos de vidrio (362).
19. Fabricación de otros productos minerales no metálicos (369).
20. Industrias básicas de hierro y acero (371).
21. Industrias básicas de metales no ferrosos (372).
22. Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo (381).
23. Construcción de maquinaria, exceptuando la eléctrica (382).
24. Fabricación de maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos (383).
25. Construcción de equipo y material de transporte (384).
26. Fabricación de material profesional y científico, instrumentos de medida y de control, aparatos fotográficos e instrumentos de óptica (385).
27. Otras industrias manufactureras (390).

Tabla 1A

Efectos individuales bajo efectos aleatorios del Modelo de Tecnologías de producción para la pequeña empresa en Colombia en el período 1990-2002

Sector industrial (clasificación CIU)	Efectos individuales	Pequeña empresa
Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas (311).	1--C	0.049115
Alimentos diversos para animales y otros (312).	2--C	-0.206500
Industria de bebidas (313).	3--C	-0.046073
Industria de tabaco (314).	4--C	0.095828
Fabricación de textiles (321).	5--C	0.056185
Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado (322).	6--C	-0.021140
Industria del cuero y productos del cuero y sucedáneos del cuero y pieles, excepto del calzado y otras prendas de vestir (323).	7--C	0.045492
Fabricación de calzado y sus partes, excepto el de caucho o plástico (324).	8--C	0.030093
Industria de la madera y productos de la madera, excepto muebles (331).	9--C	0.070229
Fabricación de muebles, excepto los que son metálicos (332).	10--C	-0.036587
Fabricación de papel y productos de papel (341).	11--C	0.067628
Imprentas, editoriales e industrias conexas (342).	12--C	0.038889
Fabricación de sustancias químicas industriales (351).	13--C	0.004355
Fabricación de otros productos químicos (352).	14--C	-5.29E-05
Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón (354).	16--C	0.004468
Fabricación de productos de caucho (355).	17--C	-0.012638
Fabricación de productos plásticos (356).	18--C	-0.027605
Fabricación de objetos de barro, loza y porcelanas (361).	19--C	-0.027090
Fabricación de vidrios y productos de vidrio (362).	20--C	0.008528
Industrias básicas de hierro y acero (371).	22--C	-0.084174
Industrias básicas de metales no ferrosos (372).	23--C	-0.029065
Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo (381).	24--C	0.007879
Construcción de maquinaria, exceptuando la eléctrica (382).	25--C	-0.044801
Fabricación de maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos (383).	26--C	0.073107
Construcción de equipo y material de transporte (384).	27--C	0.032362

Tabla 2A

Efectos individuales bajo efectos aleatorios del Modelo de Tecnologías de producción para la mediana empresa en Colombia en el período 1990-2002

Sector industrial (clasificación CIU)	Efectos individuales	Mediana empresa
Fabricación de productos alimenticios, excepto bebidas (311).	1--C	-0.003380
Alimentos diversos para animales y otros (312).	2--C	-0.011152
Industria de bebidas (313).	3--C	0.000740
Industria de tabaco (314).	4--C	0.012971
Fabricación de textiles (321).	5--C	0.006105
Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado (322).	6--C	-0.003509
Industria del cuero y productos del cuero y sucedáneos del cuero y pieles, excepto del calzado y otras prendas de vestir (323).	7--C	-0.017183
Fabricación de calzado y sus partes, excepto el de caucho o plástico (324).	8--C	-0.002785
Industria de la madera y productos de la madera, excepto muebles (331).	9--C	-0.015742
Fabricación de muebles, excepto los que son metálicos (332).	10--C	-0.007654
Fabricación de papel y productos de papel (341).	11--C	-0.004018
Imprentas, editoriales e industrias conexas (342).	12--C	-0.003398
Fabricación de sustancias químicas industriales (351).	13--C	-0.008773
Fabricación de otros productos químicos (352).	14--C	0.002141
Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón (354).	16--C	0.003697
Fabricación de productos de caucho (355).	17--C	0.009284
Fabricación de productos plásticos (356).	18--C	-0.012997
Fabricación de objetos de barro, loza y porcelanas (361).	19--C	0.065417
Fabricación de vidrios y productos de vidrio (362).	20--C	0.005389
Industrias básicas de hierro y acero (371).	22--C	0.017607
Industrias básicas de metales no ferrosos (372).	23--C	-0.002441
Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo (381).	24--C	-0.011436
Construcción de maquinaria, exceptuando la eléctrica (382).	25--C	-0.006715
Fabricación de maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos (383).	26--C	0.000950
Construcción de equipo y material de transporte (384).	27--C	-0.002417

