

FUNDACION PARA LA EDUCACION SUPERIOR Y EL DESARROLLO



SISTEMAS DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARA LA CIUDAD REGIÓN

(Informe Final para Comentarios)

**MARIA ANGELICA ARBELAEZ
MARIA FERNANDA ROSALES**

Mayo de 2004

Sistema de Indicadores de Productividad para la Ciudad Región
(Informe Final para Comentarios)

María Angélica Arbeláez*
María Fernanda Rosales

Mayo de 2004

* Investigadora Asociada de Fedesarrollo e investigadora Junior de Fedesarrollo. Este trabajo se realizó en el marco de un proyecto de productividad dirigido por Juan José Echavarría, Co-director del Banco de la República, el cual ha contado con la colaboración estadística del DANE.

Tabla de contenido

I.	INTRODUCCIÓN	4
II.	ENFOQUE TEÓRICO	7
	A. Modelo de crecimiento neoclásico de Sollow-Swan	7
	B. Modelos de crecimiento endógeno	8
	1. Modelo de crecimiento endógeno AK	8
	2. Modelo de crecimiento endógeno con capital humano	8
	C. Método semi-paramétrico	9
III.	LA PRODUCTIVIDAD EN COLOMBIA: EVIDENCIA EMPÍRICA.....	13
	A. La productividad en Colombia	13
	B. Productividad en Bogotá	16
IV.	DISEÑO DE INDICADORES PARA BOGOTÁ.....	18
	A. Análisis de las variables.....	18
	B. Dinámica de la industria manufacturera Bogotana	19
	C. Indicadores de productividad parcial y multifactorial	25
	D. PTF multifactorial: Residuo de Solow	29
	1. Problemas con los cálculos a partir de OLS.....	32
	E. Estimación de la productividad con el método semi-paramétrico	33
	1. Descripción de las series utilizadas	34
	2. Algunos aspectos metodológicos	38
	3. Resultados de las Estimaciones	39
	4. Comparaciones con otros resultados	47
V.	ANÁLISIS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CIUDAD REGIÓN Y SUS DETERMINANTES.....	50
	A. La productividad y sus determinantes: evidencia empírica	50
	B. Determinantes de la productividad en el total nacional y Bogotá	55
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
VII.	ANEXO METODOLOGICO.....	65
	A. Sistema para la captura y actualización periódica	65
	B. Detalle sobre la estimación del modelo semi-paramétrico (Levinsohn y Petrin, 1996)	65

C. Cálculo del stock de capital	68
D. Encuesta Anual Manufacturera: definición de las variables utilizadas	69
E. Sintaxis de los comandos en STATA	71
F. Metodología de estimación: Método Generalizado de Momentos (GMM) ...	71
VIII. BIBLIOGRAFÍA	74

I. Introducción

En términos generales, el objetivo del trabajo es diseñar e implementar un sistema de indicadores de productividad para la Ciudad Región que sean replicables y actualizables, y proponer una metodología para ello. Adicionalmente, se harán sugerencias para que algunos de los indicadores aplicados a Bogotá puedan ser calculados en los municipios de Cundinamarca.

En la literatura y el análisis económico el tema de la productividad adquiere una importancia primordial, por su incidencia decisiva en el crecimiento económico. Desde sus inicios (Solow y Swan, 1956), la teoría neoclásica desarrolló el concepto de productividad de los factores como uno de los componentes fundamentales de la función de producción. Su medición es sin embargo compleja, y el cálculo más común es a través del residuo de la función de producción. Partiendo de este marco teórico, la literatura ha avanzado en proponer nuevas medidas de la productividad o eficiencia del uso de cada uno de los factores de producción, incluso endogeneizando esta variable y corrigiendo posibles correlaciones y simultaneidades que se presentan entre los factores e insumos productivos y la productividad.

Pero independientemente de la complejidad e incluso de las diferencias en las mediciones, el hecho cierto es que el papel de la productividad en el crecimiento de las economías es crucial. En especial, en los últimos años los trabajos sobre crecimiento sugieren que la productividad, más que la acumulación de los factores de producción, está detrás de los ciclos de auge y especialmente de recesión. Sobre el particular existe suficiente evidencia empírica para América Latina en el sentido de afirmar que una de las causas fundamentales de la desaceleración de las economías a finales de los noventa es la caída en la productividad. Según un estudio de Loayza et.al (2002) los países de la región experimentaron tasas de crecimiento por debajo de aquellas de los setentas debido a la crisis de la deuda. Por el contrario, el inicio de la década de los noventa estuvo marcado por la recuperación en el desempeño de estas economías en buena parte impulsado por los incrementos en productividad multifactorial, a su vez resultado de la adopción de reformas estructurales por al mayoría de estas economías. A finales de la década la crisis internacional trajo consigo un estancamiento en la mayoría de países de la región, en lo cual la productividad total de los factores (en adelante PTF) tuvo una incidencia negativa crucial.

La importancia de esta variable en el crecimiento ha llevado a los analistas a entender e identificar los factores que determinan la evolución de la productividad, y en qué medida diferentes políticas y medidas estructurales afectan su desempeño.

En el caso de Colombia los trabajos recientes sugieren que la productividad multifactorial se mantuvo en niveles aceptables hasta finales de la década de los setenta cuando la PTF sufrió un cambio de tendencia y un fuerte deterioro, con excepción de inicios de los noventa. Hay evidencia también de la recuperación en los últimos años, aunque a tasas muy lentas. Las diversas metodologías, sin embargo, arrojan resultados diferentes, pero hay coincidencia en la responsabilidad de la desaceleración reciente (1997-1998) de la PTF en la caída en el crecimiento del producto.

En la misma dirección, los resultados para Bogotá muestran que durante la

década de los ochenta la productividad registró un crecimiento negativo y durante los noventa se deterioró aún más, con un estancamiento desde el año 2000. Con base en la metodología estándar del residuo de Solow, se observan diferencias entre la productividad del país y aquella de Bogotá: la productividad en Bogotá fue superior entre finales de los ochenta y principios de los noventa frente al país en su conjunto, pero posteriormente esta tendencia se revierte, siendo más elevada la PTF de la Nación. Adicionalmente, la fuerte caída de esta variable se presenta en Bogotá en 1994, mientras la del país sufrió una fuerte desaceleración en 1997-1998. Finalmente, se observa una recuperación más marcada en el caso de la Nación que en la Ciudad Región.

En este contexto, el presente trabajo busca avanzar en esta área en el caso de Bogotá, no sólo en el sentido de diseñar diferentes mediciones de la productividad, sino en establecer qué factores afectan su desempeño, y en especial el rol que han podido jugar algunas reformas estructurales adoptadas por el país a principios de los noventa (p.e. la apertura económica). Existen diversos estudios realizados para el país en esta dirección y algunos para Bogotá, pero la amplitud y complejidad del tema y de la medición de la productividad de los factores permiten hacer nuevos aportes frente a la metodología y los hallazgos existentes para la ciudad Región.

