

---

# APRENDIZAJE PRODUCTIVO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE COLOMBIA. UN ESTUDIO A NIVEL DE SECTORES

---

Julián Durán Peralta<sup>1</sup>

Recientemente, los enfoques de la economía que conforman la denominada *teoría del crecimiento endógeno*, y las experiencias de desarrollo que han experimentado un grupo de países del sudeste asiático, y otros como China, India y Brasil, han llevado a que el debate sobre el crecimiento se enfoque en analizar los efectos externos que tienen en la economía factores ligados al conocimiento y al capital humano. Desde esta visión se plantea que alrededor de los procesos productivos se genera un conjunto de *fuerzas* económicas asociadas al aprendizaje y a la acumulación del conocimiento, que inciden positivamente en el aumento de la productividad, y por consiguiente, en el crecimiento. Estas *fuerzas* se constituyen en importantes economías externas las cuales impulsarían el desarrollo de los países.

Uno de dichos factores es el aprendizaje en la práctica (*learning by doing*), puesto que se afirma que los sectores económicos adquieren ventajas a partir de su experiencia productiva, y entre más complejos e innovadores sean los procesos de producción mayores serán esas ventajas. Por lo tanto, estas fortalezas le permitirán alcanzar una situación privilegiada en

---

<sup>1</sup>Magíster en Economía Aplicada, docente del programa de Economía de la Universidad Santiago de Cali (Cali, Colombia). E-mail: julian.duran02@usc.edu.co. Dirección de correspondencia: Cra 73c No. 2-32 (Cali, Colombia).

**Este artículo fue recibido el 31 de octubre de 2008 y su publicación aprobada el 30 de noviembre de 2009.**

los mercados externos e inducirán el crecimiento económico local. Es así que teóricos como Lucas (2002) señalan que el aprendizaje en la práctica se constituye como el elemento clave para explicar los períodos de crecimiento acelerado de las economías emergentes.

La industria manufacturera por estar estrechamente ligada al desarrollo de la ciencia, la tecnología y la ingeniería es un sector económico propenso a crear, experimentar y fomentar dinámicas de aprendizaje y difusión del conocimiento. De esta forma, esas nuevas visiones sobre la forma cómo se desarrollan las economías revive la importancia que tiene esta rama económica en el progreso de las naciones.

Al analizar la economía colombiana es evidente que ésta experimenta desde hace algunas décadas un proceso de desindustrialización que se ha estabilizado en los últimos años, hecho que también es común en Latinoamérica. Según las cifras del DANE la industria pasó de producir 22,5 % del PIB en 1980 a 14,8 % en 2000, y se estabiliza alrededor del 15,4 % en 2005. Este desempeño del sector manufacturero colombiano resulta nefasto, puesto que tiene un alto potencial para promover la transición hacia una economía plenamente desarrollada, al construir una estructura productiva sólida y al aprovechar un conjunto de externalidades, como son el aprendizaje en la práctica, los *spillovers* del conocimiento y la diversificación tecnológica.

Así, dada la relevancia que han cobrado el aprendizaje por la práctica y los *spillovers* del conocimiento, como factores capaces de explicar el crecimiento de las economías, resulta importante establecer si este tipo de *fuerczas* que operan alrededor de los procesos productivos y que aceleran el crecimiento económico, están presentes en la industria colombiana.

En esa dirección diversos investigadores en el plano internacional han abordado el problema, encontrado evidencia del aprendizaje en la práctica en la industria o en sectores particulares de ella. Algunos de los trabajos más destacados en la materia son los siguientes: Lieberman (1984), quien estudia las curvas de aprendizaje a nivel de productos químicos de la industria norteamericana, estableciendo que el costo marginal de estos bienes se reduce con la producción e inversión acumulada. También las curvas de aprendizaje se magnifican con el gasto en investigación y desarrollo, con una alta intensidad en el uso del capital, y con el tipo de producto.

Para la industria específica de los semiconductores Irwin y Klenow (1994), intentan mostrar la existencia de aprendizaje a partir de información sobre treinta y dos firmas del sector, y siete generaciones de semiconductores de países como Estados Unidos, Japón y Corea del Sur. Se halla que la tasa

de aprendizaje promedio es del 20 %, es decir, que los costos por unidad producida se reducen en un 20 %, cuando la producción acumulada se duplica. De igual forma, se encontró que las diferencias en el aprendizaje son más marcadas entre firmas al interior de los países, que entre firmas de diferentes países. Así, por ejemplo, los resultados muestran que no existe mayor divergencia entre los ritmos de aprendizaje de las firmas norteamericanas y japonesas.

Entre los estudios en los que analizan el conjunto de plantas industriales de los Estados Unidos, se encuentra el de Bahk y Gort (1993), quienes descomponen las fuentes de cambio técnico en la producción, analizando variables como el capital humano, la edad del capital, el cambio técnico exógeno a las firmas y, por supuesto, el aprendizaje en la práctica. A nivel conceptual, los autores desagregan el aprendizaje por la práctica en: aprendizaje por las organizaciones, aprendizaje por el capital y aprendizaje por los trabajadores. Las estimaciones efectuadas mostraron evidencia de los efectos positivos tanto del aprendizaje, como de los otros elementos en la productividad de las plantas.

Por su parte, Jarmin (1996) aborda el aprendizaje enfocándose en las formas de conocimiento, clasificándolas en conocimiento *formal* a través del gasto en inversión destinada a investigación y desarrollo, y el conocimiento *informal* a través de la experiencia productiva. Los resultados señalan que a la hora de medir los efectos del aprendizaje, el conocimiento *informal* tomado a través de la producción acumulada es más importante que el conocimiento *formal*; y que las industrias más intensivas en mano de obra calificada e inversión en I&D poseen tasas de aprendizaje más altas. Además, los *spillovers* entre firmas de diferentes industrias son más fuertes que entre firmas de la misma industria.

De igual modo, para la industria española, Strolb y Barrios (2002) examinan el impacto del aprendizaje en la práctica, a nivel de plantas entre 1990 y 1998. Uno de los hallazgos más importantes de este trabajo consiste en que la experiencia acumulada a nivel de cada firma y de cada industria, incide sobre el desempeño presente de las firmas, lo que lleva a pensar en la existencia de fuertes *spillovers*. No obstante, no se halló evidencia de efectos no lineales del aprendizaje a partir de la propia experiencia de las firmas.

Con respecto a Colombia el tema del aprendizaje en la industria fue abordado inicialmente por Dudley (1972), quien analiza el sector metal-mecánico a nivel de firmas entre 1959 y 1966. Sus resultados muestran evidencia de que existe aprendizaje en esta naciente industria y que está presente tanto

en los trabajadores como en las firmas. En ese contexto, el autor justifica la política de sustitución de importaciones y protección en esta rama industrial, ya que el aprendizaje requiere tiempo y experiencia en la producción.