Sector Industrial	Pequeña Tecnología	Mediana Tecnología
Productos alimenticios (311)	+	-
Alimentos para animales (312)	-	-
Industria de bebidas (313)	-	+
Textiles (321)	+	+
Prendas de vestir (322)	-	-
Industria del cuero (323)	+	-
Fabricación de calzado (324)	+	-
Industria de la madera (331)	+	-
Fabricación de muebles (332)	-	-
Fabricación de papel (341)	+	-
Imprentas, editoriales (342)	+	-
Sustancias químicas (351)	+	-
Otros productos químicos (352)	-	+
Productos de caucho (355)	-	+
Productos plásticos (356)	-	-
Productos de vidrio (362)	+	+
Hierro y acero (371)	+	-
Metales no ferrosos (372)	+	-
Productos metálicos (381)	-	+
Maquinaria (382)	-	-
Suministros eléctricos (383)	+	+
Material de transporte (384)	-	+

A continuación se presentan los resultados individuales sectoriales obtenidos en el modelo de tecnologías de producción de las PyMEs en Colombia en el período 1990-2002. En este caso, se resaltan los sectores que tienen efectos positivos teniendo en cuenta las variables explicativas utilizadas en el modelo Datos de Panel

Desde la pequeña empresa, los sectores que tienen efectos marginales o individuales observables positivos son los siguientes:

Tecnología: sector alimentos; sector textiles, cueros y calzado; fabricación del papel y editoriales; suministros eléctricos.

Desde la mediana empresa, los sectores que tienen efectos marginales o individuales observables positivos son los siguientes:

Tecnología: sector bebidas; sector textiles; químicos y productos del caucho; vidrio, metálicos, suministros eléctricos y material de transporte.

Referencias bibliográficas

1. ACS, Zoltan J. y Audretsch, David B. (1989). "Patents as a Measure of Innovative Activity". KYKLOS. Vol. XLII.
2. ACS, Zoltan J. and Audretsch D.B, (1991), "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.
3. ACS, Zoltan J. and Audretsch D.B, (1993), "Innovation and technological change: the new learning". En: G. Libecap (ed). Advances in the Study of Entrepreneurship. Greenwich, Conn: JAI Press.
4. ACS, Zoltan J. and Audretsch D.B, (1994), "Asymmetric information, agency costs and innovative entry". Working paper. Wissenschaftszentrum Berlin Für Sozialforschung.
5. ACS, Zoltan J. y Audretsch, David B. (1994). " New-Firm Startups, Technology, and Macroeconomic Fluctuations". En: Small Business Economics. Springer. Vol. 6(6).

