

## PALABRAS CLAVE

Empresas industriales  
Innovaciones  
Productividad  
Sector industrial  
Medición  
Modelos matemáticos  
Brasil

# Brasil: diferencias de productividad en las empresas según sector industrial

*Ronivaldo Steingraber y Flávio Gonçalves*

**E**n este artículo se intenta explicar cómo el proceso de innovación está determinado por factores externos a la empresa, cuya productividad se calcula y analiza en función de los factores sistémicos de innovación. Con ese fin, se presentan las competencias internas de las empresas para innovar, que explican la variación de su productividad por sector. La productividad de las empresas industriales se construye mediante el método del residuo de Abramovitz (de la contabilidad social), denominándose la productividad total de los factores (PTF), así como residuo de Solow. Sin embargo, se evitan algunos problemas teóricos como el efecto de escala, de agregación y de la heterogeneidad de los factores considerados en el modelo. La PTF estimada de las empresas industriales brasileñas se explica por sus competencias internas y la innovación de producto en el sector de la empresa, constatándose que la innovación depende de las instituciones localizadas en la industria.

Ronivaldo Steingraber  
Profesor de Economía  
Universidad Federal de Santa Catarina

✉ [ronistein@swi.com.br](mailto:ronistein@swi.com.br)

Flávio Gonçalves  
Profesor del Curso de Posgrado en  
Desarrollo Económico  
Universidad Federal de Paraná

✉ [f.goncalves@ufpr.br](mailto:f.goncalves@ufpr.br)

# I

## Introducción

El crecimiento económico se caracteriza por presentar una amplia sinergia con el incremento de productividad de las empresas y el proceso de innovación. La relación entre productividad e innovación es estrecha y la causalidad interdependiente. El acrecentamiento de la productividad conduce a la introducción de innovaciones en las empresas, tal como el proceso de innovación conlleva el aumento de la productividad.

En este artículo se intenta explicar de qué manera el proceso de innovación es influenciado por factores externos a la empresa. La productividad de esta se calcula y analiza en función de los factores sistémicos de innovación. Con tal propósito, se presentan las competencias internas de las empresas que favorecen la innovación, las que inciden en la variación de la productividad de la empresa por sector. La separación según sectores realizada en el análisis se condice con la idea de que las empresas presentan diferencias de productividad, originadas —en parte— por diferencias sectoriales en las instituciones y en la formación de capital social, así como en la estructura de la propia industria. Se adoptó la innovación de producto por sector como factor sistémico de la innovación (en un sentido amplio) en el modelo empírico. Este tipo de proceso depende de la interacción de la empresa con actores externos, típicamente instituciones tales como el gobierno y las universidades, entre otros actores sociales, y asimismo de la interacción con otras empresas (competidores, proveedores, distribuidores, o empresas especializadas en servicios, asesoría, y otros). Esta interacción se denomina capital social y constituye un importante paso hacia la promoción del proceso de innovación en la economía.

La productividad de las empresas industriales se construye por medio del método de residuo de Abramovitz (o de la contabilidad social), también denominado productividad total de los factores (PTF) o residuo de Solow. Sin embargo, su análisis se desarrolla evitando algunos problemas teóricos relacionados con la crítica de la literatura de influencia schumpeteriana, como el efecto de escala, de agregación y el de heterogeneidad de los factores considerados en el cálculo de la PTF.

La explicación de la PTF por las competencias internas de la empresa vinculadas al proceso de innovación, las características sectoriales de la industria brasileña y la presencia de innovación de productos en los sectores

industriales, se realiza mediante el modelo de regresión multinivel. Este modelo permite analizar los efectos dentro de los grupos en las observaciones estudiadas, efectos que constituyen las diferencias sectoriales de productividad y las repercusiones de la innovación de producto de los sectores industriales en la productividad de las empresas.

La elección de la innovación de producto se justifica debido a la necesidad de identificar la influencia de las variables institucionales en el proceso de innovación y de aumento de productividad de las empresas en la industria brasileña. Este análisis se realiza utilizando los datos de la Encuesta de Innovación Tecnológica (PINTEC, por sus siglas en portugués) en el año 2005<sup>1</sup>. La innovación puede ser vista en tres categorías: productos, procesos u organización. Este estudio se centra únicamente en la innovación de procesos<sup>2</sup>.

El artículo se divide en seis secciones, aparte de esta Introducción. En la sección II se analizan las competencias internas del proceso de innovación y generación de productividad en las empresas. A partir del análisis del modelo de Hall y Mairesse (2006), se verifica que la innovación y el incremento de productividad son las fuentes iniciales del proceso sistémico de innovación. El análisis de la productividad se mostró más amplio, en la medida en que no todas las empresas industriales brasileñas resultaron ser innovadoras en el año 2005, según los datos de la PINTEC. Mediante la utilización de la productividad se pueden comparar las empresas que pertenecen a la base de datos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). Por medio del empleo de un modelo más general es posible identificar con mayor facilidad el papel de las competencias, instituciones y del sector en la productividad de las empresas.

<sup>1</sup> Investigación sobre Innovación Tecnológica del IBGE. La construcción de la PTF se realiza por medio de los datos de la Encuesta Industrial Anual (PIA, por sus siglas en portugués), y las competencias de la empresa se identifican mediante diversas variables de la base de datos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

<sup>2</sup> La investigación empírica se realizó mediante un proyecto de investigación en conjunto con el Instituto de Investigación Económica Aplicada (IPEA, por sus siglas en inglés) para el uso de los microdatos del IBGE. El desarrollo del trabajo se restringió a los recursos proporcionados. Luego de ello, en otros trabajos se podrán efectuar análisis más profundos sobre el tema, considerando otras formas de innovación o de interacción con el entorno.

En la sección III se considera el debate sobre la existencia de diferencias de productividad entre las empresas, incluso si estas se encuentran en el mismo sector industrial. Se destacan las diferencias institucionales y sectoriales de acuerdo con la bibliografía de innovación sistémica basada en los aportes de Schumpeter<sup>3</sup>. El análisis del enfoque sectorial se justifica en razón de la aproximación de las investigaciones realizadas en los últimos años, con un enfoque exclusivamente micro o macroeconómico. Mediante este ejercicio se procura un aporte sectorial (mesoeconómico) para analizar el proceso de innovación en la industria brasileña, a partir de las competencias microeconómicas para la innovación y en virtud de las instituciones involucradas en el desarrollo de la innovación de producto en el ambiente macroeconómico de la industria brasileña.

En la sección IV se identifica la PTF que, como se dijo anteriormente, se calcula mediante el residuo de Abramovitz. También se considerarán en esta sección los comentarios relativos a las críticas del uso de la PTF en la literatura heterodoxa.

---

<sup>3</sup> Dentro de esta literatura se inscriben los desarrollos relacionados con los denominados sistemas de innovación. Ellos son: Sistema Nacional de Innovación (SNI), Sistema Sectorial de Innovación (SSI), Sistema Regional de Innovación (SRI) y Sistema Tecnológico (ST).

En la sección V se analiza el modelo multinivel en dos niveles. Mediante este modelo se captan las diferencias entre sectores en la PTF de las empresas. La PTF se examina igualmente como un desvío del promedio del sector en el primer nivel, en función de las competencias para innovar de la empresa. En el segundo nivel, la PTF se analiza como un promedio sectorial en función del desvío del promedio general de la industria brasileña. Las diferencias sectoriales e institucionales son captadas por la variable independiente en la innovación de producto.

En la sección VI se presentan y discuten los resultados derivados de la estimación del modelo. Ellos confirman la hipótesis de que el proceso de innovación es sistémico, pues los factores mesoeconómicos (de la industria), institucionales y el capital social influyen en la PTF a través de las competencias para innovar que tienen las firmas industriales del Brasil analizadas. En la sección VII, en que se entregan las conclusiones, se identifican los sectores industriales brasileños más sensibles al proceso de innovación sistémico por medio del control sectorial y de la innovación de producto en el sector, constatándose que prácticamente un tercio de los sectores industriales brasileños presentó diferencias de productividad superiores e inferiores al promedio de la industria, en función del proceso de innovación de producto.

## II

### La capacidad de innovación de la empresa

El estudio de Solow (1956) contribuyó a establecer el papel crucial que cumple el progreso técnico en el proceso de crecimiento económico. A partir de este aporte seminal, basado en un enfoque macroeconómico mediante el uso de una función de producción tipo Cobb-Douglas, se abrió un vasto campo de investigación teórica y empírica en la economía neoclásica. Esta línea de investigación no presenta microfundamentos, y además asume la exogeneidad de la tecnología y de la introducción de innovaciones sobre la base del cálculo de la PTF. De este modo, el crecimiento es descompuesto según el aporte de los factores trabajo y capital, y la PTF es obtenida residualmente. Sin embargo, a partir del trabajo pionero de Nelson y Winter (1982), el estudio del crecimiento económico motivado por el progreso tecnológico presentó avances en la línea de incorporar microfundamentos.