Recientemente, Fernández e Isgut (2005) se enfocan en investigar los efectos de la experiencia exportadora y productiva sobre la productividad total de factores (PTF) de las firmas industriales colombianas. Hallan evidencia de un impacto positivo sobre la productividad manufacturera, en especial, en las firmas más jóvenes, mostrando que la actividad exportadora favorece el desempeño competitivo de las industrias.

Desde otra perspectiva, Ortiz (2004) indaga sobre los efectos del aprendizaje en el crecimiento económico, a partir de una estrategia de índole macroeconómico, midiendo la incidencia de la participación del PIB del sector manufacturero en el crecimiento. Partiendo de visiones como la de Rebelo y Chenery se asume que el aprendizaje en la economía está ligado al sector industrial. El modelo estimado muestra que la participación del PIB industrial es positiva y significativa para explicar la tasa de crecimiento de la economía en el largo plazo.

También para Colombia existen otros estudios que se han enfocado en analizar el comportamiento de la industria nacional y su interacción con otras fuentes de crecimiento o de productividad. Ramírez (1997), encuentra que al tener presente factores como el poder de mercado, las economías a escala y las variaciones en la capacidad utilizada, el crecimiento de la PTF de la industria colombiana es mucho más baja de lo que muestran investigaciones previas, y destaca el efecto positivo de las complementariedades intersectoriales. Restrepo (2000) efectúa una aplicación del modelo de Caballero y Lyons (1989). Empleando industrias agregadas a dos dígitos CIIU encuentra evidencia de una externalidad agregada en el sector manufacturero y descarta la presencia de economías a escala. Kugler (2005) estudia la existencia de externalidades desde la inversión extranjera directa a través de los encadenamientos productivos. Los resultados señalan que existen *spillovers* interindustriales más no intraindustriales. Echavarría *et al.* (2006) calculan la PTF de la industria usando técnicas semiparamétricas y concluyen que las reformas comerciales de los años noventa tuvieron un impacto positivo en el crecimiento de este indicador.

El presente estudio busca encontrar evidencia de los efectos del aprendizaje en la práctica en la industria colombiana, a nivel de sectores a cuatro dígitos CIIU. Las industrias se agrupan en tres categorías: bienes de consumo final, bienes de consumo intermedio y bienes de capital.

La metodología consiste en la estimación de funciones de producción para las categorías anteriores y para la industria en general, tomando como referencia el período 1980-2000. Así, se estiman modelos de datos panel, en los cuales se analiza la incidencia que tienen factores como la experiencia productiva, el capital humano, la edad promedio del capital y el cambio técnico del conjunto de la economía, en la productividad de los sectores manufactureros.

El documento se encuentra organizado en tres secciones. En la primera, se plantea el modelo conceptual sobre el aprendizaje por la práctica y los *spillovers* del conocimiento. Posteriormente, se describe la base de datos utilizada, y se muestran y analizan los resultados econométricos. Finalmente, se plantean las conclusiones.

## **APRENDIZAJE EN LA PRÁCTICA Y *SPILLOVERS* DEL CONOCIMIENTO**

La cuestión del aprendizaje en la práctica es abordada inicialmente a través del estudio de las *curvas de aprendizaje* que efectúan los ingenieros y los administradores en la producción de ciertos bienes. Son populares, por ejemplo, la medición del ensamblaje de aeronaves en la década de 1930 y de las tasas de aprendizaje en la fabricación de los buques *Liberty* en Norteamérica durante la Segunda Guerra Mundial. Las investigaciones mostraban que la eficiencia en la elaboración de estos bienes de transporte aumentaba a medida que se adquiría experiencia.

Posteriormente, nace el interés de los economistas por establecer la forma en que el aprendizaje podría llegar a incidir en el desarrollo de las economías. Es así como surgen los trabajos de Arrow (1962), Romer (1986), Lucas (1988) y Matsuyama (1992). La idea general de estos modelos es que una economía puede experimentar un proceso de crecimiento sostenido en el largo plazo, a través de la acumulación de conocimiento. Así, el conocimiento es visto como el *saber hacer* en los procesos productivos y su adquisición debe estar estrechamente asociada a la experiencia. El continuo desarrollo de las actividades productivas al interior de las firmas y de una industria en general, permite que los trabajadores y el sector económico efectúen un proceso de aprendizaje y alcancen un acervo de conocimiento sobre cómo desarrollar la actividad económica. Esto se traduce en aumentos de la productividad o en la reducción de los costos por unidad producida. Por consiguiente, debe existir una relación positiva entre la experiencia acumulada y el incremento en la productividad.

Así mismo, una inquietud que puede surgir a la hora de analizar el fenómeno del aprendizaje productivo es: ¿quién es el que aprende? ¿son los trabajadores, los gerentes, la organización empresarial o el conjunto de la industria o de la economía? La respuesta sería que en todos estos niveles se pueden experimentar procesos de aprendizaje, puesto que el conocimiento no sólo se acumula en las firmas sino que también se difunde entre ellas.

Los saberes tecnológicos y mejoras en la eficiencia se transmiten en el medio productivo en ambientes fomentados por la innovación, la imitación y la competencia, por lo que en el agregado de la economía se crea un stock de capital de conocimiento, el cual produce ventajas en el momento de ubicarse en el contexto internacional.

Es así como Malerba (1992), intentando ser un poco más específico, identifica varios tipos de aprendizaje: *aprendizaje por la práctica*, el cual está ligado a la experiencia de la actividad productiva; *aprendizaje por el uso*, que está asociado al anterior tipo de aprendizaje, pero tomando en cuenta el uso de máquinas, insumos y productos; *aprendizaje por la investigación*, el que proviene de las actividades de I&D que realiza la propia firma para mejorar su desempeño; *aprendizaje por la interacción*, el cual se da por la asociación o convenios entre firmas; *aprendizaje por spillovers interindustriales*, que corresponde al originado por la imitación y asimilación de procedimientos de las diversas industrias; y *aprendizaje por los avances generales en ciencia y tecnología*.