Para ello, el presente estudio realiza diferentes mediciones de productividad aplicando las metodologías "tradicionales" y aquellas más recientemente desarrolladas en la literatura sobre el tema. En especial, el principal aporte lo constituye el cálculo de la productividad total de los factores (PTF) utilizando microdata (a nivel de firma y/o establecimiento) lo cual diferencia este estudio de los anteriores que utilizan información agregada para Bogotá. Adicionalmente, la metodología aplicada para el cálculo de la PTF se basa en nuevos métodos que endogeneizan esta variable y corrigen las correlaciones que se presentan entre los factores e insumos productivos y la productividad, lo que se conoce como el método semi-paramétrico desarrollado por Olley y Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin (1999). Simultáneamente, se realizan cálculos de la PTF con base en métodos del residuo de Solow, lo que permite comparar los resultados obtenidos bajo las diversas metodologías. Adicionalmente, la aplicación de los diferentes métodos de cálculo permitirá comparar la productividad de la Ciudad Región con otras áreas metropolitanas del país y ubicarla a nivel internacional.

Como complemento de lo anterior el estudio también identifica y cuantifica una serie de indicadores de productividad simples que puedan ser fácilmente calculables y actualizarse con alguna periodicidad, los cuales permiten hacer un seguimiento de corto plazo de la evolución en el uso de los factores en Bogotá.

El presente estudio consta de varios capítulos además de esta introducción: el primero presenta el enfoque teórico donde se explican las diferentes metodologías utilizadas en la literatura para la medición de la productividad; el segundo hace un recuento de los estudios recientes para Colombia y para Bogotá y muestra los resultados encontrados; el tercer capítulo se concentra en el diseño y cálculo de indicadores de productividad para Bogotá, tanto a nivel agregado como a nivel de firma, incluyendo las comparaciones con otras regiones nacionales e internacionales; el cuarto capítulo analiza la evolución de la productividad en Bogotá de acuerdo con criterios como las características específicas de las firmas y busca hallar sus determinantes con énfasis en la incidencia de reformas como la apertura económica y

algunos indicadores financieros; y el quinto capítulo presenta recomendaciones con base en los resultados obtenidos. Finalmente, los capítulos séptimo y octavo se dedican a explicar en detalle la metodología utilizada en los cálculos, de manera que estos puedan ser replicados y actualizados en el futuro. Asimismo se presentan propuestas para el cálculo de la productividad en los municipios de Cundinamarca.

II. Enfoque teórico

El crecimiento económico tiene dos determinantes fundamentales: el ritmo de acumulación de factores productivos como el capital físico y la mano de obra, y la productividad o eficiencia con la que se usan dichos factores. La productividad puede ser medida a nivel parcial, donde se analiza la eficiencia en la utilización de un insumo, y a nivel multifactorial donde se relaciona la producción con un índice ponderado de los diferentes insumos utilizados. En esta dirección, la productividad total de los factores (PTF) es una medida simultánea de la eficiencia en la utilización conjunta de los recursos.

A continuación se resumen las principales aproximaciones teóricas en la explicación y estimación de la productividad total de los factores.

A. Modelo de crecimiento neoclásico de Solow-Swan

La primera aproximación se basa en el modelo de Solow y Swan (1956) basado en una función de producción neoclásica $Y_t = F(K_t, L_t, A_t)$ donde K_t representa el factor capital, L_t el factor trabajo y A_t el factor tecnológico. Según este enfoque, la función de producción satisface las propiedades de rendimientos constantes a escala, cambio tecnológico exógeno, productividad marginal de todos los factores positiva pero decreciente y competencia perfecta.

Para medir la PTF a partir de este modelo se supone una función de producción Cobb-Douglas:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (1)$$

A partir de ahí se modela el crecimiento exógeno de la tecnología, el cual puede ser aproximado a partir de tres tipos de progreso técnico: ahorrador de trabajo¹, ahorrador de capital² y progreso técnico neutral o insesgado³. Según la literatura económica (Barro y Sala-i-Martin, 1995) es adecuado utilizar el progreso técnico ahorrador de trabajo, ya que éste es consistente con la existencia del estado estacionario neoclásico. Así, la función de producción tendría la siguiente forma:

$$Y_t = K^\beta (A L_t^{1-\beta}) \quad (2)$$

$$Y_t = K^\beta A^{1-\beta} L_t \quad (3)$$

Linealizando la ecuación (3) y suponiendo que el crecimiento de la tecnología A es exógeno, se obtiene:

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln L_t \quad (4)$$

¹ Neutralidad a la Harrod: las innovaciones tecnológicas aumentan la producción de la misma manera que un aumento del stock de trabajo (Barro, R. y X. Sala- I-Martin, 1995).

² Neutralidad a la Hicks: las innovaciones tecnológicas aumentan la producción de la misma manera que un aumento del stock de capita (Barro, R. y X. Sala- I-Martin, 1995).

³ Neutralidad a la Solow: las innovaciones tecnológicas aumentan el producto marginal de uno de los factores más que el producto marginal de otro factor, manteniendo constante la relación entre capital y trabajo (Barro, R. y X. Sala- I-Martin, 1995).

donde el término de error E representa el parámetro de cambio tecnológico A .

La condición de rendimientos constantes a escala implica que:

$$\beta_1 + \beta_2 \quad (5)$$

De esta forma, el error de la estimación es el llamado "residuo de Solow" que representa los cambios en la producción que no son explicados por el crecimiento de los factores productivos y corresponde a la productividad total de los factores (PTF).

B. Modelos de crecimiento endógeno

En contraste con los neoclásicos, existe otro conjunto de modelos basados en los estudios de Paul Romer (1986), donde los determinantes del crecimiento son endógenos. Estos modelos suponen que el progreso técnico se determina endógenamente dentro de la función de producción y es el resultado de la combinación de los factores productivos. Esta corriente introdujo modificaciones importantes a las aproximaciones de la productividad.

1. Modelo de crecimiento endógeno AK

La función de producción está definida como:

$$Y_t = A \quad (6)$$

donde el capital corresponde al capital físico y capital humano y A refleja el nivel de tecnología. La función de producción AK tiene rendimientos constantes a escala y rendimientos positivos, pero no decrecientes en el capital (contrario al modelo de Solow y Swan), la condición clave para obtener el crecimiento endógeno.

Según este modelo, la productividad es capturada por el parámetro A , el cual se obtiene a partir de la relación Y/K .

2. Modelo de crecimiento endógeno con capital humano

Una forma alternativa de modelar la tecnología AK es incorporando la calidad de trabajo para obtener el capital humano como otro factor productivo (Rebelo, 1991)⁴. El capital humano puede estimarse como:

$$H = q \quad (7)$$

donde q es un índice que mide la calidad del trabajo.

La función de producción corresponde a:

$$Y_t = BK_t^\alpha H_t \quad (8)$$

Para estimar la ecuación anterior se linealiza aplicando una transformación logarítmica.