En la obra de Nelson y Winter (1982), la empresa brinda tiempo y recursos para aprender nuevas formas de producción, agregando conocimiento tecnológico en sus rutinas de funcionamiento (producción, planificación y comercialización, entre otras). Estos autores analizan la rutina de las empresas, que definen como la forma de procesamiento de las habilidades, comportamiento y estructura de la organización de la empresa, marcada por una fuerte trayectoria (dependencia de trayectoria) de los recursos acumulados. El aprendizaje de la empresa se vincula a su rutina y a sus competencias acumuladas que, en el futuro, determinarán su capacidad de innovación.

En la literatura schumpeteriana, el énfasis microeconómico en el proceso de innovación se manifiesta en el conjunto de habilidades y competencias de la empresa orientadas a la generación, absorción y utilización del conocimiento tecnológico, y que posibilitan el desarrollo de innovaciones, denominadas competencias (*capabilities*)<sup>4</sup>.

De acuerdo con Vakratsas y Ma (2009), las competencias de la empresa para lograr la innovación son de características múltiples pues poseen varios componentes,

pero se pueden agrupar en tres conjuntos. El conjunto de las competencias para la innovación, el conjunto de las competencias para la absorción y el conjunto de las competencias para la adaptación. De manera general, las competencias destinadas a la innovación aparecen dirigidas a la generación de nuevos conocimientos tecnológicos y su aplicación económica bajo la forma de nuevos productos o servicios. Las competencias destinadas a la absorción se orientan a la interacción con elementos externos a la empresa que incorporan las nuevas formas de conocimiento presentado en la sociedad; en este sentido, la absorción no es nada más que el aprendizaje por parte de la empresa de un conocimiento nuevo (para la empresa o para el mercado). Finalmente, las competencias destinadas a la adaptación indican que la estructura organizacional de la empresa necesita de readaptaciones frente a los nuevos conocimientos desarrollados o absorbidos por la empresa.

Es posible percibir que el enfoque adoptado por Vakratsas y Ma (2009) es el del conocimiento tecnológico que puede convertirse en innovaciones. El autor justifica el enfoque en el conocimiento y no solo en la innovación debido a la formación de competencias específicas en la empresa que desempeñan funciones diferentes, muchas veces anteriores al proceso de innovación o posteriores a este.

Así, el examen de los factores microeconómicos, como el capital (a través de la inversión) o el capital humano, no hace posible definir el perfil del conocimiento adoptado por la empresa, ni tampoco permite saber cuál es la forma en que se desarrolla la innovación y se establecen los contactos y redes como instituciones para el desarrollo, absorción y utilización del conocimiento. Se precisa de más información para determinar el enfoque estratégico adoptado por la empresa y sus rutinas organizacionales. Mulder, De Groot y Hofkes (2001) añaden las reglas de decisión a la rutina y organización de las competencias de las empresas en relación con el proceso de innovación, lo que significa que las empresas con competencias similares pueden presentar estrategias y resultados diferentes en cuanto al proceso de innovación, debido a su estrategia distinta y a sus reglas organizacionales internas.

De acuerdo con la dinámica de la empresa innovadora presentada por Hall y Mairesse (2006), la empresa posee

<sup>4</sup> En este artículo se utilizará el término competencia como traducción del concepto *capability* definido en el artículo pionero de Teece, Pisano y Shuen (1997), donde se examinan la formación e importancia de las competencias (*capabilities*) en las empresas.

varias competencias para innovar y generar mejoras en la productividad. Tales competencias anteceden a la propia innovación, son factores de acumulación de conocimiento y están presentes en las fases de comercialización del producto innovador.

De modo general, el análisis de la innovación a partir de las competencias de la empresa muestra solo el lado microeconómico del proceso y esconde la relación de la empresa con el ambiente institucional y los límites sectoriales impuestos a las empresas.

Otro punto importante de destacar es la influencia de la industria en la dinámica de las innovaciones. La industria posee una concentración propia que determina el tamaño de las empresas. A la vez, el tamaño de la empresa determina su capacidad de inversión en investigación y desarrollo (I+D), así como la explotación de oportunidades económicas de innovación (como inversiones en comercialización (*marketing*) de nuevos productos). Generalmente, en las empresas más grandes se diluyen mejor los costos fijos y se sabe lidiar mejor con el riesgo de innovar, en comparación con las empresas más pequeñas.

Según Dosi (1982) y Antonelli (1999), la industria presenta aún una especificidad en su trayectoria tecnológica. La idea central es que la trayectoria tecnológica (la generación, aplicación y utilización del conocimiento científico) está concentrada en el nivel de la industria. Este conocimiento puede desbordar hacia otros sectores industriales, como afirman Mowery y Rosenberg (2005), generando nuevas oportunidades. No obstante, el enfoque inicial de la nueva tecnología y su desarrollo están presentes en la industria.

La identificación del conocimiento de la empresa y la forma en que se añadieron las innovaciones no puede verificarse solo por medio del análisis del producto innovador o de las patentes generadas. Para Hall y Mairesse (2006), este conocimiento proviene de las inversiones en innovación y de los gastos en I+D. Sin embargo, estas inversiones pueden absorberse a partir de otras empresas e industrias, conformando el efecto de desbordamiento. Otros actores institucionales, como universidades y

centros de investigación, que generan conocimiento tecnológico e innovaciones, son igualmente importantes en el proceso innovador y no están contabilizados en el esfuerzo de gasto en I+D de la empresa.

Antonelli (1999) indica que el ambiente institucional se orienta al desarrollo de innovaciones mediante la formación de la estructura de provisión de servicios dedicados a la innovación. Tales servicios son absorbidos por las empresas a través de canales y redes de relaciones con otros actores, que pueden ser económicos (como otras empresas) y sociales (como las universidades).

Se entiende que en el análisis del proceso de innovación se deben incorporar sus elementos sistémicos, tales como el análisis del ambiente institucional de la innovación —que comprende la formación de capital social (de relaciones sociales) entre la empresa y los actores institucionales, así como con otras empresas—, la estructura económica de la industria y los límites geográficos que involucran a otros actores económicos e institucionales. Sobre la repercusión geográfica de la innovación, Dosi, Llerena y Labini (2006) señalan que el conocimiento tecnológico incorporado en las organizaciones y en los individuos se concentra geográficamente. Esta concentración geográfica es un límite para la absorción del conocimiento y el desarrollo de innovaciones, ya que el aumento de la distancia entraña la reducción de absorción del conocimiento por más individuos y empresas.

Para captar las competencias internas y externas de la empresa innovadora se optó por la utilización de un modelo de regresión multinivel que se presentará en la sección IV. A continuación se discute la razón teórica por la que las empresas presentan diferencias de productividad. Esta hipótesis es fundamental y tiene como premisa la heterogeneidad de los actores económicos y sociales involucrados en el proceso de innovación, pues de otro modo la convergencia tecnológica garantizaría un desempeño micro y mesoeconómico igual para todas las empresas e industrias, eliminando la necesidad de examinar las características sistémicas de la innovación que tenderían a un valor promedio en la economía.

### III

## ¿Por qué las empresas no poseen la misma productividad?

En el análisis de las competencias para innovar por parte de las empresas se observa la dependencia de la interacción de estas con el ambiente externo, formando un proceso de innovación sistémico que involucra a instituciones y al capital social, además de las condiciones mesoeconómicas de la propia industria, como la trayectoria tecnológica. Se aprecia igualmente una relación interdependiente entre la innovación y la productividad, según se señaló en el modelo de Hall y Mairesse (2006). Las competencias para innovar indican el grado de importancia de la innovación en la empresa y su productividad, y dependen de factores externos como señalan en sus estudios Kelley y Helper (1999) y Encaoua y otros (2000).

De esta manera, la identificación de la innovación o de la productividad de la empresa debe relacionarse con el desarrollo institucional, el capital social y las características estructurales de la industria. Esta tarea exige un análisis más profundo de los modelos de productividad y sus críticas y aplicabilidades deben extenderse al concepto de innovación sistémica<sup>5</sup>.

Tradicionalmente, la productividad se analiza a partir de la función de Cobb-Douglas para explicar el crecimiento económico, según el modelo de Solow<sup>6</sup>. Este modelo presenta dos factores limitantes en la definición de la productividad debido al progreso técnico. El primero de ellos es la agregación, pues el modelo fue pensado para explicar el crecimiento macroeconómico (de países) y no de empresas; por lo tanto, carece de una base microeconómica. En la literatura schumpeteriana los fundamentos microeconómicos

son diferentes de los presupuestos neoclásicos. De este modo, en la función de producción agregada se deben incorporar las diferencias sectoriales (de la industria) y de la empresa. En esta disgregación no se pueden asumir las mismas condiciones del modelo macroeconómico, puesto que en la literatura schumpeteriana la empresa posee competencias propias para innovar, además de depender de instituciones y de la formación del capital social.