Otro hecho que ha sido resaltado por los teóricos del crecimiento económico es que el aprendizaje en la práctica en las industrias específicas tiene un límite o decrece con el tiempo, cuando está asociado a un único nivel tecnológico. Por lo tanto, como señala Lucas (2002) –basándose en los trabajos de Stokey (1988) y Young (1991)–, es necesario que las firmas o las industrias efectúen innovaciones en los procesos o en los productos hacia niveles de mayor complejidad y calidad; y al fomentar dinámicas constantes de aprendizaje, logran mantener sus ventajas competitivas. De esta manera, se deduce que sólo aquellas economías que tengan la capacidad para avanzar hacia la producción de bienes que incorporen mayor conocimiento y experiencia productiva pueden alcanzar posiciones privilegiadas en los mercados internacionales.

La forma en que los teóricos del crecimiento endógeno como Romer (1986), Lucas (1988) y Matsuyama (1992), han modelado el tema del aprendizaje, es a través de la introducción de este factor en la función de producción como una externalidad o un subproducto del proceso de acumulación de ca-

pital, de capital humano en la fuerza laboral, o de la experiencia productiva, lo cual lleva a la existencia de rendimientos crecientes en la producción.

Adicionalmente, una visión alterna de la modelación del aprendizaje en la práctica es desarrollada en Aghion y Howitt (1998). Partiendo del papel que juega la innovación en el crecimiento dentro de la perspectiva Schumpeteriana, los autores sugieren que la actividad de innovación fundamental es la I&D y la secundaria es el aprendizaje en la práctica. Ambas conforman el *conocimiento general* de la economía, lo cual entra como una externalidad que afecta positivamente el producto final agregado.

No obstante, ambos tipos de innovación son complementarios, la I&D corresponde a innovaciones radicales representadas en la creación de nuevos productos, mientras que el aprendizaje en la práctica refleja las innovaciones secundarias y que se reflejan en el mejoramiento de la calidad de los productos. A su vez el aprendizaje en la práctica va a depender del flujo de creación de nuevos bienes intermedios y, de los niveles de producción de aquellos con los cuales se elabora el producto final –tanto nuevos como viejos. De esta forma, el aprendizaje en la práctica encarna el mejoramiento de la calidad de los productos, la cual es una actividad que corresponde a un subproducto de la I&D y de la experiencia productiva.

Ahora, siguiendo la línea empírica de Bahk y Gort (1993), es necesario desarrollar una especificación general de la función de producción, en la cual se capturen las diversas fuentes de cambio técnico ligadas al aprendizaje y a la acumulación de conocimiento. Y aunque éste y otros enfoques empíricos se han dirigido a definir el aprendizaje a nivel de firmas o productos, a partir de los principios de los modelos teóricos antes señalados, se plantea una especificación a nivel de sectores industriales. En ésta el aprendizaje se interpreta desde una perspectiva social, es decir, que representa todo el cúmulo de conocimiento, experiencia e interacción que un conjunto de firmas pertenecientes a un sector ha desarrollado a lo largo de un período.

De esta forma, se parte de una función tipo Cobb-Douglas para el sector industrial  $i$  en el período  $t$ , como la siguiente:

$$Y_{it} = A(t)f(V_{it}X_{it})K_{it}^{\alpha}L_{it}^{\beta}H_{it}^{\gamma} \quad (1)$$

Donde  $Y$  es la producción,  $V$  es la edad del capital (*vintage capital*),  $X$  es un índice de aprendizaje en la práctica,  $K$  es el stock de capital,  $L$  es la mano de obra no calificada y  $H$  la mano de obra calificada –la cual puede representar el capital humano. El elemento  $A$  captura el cambio técnico

exógeno tipo Solow. En esta expresión a los factores productivos convencionales (capital y trabajo simple), se le ha añadido un tercero que es el trabajo calificado. Estos tres son potenciados por una función  $f$  que depende de la modernidad del capital físico, del aprendizaje y de la acumulación del conocimiento; y por el elemento  $A$ , el cual depende del tiempo. A continuación, se hace un análisis y se presenta la justificación de cada uno de estos factores.

El trabajo calificado representa el segmento de la fuerza laboral que posee un conocimiento especial —que se manifiesta a través de las habilidades y destrezas, las cuales crecen con la educación—, y tiene la capacidad de incrementar el valor económico. Por consiguiente, entre mayor sea la calificación de un trabajador, más grande será su productividad individual, y por ende, entre mayor sea la calificación de los trabajadores de una industria, mayor será la productividad de la misma. Por su parte, el trabajo no calificado representa la fuerza laboral que posee conocimientos básicos.

No obstante, el capital además de ser un recurso fundamental para desarrollar la producción, también ejerce otro tipo de influencia, y es que el uso de bienes de capital más modernos incorpora al proceso productivo una mayor productividad como se plantea en Boucekine *et al.* (1997). De manera recíproca, el aumento en la antigüedad del acervo de capital físico utilizado reduce la productividad, al incorporar éste un menor conocimiento. Así, al establecer un índice de la edad que en promedio tiene el capital físico de una planta o una industria, se podrá establecer cuál es el efecto que tiene el introducir nuevos bienes de capital, por el hecho mismo de ser nuevos.

En cuanto a la variable  $X$ , ésta constituye el aprendizaje por la experiencia y el conocimiento acumulado en una industria particular, por lo tanto, una manera práctica de representar este factor es a través de la cuantificación de la producción acumulada o de manera alterna, de la producción acumulada por trabajador. Esto último es un indicador de productividad y es consistente con el planteamiento de Stokey (1988), según el cual la productividad del último bien introducido al mercado, dependerá de la productividad de los bienes antes producidos, en un ambiente en el que la industria está en constante innovación.

El elemento  $A(t)$  entra como variable de cambio técnico exógeno proveniente del conjunto de la economía a lo largo del tiempo y captura todas aquellas fuerzas que no están incorporadas en el aprendizaje en la práctica de la industria o en la edad promedio del capital.



Una vez hechas las anteriores consideraciones, la función de producción se puede replantear de la siguiente forma:

$$Y_{it} = Ae^{\varphi t} (K_{it} e^{\eta V})^{\alpha} L_{it}^{\beta} H_{it}^{\gamma} X_{it} \quad (2)$$

Se asume que el cambio técnico exógeno evoluciona de manera exponencial a una tasa  $\varphi$ , y de acuerdo con la teoría sobre las generaciones de capital, el cambio técnico incorporado en la edad del capital, también se modifica exponencialmente y se captura por una tasa  $\eta$ .

Aplicando logaritmos a la ecuación (2) se llega a una expresión que es susceptible de contrastar con la información estadística industrial.

$$\ln Y_{it} = \psi + \alpha \ln K_{it} + \beta \ln L_{it} + \gamma \ln H_{it} + \delta \ln X_{it} + \lambda V_{it} + \varphi t + \mu_{it} \quad (3)$$

En esta ecuación,  $\lambda = \iota * \alpha$ ,  $\psi = \ln A$ , y el término  $\mu$  es el error aleatorio.