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln H_t \quad (9)$$

Adicionalmente se suponen rendimientos constantes a escala y por lo tanto la

⁴ Rebelo propone este modelo de crecimiento endógeno incorporando el capital humano en su trabajo "Long-Run policy análisis and long-run Growth" Journal of Political Economy, vol 99, No. 93.

estimación de la ecuación (9) debe restringirse según la siguiente condición:

$$\beta_1 + \beta_2 = 1 \quad (10)$$

En la ecuación (9), β_2 representa la productividad total de los factores y corresponde a la parte de la producción que no puede ser explicada ni por el acervo de capital ni por el capital humano y β_1 representa los cambios tecnológicos y se obtiene a manera de residuo al estimar econométricamente la ecuación (9).

Hall y Jones (1999) proponen un modelo de crecimiento alternativo que incorpora dentro del factor de capital humano los logros de escolaridad de la población (retorno de la educación). Según este enfoque, el crecimiento puede explicarse por cambios en la proporción capital producto, cambios en el grado de escolaridad de la población y cambios en la productividad. En estas condiciones, la función de producción estaría dada por:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t H_t)^{1-\alpha} \quad (11)$$

donde H es el capital humano con tecnología ahorradora de trabajo y para su cálculo los autores asumen que cada unidad de trabajo contiene cierto grado de escolaridad -medido según los años de estudio E_t - donde $\phi(E_t)$ refleja la eficiencia de una unidad de trabajo con E años de escolaridad en relación con un trabajador con cero años de escolaridad ($\phi(0)$).

$$H_t = e^{\phi(E_t)} \quad (12)$$

Reescribiendo la ecuación (11) en términos del producto por trabajador:

$$y_t = \left(\frac{K_t}{Y_t} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} h_t \quad (13)$$

donde h es el capital humano por trabajador.

Para estimar la ecuación se linealiza y posteriormente se computa el residuo que corresponde a la productividad A :

$$\ln y_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln \left(\frac{K_t}{Y_t} \right) + \phi(E_t) + 1 \quad (14)$$

C. Método semi-paramétrico

Los modelos económicos anteriormente descritos estiman la productividad como el residuo de la función de producción, ya sea a partir del método de Mínimos

Cuadrados Ordinarios, o de técnicas de efectos fijos⁵. Sin embargo, estudios recientes han encontrado que los factores productivos e insumos tienden a estar correlacionados con la productividad (correlación entre los choques de productividad no observados y los niveles de factores o insumos)⁶. Según Levinsohn y Petrin (1999) esta correlación no es sólo contemporánea sino también serial y por lo tanto los estimadores obtenidos bajo estos métodos y el impacto de los cambios en la productividad sobre la dinámica de la producción están sesgados.

En este contexto, el principal aporte de la literatura reciente encabezada por los estudios de Olley and Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin (1999), ha consistido en desarrollar un método para estimar los choques de productividad no observados y eliminar el sesgo de la estimación. Los autores utilizan variables como *proxy* de estos choques⁷, y para la estimación establecen técnicas semi-paramétricas con base en datos a nivel de firma.

El modelo parte de una función de producción logarítmica cuyos argumentos (insumos) son el capital (k), el número de empleados (l), el consumo de energía eléctrica (e) y el consumo de materias primas intermedias (m):

$$y_i = \beta_0 + \beta_k k_i + \beta_l l_i + \beta_e e_i + \beta_m m_i \quad (15)$$

Se asume que el error econométrico se descompone en dos elementos: la productividad no observada o componente de la productividad transmitida a los factores y un error con media cero y que no está correlacionado con la escogencia de los insumos, (representa los choques no esperados en productividad).

$$u_i = \omega_i \quad (16)$$

La diferencia entre y_i y ω_i consiste en que la primera es una variable de estado y por lo tanto impacta las decisiones de la firma; no es observada por el econometrista pero puede afectar la escogencia de los insumos, lo que conduce al conocido problema de simultaneidad en la estimación de la función reproducción⁸. El problema de endogeneidad en los factores productivos salta a la vista en la ecuación (15). Por ejemplo, si la escogencia de trabajo en t responde a la productividad no observada ω_t , entonces este factor productivo estaría correlacionado positivamente con y_t , lo cual implicaría que el estimador de la elasticidad del producto al trabajo estaría sesgado positivamente. Lo anterior también aplica a otros insumos. Adicionalmente, dado que los niveles de capital y trabajo están altamente correlacionados entre sí y a través de las firmas, en términos econométricos esto significa que un sesgo positivo en un coeficiente puede transmitirse en un sesgo negativo en el otro, surgiendo así

⁵ Los modelos de efectos fijos aplicados a técnicas de datos panel consideran que existen variables específicas a cada unidad que afectan los resultados de las estimaciones. Dichas variables específicas son capturadas por estos modelos a través del intercepto que es entonces específico para cada unidad.

⁶ Las firmas que maximizan sus ganancias responden a choques positivos en productividad expandiendo el producto, lo cual requiere de insumos adicionales.

⁷ Olley y Pakes (1996) desarrollan un estimador que usa la inversión como proxy de los choques no observados, mientras Levinsohn y Petrin (1999) utilizan los insumos intermedios con el argumento de éstos responden más suavemente a los choques en la productividad (ver nota 9).

⁸ Los estimadores que ignoran la correlación ente los insumos y este factor no observable (OLS) conducen a resultados inconsistentes.

problemas de simultaneidad.

Para resolver tanto los problemas de correlación como los de simultaneidad, Levinsohn y Petrin utilizan como *proxy* de la productividad no observada la demanda por insumos intermedios por parte de la firma⁹, la cual depende de las variables de estado de la firma ω_t y k_t :

$$m_t = m_t(\omega_t) \quad (17)$$

Dado que la demanda por insumos intermedios es una función monótona y estrictamente creciente en ω_t , es posible invertir la ecuación (17) y expresar la productividad en términos de las variables de control de la firma m_t y k_t :

$$\omega_t = \omega_t(m_t) \quad (18)$$

Entonces, la función de producción estaría ahora dada por:

$$y_t = \beta_0 + \beta_k k_t + \beta_l l_t + \beta_e e_t + \beta_m m_t + \omega_t(m_t, k_t) \quad (19)$$

Dado que no se conoce la forma funcional de ω_t los coeficientes de la función de producción no pueden estimarse por el método de OLS. Como la ecuación (19) es parcialmente lineal, el modelo debe estimarse usando métodos de regresión semi-paramétricos. Los autores proponen un proceso de estimación en dos etapas a partir de un panel de firmas.

Con base en este procedimiento econométrico (descrito en detalle en el Anexo) se obtienen estimadores consistentes que permiten aproximar la productividad total de los factores de cada firma de la siguiente forma:

$$PTF_{it} = \exp\left(y_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_e e_{it} - \hat{\beta}_m m_{it} - \hat{\beta}_k k_{it}\right) \quad (20)$$

La productividad total puede construirse como un promedio simple o ponderado de la PTF de cada firma, usando la participación en el producto como ponderador.