El segundo factor limitante del modelo agregado de Solow es el presupuesto de retornos constantes de escala, que puede asumirse a un nivel macroeconómico. Sin embargo, para un estudio de la incidencia del progreso tecnológico y de las innovaciones en la productividad de la industria y de las empresas, el retorno constante de escala se opone a una de las principales características de la innovación, que es el retorno creciente de la aplicación del conocimiento en el proceso de innovación. El retorno creciente de escala de la aplicación del conocimiento genera diferencias de productividad entre las empresas. En la literatura schumpeteriana tales diferencias forman el principio de heterogeneidad de los agentes económicos, tanto entre empresas como entre industrias. La heterogeneidad también puede explicarse por diferencias institucionales y de formación de capital social, es decir, no solo las instituciones pueden ser diferentes entre sectores económicos, sino que —dentro del mismo sector— la misma institución forma diferentes arreglos y conexiones con las empresas, lo que brinda resultados y efectos igualmente diferentes con respecto a la productividad y la capacidad de innovar de las empresas.

Antonelli (1999) argumenta que la heterogeneidad presente en el proceso de innovación es función de la organización del conocimiento. El conocimiento puede agruparse en cuatro procesos diferentes de organización de su estructura formadora, definidos como: i) espíritu emprendedor; ii) variedad institucional; iii) integración vertical, y iv) cooperación tecnológica.

De acuerdo con las cuatro clasificaciones de Antonelli (1999), la forma en que se da el conocimiento denota una interdependencia en la construcción de un contrato

<sup>5</sup> La elección de la productividad como variable de análisis a explicar se justifica por dos motivos. El primero es histórico: tradicionalmente, la literatura económica se enfocó más en el estudio de la productividad. En segundo lugar, los datos sobre la innovación generalmente son variables ficticias, del tipo “innovó” o “no innovó”. Se optó por analizar la productividad (de todas las empresas) y explicarlas por las competencias sistémicas de la innovación y otras características de la empresa, del sector y del ambiente institucional. Hay que reconocer que la relación inversa es igualmente verdadera: la innovación puede ser explicada por la productividad.

<sup>6</sup> Véase Romer (2001) para un análisis de los diferentes modelos de crecimiento en la literatura económica.

social entre las empresas y las instituciones, que es la definición de capital social<sup>7</sup>.

Por otra parte, Bottazzi y otros (2001) analizan la evolución de la tecnología y de las innovaciones en la industria farmacéutica y concluyen que la heterogeneidad tiende a mantenerse dado que las empresas difieren en su propensión a innovar, pues los nuevos mercados son creados mediante la generación de innovaciones. Lógicamente, la capacidad de la apertura a nuevos mercados debido al proceso de innovación difiere entre las diversas industrias.

Dosi (2006) expone que las diferencias entre industrias no se pueden simplemente explicar por la evolución de la demanda<sup>8</sup>. Para este autor, la heterogeneidad entre empresas e industrias obedece a las diferencias de percepción y a la capacidad para aprovechar las oportunidades económicas referentes a la innovación. Estas oportunidades dependen, en un primer análisis, de las características de la empresa. La empresa acumula el conocimiento, pero depende de sus propias características y de los ambientes económico y social que transmiten la generación, la difusión y el uso de la tecnología.

La modernización de la tecnología de la empresa depende de la evolución de su trayectoria dentro del paradigma tecnológico al que pertenece. En Dosi (1982 y 2006) resalta que es posible analizar la trayectoria de la tecnología en una industria en función de las características particulares de la estructura y de las instituciones presentes en ella, y que determinan la evolución de la tecnología. La interacción entre las características de la industria y las instituciones forma el capital social, que depende de factores geográficos relacionados con la concentración industrial y establece la velocidad de evolución de las trayectorias tecnológicas.

Con respecto al papel de la concentración geográfica en el proceso de innovación en la industria, Audretsch y Dohse (2007) presentan el problema de la investigación de la innovación en la empresa como dependiente de las características de la industria y de su ubicación. La presencia de instituciones y la formación del capital social

se tornan específicas en el territorio de acuerdo con las industrias presentes y el nivel de aglomeración de las empresas. Los autores sugieren que la combinación de estos factores favorece el desarrollo de mayor conocimiento, el que redundará en más innovaciones.

El conocimiento se convierte en una función social y la empresa, debido a sus límites geográficos y económicos, debe interactuar con los actores que participan en el desarrollo y difusión del conocimiento. La absorción de este conocimiento depende de las características de la empresa. No obstante, el papel de los actores involucrados en el proceso es también importante. Audretsch, Lehmann y Warning (2005) muestran cómo la relación entre los ambientes económico y social modela el proceso de innovación en la definición del concepto de espíritu emprendedor tecnológico. Para los autores, este espíritu emprendedor tecnológico depende de la construcción de una red de conocimiento centralizada en la promoción de nuevos negocios basados en la aplicación del conocimiento, con el apoyo de la universidad e involucrando, principalmente, a las pequeñas empresas. Dicho espíritu emprendedor depende del ciclo del conocimiento en la industria. Industrias desarrolladas, dominadas por grandes empresas, no forman el capital social orientado al espíritu emprendedor. Las nuevas tecnologías deparan oportunidades económicas para la innovación tecnológica, sin embargo, el aprovechamiento de estas oportunidades depende de la red establecida entre la universidad y las pequeñas empresas.

Las diferencias sectoriales relacionadas con el proceso de innovación son exploradas en el estudio de Klevorick y otros (1995). Estos autores analizan las diferencias de investigación y desarrollo entre las industrias y definen tres factores que explican estas diferencias. El primer factor—considerado como un argumento débil y fácilmente refutable—estriba en la estructura de mercado y el tamaño de la firma. El segundo factor consiste en el tamaño del mercado y el crecimiento de la demanda. El tercer factor se encuentra en la capacidad de apropiarse del conocimiento científico, que depende: i) del avance del conocimiento científico; ii) de los avances originados fuera de la industria, y iii) de la retroalimentación de la tecnología.

Los factores destacados por Klevorick y otros (1995) dependen directamente de la estructura organizacional de la empresa en el proceso de innovación, pues la forma en que la empresa se relaciona con el ambiente determina su capacidad de aprendizaje para innovar. Lam (2004) destaca el papel de la innovación organizacional en el proceso de innovación de la empresa. Para este autor, la innovación organizacional es un requisito previo

<sup>7</sup> Véanse Putnam (2001); Coleman (1988); y Knack y Keefer (1997) para la definición de capital social, y Nelson y Sampat (2001) para la importancia del capital social en el proceso de innovación de la economía.

<sup>8</sup> La demanda cumple un papel relevante en la definición de las innovaciones. Sin embargo, no se trata de la única explicación. El consumidor es una fuente de información en el proceso de innovación; no obstante, son igualmente importantes otras fuentes de información, como distribuidores, proveedores e instituciones. Véase Dosi (2006) para una crítica al modelo de evolución de las innovaciones de inducción por la demanda (presión de la demanda).

a la innovación tecnológica relacionado con factores endógenos de la empresa, como valores, capacidades de aprendizaje, intereses y poder de cambio para adaptaciones tecnológicas. No obstante, la sola presencia de innovaciones organizacionales no garantiza que la empresa pueda desarrollar productos o procesos innovadores, constituyéndose en una condición necesaria, pero no suficiente, para crear innovación en la empresa. La innovación organizacional muestra que la empresa necesita disponer de un formato a fin de comunicarse con las instituciones y formar el capital social necesario para la absorción de conocimiento tecnológico y el desarrollo de innovaciones.

Finalmente, Martin y Scott (2000) discuten el papel del soporte público para la innovación. El gobierno, por medio de políticas públicas, incentiva la implementación de investigaciones relevantes en las universidades; promueve el intercambio de información entre la industria y la academia; asiste a la comercialización; vincula a los profesionales del ámbito tecnológico, y promueve la difusión tecnológica<sup>9</sup>. Nelson (2006) presenta a la empresa como una organización que necesita desarrollar competencias para establecer canales de comunicación y captación de conocimiento con las instituciones. El resultado verificado guarda relación con las diferencias en el acceso a la tecnología por parte de las empresas.

Nelson (2006) es enfático al afirmar que la productividad de la empresa no solo depende del volumen de los factores empleados. También depende de las capacidades internas y el medio ambiente institucional en que opera la empresa y que varía según el sector industrial en cuestión.