Resulta importante anotar que el presente trabajo pretende analizar los efectos de la experiencia productiva sobre la producción en la industria, de acuerdo con la base teórica tomada como referencia y la información estadística disponible. Sin embargo, es importante considerar que también existen otros factores que impactan la productividad y el crecimiento de las firmas y las industrias, los cuales han sido ampliamente abordados por la literatura de la organización industrial. Por ejemplo, el cambio en la productividad puede involucrar de manera simultánea el desplazamiento de las fronteras de producción y los costos, a través del cambio tecnológico, los rendimientos a escala, y las variaciones temporales de la eficiencia técnica y de asignación. También, elementos como los cambios en el poder de mercado y en el precio de los insumos afectan la medición del producto, y por lo tanto, la productividad misma.

Esto implica que pueden ser diversas las fuentes que contribuyen a explicar la presencia de economías a escala dinámicas capturadas mediante curvas de aprendizaje, que relacionan los cambios de la productividad con la experiencia acumulada y cuya inclusión en el análisis dependerá de la disponibilidad de información.

## RESULTADOS EMPÍRICOS

En el presente estudio se utiliza la información de la Encuesta Anual Manufacturera del DANE, tomando como referencia los datos sobre valor agregado, inversión bruta y el personal remunerado, para 91 sectores industriales

desagregados a cuatro dígitos de la clasificación CIU (Rev. 2), para el período 1980-2000<sup>2</sup>.

Las cifras sobre valor agregado e inversión bruta están en miles pesos y a precios constantes de 1975 –fueron deflactados por los índices de precios de los sectores industriales y de la inversión de las cuentas nacionales del DANE. La serie de capital se construyó empleando el método del inventario perpetuo y el stock de capital inicial se calculó siguiendo la fórmula de Harberger (1969).

Para los años 1980-1991 se asume como trabajo calificado el personal remunerado representado en los técnicos y directivos, mientras que para el trabajo no calificado se toma a los obreros, operarios, aprendices y empleados. Sin embargo, debido a que en los años 1992-1999 no se registró en la EAM el personal remunerado de acuerdo con estas categorías de trabajadores, fue necesario interpolar<sup>3</sup> las anteriores series durante esos años, asumiendo como valor final los datos del año 2000<sup>4</sup>. En este último, se tomó para el personal calificado el rubro de profesionales, técnicos y tecnólogos de la producción, y para el personal no calificado los obreros y operarios de la producción, y los empleados de administración y ventas.

Como indicador de aprendizaje en la práctica se empleó el valor agregado acumulado por trabajador de los diez años anteriores al período de medición. Para la edad promedio del capital es posible construir un índice de acuerdo con el sugerido en Glitteman *et al.* (2006), pero en este caso, como lo hacen Bahk y Gort (1993), se le otorga una mayor ponderación al capital más reciente y una menor al capital más antiguo, de tal forma que un valor de índice más grande refleje mayor modernidad en el capital<sup>5</sup>. Este índice se estimó considerando un horizonte de veinte años hacia atrás a partir del año de medición, pero ante la ausencia de información disponible para las

---

<sup>2</sup>No es posible incluir en el estudio información posterior al año 2000, debido al cambio que efectuó el DANE en la clasificación industrial y al nivel de agregación que posee la base de datos.

<sup>3</sup>Ver la metodología de interpolación en el Anexo 3.

<sup>4</sup>Echavarría *et al.* (2006) asumen como personal calificado para 1981-1991 los técnicos, directivos y empleados; para 1992-1994 los empleados de la producción, y los de administración y ventas; para 1995-1999 los empleados de administración y ventas; y para 2000 los profesionales técnicos y tecnólogos de la producción, y los empleados de administración y ventas. Como personal no calificado se toma el resto de los trabajadores en cada período. En el presente estudio se acoge la interpolación de estas series como mejor alternativa para cuantificar el personal calificado y no calificado durante los años no registrados.

<sup>5</sup>De aquí en adelante, la modernidad promedio del capital hará referencia al indicador de edad promedio de capital ponderado con el procedimiento mencionado.

respectivas industrias fue necesario extrapolar la serie de inversión bruta durante los años 1961-1969 (ver Anexo 4)<sup>6</sup>.

Como estrategia empírica se acude a la estimación de la ecuación (3) la cual es una especificación Log-lineal de la función Cobb-Douglas, empleando modelos de datos panel para todo el conjunto de la industria y para cada una de las tres categorías en las que se agruparon los sectores (bienes de consumo final, consumo intermedio y de capital).

Dada la posible existencia de endogeneidad, que en la literatura moderna de la organización industrial se diagnostica en algunas estimaciones de las funciones de producción por la correlación entre los factores productivos y la productividad, no fue viable acudir a métodos como el de las variables dummy para contrarrestar este tipo de problemas, debido a la falta de instrumentos que estén altamente correlacionados con las variables y no lo estén con los residuales. De aplicarlas en este caso, habría graves sesgos.

De otro lado, la aplicación de pruebas estadísticas (Anexo 5), señala la presencia de heterocedasticidad, correlación cruzada y autocorrelación de orden uno, los cuales son problemas que han pasado inadvertidos en muchos de los trabajos empíricos sobre la temática aquí analizada, pero que no se pueden obviar. Por tanto, para corregirlos los modelos se estimaron por el método de mínimos cuadrados generalizados factibles (FGLS).

Los modelos FGLS se aplican cuando se violan los supuestos clásicos, asumiendo que las perturbaciones no son *esféricas*, por consiguiente, se calcula una estructura de la matriz de varianzas-covarianzas que es utilizada luego para transformar el modelo y lograr estimaciones consistentes. En este caso, se asumirá que los residuales poseen una estructura con heterocedasticidad, correlación cruzada y autocorrelación de orden uno<sup>7</sup>.

Cabe indicar que inicialmente se efectuaron algunos ejercicios asumiendo como índice de aprendizaje, el valor agregado acumulado de los diez años anteriores al período en cuestión, pero se observó una fuerte colinealidad

---

<sup>6</sup>El índice también se calculó con un horizonte de diez años hacia atrás sin necesidad de efectuar extrapolaciones (ver el Anexo 7) y se realizaron las mismas regresiones que se mostrarán más adelante en el Cuadro 1. Los resultados de las estimaciones con este índice construido con diez o veinte años no varían de manera drástica en cuanto a la significancia y signo arrojado por los coeficientes, aunque se obtiene un mejor comportamiento de los coeficientes estimados con el índice de veinte años, por lo tanto, se consideró adecuado acoger la estimación de la edad promedio de capital con este horizonte de tiempo.