6. ACS, Zoltan J. y Audretsch David B (1998). "Innovación, estructura del mercado y tamaño de la empresa". En: Desarrollo y gestión de PyMEs: aportes para un debate necesario. Universidad Nacional de General Sarmiento. Argentina. Abril.
7. ACS, Zoltan J. (1999). "Small firms innovation and public policy". Science Policy, 26 (4).
8. ACS, Zoltan J. (2000) (ed). "Regional Innovation, Knowledge and Global Change". Pinter. London.
9. ACS, Zoltan J. (2002). "Innovation and the growth of cities". Edward Elgar Publishing Inc. Massachusetts. USA.
10. ACS, Zoltan J, Audretsch, David B, and Feldman, Maryann P. (1999). "R&D Spillovers and Recipient firm Size". En: Review of Economic and Statistics. May. 76(2).
11. ANDERSSON, A.E, Andersiting C. and Harsman B. (1990). "Knowledge and communications infrastructure and regional economic growth". Regional Science and Urban Economics 20.
12. ARELLANO, M. y S. R. Bond (1991). "Some Test of Specification for panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", En: Review of Economic Studies. Vol. 58.
13. 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.

14. ARROW, Kenneth J. (1974). "The limits of organization". New York. Norton.
15. 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.
16. BALTAGI, B. (2003). "Econometric analysis of panel data". Second edition. Wiley. New York.
17. BARRO, Robert J. (1991). "Government spending in a simple model of endogenous growth". En: The Journal of Political Economy. Vol. 98. No. 5, October.
18. BARRO, Robert y Xavier Sala-i-martin (1999). "Economic Growth". The MIT Press.
19. BECKER, Gary (1983). "El capital humano. Un análisis teórico y empírico referido fundamentalmente a la educación". Alianza Editorial. Madrid.
20. BESSANT, John (2005) "La innovación y la pequeña empresa". En: Revista Madrid No. 2.
21. BIORN, E. (1999a) "Estimating regression system from unbalanced panel data: a stepwise maximum likelihood procedure". Memorandum No. 20/99. Department of Economics University of Oslo.
22. BIORN, E. (1999b) "Random coefficients in regression equation systems. The case with unbalanced Panel Data. Memorandum No. 27/99. Department of Economics University of Oslo.

23. BISANG, R.G. Lugones y otros (2003). "Segunda Encuesta Nacional de Innovación y Conducta Tecnológica de las Empresas Argentinas 1998/2001". Buenos Aires. Instituto de Industria. Universidad Nacional de General Sarmiento/Redes/Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC)
24. BREUSCH, T., and Pagan, A., (1980) "The Lagrange Multiplier test and its applications to model specification in econometrics" *Review of Economic Studies*, 47.
25. CARDONA, Marleny y Osorio, Ana Rocío (2002) "Surgimiento La gestión empresarial del desarrollo desde la transferencia tecnológica, las redes industriales y las competencias laborales". Universidad EAFIT de Medellín.
26. CASTELLS, Manuel (1999). "La era de la información: Economía, sociedad y cultura. Vol. I. La sociedad Red". Alianza editorial. España.
27. CHONG, Alberto y Micco Alejandro (2001) "On information technology and competitiveness in Latin American". BID. Santiago de Chile.
28. CIMOLI, M. y Correa N. (2002). "Trade Openness and Technological Gaps in Latin America: A Low Growth Trap". Documento presentado en la Conferencia: Innovation and Growth: New Challenges for the regions". (Sophia Antipolis, Francia, 18-19 de enero).
29. CIMOLI, M. y Correa N. (2003). "Nuevas Tecnologías y viejos problemas. ¿Pueden las TIC's reducir la brecha tecnológica y la heterogeneidad estructural?". En: F. Boscherini, M. Novick y G. Yoguel (comps.). *Nuevas tecnologías de información y comunicación. Los límites de la economía del conocimiento*. Buenos Aires. Editorial Miño y Dávila/Universidad Nacional de General Sarmiento.