---

<sup>9</sup> El papel del gobierno en el proceso de innovación puede ser analizado en los estudios de Kim (2005).

En otras palabras, las empresas son vistas como organizaciones con características propias que generan herramientas de interacción con el ambiente para absorber conocimiento y desarrollar innovaciones en sus rutinas organizacionales. El cambio provocado por la introducción de una innovación depende de los cambios (innovaciones) organizacionales. La heterogeneidad de las empresas nace de sus propias decisiones relacionadas con la estrategia de innovación. De este modo, el análisis de las características de la empresa es complejo, pues en él se debe considerar cómo se forma el capital social (amplitud y durabilidad de las asociaciones de cooperación) con las instituciones y demás actores relevantes del proceso de innovación.

Se destacan aquí dos niveles de investigación de la innovación sistémica. El primer nivel es el de la firma, vista como una organización que se comunica con un ambiente externo a objeto de absorber conocimiento tecnológico para innovar<sup>10</sup>. El segundo nivel es el de la industria, vista como un sistema en que se combinan diversos actores involucrados en la trayectoria de evolución de la tecnología utilizada, así como la disponibilidad de la estructura (ubicación y concentración, entre otros factores), instituciones y capital social presentes en cada tipo de industria.

La definición de un modelo económico de análisis empírico del proceso de innovación se presentará en la próxima sección.

---

<sup>10</sup> En este punto también se evidencia que la esfera microeconómica de investigación del proceso de innovación en la teoría schumpeteriana es amplia y compleja. El solo análisis de los factores de producción empleados esconde el esfuerzo interno requerido para que una empresa logre innovar, el que pasa por la relación con el ambiente externo.



## IV

### El modelo de diferencias de productividad entre los sectores

Tradicionalmente, la PTF se calcula a partir del residuo de Solow, pero tal residuo no explica la presencia de factores internos (competencias) y externos (instituciones y características de la industria) señalados por la literatura schumpeteriana como determinantes para el desarrollo de innovaciones y el incremento de la productividad. Según Nelson (2006), estos efectos pueden ser considerados como exógenos. No obstante, se sabe que son importantes y forman parte de la estructura del proceso de innovación, afectando directa y sistemáticamente a la productividad de la empresa. Así, los elementos externos vinculados a las características sectoriales (de la industria), de su ubicación y de su relación con las instituciones deben tenerse en cuenta al realizar un análisis de productividad de la empresa.

El cálculo de la PTF como forma de analizar el progreso tecnológico de la economía aún es criticado en las teorías no ortodoxas. Como argumentan Felipe y McCombie (2007), el cálculo de la PTF es tautológico y no responde a las causas de las diferencias de crecimiento (en este caso, entre países).

La crítica al uso de la PTF como determinante del progreso tecnológico de forma agregada es atenuada por medio de la utilización de datos sectoriales. En el estudio de la OCDE (2001) se avanza en esta dirección y se muestra el aporte sectorial de la productividad y no el cálculo de la PTF agregada para toda la economía.

En tal sentido, cuanto más disgregado sea el cálculo de la PTF, más consistente será su resultado en la medida en que los factores medidos sean más homogéneos y permitan comparaciones más precisas. Con el análisis sectorial se evita el error de medir una productividad promedio en la economía, que no refleja la heterogeneidad microeconómica de los factores empleados en la actividad económica.

El uso de microdatos en modelos econométricos permite un avance incluso mayor. Es posible calcular la PTF por empresa, agregada por sector (o subsectores) de la economía, según el nivel de homogeneidad que se quiera dar al estudio.

El gran obstáculo en el uso de la PTF, como se observa en la crítica de Felipe y McCombie (2007),

es la tautología presente en el modelo (neoclásico). La determinación de la PTF no explica su origen, que reside en el aumento de eficiencia de la actividad económica o en el incremento del uso de los factores. Hulten (2000) discute la importancia y los límites del análisis de la productividad que se obtiene mediante el residuo de Solow y concluye que no basta calcular la PTF, sino que hay que explicarla en función de las características que determinan la productividad de la empresa.

Se entiende que las diferencias de productividad en las empresas deben identificarse y explicarse por sus competencias. Sin embargo, las diferencias de productividad reflejan de igual manera las diferencias entre las industrias.

La relación entre la productividad de la empresa y sus características externas es captada por el modelo de regresión multinivel. En este modelo las variables independientes son explicadas por factores de agrupamiento. El agrupamiento utilizado es justamente el sector económico o industria, según la distribución de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE 1.0)<sup>11</sup>.

Antes de la estimación del modelo propiamente tal se verificó la inexistencia de la variable de productividad (incluso la PTF) en la base de datos utilizada. De esta forma, la primera etapa del modelo empírico aquí presentado es el desarrollo de una estimación de la productividad. La estimación de la PTF presenta diversas alternativas empíricas en la literatura económica; no obstante, en este trabajo se escoge la estimación que se obtiene a través del residuo de Abramovitz (1956)<sup>12</sup>, según sugiere Antonelli (2003).

<sup>11</sup> Clasificación Nacional de Actividades Económicas del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

<sup>12</sup> A pesar de la similitud con el modelo de Solow, el residuo de Abramovitz (1956) parte de la contabilidad social para definir la parte del producto no explicada por los factores de producción. En este sentido, el autor no discute la forma de la función o su tipo de rendimiento. La estimación de la PTF desarrollada en este artículo introduce la variable escala (contratos) para que asuma una función de producción con rendimientos crecientes de escala.

El residuo de Abramovitz puede determinarse de la siguiente forma:

$$PTF = dY - \left(\frac{dy}{dk}\right)dK - \left(\frac{dy}{dl}\right)dL \quad (1)$$

donde  $dY$  es la variación del producto. Las derivadas  $\left(\frac{dy}{dk}\right)$  y  $\left(\frac{dy}{dl}\right)$  indican las elasticidades del producto en relación con el capital y el trabajo, respectivamente. A su vez,  $dK$  y  $dL$  representan la variación del capital (inversión) y el salario en el producto.

La ventaja del uso de la estimación de la PTF en (1) consiste en la relación entre la inversión como factor explicativo de la variación del capital en el producto, ya que la estadística productiva industrial presente en la PIA no presenta un valor específico para el capital.

Otra ventaja estriba en el hecho de que las elasticidades de los factores en el producto no miden su contribución marginal, sino su participación relativa.

Como la productividad calculada en (1) es un diferencial, ella refleja la variación de los factores empleados entre un año y otro. Esta característica permite la determinación del origen de la productividad por medio de variables específicas de la empresa y de los sectores e instituciones presentes en el año inicial. Como las variables vinculadas a la explicación de la innovación y las instituciones necesarias para el progreso técnico se encuentran en el estudio de la PINTEC con tres series de datos (2000, 2003 y 2005), la PTF puede calcularse en estos años en función de sus respectivos años anteriores. Se seleccionó el año 2005 para que sea objeto de este estudio, ya que se trata del último año disponible. En estudios futuros se podrá extender el análisis al resto de los años.

## V

### El modelo de regresión multinivel para la estimación de la PTF

El modelo de regresión multinivel, según Hsiao (2003), puede responder a los problemas de estimaciones representativas para el análisis de diferencias individuales o entre períodos de tiempo que conduzcan a la indeterminación de los parámetros. Según este autor, otra solución sería introducir variables ficticias que capten estas diferencias. Sin embargo, el uso de estas variables no responde al problema de la estimación del modelo si las diferencias encontradas están presentes entre agrupamientos de la población estudiada y no explica las desigualdades entre los grupos en lo atinente al comportamiento de los individuos.

Estas son justamente las ventajas de la utilización del modelo multinivel: determinar las diferencias entre grupos y la sensibilidad de estas diferencias en el comportamiento de los individuos en los distintos agrupamientos. En otras palabras, si las elasticidades entre los grupos difieren, el modelo multinivel puede responder acertadamente a estimaciones de estas diferencias y sus interrelaciones en la población estudiada.

Raudenbush y Bryk (2002) presentan el modelo multinivel de dos niveles que será el centro de esta sección. Por otra parte, Hsiao (2003) presenta un modelo

multinivel de tres niveles; la diferencia radica en la capacidad del tercer nivel de captar la evolución de los grupos en el tiempo. El uso del modelo de tres niveles se ve comprometido debido a que existe disponibilidad de los datos solo para tres años, imposibilitando la formación de una serie temporal consistente.

Al considerar el modelo multinivel con dos niveles, se parte de la determinación de dos efectos fijos del primer nivel. Los parámetros significativos estadísticamente en el primer nivel se explicarán en el segundo nivel.