<sup>7</sup>Una breve exposición del método de FGLS se presenta en el Anexo 6.

entre ésta y las demás variables independientes, lo cual afectaba las estimaciones al obtenerse algunos resultados atípicos como signos negativos en uno de los factores productivos. Lo anterior es una señal de que esta variable ocasiona sesgos por la presencia de multicolinealidad en la especificación planteada, lo cual se explica por el hecho de ser una variable acumulativa. En este contexto, se decide excluirla del análisis.

Por su parte, el valor agregado por trabajador es una variable normalizada, en la que se corrige el problema de cantidades acumuladas. Así mismo, en las regresiones econométricas en las que se incluye, los coeficientes poseen los signos esperados desde el punto de vista de la teoría económica, por lo que finalmente se acoge el valor agregado acumulado por trabajador como el indicador adecuado del aprendizaje en el modelo planteado y se analizan las regresiones efectuadas con esta variable.

En el Cuadro 1 se exponen los resultados de las estimaciones.

CUADRO 1  
ESTIMACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA

VARIABLE DEPENDIENTE: LOG (VALOR AGREGADO)				
Variable independiente	Total Industria	Bienes de consumo final	Bienes de consumo intermedio	Bienes de capital
	-1	-2	-3	-4
Constante	1,1366*** (0,19942)	0,5413*** (0,15036)	0,9668*** (0,16492)	0,3543* (0,19828)
Log (Capital)	0,0743*** (0,02056)	0,0221 (0,01408)	0,170*** (0,01150)	0,1091*** (0,01756)
Log (Trabajo no calificado)	0,7999*** (0,02572)	0,9397*** (0,02511)	0,6796*** (0,01302)	0,8641*** (0,01593)
Log (Trabajo calificado)	0,1370*** (0,02170)	0,0388* (0,02200)	0,192*** (0,01115)	0,0992*** (0,00909)
Log (Producción acumulada por trabajador)	0,6752*** (0,03520)	0,8315*** (0,01858)	0,6326*** (0,01687)	0,6945*** (0,05121)
Edad promedio del capital	0,0363*** (0,00605)	0,0283*** (0,00468)	0,0229*** (0,00195)	0,0264*** (0,00210)
T	0,0132*** (0,00215)	0,0116*** (0,00209)	0,0137*** (0,00139)	0,0162*** (0,00164)
R2	0,9556	0,9576	0,9612	0,9432
No. de observaciones	1911	987	567	357
No de grupos	91	47	27	17

Nota. Errores estándar entre paréntesis.

\*\*\* Significativa al 1 %, \*\* Significativa al 5 %, \* Significativa al 10 %.

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 1 se muestra que las variables son estadísticamente significativas y con los signos esperados. Como punto de partida, se tiene que la experiencia productiva tomada a partir del valor agregado acumulado por

trabajador presenta una elasticidad de 0,67 para el total de la industria, por lo que un aumento de 1% en el valor agregado acumulado por trabajador, conduce a un aumento de 0,67% en el valor agregado presente. Para las tres categorías de bienes analizadas se obtuvieron resultados similares.

Lo anterior, podría indicar que a nivel de sectores industriales se experimenta un proceso colectivo de aprendizaje entre las firmas que integran el respectivo sector. La experiencia productiva que ha ganado cada conjunto de firmas que conforman una industria particular incide de forma positiva sobre su productividad en el momento presente.

Para el personal calificado se obtuvo que un aumento de 1% en esta clase de trabajadores lleva a un incremento de 0,1370% en el valor agregado, mostrando que efectivamente el emplear mano de obra con cierto nivel de conocimiento origina un incremento de la productividad.

Las regresiones también señalan que en la industria colombiana un aumento de un año en la modernidad promedio del capital lleva a un incremento de 3,6% en el valor agregado. Mientras, que en las estimaciones para las categorías, dicho efecto tiende a ser menor. No obstante, los valores aquí obtenidos no se alejan demasiado de los encontrados en Bahk y Gort (1993), en cuyo estudio dicha tasa oscila entre 2,5% y 3,5%.

El coeficiente que acompaña a la variable de tendencia<sup>8</sup> representa el cambio técnico exógeno que proviene del conjunto de la economía y la estimación para el total de la industria arroja un valor de 1,32% para este coeficiente. Por consiguiente, la industria crece a esta tasa cada año por motivo de los cambios y acumulación de conocimiento en la economía en general. A nivel de las categorías también se muestra un efecto positivo a lo largo del tiempo.

De otro lado, cabe señalar que el trabajo no calificado aparece como un factor que es esencial en la producción de la industria, debido a que es el elemento que más fácil se puede ajustar ante las fluctuaciones económicas. Por tanto, el uso de obreros y empleados tiende a moverse en la dirección y magnitud del producto; mientras, que el factor capital ejerce una baja participación en el valor agregado.

Las comparaciones de las estimaciones entre las categorías de bienes industriales muestran algunos matices, como que el efecto de la experiencia

---

<sup>8</sup>Se efectuaron estimaciones sin incluir la tendencia (Anexo 8), con la finalidad de observar si la inclusión de esta variable podría estar produciendo sesgos o problemas de colinealidad, pero los resultados muestran que no existen cambios en los signos ni en la significancia de los parámetros, por lo tanto, se descarta que la incorporación de esta variable cause tales problemas.

productiva es algo mayor para los sectores de bienes de consumo final. No obstante, en estas industrias el efecto del factor capital es no significativo, mientras que el efecto del factor trabajo no calificado es el más alto, lo que sugiere que en las industrias de consumo final continúa siendo fundamental la fuerza laboral básica, representada en los obreros y empleados.

Por su parte, el trabajo calificado como se muestra en la regresión (2), apenas presenta significancia al 10%. Lo contrario, sucede con las industrias de bienes de consumo intermedio, en ellas el trabajo calificado tiene un mayor efecto, el no calificado menor impacto y el factor capital es significativo. Esto indicaría que este conjunto de industrias posee una mayor intensidad de uso del capital y de mano de obra calificada. En ese sentido, las industrias productoras de bienes de capital aparecen en un punto intermedio entre los dos tipos anteriores de bienes, puesto que todos los factores de producción son importantes.

En cuanto a la modernidad del capital, no se aprecian mayores diferencias entre estas categorías ya que el coeficiente se encuentra entre 2,3% y 2,8%. Una situación similar se observa con la tasa de crecimiento del cambio exógeno, ya que el coeficiente oscila entre 1,16% y 1,62%.