Las ventajas de calcular la productividad bajo este método han sido probadas en diferentes trabajos aplicados. Las comparaciones entre los métodos de OLS y semi-paramétrico, permiten apreciar que, efectivamente, los coeficientes de los insumos (p.e trabajo y materias primas) están sesgados positivamente bajo el primer método, mientras el capital está sesgado negativamente.

Analizando el caso chileno, Levinsohn y Petrin (1999)¹⁰ utilizan como *proxy* de

⁹ Olley y Pakes (1996) utilizan como proxy de productividad la función de inversión de la firma la cual depende del capital y la productividad. No obstante, Levinsohn y Petrin encuentran algunos problemas en el uso de la inversión como proxy. En primer lugar la inversión es una variables muy desigual (lumpy) debido a que incorpora costos de ajuste sustanciales y en consecuencia no responde "suavemente" a los choques en productividad (como sí lo hacen los insumos intermedios). En segundo lugar, y en parte como resultado de los costos de ajuste, existen firmas cuya inversión ha sido nula en algún momento del tiempo y la inversión como proxy es sólo válida para aquellas firmas que reportan inversión diferente de cero.

¹⁰ Las estimaciones son hechas para un panel de 6665 firmas con periodicidad anual para 1979-1986 proveniente del Censo de la industria manufacturera del Instituto Nacional de estadísticas de Chile. Las variables utilizadas son producto bruto, consumo intermedio de materias primas, energía y combustibles. El trabajo es medido como el número de años-hombre empleado en la producción y las firmas distinguen entre

la productividad no observada las materias primas y la electricidad, encontrando que los resultados no varían mucho para ninguno de estos dos casos. Los autores comparan los parámetros obtenidos en su estimación con otros métodos alternativos como mínimos cuadrados ordinarios y efectos fijos, y encuentran que los coeficientes de los insumos intermedios y del trabajo están sobrestimados bajo estas metodologías. Con respecto al coeficiente del capital, en la mayoría de los casos el estimador obtenido por OLS está subestimado¹¹, aunque existen algunos casos sectoriales para los cuales el estimador está sesgado positivamente¹².

Para el caso de la industria manufacturera en Colombia, Meléndez et.al (2003) utilizan como *proxy* de la productividad no observada la demanda de insumos intermedios (basado en Levinsohn y Petrin, 1998). Aunque a nivel agregado no encuentran grandes diferencias de la productividad bajo el método semi-paramétrico y el Residuo de Solow (OLS), en algunos sectores observan una sobrestimación de los coeficientes de trabajo, energía y materias primas calculados bajo el método de OLS, mientras que son más bajos aquellos del capital.

Muendler (2002) estudia la industria brasileña con el objetivo de analizar la relación entre la productividad y la liberación comercial de comienzos de los noventas. El autor estima la función de producción utilizando la metodología de Olley y Pakes¹³, pero en este caso los resultados no son comparados con otros métodos de estimación¹⁴.

trabajo calificado y no calificado. La variable de capital la construyen como la suma de las edificaciones, la maquinaria y equipo y los vehículos, de acuerdo a la siguiente regla de acumulación: $K_{jt} = (1 - \delta_j) K_{j,t-1} + I_{jt}$; donde j representa los tipos de capital y el capital total esta dado por: $K_t = \sum_j K_{jt}$.

¹¹ Esto se explica porque si el capital no está correlacionado (o en una menor proporción) con la innovación en la productividad contemporánea pero los demás insumos si lo están, el estimador OLS está sesgado negativamente.

¹² Los cálculos a nivel sectorial muestran una gran heterogeneidad en el comportamiento de la productividad a través de las diferentes actividades de la industria.

¹³ La estimación se hace para un panel de 9500 firmas entre 1986 y 1998, de la Encuesta Industrial Anual. Los datos incluyen ventas, el cambio en el stock del bien final, costo de los insumos, salarios, empleo calificado y no calificado y otras variables relacionadas con el capital. Adicionalmente, las firmas reportan la compra de maquinaria y equipo importada hasta 1995 y la compra de insumos intermedios desde 1996, lo cual sirve al autor para medir el impacto de la apertura comercial en la productividad.

¹⁴ La función de producción tipo Cobb-Douglas tiene como variable dependiente el producto y como independientes el número de trabajadores calificados y no calificados, los insumos intermedios y el capital, el cual es dividido en tres partes: compra de equipos nacionales, extranjeros¹⁴ y estructuras (incluye bienes raíces, vehículos, computadores, etc). El principal resultado encontrado para el agregado la productividad total de los factores sufrió una caída drástica a finales de los ochenta pero posteriormente se ha recuperado alcanzando su punto máximo en 1998.

III. La productividad en Colombia: evidencia empírica

Desde principios de los noventa en Colombia se han realizado un número importante de estudios con el objetivo de analizar los motores del crecimiento de la economía, donde la productividad es uno de los ejes fundamentales. A continuación se hace un recuento de los estudios más recientes en esta línea, los cuales utilizan las diferentes aproximaciones metodológicas descritas en el capítulo anterior.

A. La productividad en Colombia

Un estudio reciente de Loayza et.al (2002) analiza la contribución de la productividad multifactorial al crecimiento que las economías de América Latina. Los autores descomponen el crecimiento del producto en la contribución del capital, el trabajo y la productividad multifactorial, usando tres metodologías: el modelo tradicional de Solow, un modelo que introduce el capital humano como insumo de la función de producción a través de ajustar el trabajo por su calidad y finalmente un modelo con ajustes por la utilización efectiva de los factores de capital y trabajo¹⁵.

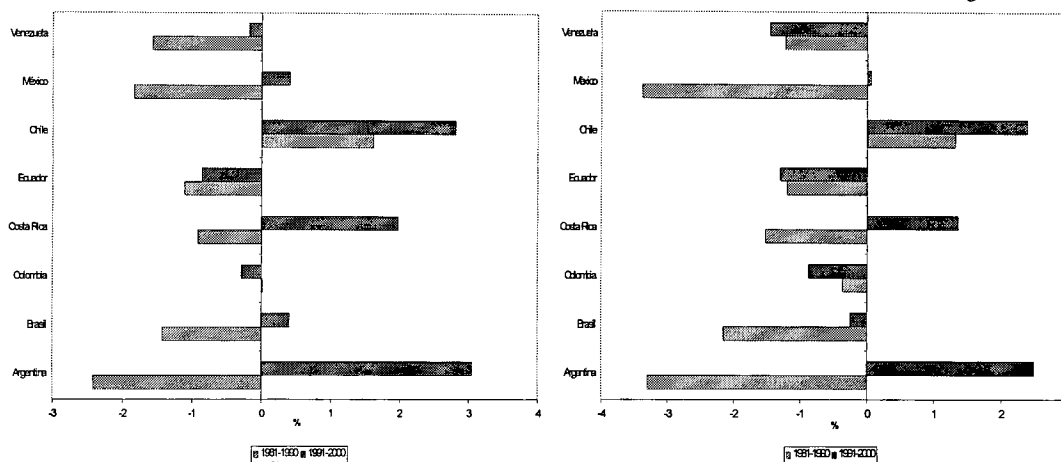
Los principales resultados de este ejercicio para la década de los ochenta y noventa se resumen en el (Gráfico 1). Se observa que, al ajustar por la calidad del trabajo y dado que el nivel educativo de la población ha aumentado, la contribución de la productividad al crecimiento disminuye, comparado con la metodología estándar del residuo de Solow. Análogamente, para los ajustes por la utilización de los factores, durante las recesiones éstos tienden a reducir la participación del trabajo y el capital en el crecimiento, aumentando el aporte de la productividad. Lo contrario sucede en los períodos de recuperación.