El primer nivel está compuesto por la variable dependiente productividad total de los factores ( $PTF_{ij}$ ), donde  $i$  representa la empresa ( $i = 1, 2, 3... n_j$ ) y  $j$  al sector industrial al que la empresa  $i$  pertenece ( $j = 1, 2, 3... J$ ). La variable dependiente puede explicarse como la función de un efecto fijo ( $\beta_{0j}$ ) y otro aleatorio ( $r_{ij}$ ), definidos como:

$$PTF_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij} \quad (2)$$

El efecto fijo ( $\beta_{0j}$ ) capta el promedio del sector  $j$  al que pertenece la empresa  $i$ . El término aleatorio ( $r_{ij}$ )

capta los efectos fuera del sector de control  $j$ , es decir, el promedio general de todos los sectores industriales analizados ( $J$ ) y correspondiente al promedio de la industria brasileña, que se define como:

$$\beta_{0j} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^S \alpha_s Z_{sj} + \tau_j \quad (3)$$

donde  $\sum_{i=1}^S \alpha_s Z_{sj}$  es el conjunto de  $s$  variables externas,

pertenecientes al agrupamiento (industria) y que explican la PTF promedio de la industria en la ecuación (2). Las variables están centralizadas en el promedio, lo que muestra que las variables del primer y segundo nivel explican los desvíos de la productividad en relación con el promedio del sector y de la industria brasileña, respectivamente.

En las ecuaciones (2) y (3) se constata que el uso de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) es ineficaz debido a la distribución desigual de las observaciones entre los grupos. Sin embargo, además de la estimación por mínimos cuadrados generalizados, el modelo puede estimarse por máxima verosimilitud.

Las variables seleccionadas para estimar el modelo en el primer nivel son:

$$\overline{PTF}_{ijt} = \beta_1 + \beta_2 \mathbf{L}_{ijt} + \beta_3 \mathbf{I}_{ijt} + \beta_4 \mathbf{PeD}_{ijt} + \beta_5 \mathbf{E}_{ijt} + \beta_6 \mathbf{CE}_{ijt} + \xi_{ijt} \quad (4)$$

donde  $\overline{PTF}_{ijt}$  es la PTF centralizada (valor medio) de la empresa  $i$  del sector  $j$  en el periodo  $t$ ;  $\mathbf{L}$  es el vector con las características del capital humano de la empresa;  $\mathbf{I}$  es el vector de inversión en capital físico de la empresa;  $\mathbf{PeD}$  es el vector con las variables de I+D;  $\mathbf{E}$  es el vector con las variables de escala<sup>13</sup>, y  $\mathbf{CE}$  es el vector del comercio exterior de la empresa. La ecuación (4) posee incluso un coeficiente lineal ( $\alpha_1$ ) que capta el efecto de las variables sectoriales y macroeconómicas en la productividad de la empresa y el error aleatorio  $\xi_{ijt}$ .

Las variables utilizadas están definidas en el Anexo. Los resultados se presentarán en la sección VI. El modelo completo y la discusión de la metodología pueden co-tejarse en el estudio de Steingraber (2009).

<sup>13</sup> Las variables de escala introducidas en el modelo tienen por objeto atenuar el problema teórico de asumir retornos constantes de escala en la estimación de la PTF.

## VI Resultados

Los resultados obtenidos en la estimación de la ecuación (4) se presentan a continuación en el cuadro 1. El término independiente, significativo y positivo, es la PTF promedio del sector, lo que significa que los sectores inciden positivamente en la productividad de la empresa (como un efecto de “espíritu animal”)<sup>14</sup>. Los resultados no significativos son interpretados como no diferentes del promedio sectorial; los resultados significativos presentan desvíos en la PTF de las empresas en su sector y pueden ser positivos (la PTF de las empresas del sector considerado sobrepasa la PTF promedio de la industria) o negativos (la PTF de las empresas del sector considerado está por debajo de la PTF promedio de la industria).

Los valores calculados dejan ver que el valor exportado y el rendimiento de capital no son significativos<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Concepto empleado por Keynes para describir la emoción o el afecto que influye en el comportamiento humano y que se puede medir en términos de la confianza de los consumidores.

<sup>15</sup> En relación con el resultado no significativo del valor exportado, el signo negativo muestra que el efecto en la productividad está por

de este modo, estas variables afectan a la PTF de las empresas (en forma negativa y positiva, respectivamente) de igual modo que al promedio sectorial, lo que significa que dichas variables no explican oscilaciones (diferencias) en la PTF de las empresas por sobre o por debajo de la PTF promedio del sector.

Las variables que presentaron un signo negativo fueron: el porcentaje de mano de obra con estudios superiores, el ingreso promedio y el tiempo empleado promedio del trabajador en la empresa, la participación de la empresa en el mercado<sup>16</sup> (*market share*) y el porcentaje

debajo del promedio sectorial para las empresas industriales brasileñas. Araújo (2006) señala que las empresas industriales presentan mejoras anteriores (*ex ante*) de productividad (relacionada con la innovación), que luego aumentan las exportaciones. En la literatura económica (véase Greenaway y Kneller, 2007) este efecto se denomina aprendizaje mediante las exportaciones (*learning by exporting*) y se confirma la hipótesis de que las mejoras de productividad disminuyen con el incremento de las exportaciones en el tiempo.

<sup>16</sup> En este artículo, y tal como se indica en el cuadro 1, la participación de la empresa en el mercado se mide a través de dos variables: en

CUADRO 1

## Resultados de la estimación de los efectos fijos del primer nivel

Variable	Estimación	Desvío estándar	t-estadístico	Probabilidad p
Intercepto	4 374 488	845 294	5,18	<,0001
Porcentaje de MO con estudios superiores	-63 163	11 488	-5,50	<,0001
Ingreso promedio	-4 199,43	1 333,66	-3,15	0,0016
Tiempo de empleo promedio	-83 276	36 689	-2,27	0,0232
Tiempo de estudios promedio	1 517 495	720 916	2,10	0,0353
Experiencia promedio	576 563	273 520	2,11	0,0351
MO innovadora	1 104 337	35 880	30,78	<,0001
Número de pedidos	1 221 765	81 187	15,05	<,0001
Participación en empleo <sup>a</sup>	-1,09*10 <sup>11</sup>	57 253 332	-1,90	0,0575
Participación en ganancias <sup>b</sup>	-7,18*10 <sup>11</sup>	4 575 2467	-15,70	<,0001
Contratos	9 112,79	1 528,66	5,96	<,0001
Valor exportado	-0,00395	0,01850	-0,21	0,8309
Valor importado	13,797	0,03175	43,45	<,0001
Porcentaje de insumos internacionales	-336 793	52 556	-6,41	<,0001
Rendimiento del capital	20 881	186 859	0,11	0,9110

Fuente: elaboración propia sobre la base de los datos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

<sup>a</sup> Participación de la empresa en el total de empleo del sector.

<sup>b</sup> Participación de la empresa en el total de las ganancias del sector.

MO: mano de obra.

de insumos importados. Estas variables contribuyen a la explicación de la PTF de las empresas en cada sector industrial brasileño. A pesar de ello, su contribución se situó debajo del promedio del sector  $j$  al que la empresa  $i$  pertenece (medida en el término independiente).

El resultado negativo en la repercusión de la PTF de estas variables se puede explicar a partir de las diferencias entre sectores y dentro de ellos. La diferencia entre sectores se origina en el menor efecto de estas variables en la PTF promedio de la industria, teniendo en cuenta el efecto de las demás variables del modelo. La diferencia dentro de ellos se genera en la menor incidencia de estas variables en la PTF del sector en relación con el efecto de las demás variables en la PTF promedio del sector considerado. Mientras que la diferencia entre sectores apunta a la repercusión de variables macroeconómicas aún no explícitas en el modelo, la diferencia dentro de los sectores apunta a las asimetrías de productividad entre las empresas del mismo sector en función de las características mesoeconómicas. En este sentido, se verifica que el origen de las diferencias de productividad entre las empresas en relación con las competencias para innovar obedece a factores externos a la empresa

y que pertenecen a los ambientes mesoeconómico e institucional relevantes para el proceso de innovación y mejoras en la productividad.

Las variables significativas y con efecto positivo en la PTF de las empresas por sector son: la escolaridad, la experiencia del trabajador (en el sector), la presencia de mano de obra innovadora, las patentes, el tamaño de la empresa y la importación. Este grupo de variables incidió en la formación de las mejoras en la productividad de las empresas por sobre el promedio del sector.

Se puede ver que la simple búsqueda de capital humano no aumenta tanto la PTF de las empresas como la introducción de capital humano para la innovación. La búsqueda de mano de obra innovadora —y no solo de más mano de obra con estudios superiores, mayor rendimiento y más experiencia— es lo que más repercute en la productividad de la empresa. Las empresas que importan más (en valor-total de las importaciones) experimentan mejoras en la productividad que superan la importación de insumos. Esta diferencia muestra que la importación total incluye a los factores tecnológicos, ya que los insumos se guían solo por el menor costo.