Una mirada a la composición de la industria colombiana durante este período, muestra que la participación de las industrias de bienes de consumo final es 62,2%, la de bienes de consumo intermedio es 29% y la de bienes de capital es 8,8%. Estas cifras muestran que la industria nacional presenta una fuerte especialización en el tipo de bienes de consumo final. No obstante, la economía colombiana no logra durante estas décadas, experimentar un alto crecimiento económico.

Lo anterior, lleva a establecer dos hechos: el primero es que las industrias de bienes de consumo final y consumo intermedio parecen estar ligadas a las ventajas comparativas que ofrece el sector primario, dada la abundancia de recursos naturales del país. No se alcanza un punto crítico en el cual los industriales deseen depender en mayor medida de las ventajas comparativas producto de la ciencia y la tecnología. Por su parte, el sector de bienes de capital se encuentra poco desarrollado en el país.

El segundo, es que desde enfoques como el de Rebelo (1991) y el del crecimiento endógeno, se pensaría que si la economía colombiana se orientara un poco más hacia la producción de bienes de uso intensivo en conocimiento, como las materias primas de origen industrial, los bienes de capital y de alto contenido tecnológico, entonces existiría la posibilidad de que las

dinámicas de aprendizaje fueran lo suficientemente importantes para impulsar una senda de mayor crecimiento.

## **CONCLUSIONES**

El estudio empírico aquí efectuado arroja evidencia estadística de los efectos del aprendizaje en la práctica en la industria colombiana, a través de un análisis a nivel de sectores. Las estimaciones muestran que un aumento de 1 % en el valor agregado acumulado por trabajador, conduce a un incremento de 0,67 % en el valor agregado presente. Lo anterior sugeriría que entre las firmas que integran un sector industrial específico, se experimenta un proceso colectivo de aprendizaje, acumulación y desbordamiento del conocimiento productivo, que le permite a esa industria incrementar progresivamente su productividad. Por otra parte, los aumentos de productividad en períodos pasados van a incidir de forma positiva en el desempeño futuro de la industria.

Un aspecto a resaltar, es que los coeficientes obtenidos para la variable de aprendizaje por la práctica, fueron valores superiores a los encontrados en los trabajos efectuados a nivel de plantas por Bahk y Gort (1993) para Estados Unidos, y Strolb y Barrios (2002) para España. No obstante, cabe advertir que en el presente trabajo se intenta captar el aprendizaje colectivo al interior de los sectores industriales, los cuales poseen un cúmulo de plantas productivas, por consiguiente, se incorporan los efectos de sinergia.

Asimismo, es importante tomar en consideración que el desempeño de una industria no se debe de manera exclusiva a su experiencia productiva, por lo cual es necesario determinar cuál es el efecto que ejercen otras fuentes de cambio técnico, que en esencia también están ligadas al aprendizaje y al conocimiento. En esa dirección, las estimaciones realizadas muestran que, por ejemplo, la mano de obra calificada (representada en los técnicos, tecnólogos y directivos) incide de forma positiva y que la modernidad promedio del capital con el que opera la industria, induce un incremento en la productividad. De igual forma, el cambio técnico proveniente del conjunto de la economía arroja un efecto positivo sobre la producción industrial. De esta manera, se comprueba que estos factores sí contribuyen a mejorar el crecimiento manufacturero y las políticas orientadas a la inserción de mano de obra calificada y a la renovación del equipo industrial son prioritarias.

Finalmente, el ejercicio aquí realizado apoya la argumentación de la existencia de efectos de aprendizaje y acumulación de conocimiento en los diversos sectores manufactureros colombianos. Los resultados indican que

la experiencia productiva sí importa y las decisiones que tomen los agentes económicos en un momento dado, sobre el qué producir y cómo producirlo van a incidir de manera relevante sobre el desempeño futuro de la propia economía.

Esto lleva a plantear otros interrogantes que los economistas pueden ayudar a resolver, por ejemplo: ¿cómo se pueden potenciar las dinámicas de aprendizaje y generación de conocimiento productivo, el capital humano y la renovación tecnológica en las industrias existentes, de tal forma, que se transite hacia sendas de mayor crecimiento? o ¿cómo direccionar la economía hacia la producción de bienes más sofisticados en los que se aproveche de mejor manera este tipo de *fuerzas*, las cuales se pregonan como impulsadoras de las economías emergentes modernas?

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aghion, P., y Howitt, P. (1998). *Endogenous growth theory*. Londres: The MIT Press.
- [2] Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29, 155-173.
- [3] Boucekkine, R., Germin, M., y Licandro, O. (1997). Replacement echoes in the vintage capital growth models. *Journal of Economic Theory*, 74, 333-348.
- [4] Bahk, B., y Gort, M. (1993). Decomposing learning by doing in new plants. *The Journal of Political Economy*, 101(4), 561-583.
- [5] Caballero, R., y Lyons, R. (1990). Internal versus external economies in U.S. manufacturing. *European Economic Review*, 34(4), 805-826.
- [6] Departamento Administrativo Nacional De Estadística DANE (2008). *Encuestas Industria Manufacturera Colombiana 1968-2000*. Bogotá: DANE.
- [7] Dudley, L. (1972). Learning and productivity change in metal products. *The American Economic Review*, 62(4), 662-669.
- [8] Jarmin, R. (1996). Learning by doing and plant characteristics. *Discussion Papers*, 96-5. Washington, D.C.: Center for Economic Studies U.S. Census Bureau.
- [9] Irwin, D.A., y Klenow, P.J. (1994). Learning-by-doing spillovers in the semiconductor industry. *Journal of Political Economy*, 102(6), 1200-1227.
- [10] Echavarría, J.J., Arbeláez, M.A., y Rosales, M.F. (2006). La productividad y sus determinantes: el caso de la industria colombiana. *Desarrollo y Sociedad*, 57, 77-122.
- [11] Fernández, A.M., e Isgut, A.E. (2005). Learning-by-doing, learning by-exporting, and productivity: evidence from Colombia. *Policy Research Working Paper Series*, 3544. Washington, DC: The World Bank.