Según la metodología estándar del residuo de Solow, se observa que en los ochenta, a excepción de Chile (y Colombia en el caso de la primera metodología), el crecimiento de la productividad total de los factores fue negativo en América Latina, lo cual, según los autores, puede reflejar la caída en la eficiencia de las instituciones del mercado como consecuencia de las políticas adoptadas u otros cambios¹⁶. Contrariamente, durante los noventa la mayoría de países experimentó aumentos en los niveles de PTF, que contribuyeron a la recuperación del crecimiento. Países como Argentina, Costa Rica y Chile mostraron tasas de crecimiento de la PTF no sólo superiores a las de los ochenta sino también a las de los sesenta y setenta. Otro grupo de países donde se destacan Brasil, Colombia y México también percibieron aumentos en la contribución de la productividad al crecimiento, pero a tasas inferiores a aquellas de los setenta. En el sentido opuesto, Venezuela, Honduras y Jamaica no experimentaron una recuperación en el crecimiento de la productividad e incluso su desempeño fue inferior al de los años ochenta.

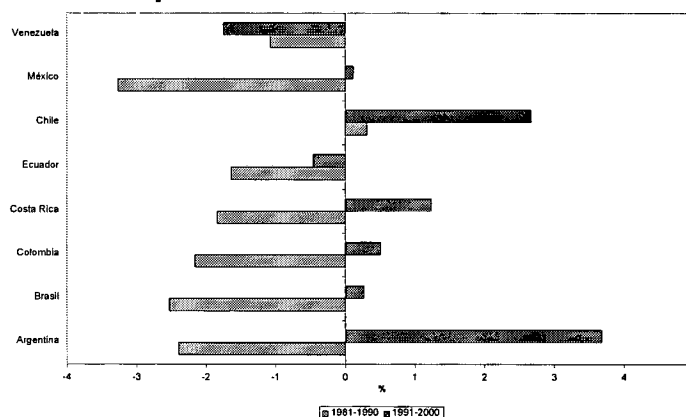
¹⁵ Ver más detalles de la especificación de la función de producción en Loayza et al (2002)

¹⁶ Los autores citan a Barro (1999) en esta explicación.

Gráfico 1
Contribución de la PTF al crecimiento –
Residuo de Solow **Corrección por la calidad del trabajo**



Corrección por la utilización de los factores



En el caso específico de Colombia, bajo la metodología estándar del residuo de Solow, este fue uno de los pocos países que experimentó una contribución positiva (aunque baja) al crecimiento en 1961-1990, lo cual no se observa si se ajuste por la calidad del trabajo o por el uso de los factores. La contribución es positiva en la década de los noventa, bajo el último método utilizado. Estos resultados sugieren que la posición relativa de Colombia en materia de productividad fue aceptable dentro del promedio de países hasta la década de los ochenta, pero en adelante se ha ubicado por debajo de países como México, Chile, Argentina, Costa Rica e incluso Brasil.

Los estudios para Colombia no difieren sustancialmente de estos resultados. Clavijo (1995, 2003)¹⁷ estima la dinámica de la productividad laboral y multifactorial utilizando el modelo neoclásico de Solow con información agregada a partir de 1950. Los principales resultados obtenidos muestran que en el período 1967-1974 se

¹⁷ La función de Producción tipo C-D tiene como variables explicativas: PIB real, Inversión Neta Real, Número de trabajadores empleados, exportaciones reales y/o importaciones de bienes y servicios. Las variables se trabajaron en cambios absolutos.

registraron los niveles más altos del crecimiento tanto de la productividad laboral (3.2%) como de la productividad total de los factores (2.0%), posteriormente estas productividades cayeron e incluso alcanzaron niveles negativos entre 1981 y 1989, y la década de los noventa y años recientes (1990-2002) la productividad laboral ha comenzado a recuperarse, alcanzando una tasa anual de crecimiento de 0.4%, no siendo el caso de la multifactorial que fue de -0.6%. El balance histórico del periodo 1950-2002 es bastante desalentador, pues Colombia registró una productividad laboral promedio de 0.6% anual, y los resultados son aún peores para el caso de la PTF, pues en promedio decreció -0.2% anual¹⁸.

Utilizando la aproximación de crecimiento endógeno, Cárdenas (2002) parte del trabajo de Hall y Jones (1998) para medir el impacto del capital, los logros educativos y la productividad sobre el crecimiento económico colombiano. Los resultados del ejercicio, con datos agregados para la economía, indican que la PTF registró un cambio de tendencia a partir finales de los setenta. El punto máximo de la PTF ocurrió en 1979, cuando se inició un decrecimiento que se prolongó hasta 1990. A partir de ahí se presentó una recuperación que duró hasta 1996, desde cuando se inició una profunda caída, reduciendo la PTF a niveles muy inferiores incluso a los de los ochenta.

En un estudio sobre el crecimiento colombiano de largo plazo, Arbeláez, Echavarría y Gaviria (2002) estiman la PTF a nivel de firma para el sector manufacturero entre 1978 y 1999¹⁹, bajo el método de OLS y adicionalmente a partir de los coeficientes estimados semi-paramétricamente por Meléndez et.al. (2003). Los autores encuentran que la evolución de la PTF bajo los dos métodos es relativamente similar, aunque es más volátil en el primer caso. Entre 1983 y 1989 la PTF calculada como el promedio simple de las PTF²⁰ de las firmas cayó en promedio a una tasa anual de -1,4% bajo el método semi-paramétrico (-1.85% con OLS) creció 3,89% por año entre 1989 y 1996 (3,54% con OLS), y decreció de nuevo -3,35% por año entre 1996 y 1999 (-2,18% con OLS). Al calcular la PTF ponderada por el producto²¹, los autores encuentran que la productividad permaneció relativamente estancada durante los ochenta, pero aumentó durante la primera mitad de los noventa principalmente como consecuencia de importantes cambios al interior de las firmas y una mayor

¹⁸ Según el autor, este comportamiento es bastante mediocre comparado con la dinámica de la productividad de los tigres asiáticos y de otros países latinoamericanos como Chile

¹⁹ El panel tiene información a nivel de firma sobre las siguientes variables: producción, empleo, consumo de energía. Los datos provienen de la EAM del Dane.

²⁰ $\overline{PTF}_t = \frac{\sum_{i=1}^N PTF_{it}}{N}$, donde N es el número total de firmas.