30. COLECCHIA, A. y Schereyer, P. (2001) "International comparisons of productivity. Key findings and measurement issues". OCDE.
31. FELDMAN, Maryann P. (1994a). "Knowledge Complementarity and Innovation". Small Business Economics, October. 1994^a. (5).
32. FELDMAN, Maryann P. (1994b). "The Geography of Innovation". Boston: Kluwer Academic Publishers.
33. GALBRAITH, John Kenneth (1956) "American Capitalism: The Concept of Countervailing Power". Houghton Mifflin Co. Boston.
34. GREENE, William H. (2003). "Econometric Analysis". Fourth Edition. Prentice Hall. New Jersey.
35. GRILICHES, Z. (1986) "Productivity, I&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970s, American Economic Review, Marzo, vol. 76(I), 141-154.
36. GROSSMAN, Gene and Helpman, Elhanan (1991). "Innovation and growth in the global economy". Cambridge, MA: The MIT Press.
37. HAUSMAN, J.A. y W.E. Taylor (1981). "Panel data and unobservable individual effects". Econometrita 49.
38. HSIAO, C. (1986). "Analysis of panel data". Econometric Society monographs No. 11. Cambridge University press.
39. JAFFE, Adam B, Trajtemberg, Manuel and Henderson, Rebecca (1993). "Geography localization of knowledge Spillovers as evidenced by patent citations". En: Quarterly Journal of Economics. August, 63 (3)

40. JORGENSON, D.W y Z. Griliches (1967): "The explanation of Productivity Change". Review of Economic Studies, 34.
41. KARLSSON, Charlie, et. Al. (2004) "Knowledge spillovers and knowledge managements". Edward Elgar Publishing, Inc.
42. LOESCH, Augustus (1954). "The economics of location". New Haven: Vale University Press.
43. LUCAS, Robert (1988). "On the Mechanics of Economic Development". En: JME.
44. LUGONES, G, Bianco, C. y otros (2003). "Indicadores de la sociedad del conocimiento e indicadores de innovación. Vinculaciones e implicaciones conceptuales y metodológicas". En: F. Boscherini, M. Novick y G. Yoguel (comps.). Nuevas tecnologías de información y comunicación. Los límites de la economía del conocimiento. Buenos Aires. Editorial Miño y dávila. Universidad Nacional de General Sarmiento.
45. MADDALA, G.S. (1987) "Recent developments in the econometrics of panel data analysis". Transportation research-A. Vol. 21^a:303-326.
46. NONAKA, I. y Takeuchi, H. (1999). "La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación. México. D.F. Oxford University Press.
47. OLINER, S. and D. Sicher (2000) "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?" Manuscript.
48. POMA, L. (2000). "La producción del conocimiento. Nuevas dinámicas competitivas para el territorio". En: F. Boscherini y L. Poma (comps.). Territorio,

conocimiento y competitividad de las empresas. El rol de las instituciones en el espacio global. Madrid. Editorial Miño y Dávila.

49. REBELO, Sergio (1991). "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth". En: The Journal of Political Economy. Vol. 99. No. 3.
50. ROMER P.S. (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth". En: Journal of Political Economy 94, 1.
51. SCHERER, F.M (1980). "Industrial market structure and economic performance". Segunda edición. Chicago: Rand McNally College Publishing Co.
52. SOLOW, Robert (1956). "A Contribution to the Theory of Growth". En: Quarterly Journal of Economics.
53. STEL, André y Henry Nieuwenhuijsen (2002). "Knowledge spillovers and Economic growth". En: Tinbergen Institute Discussion Paper, 051-3.
54. STORPER, Michael y Robert Salais (1995). "Mundos de Producción. Las Estructuras de Acción de la Economía". Universidad de California. Los Ángeles (UCLA). Estados Unidos.
55. VELTZ, Pierre (1999). "Mundialización, ciudades y territorios. La economía del Archipiélago". Editorial Ariel. S.A. Barcelona.
56. WOOLDRIDGE, J. (2002). "Econometric analysis of cross section and panel data". MIT Press. Cambridge.
57. WOOLDRIDGE, J. (2002). "Introductory econometrics: a modern approach". Ed. South-Western. College Publishing.

58. 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.
59. YOGUEL, Gabriel (2000). "Creación de competencias en ambientes locales y redes productivas". En: Revista Cepal. No. 71. Agosto.
60. 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.