La baja incidencia del capital humano en la productividad de la empresa, según el modelo estimado, se condice con los resultados de Landesmann y Stehrer (2007). Estos autores muestran que en América Latina la distribución de la remuneración de los trabajadores a raíz de la introducción de innovaciones no converge entre

primer lugar, la proporción en el empleo total del sector y el porcentaje en el total de ganancias de este. Para una definición más detallada de las variables utilizadas en los modelos estimados en este trabajo véase el anexo.

los sectores de alta y baja tecnología, según se aprecia en los resultados obtenidos en los países desarrollados y del este asiático. De este modo, la relación negativa encontrada entre la productividad y la formación de capital humano (tiempo de empleo en la empresa, más trabajadores con estudios superiores, mayor renta) denota que, en promedio, muchas empresas presentan bajo rendimiento con la introducción de innovaciones y mejoras de capital humano. En otras palabras, es posible ver que en las empresas existen diferencias microeconómicas en las competencias para innovación por sobre las mejoras en la productividad.

Con respecto a la experiencia, se observa que en la empresa esta genera menores mejoramientos en la productividad en comparación con la experiencia en el sector (en otras empresas). Este resultado permite apreciar que las empresas tienden más a buscar mano de obra calificada en el mercado que a invertir en la calificación de sus trabajadores, lo que pone de manifiesto la falta de instituciones que protejan a las empresas de la apropiación oportunista de sus inversiones en calificación del capital humano.

Mediante la ecuación del segundo nivel (3) considerada en la estimación, se explora la manera en que las mejoras de productividad externas obedecen a la innovación de producto en el sector. Esta innovación depende de la presencia de instituciones, como el gobierno y las universidades, además de la interacción de la empresa innovadora con otras empresas, proveedores, distribuidores, y otros. La ecuación a estimar para el segundo nivel es:

$$\beta_{.j} = \beta_0 + \beta_1 Ino\ prod + e_j \quad (5)$$

donde  $\beta_{0;j}$  es el coeficiente lineal estimado en (2) e *Ino prod* es la innovación en producto. Al sustituir la ecuación (5) en (2) se obtiene la regresión multinivel de dos niveles en una única ecuación, expresada en

$$\frac{PTF_{ijt}}{PTF\ de\ la\ empresa} = \frac{\beta_0}{PTF\ promedio\ del\ sector} + \frac{\beta_0 X_{sijt}}{Efecto\ fijo\ de\ la\ empresa} + \frac{\beta_1 Ino\ prod_{ijt} + \beta_2 Ino\ prod_{ijt} X_{sijt}}{Efecto\ fijo\ del\ sector} + \frac{e_{jt} X_{sijt}}{Efecto\ aleatorio} + \frac{r_{.j}}{Error\ total} \quad (6)$$

De manera general, la ecuación (6) puede dividirse en tres componentes: un efecto fijo de la empresa (primer nivel), un efecto fijo de la empresa en razón de la variable de control sectorial (segundo nivel) y un efecto aleatorio de control sectorial en relación con las variables fijas de la empresa por sector. Los resultados se presentan en el cuadro 2.

En los resultados del cuadro 2 se advierte que la PTF de las empresas puede explicarse por medio de la influencia sectorial (innovación de producto) en las competencias individuales de la empresa.

En lo referente al comportamiento de las variables, se puede ver que el rendimiento del capital no fue significativo para la empresa. Así, es posible observar que el aumento de la inversión en bienes de capital en la empresa no guarda relación con su productividad durante el mismo año. Tal hecho puede suceder debido al efecto más prolongado y no de corto plazo de las inversiones en el mejoramiento de la productividad de la empresa.

La experiencia del trabajador en el sector, el margen de la participación en el mercado (por el volumen total de empleo en el sector) y el tamaño de la empresa (medido por la cantidad de puestos de trabajo) no fueron significativos en su productividad y en la innovación de producto en el sector. No obstante, en la primera estimación estas variables fueron significativas en la explicación de la PTF en la esfera de la empresa. Se puede observar que el tamaño de la firma y la experiencia del sector son importantes explicaciones de variación de la productividad. Las diferencias entre los sectores no explican mejoras o pérdidas de productividad en las empresas industriales brasileñas en el año 2005 con respecto a estas competencias.

De este modo, es posible constatar que el tamaño de la empresa que influye en la productividad es proporcional al sector. El acrecentamiento del tamaño de la empresa no explica mejoras adicionales de productividad, más allá de las mejoras de otros sectores; lo limita la idea de que la concentración del sector conduce al aumento de la innovación y la productividad. Este hecho se restringe, sin embargo, a la estructura y capacidad de innovación del sector, verificadas en la evolución de las trayectorias tecnológicas.

En las estimaciones, los valores de exportación e importación presentaron señales simétricamente invertidas. En la esfera individual de la empresa en relación con el sector, las importaciones determinan mejoramientos adicionales de productividad, mientras que las exportaciones presentaron mejoras de PTF inferiores al promedio sectorial. En cuanto a la innovación de producto en el sector, esta relación permaneció sin alteraciones. Con respecto a la influencia del sector en las competencias de la empresa, el efecto de las exportaciones determinó mejoras adicionales de la productividad de los sectores en relación con la industria, mientras que las importaciones presentaron mejoras inferiores al promedio de la industria. Este comportamiento señala que las importaciones

CUADRO 2

**Resultados de la regresión de la PTF de las empresas industriales brasileñas en dos niveles**

Variable	Estimación	t-estadístico	Valor $\rho$
Porcentaje de trabajadores con estudios superiores	-96 685	-4,76	<.0001
Ingreso promedio del trabajador	31 102	12,69	<.0001
Tiempo de empleo promedio del trabajador	-180 851	-2,78	0,0055
Tiempo de estudios promedio del trabajador	-3 565 841	-2,87	0,0041
Experiencia del trabajador MO dedicada a la innovación	-479 255	-1,01	0,3131
	-934 803	-12,45	<.0001
Número de pedidos	1 090 004	6,62	<.0001
Participación en empleo <sup>a</sup>	99 001 114	1,42	0,1563
Participación en ganancias <sup>b</sup>	683 539 815	10,78	<.0001
Contratos - número de empleados	471 315,191	1,39	0,1651
Valor de las exportaciones	0,70348	21,51	<.0001
Valor de las importaciones	-209,545	-23,73	<.0001
Porcentaje de insumos internacionales	187 772	1,98	0,0479
Rendimiento del capital	-87 257	-0,20	0,8415
Innovación de producto	5 033 511	1,57	0,1170
Porcentaje de MO con estudios superiores *Innovación	-217 299	-3,26	0,0011
Ingreso promedio *Innovación	-102 467	-14,24	<.0001
Tiempo de empleo promedio *Innovación	671 894	2,76	0,0059
Tiempo de estudio promedio *Innovación	17 152 108	3,35	0,0008
Experiencia *Innovación	1 299 569	0,66	0,5089
MO innovadora *Innovación	6 096 515	33,04	<.0001
Número de pedidos *Innovación	-1 780 638	-3,26	0,0011
Participación en empleo <sup>a</sup> *Innovación	195 471 311	0,87	0,3845
Participación en ganancias <sup>a</sup> *Innovación	-2 421 054 910	-12,32	<.0001
Contratos *Innovación	23 283	1,57	0,1156
Valor exportado *Innovación	-148 718	-12,71	<.0001
Valor importado *Innovación	540 728	30,57	<.0001
Porcentaje de insumos internacionales *Innovación	-483 132	-1,68	0,0927
Rendimiento del capital *Innovación	382 039	0,24	0,8080
R <sup>2</sup>	0,8326		
R <sup>2</sup> ajustado	0,8329		
Número de observaciones	25 677		
Número de observaciones usadas	15 144		
Observaciones perdidas	10 533		
Prueba de Fisher	2 597,65		<.0001

Fuente: el autor con los microdatos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

<sup>a</sup> Participación de la empresa en el total de empleo del sector.

<sup>b</sup> Participación de la empresa en el total de las ganancias del sector.

MO: mano de obra.

inciden más en la productividad en el nivel de la empresa. Por otra parte, las exportaciones determinan mejoras en la productividad por sobre las mejoras promedio de la industria, lo que muestra que la exportación no es una competencia generalizada de mejoras de PTF para todas las empresas, pues estas mejoras se restringen a determinados sectores.

Al analizar el comportamiento de la participación de los insumos internacionales en la productividad de las empresas industriales brasileñas, se comprueba que esta

variable se comporta de forma idéntica al valor exportado, con los mismos signos significativos. Se concluye que la participación de insumos internacionales en la productividad de las empresas industriales depende del sector en cuestión.