²¹ Basado en Cummins (2001) estiman: $PTF_t = \sum_{i=1}^N PTF_{it} S_{it}$ donde $S_{it} = \frac{Y_{it}}{Y_t}$;
 $PTF_t = \overline{PTF}_t + \sum_{i=1}^N (S_{it} - S_i) (PTF_{it} - \overline{PTF}_t)$

. Esta descomposición permite identificar si los cambios en la productividad resultan de variaciones en la productividad promedio (primer término) o de una forma de redistribución de insumos hacia las firmas más productivas (segundo término). Por ejemplo, a mayor covarianza mayor es la proporción del producto que se dirige a las firmas más productivas.

transferencia de recursos hacia las empresas más productivas (esto lo evidencia el hecho que la PTF ponderada es superior a la PTF no ponderada).

También para estimar la dinámica de la productividad del sector manufacturero colombiano a nivel de firma²², Meléndez et.al (2003) utilizan la metodología de Levinsohn y Petrin (1999). Los autores estiman la PTF a nivel sectorial (CIU 2) como un promedio simple²³ y ponderados por el tamaño de las firmas.

Encuentran que, en términos globales, la productividad del sector manufacturero se ha mantenido relativamente estable desde 1977. A principios de los ochenta la productividad multifactorial sufrió una caída que se revirtió a finales de los ochenta y principios de los noventa, cuando tuvieron lugar las principales reformas estructurales a favor de la apertura económica. Sin embargo, a finales de los noventa la PTF retornó a los niveles iniciales en 1977 e incluso en 1999 su nivel fue inferior. Sin embargo, concluyen que la productividad no ponderada es menor que la ponderada, lo que refleja la presencia de altos niveles de productividad en las firmas grandes.

En resumen, la evidencia empírica para el caso colombiano coincide en mostrar que la productividad multifactorial se mantuvo en niveles aceptables hasta finales de la década de los setenta cuando la PTF y sufrió un cambio de tendencia y un fuerte deterioro en lo ochenta. Los noventa se caracterizaron por una recuperación de la PTF, la cual se revirtió a finales de la década pasada, siendo éste uno de los principales responsables del estancamiento del crecimiento económico. No obstante, los resultados difieren ligeramente según las metodologías utilizadas.

B. Productividad en Bogotá

La Secretaria de Hacienda del Distrito ha realizado estudios recientes (SHD, 2002^a, 2002^b y 2002^c) en los cuales cuantifica la productividad media de los factores de producción capital y trabajo, la productividad marginal de éstos y la productividad multifactorial para el caso de Bogotá en las últimas dos décadas. La productividad se calcula a nivel agregado y para la industria manufacturera.

Con base en indicadores simples de productividad, se muestra que durante la década de los ochenta la productividad media del capital registró un crecimiento negativo de -0.88% y durante los noventa se deterioró aún más cayendo en promedio a una tasa de -2.29% anual. Contrariamente, la productividad laboral presentó un decrecimiento anual de -1.18% en los ochenta pero creció a una tasa promedio positiva de 1.37% durante los noventa.

Adicionalmente se calculó la PTF con base en información agregada utilizando tres tipos de modelos: el modelo neoclásico de Solow-Swan y los modelos de crecimiento endógeno AK y con capital humano²⁴. Los resultados según el primer modelo muestran que la PTF presentó un crecimiento negativo promedio de -2.21%

²² Las estimaciones se realizan sobre un panel no balanceado de 12,084 firmas entre 1977 y 1999 con base en los datos es la Encuesta Anual Manufacturera (EAM).

²³ Estos se calculan como un promedio simple de las productividades de cada una de las firmas pertenecientes a cada sector en cada año.

²⁴ Las variables utilizadas fueron el PIB real de Bogotá, el número total de empleados y una serie de acervo de capital construida con base en el supuesto de que la participación del acervo de capital nacional en el PIB agregado es igual a la participación del acervo de capital de Bogotá en el producto de Bogotá.

anual durante los ochenta, una contracción aún más fuerte en los noventa de -2.6% y una recuperación en el período 2000-2002 (-0.22%). Para el período completo 1976-2002 la PTF decreció -1.71% . Cabe resaltar que, según los autores, entre 1986 y 1995 se presentó una tendencia positiva en la dinámica de la PTF que coincide con el proceso de apertura económica.

Los resultados del modelo de crecimiento AK son bastante similares. En promedio, durante los ochenta la PTF decreció -1.13% , en los años noventa este comportamiento se deterioró aún más (-2.12%) y para los primeros años de este siglo creció moderadamente a tasas positivas (0.38%). Para todo el período de análisis el crecimiento promedio de largo plazo fue negativo (-1.29%).

Finalmente, la estimación del modelo de capital humano basado en Rebelo (1991) que utiliza la serie de Capital Humano construida por GRECO²⁵, muestra que, al igual que en los modelos anteriores, la PTF mostró en promedio un crecimiento negativo de -0.78% , se empeoró aún más en los años noventa cuando la PTF decreció a una tasa promedio de -2.44% , y para el período 2000-2002 la PTF ha continuado creciendo a tasas negativas pero menores (-0.32%). Para la totalidad del período la productividad multifactorial registró un crecimiento negativo promedio de -1.24% .

Al comparar los resultados con aquellos a nivel nacional se deduce que el comportamiento de la productividad bogotana medido a través del residuo en el modelo de Solow-Swan es similar al nacional calculado por Clavijo (2003). Sin embargo, la PTF bogotana sufrió una desaceleración desde 1994 mientras que la productividad nacional cayó a partir de 1997.

²⁵ Grupo de Estudios del Crecimiento Económico del Banco de la República.

IV. Diseño de indicadores para Bogotá

Los estudios realizados para Bogotá han avanzado en la medición de la evolución de la productividad. Sin embargo, como se mencionó en la sección teórica del Capítulo II, existen nuevos métodos de estimación de la PTF que pueden complementar los hallazgos ya existentes.

La corriente de estudios recientes tiende a orientarse hacia análisis a nivel de firma utilizando micro-data, lo cual constituye un aporte del presente estudio frente a aquellos realizados hasta ahora para la ciudad a nivel agregado. El trabajo a nivel de firma tiene ventajas en la medida en que permite hacer una medición más exacta de algunas variables incluidas en las funciones de producción y de las relaciones entre ellas, hacer análisis a nivel de diferentes sectores, hacer comparaciones entre regiones del país y finalmente ofrece una amplia gama de posibilidades para analizar las variables que influyen en el desempeño de la productividad.

Por otra parte, se considera conveniente aplicar para el caso de Bogotá la metodología reciente semi-paramétrica, en la medida en que ella corrige problemas de correlación y de simultaneidad presentes en las estimaciones de productividad a través de los métodos tradicionales basados en el residuo de Solow.

Finalmente, y dado que los cálculos anteriores (incluyendo los ya realizados para el caso de Bogotá) son en muchos casos complejos y difíciles de actualizar con una corta periodicidad, parece conveniente complementar estos análisis con indicadores de productividad más simples que pueden ser calculados en forma regular. Para ello, es necesario complementar la información existente en el país y diseñar nuevos mecanismos que permitan una recolección de información con una mayor regularidad (p.e. mensual o trimestralmente).