- [12] Gittleman, M., Thijs, R.T. y Wolff, E.N. (2006). The vintage effect in TFP-Growth: an analysis of the age structure of capital. *Structural Change and Economic Dynamics*, 17, 306-328.
- [13] Harberger, A.C. (1969). La Tasa de Rendimiento de Capital en Colombia. *Revista de Planeación y Desarrollo*, 3, 13-42.
- [14] Kugler, M. (2005). Spillovers from foreign direct investment: within or between industries?. *Borradores de Economía*, 369. Bogotá: Banco de la República de Colombia.
- [15] Lieberman, M. (1984). The learning curve and pricing in the chemical processing industries. *The RAND Journal of Economics*, 15(2), 213-228.
- [16] Lucas, R. Jr. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- [17] Lucas, R. Jr. (2002). *Lectures on Economic Growth*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [18] Malerba, F. (1992). Learning by firms and incremental technical change. *The Economic Journal*, 102(413), 845-859.
- [19] Matsuyama, K. (1992). Agricultural productivity, comparative advantage and economic growth. *Journal of Economic Theory*, 58, 317-334.
- [20] Ramírez, J.M. (1997). Poder de mercado, economías a escala, complementariedades intersectoriales y crecimiento de la productividad en la industria colombiana. *Archivos de Macroeconomía*, 55. Bogotá: DNP.
- [21] Rebelo, S. (1991). Long-run policy analysis and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500-521.
- [22] Restrepo, J. (2000). Externalidades en la industria colombiana. *Cuadernos de Economía*, 19(33), 171-189.
- [23] Romer, P. (1986). Increasing returns and long run growth. *Journal of Political Economic*, 95(5), 1002-1037.
- [24] Ortíz, C. (2004). An economic growth model showing government spending with reference to Colombia and learning by doing. *Colombian Economic Journal*, 2(1), 156-188.
- [25] Stokey, N. L. (1988). Learning by doing and the introduction of new goods. *Journal of Political Economy*, 96, 701-717.
- [26] Strolb, E., y Barrios, S. (2002). Learning by doing and spillovers: evidence from firm-level panel data. *Documento de Trabajo*, 2002-09. Madrid: FEDEA.
- [27] Wooldridge, J.M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, MA: The Mit Press.
- [28] Young, A. (1991). Learning by doing and the effects of international trade. *Quarterly Journal of Economics*, 106, 369-406.

## ANEXO 1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA LAS VARIABLES PRINCIPALES (1980-2000)

Variable	Observaciones	Media	Desviación estándar	Min	Max
PIB	1911	1541402	1870439	3,811,179	1,18e+07
Capital	1911	1836166	2770961	1,113,815	1,82e+07
Trabajo no calificado	1911	1213,41	6,394,672	9	54678,87
Trabajo calificado	1911	3,646,905	4,056,894	1	2,369,039
PIB acumulado por trabajador	1911	2,544,487	2,037,832	5,196,813	1173,59
Edad del capital	1911	133,508	1,863,261	-2,846,004	177,714

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 2 CÁLCULO DEL CAPITAL

Para calcular la serie de capital se utiliza el método del inventario perpetuo, en el cual se establece que el capital en el período  $t$  es igual al capital heredado del período  $t - 1$  ajustado por una tasa de depreciación  $\sigma$ , más la inversión desarrollada en  $t - 1$ . Y al tomar en cuenta, las participaciones de los diferentes componentes del acervo de capital: la maquinaria y equipo, los terrenos, el equipo de oficina, el equipo de transporte y otros no depreciables, y las tasas de depreciación definidas para cada uno de estos elementos, se trabaja con una tasa de depreciación constante de 8%.

$$K_t = (1 - \sigma)K_{t-1} + I_{t-1}$$

Sin embargo, para utilizar la fórmula anterior es necesario establecer un stock de capital inicial, el cual se estima a partir de la relación capital-producto, siguiendo la metodología propuesta por Harberger (1969). Si se asume que esta relación converge a una media y el coeficiente de inversión (inversión/producto) es una variable aleatoria con media dada y la desviación es acotada, se llega a que la relación capital-producto converge al valor:

$$\bar{k} = \frac{\bar{i}}{g + \sigma}$$

Siendo  $g$  la tasa de crecimiento promedio de la producción en el período analizado e  $\bar{i} = \frac{\sum I_t}{\sum Y_t}$  el coeficiente de inversión.

Una vez calculado este valor, se multiplica por el producto inicial y se obtiene el valor inicial para el stock de capital.

**ANEXO 3****INTERPOLACIÓN DE LAS SERIES DE TRABAJO CALIFICADO Y NO CALIFICADO**

Dado que se requiere calcular valores de estas dos variables entre 1992 y 1999, se procedió a interpolar mediante el algoritmo de aproximación de Euler las respectivas participaciones de estas categorías de trabajadores sobre el total:

$$X_t = X_{t-1} + [(X_{2000} - X_{1991}) / (2000 - 1991)]$$

Siendo  $X_t$  la participación de la respectiva categoría de trabajadores en el año  $t$ ,  $X_{2000}$  la participación de la categoría de trabajadores en el año 2000 y  $X_{1991}$  la participación de la categoría de trabajadores el año 1991.

Las participaciones de cada categoría se calcularon así:

*Para la variable trabajo calificado*

1991: (técnicos + directivos)/personal remunerado total.

1992-1999: interpolación.

2000: (profesionales, técnicos y tecnólogos de producción)/personal remunerado total.

*Para la variable trabajo no calificado*

1991: (obreros y operarios + empleados)/personal remunerado total.

1992-1999: interpolación.

2000: (obreros y operarios + empleados de administración y ventas)/personal remunerado total.

Siendo el personal remunerado total = personal calificado + personal no calificado.

Debido a que en la EAM del año 2000 reaparece nuevamente la desagregación de los tipos de trabajadores, entonces se asumió el rubro de profesionales, técnicos y tecnólogos de producción como valor final para la serie de trabajo calificado.

Una vez calculada la respectiva participación de cada categoría se procede a multiplicarla por el personal remunerado total (dato que sí es reportado en la EAM) y se obtiene el número de trabajadores calificados y no calificados.

## ANEXO 4 CÁLCULO DE EDAD PROMEDIO DEL CAPITAL

Para estimar este índice se utiliza la siguiente fórmula:

$$\bar{A}_t = \frac{A_t I_t + A_{t-1}(1 - \sigma)I_{t-1} + A_{t-2}(1 - \sigma)^2 I_{t-2} + \dots}{I_t + (1 - \sigma)I_{t-1} + (1 - \sigma)^2 I_{t-2} + \dots}$$

Donde  $A$  es la edad de la inversión y toma valores de  $1, 2, 3 \dots S$ ,  $\sigma$  es la tasa de depreciación e  $I$  es la inversión bruta. Para construir el índice se utilizó un horizonte de tiempo de 20 años, por consiguiente, fue necesario extrapolar la serie de inversión bruta para el período 1961-1969. Al flujo de inversión más reciente que es el período  $t$  se le asignó un valor  $A$  igual a 20, y de ahí se toma como descendente hacia al pasado, de tal forma que un mayor valor del índice refleje una mayor modernidad del capital.