El número de patentes muestra mejoramientos en la productividad por sobre el promedio en la empresa con relación al sector, y en los sectores respecto de la industria. Por otra parte, el efecto de la innovación de producto en los sectores determina mejoras de la PTF

CUADRO 3

## Sectores con repercusión en la PTF

Sector	Innovación de producto
Extracción de mena de hierro	(+)***
Faena y preparación de productos de carne y pescado	(+)**
Producción de aceites y grasas vegetales y animales	(-)***
Productos lácteos	(+)**
Molienda, fabricación de productos amiláceos y de raciones balanceadas para animales	(-)*
Fabricación de azúcar refinada	(+)*
Fabricación de bebidas	(+)**
Fabricación de productos de tabaco	(+)***
Fabricación de celulosa y otras pastas para fabricación de papel	(+)***
Fabricación de artefactos diversos de papel, cartón y cartulina	(+)**
Edición e impresión	(+)**
Producción de materiales grabados	(+)**
Fabricación de productos químicos inorgánicos	(-)***
Fabricación de productos farmacéuticos	(+)**
Fabricación de defensivos agrícolas	(-)***
Fabricación de cemento	(-)**
Producción de hierro de primera fusión y de aleación de hierro	(+)**
Siderurgia	(+)**
Fabricación de tubos	(+)**
Metalurgia de metales no ferrosos	(-)**
Fabricación de tractores y de máquinas y equipos para la agricultura, avicultura y obtención de productos animales	(-)**
Fabricación de máquinas-herramienta	(+)**
Fabricación de armas, municiones y equipos militares	(-)**
Fabricación de máquinas y equipos de sistemas electrónicos para procesamiento de datos	(-)**
Fabricación de equipamiento para distribución y control de energía eléctrica	(-)**
Fabricación de hilos, cables y conductores eléctricos aislantes	(+)**
Fabricación de material electrónico básico	(-)*
Fabricación de aparatos y equipos de telefonía y radiofonía y de transmisores de televisión y radio	(-)**
Fabricación de máquinas, aparatos y equipos de sistemas electrónicos dedicados a la automatización industrial y al control del proceso productivo	(-)**
Fabricación de cronómetros y relojes	(+)*
Fabricación de automóviles, camionetas y utilitarios	(+)***
Fabricación de camiones y ómnibus	(-)**
Construcción, montaje y reparación de vehículos ferroviarios	(+)**
Construcción, montaje y reparación de aeronaves	(-)**
Sectores significativos	34
Positivos	19
Negativos	15

Fuente: elaboración propia sobre la base de los microdatos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE).

\*\*\* $p < 0,001$ ; \*\* $0,001 < p < 0,05$ ; \* $0,05 < p < 0,1$ .

PTF: Productividad total de los factores.

inferiores al promedio de la industria<sup>17</sup>. Se observa que el aumento del número de patentes no se relaciona con el mejoramiento de productividad en las empresas por sobre el promedio. Sin embargo, esta mejora encuentra sus causas en las variables sectoriales y no en la innovación de producto.

Con respecto a la mano de obra dedicada a la innovación, las mejoras de la PTF se encuentran insertas

en la empresa y en la innovación de producto de los sectores. La influencia sectorial en el mejoramiento de productividad de la empresa en cuanto a la mano de obra innovadora quedó por debajo del promedio sectorial.

El capital humano presentó resultados diferentes entre las variables analizadas. En general, las variables presentaron mejoras en la productividad inferiores al promedio. Solo el tiempo de empleo en la empresa y la escolaridad presentaron mejoras adicionales en la productividad relacionadas con la presencia de innovación de producto en el sector, lo que muestra que el aprendizaje, sea codificado (presente en el mayor

<sup>17</sup> Este último resultado pone de manifiesto que existen sectores que generan más patentes que otros que obtienen mejoras en la productividad por sobre el promedio de la industria.

tiempo de estudio) o tácito, es una importante forma de mejoramiento en la productividad de las empresas industriales con respecto a la introducción de innovaciones de producto. La escolaridad registró igualmente mejoras adicionales de PTF en las empresas y el ingreso presentó mejoras de PTF relacionadas con el sector. De esta forma, se constata que la remuneración de los trabajadores incrementa la productividad solo en algunos sectores.

El comportamiento presentado por la participación de la empresa en las ganancias del sector (*share* ganancias) fue el mismo comportamiento sectorial de los ingresos, de las exportaciones y de la participación de insumos internacionales en la producción de las empresas industriales brasileñas en el año 2005.

Se puede constatar que las diferencias sectoriales de innovación de producto explican las diferencias microeconómicas del efecto de las competencias para innovar en las mejoras de PTF de las empresas industriales brasileñas en el año 2005. Esta conclusión confirma la

hipótesis de que la innovación es sistémica y se explica por características sectoriales.

La repercusión sectorial en la PTF de las empresas y el efecto de la innovación de producto en esta misma productividad son evidentes. La pregunta que surge es: ¿cuáles son los sectores que presentaron mayores mejoras de PTF por sobre y por debajo del promedio de la industria y que son identificados en la tercera parte de la regresión multinivel? Los resultados se presentan en el cuadro 3.

En los datos del cuadro 3 resalta que 19 sectores presentaron mejoramientos adicionales en la productividad relacionados con la innovación de producto en el sector. Otros 15 sectores registraron mejoras de productividad inferiores al promedio de la industria en relación con la presencia de innovación de producto en el sector. En total, 34 sectores presentaron diferencias de productividad vinculadas a la innovación de producto, lo que representa el 31,19% de los sectores industriales brasileños considerados en esta investigación (109 sectores).

## VII

### Conclusiones

La principal conclusión de este trabajo es la verificación de que la productividad total de los factores (PTF) puede explicarse por medio de las competencias de la empresa, muchas de ellas dedicadas a la innovación. Tales competencias se diferencian en función del sector y de la presencia de innovación de producto en el sector.

Algunas competencias, como la exportación, los ingresos del trabajador, el número de pedidos de patentes, la participación de la empresa en el mercado (*market share*) y la participación de insumos internacionales en su producción, se mostraron dependientes del sector para producir un efecto en la productividad de las empresas por sobre el promedio de la industria.

Otras variables, como la presencia de mano de obra innovadora y la acumulación de conocimiento tácito (en la experiencia del trabajador en la empresa) y codificado (en los años de estudio del trabajador), así como el valor de las importaciones, se ven influidas por la presencia de la innovación de producto en el sector para la determinación de mejoras adicionales de productividad en las empresas.

Por otra parte, muchas variables explican la PTF a nivel de la empresa. Así, es posible observar que los tres niveles son importantes para explicar cómo se compone la productividad de la empresa. Si solo se calculara la productividad como residuo, la explicación sería que ella surge de la aplicación del progreso tecnológico en la producción de la empresa. Pero como Hulten (2000) señala, se puede responsabilizar a muchos factores con respecto a la parte no explicada de la función de producción de la empresa. El modelo multinivel construido muestra que la innovación (y su relación interdependiente con la productividad) es sistémica y puede explicarse por las competencias de la empresa, las características sectoriales y las instituciones y formación de capital social, verificadas mediante la innovación de producto en el sector.

Se aprecia que el uso de la regresión multinivel respondió a la problemática schumpeteriana de la innovación sistémica. La incidencia de la innovación de producto en los sectores se verificó a partir de la explicación de la PTF de las empresas. Las diferencias sectoriales son igualmente relevantes en la explicación



de las diferencias de productividad y la innovación de producto agrega el papel de las instituciones y el capital social junto con las empresas.

En este artículo se colabora con la discusión de los sistemas sectoriales y la definición de políticas públicas de innovación. Debe tenerse en cuenta la importancia del sector industrial, de las instituciones y del capital social, pues ellos gravitan en las competencias de las empresas y su productividad. Los sectores que presentaron

mejoramientos en la productividad inferiores al promedio de la industria merecen un análisis más profundo de sus características y de los factores que explican la menor incidencia del sector en las empresas. Por otra parte, los sectores con mejoras adicionales de PTF en función de las características sectoriales son más productivos y competitivos y la política industrial puede sugerir incentivos económicos para la inserción internacional de la economía brasileña.