En este orden de ideas, el presente capítulo calcula un sistema de indicadores para Bogotá, comparando en algunos casos los resultados con otras ciudades del país. En una primera sección se analiza la evolución de las principales variables a nivel agregado utilizadas para el cálculo de los indicadores. En las dos secciones siguientes se calculan indicadores simples de productividad parcial y multifactorial, tanto con datos agregados como a nivel de firma, y se estima la TPF para Bogotá mediante el método tradicional del residuo de Solow. La cuarta sección se concentra en medir la productividad multifactorial para Bogotá usando el método semi-paramétrico basado en el modelo de Olley & Pakes (1996) y Levinsohn & Petrin, (1998) con información a nivel de firma.

A. Análisis de las variables

Las variables incluidas en esta sección corresponden a la información de la Encuesta Anual Manufacturera del DANE, y por lo tanto hacen referencia exclusivamente a la industria. El período de análisis cubre las décadas del ochenta y del noventa, con datos anuales desde 1980 hasta 2001. La información corresponde a las áreas metropolitanas, donde Bogotá incluye Bogotá y Soacha, y para efectos comparativos se seleccionaron las principales ciudades del país (Medellín-Valle de Aburrá, Cali-Yumbo y Barranquilla-Soledad).

Se utilizaron las series de producción bruta, valor agregado, consumo intermedio, valor de las materias primas, energía eléctrica consumida, empleo total y empleo permanente. Adicionalmente se construyeron medidas del stock de capital con base en las series de valor de los activos fijos y la inversión neta real²⁶ de la EAM. Se trabajó con series reales, donde la producción y el valor agregado fueron deflactadas por el IPP, el consumo intermedio y el valor de las materias primas por el IPP del consumo intermedio y el stock de capital por el IPP de bienes de capital a precios constantes de 2000.

B. Dinámica de la industria manufacturera Bogotana

El análisis gráfico confirma que la producción bruta real de Bogotá es la más alta del país comparada con otras ciudades principales (Gráfico 2). Adicionalmente, la producción ha seguido de cerca la tendencia de la industria a nivel nacional, aunque con ciclos más marcados: un crecimiento más acelerado hasta 1994 y una caída más fuerte en 1999. A partir de 2000 la recuperación es similar al total nacional pero más notoria que en ciudades como Cali y Barranquilla.

Comparando las tasas de crecimiento de Bogotá y de la Nación, se observa que a principios de los ochenta la producción de la ciudad registró un crecimiento positivo, alcanzando en 1984 una tasa de 11.5%, mientras que en la nación el aumento fue de 8%. Posteriormente, la producción sufrió una caída moderada hasta principios de los noventa, cuando comenzó a recuperarse. En efecto, en 1993 el crecimiento de la producción manufacturera bogotana alcanzó su punto máximo de 15.2%, frente a 8,9% en el caso de la nación. Sin embargo, la crisis golpeó fuertemente a la industria capitalina la cual decreció 15% en 1999, incluso en forma más marcada que en el total nacional. En el 2000 se observa una fuerte recuperación del crecimiento industrial tanto en Bogotá como en la nación, con un retroceso en el crecimiento 2001, aunque aún positivo (Gráfico 3).

²⁶ El stock de capital fue construido de acuerdo a diferentes metodologías que se explicaran brevemente más adelante

Gráfico 2
Producción Industrial
(miles de millones - Precios constantes de 2000)

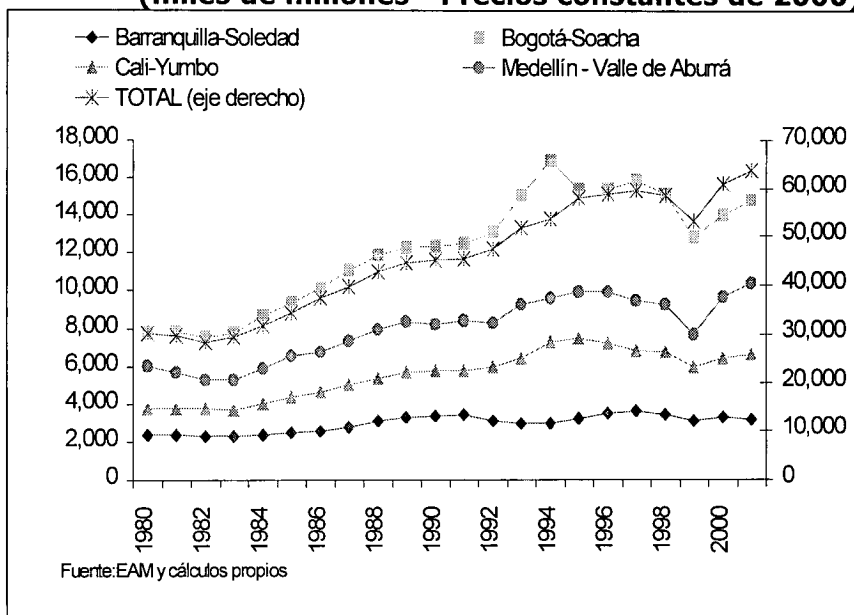
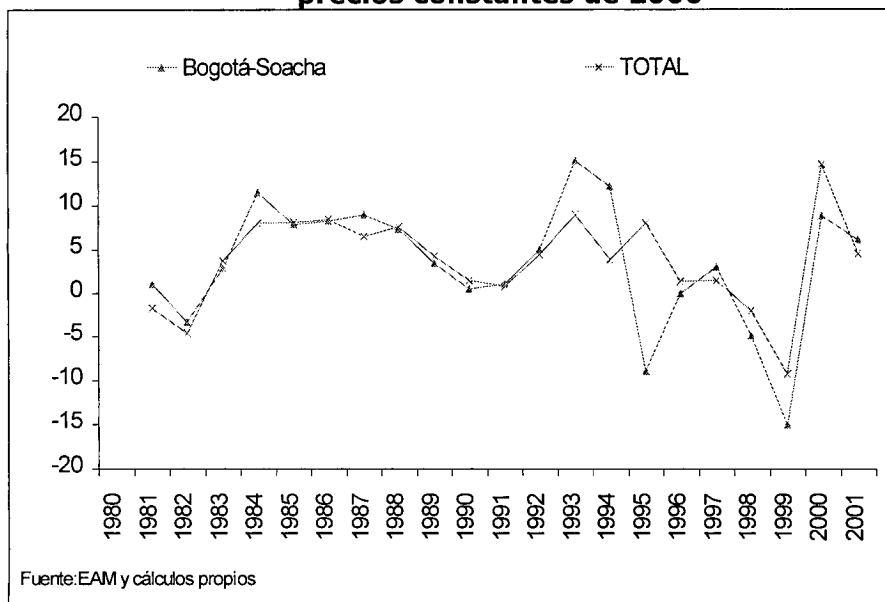