Dada la existencia de una tendencia temporal para la serie de inversión bruta de los respectivos sectores, se optó por extrapolar los valores entre 1961 y 1969, a través de la estimación de una regresión lineal de la inversión bruta sobre el tiempo, utilizando la información disponible de esta variable (años 1970-2000):  $Inv.bruta_t = a + btiempo + \mu_t$ . Siendo  $\mu_t$  el error aleatorio.

## ANEXO 5 PRUEBAS DE HETEROCEDASTICIDAD, CORRELACIÓN CRUZADA Y AUTOCORRELACIÓN

Prueba	Total Industria	Bienes de consumo final	Bienes de consumo intermedio	Bienes de capital
	-1	-2	-3	-4
Test de Wald Modificado para Heterocedasticidad				
Valor $\chi^2$	20,048	13,518	2,584	1,337
Prob ( $\chi^2$ )	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Test de Independencia LM de Breusch-Pagan				
Valor $\chi^2$	10.538	2.654,2	879,4	378,3
Prob ( $\chi^2$ )	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Test de Wooldridge				
Valor F	113,59	94,14	67,06	74,35
Prob (F)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)

Fuente: elaboración propia.

Los test indican que se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, independencia entre paneles y no autocorrelación de orden uno.

## ANEXO 6

### EL MÉTODO DE FGLS

El método de los FGLS es una extensión de los mínimos cuadrados generalizados (GLS), los cuales constituyen a su vez una generalización de los modelos OLS cuando se violan los supuestos clásicos. Los FGLS se emplean cuando no se conoce *a priori* la estructura de la matriz de varianzas-covarianzas del modelo y su aplicación pretende corregir problemas de heterocedasticidad, correlación cruzada y autocorrelación.

Tomando a Wooldridge (2002) como referencia, se tiene que en datos panel el modelo parte de los supuestos:

- $E(X_i \otimes u_i)$ , exogeneidad estricta.
- $E(X_i' \Omega X_i)$  es no singular y  $\Omega$  es la matriz de varianzas-covarianzas que es definida positiva.

El estimador FGLS de  $\beta$  se plantea como:

$$\hat{\beta} = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i' \hat{\Omega}^{-1} X_i \right]^{-1} \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i' \hat{\Omega}^{-1} Y_i \right]$$

$\hat{\Omega}$  se estima a partir de una función de los residuos OLS  $\hat{\Omega} = \frac{1}{N \sum_{i=1}^N \hat{u}_i \hat{u}_i'}$ , y se espera que  $\hat{\Omega}$  sea un estimador consistente de  $\Omega$ .

Haciendo  $\hat{\Omega} = \hat{\Omega}^{1/2} \hat{\Omega}^{1/2}$ , el modelo de FGLS se puede expresar como:  $\hat{\Omega}^{1/2} Y_i = \hat{\Omega}^{1/2} X_i \beta + \hat{\Omega}^{1/2} u_i$  o  $\tilde{Y}_i = \tilde{X}_i \beta + \tilde{u}_i$ .

En el cual  $i$  representa las categorías de sección cruzada  $i = 1, 2, 3 \dots n$ ,  $Y$  es un vector de  $T \times 1$  ecuaciones,  $\beta$  es un vector de  $K \times 1$  parámetros,  $X$  es una matriz de  $T \times K$  que contiene la información de las variables explicativas y  $u$  es un vector de  $T \times 1$  residuos.

## ANEXO 7

### ESTIMACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA

VARIABLE DEPENDIENTE: LOG (VALOR AGREGADO)				
Variable independiente	Total Industria	Bienes de consumo final	Bienes de consumo intermedio	Bienes de capital
	(1)	(2)	(3)	(4)
Constante	1,4915*** (0,21140)	0,7415*** (0,14418)	1,2862*** (0,13435)	0,6228*** (0,17959)
Log (Capital)	0,0327 (0,020497)	0,0209 (0,01504)	1,2862*** (0,01245)	0,1382*** (0,01302)
Log (Trabajo no calificado)	0,8354*** (0,02688)	0,9372*** (0,02606)	0,6636*** (0,01410)	0,8487*** (0,01101)
Log (Trabajo calificado)	0,1406*** (0,02209)	0,0466** (0,02182)	0,2085*** (0,01132)	0,1044*** (0,00664)
Log (Producción acumulada por trabajador)	0,6989*** (0,03611)	0,8388*** (0,01649)	0,6251*** (0,01873)	0,6511*** (0,0440)
Edad promedio del capital	0,0266*** (0,00723)	0,0250*** (0,00489)	0,0106*** (0,00225)	0,0061*** (0,00135)
T	0,0162*** (0,00244)	0,0109*** (0,00234)	0,0124*** (0,00138)	0,0154*** (0,00151)
R2	0,9543	0,9579	0,9602	0,9395
No. de observaciones	1911	987	567	357
No. de grupos	91	47	27	17

Nota 1. Errores estándar entre paréntesis.

\*\*\* Significativa al 1 %, \*\* Significativa al 5 %, \* Significativa al 10 %.

Nota 2. La edad promedio del capital se calcula con un horizonte de 10 años

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 8

### ESTIMACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA, SIN INCLUIR LA VARIABLE DE TENDENCIA

VARIABLE DEPENDIENTE: LOG (VALOR AGREGADO)				
Variable independiente	Total Industria	Bienes de consumo final	Bienes de consumo intermedio	Bienes de capital
	(1)	(2)	(3)	(4)
Constante	1,5158*** (0,23653)	0,8240*** (0,17638)	1,1926*** (0,08969)	0,5055*** (0,25558)
Log (Capital)	0,0586*** (0,02088)	0,0211 (0,01332)	0,1778*** (0,01207)	0,1418*** (0,02340)
Log (Trabajo no calificado)	0,8075*** (0,02714)	0,9389*** (0,02373)	0,6596*** (0,01410)	0,8221*** (0,02253)
Log (Trabajo calificado)	0,1338*** (0,02214)	0,0406* (0,02164)	0,2038*** (0,01075)	0,1069*** (0,01442)
Log (Producción acumulada por trabajador)	0,6654*** (0,03869)	0,8211*** (0,02516)	0,6397*** (0,01467)	0,7068*** (0,05402)
Edad promedio del capital	0,0290*** (0,00591)	0,0213*** (0,00447)	0,0120*** (0,00187)	0,0136*** (0,00301)
R2	0,9535	0,9569	0,9592	0,9379
No. de observaciones	1911	987	567	357
No. de grupos	91	47	27	17

Nota. Errores estándar entre paréntesis.

\*\*\* Significativa al 1 %, \*\* Significativa al 5 %, \* Significativa al 10 %.

Fuente: elaboración propia.