#### ANEXO

##### Definición de las variables

La variable porcentaje de trabajadores con estudios superiores se calcula mediante el porcentaje de trabajadores (PO = personal ocupado) con curso superior completo por la cantidad total de trabajadores de la empresa. El ingreso promedio del trabajador es el valor promedio en reales (R\$) de todos los trabajadores de la empresa, así como su tiempo promedio de estudios. El tiempo de empleo del trabajador es el valor en años de empleo en la empresa, su experiencia y la cantidad total en años de empleo. La mano de obra innovadora considerada es el porcentaje de ocupaciones involucradas en actividades de desarrollo, investigación e innovación, como ingenieros y profesionales dedicados a investigación y desarrollo (tales como analistas y técnicos de I+D); fue construida por el equipo de estadística del Instituto de Investigación Económica Aplicada (IPEA, por sus siglas en portugués) por medio de la definición de ocupaciones. La cantidad de trabajadores de la empresa se presenta como el número de contratos y la participación de la empresa se calcula por medio de su participación en el total de empleo del sector y en el total de ganancias del sector (*share* ganancias). Todas estas variables pertenecen a la Relación Anual de Informaciones Sociales (RAIS, por sus siglas en portugués) en el año 2005<sup>18</sup>. Como en cada empresa se definen los valores de los trabajadores

calificados presentados en la RAIS, el número de trabajadores dedicados a actividades de innovación, investigación y desarrollo puede estar subestimado.

La variable “número de pedidos” se relaciona con el número de pedidos de patentes registrados en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INPI, por sus siglas en portugués) en 2005 y dos años antes (2003 y 2004) para la empresa *i* del sector *j*.

El valor de las exportaciones y de las importaciones pertenece a la base de datos de la Secretaría de Comercio Exterior (SECEX, por sus siglas en portugués) y hace referencia al valor en dólares en 2005.

La Encuesta Industrial Anual (PIA, por sus siglas en portugués) contribuyó con la definición de tres variables. La participación de insumos internacionales en la empresa se calcula mediante el valor de las importaciones de la empresa (convertido por el valor promedio del cambio en 2005)<sup>19</sup> dividido por su ingreso promedio (en reales). La variable rendimiento del capital fue calculada como el acervo (*stock*) de capital en máquinas y equipos de la empresa en 2005 en relación con el acervo total de capital. El acervo de capital en la PIA se determina por la sumatoria de los activos (máquinas y equipos, instalaciones, otros activos y pérdida de valor-depreciación).

<sup>18</sup> En el modelo se estimó incluso el tiempo de empleo promedio y la experiencia promedio (tiempo de permanencia del trabajador en la empresa) de la base RAIS; sin embargo, estas variables no fueron significativas para la estimación.

<sup>19</sup> El valor promedio del cambio utilizado fue de R\$ 2,41, de acuerdo con los datos del Ipeadata, empleado en otras estimaciones del propio IPEA.

## Bibliografía

- Abramovitz, M. (1956), *Resource and Output Trends in the United States Since 1870*, Cambridge, Massachusetts, National Bureau of Economic Research (NBER).
- Antonelli, C. (2003), *The Economics of Innovation, New Technologies and Structural Change*, Londres, Routledge.
- (1999), “The evolution of the industrial organization of the production of knowledge”, *Cambridge Journal of Economics*, vol. 23, Nº 2, Oxford, Oxford University Press.
- Araújo, B.C.P.O. de (2006), *Análise empírica dos efeitos ex-post das exportações sobre a produtividade, emprego e renda das empresas brasileiras*, XXIV Encontro Nacional de Economia, Salvador, Associação Nacional de Centros de Pós-graduação em Economia (ANPEC).
- Audretsch, D.B. y D. Dohse (2007), “Location: a neglected determinant of firm growth”, *Review of World Economics*, vol. 143, Nº 1, Springer.
- Audretsch, D.B., E.E. Lehmann y S. Warning (2005), “University spillovers and new firm location”, *Research Policy*, vol. 34, Nº 7, Amsterdam, Elsevier.
- Bottazzi, G. y otros (2001), “Innovation and corporate growth in the evolution of the drug industry”, *International Journal of Industrial Organization*, vol. 19, Nº 7, Amsterdam, Elsevier.
- Coleman, J.S. (1988), “Social capital in the creation of human capital”, *The American Journal of Sociology*, vol. 94 Supplement S95-S120, Chicago, The University of Chicago.
- Cooley, T.F. y V. Quadrini (2001), “Financial markets and firm dynamics”, *American Economic Review*, vol. 91, Nº 5, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- Dosí, G. (2006), *Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores*, Campinas, Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP).
- (1982), “Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions technical change”, *Research Policy*, vol. 11, Nº 3, Amsterdam, Elsevier.
- Dosí, G., P. Llerena y M.S. Labini (2006), “The relationships between science, technologies and their industrial exploitation: an illustration through the myths and realities of the so-called ‘European Paradox’”, *Research Policy*, vol. 35, Nº 10, Amsterdam, Elsevier.
- Encaoua, D. y otros (2000), “The economics and econometrics of innovation: overview”, *The Economics and Econometrics of Innovation*, D. Encaoua y otros, Berlín, Springer.
- Felipe, J. y J.S.L. McCombie (2007), “Is a theory of total factor productivity really needed?”, *Metroeconomica*, vol. 58, Nº 1, Blackwell Publishing.
- Greenaway, D. y R. Kneller (2007), “Industry differences in the effect of export market entry: learning by exporting?”, *Review of World Economics*, vol. 143, Nº 3, Springer.
- Hall, B. y J. Mairesse (2006), “Empirical studies of innovation in the knowledge-driven economy”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 15, Nº 4-5, Taylor and Francis.
- Hsiao, C. (2003), *Analysis of Panel Data*, Cambridge, Cambridge University.
- Hulten, C.R. (2000), “Total factor productivity: a short biography”, *NBER Working Paper*, Nº 7471, Cambridge, Massachusetts, National Bureau of Economic Research.
- Kelley, M. y S. Helper (1999), “Firm size and capabilities, regional agglomeration, and the adoption of new technology”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 8, Nº 1, Routledge.
- Kim, L. (2005), “Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia”, *Revista de economia política*, vol. 26, Nº 4, Campinas, Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP).
- Klevorick, A.K. y otros (1995), “On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities”, *Research Policy*, vol. 24, Nº 2, Amsterdam, Elsevier.
- Knack, S. y P. Keefer (1997), “Does social capital have an economic payoff? A cross-country investigation”, *Quarterly Journal of Economics*, vol. 112, Nº 4, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
- Lam, A. (2004), “Organizational innovation”, *The Oxford Handbook of Innovation*, J. Fagerberg, D. Mowery y R.R. Nelson, Oxford, Oxford University.
- Landesmann, M.A. y R. Stehrer (2007), “Income distribution, technical change and the dynamics of international economic integration”, *Metroeconomica*, vol. 58, Nº 1, Blackwell Publishing.
- Malerba, F. (2006), “Innovation and the evolution of industries”, *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 16, Nº 1, Springer.
- (2002), “Sectoral systems of innovation and production”, *Research Policy*, vol. 31, Nº 2, Amsterdam, Elsevier.
- Martin, S. y J.T. Scott (2000), “The nature of innovation failure and the design of public support for private innovation”, *Research Policy*, vol. 29, Nº 4-5, Amsterdam, Elsevier.
- Mowery, D.C. y N. Rosenberg (2005), *Trajatórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX*, Campinas, Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP).
- Mulder, P., H.L.F. de Groot y M.W. Hofkes (2001), “Economic growth and technological change: a comparison of insights from a neo-classical and an evolutionary perspective”, *Technological Forecasting and Social Changes*, vol. 68, Nº 2, Amsterdam, Elsevier.
- Nelson, R.R. (2006), *As fontes do crescimento econômico*, Campinas, Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP).
- Nelson, R.R. y S.G. Winter (2002), “Evolutionary theorizing in economics”, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 16, Nº 2, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard, Harvard University Press.
- Nelson, R.R. y B.N. Sampat (2001), “Making sense of institutions as a factor shaping economic performance”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 44, Nº 1, Amsterdam, Elsevier.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2001), *OECD Manual - Measuring Productivity: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth*, París.
- Putnam, R. (2001), *Social Capital: Measurement and Consequences*, París, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE).
- Raudenbush, S.W. y A.S. Bryk (2002), *Hierarchical Linear Models: Application and Data Analysis Methods*, Londres, Sage.
- Romer, D. (2001), *Advanced Macroeconomics*, Nueva York, McGraw Hill.
- Solow, R.M. (1956), “A contribution to the theory of economic growth”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, Nº 1, Oxford, Oxford University Press.
- Steingraber, R. (2009), “Inovação e produtividade: o papel dos sistemas de inovação para a indústria brasileira”, tesis de doctorado, Curitiba, Universidad Federal de Paraná.
- Teece, D.J., G. Pisano y A. Shuen (1997), “Dynamic capabilities and strategic management”, *Strategic Management Journal*, vol. 18, Nº 7, John Wiley & Sons.
- Vakratsas, D. y Z. Ma (2009), “Firm adaptiveness and performance heterogeneity: the case of sales-advertising dynamics in an involving product market”, *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 19, Nº 1, Berlín, Springer.