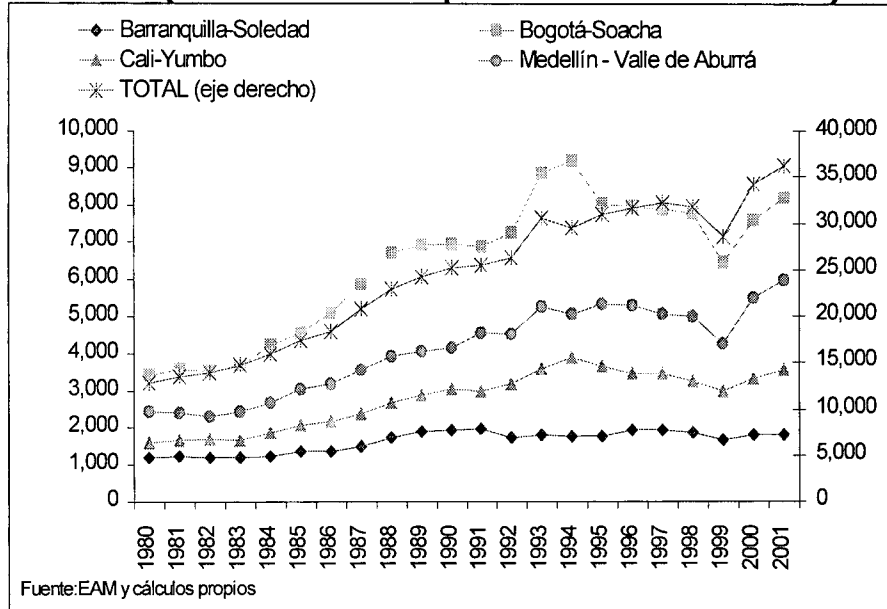
Gráfico 3
Crecimiento de la producción industrial
precios constantes de 2000



En forma consistente con la dinámica de la producción, la industria bogotana presenta el mayor consumo de insumos intermedios del país. Se observa que si bien el consumo intermedio mantiene los mismos ciclos que el producto, el crecimiento hasta

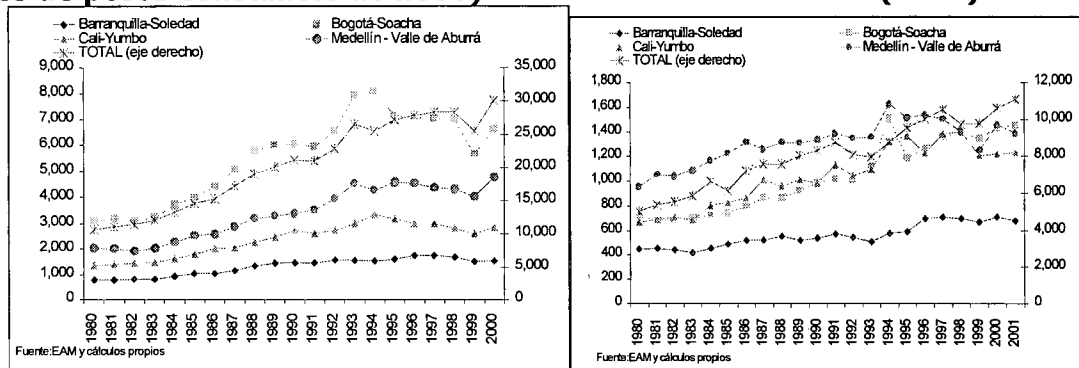
mediados de los noventa fue más dinámico (Gráfico 4).

Gráfico 4
Consumo Intermedio
(miles de millones pesos constantes de 2000)



Esta trayectoria se explica principalmente por el comportamiento de las materias primas consumidas, cuyo peso en el consumo intermedio es mayoritario. Contrariamente, el consumo de energía eléctrica en la industria de Bogotá es inferior a aquel realizado en ciudades como Medellín y similar al de Cali, además con una tendencia diferente a la del total nacional (Gráfico 5).

Gráfico 5
Materias primas consumidas (miles de pesos constantes de 2000) **Energía Eléctrica Consumida** (KWH)

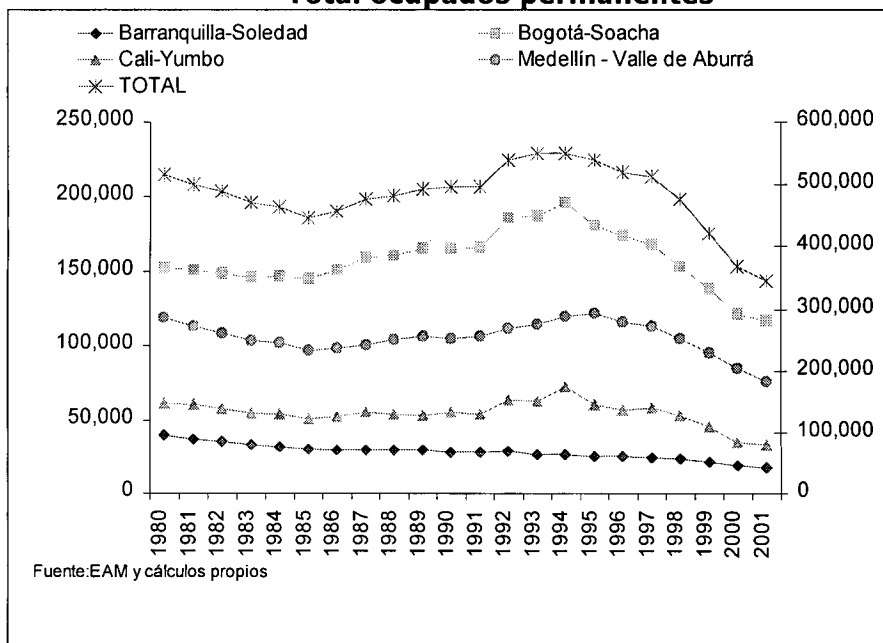


En materia de empleo, vale recalcar que la EAM presenta un cambio metodológico importante en 1992 en la medida en que incluyó específicamente el

empleo temporal, lo que implicó un aumento del total de ocupados²⁷. Sin embargo, si se considera solamente el empleo permanente, es posible identificar tres ciclos: una caída en el empleo desde 1980 hasta 1985 que coincide con la crisis de la economía durante ese período, un crecimiento posterior hasta 1995 y una disminución aún más drástica desde mediados de los noventa hasta 2001, la cual ha respondido a la fuerte recesión que golpeó al país y es consistente con elevado nivel de desempleo nacional. Para el caso de Bogotá, en promedio, la industria empleó 150.000 personas entre 1980 y 1985, a partir de 1986 el empleo permanente creció positivamente alcanzando su punto máximo en 1995 con 196.500 ocupados. Finalmente, desde 1996 el número de empleados permanentes comenzó a caer y aún no ha mostrado signos de recuperación (en 2001 fue 116.865).

Aunque todas las ciudades analizadas siguen el mismo patrón de comportamiento, los ciclos en el empleo permanente en la industria en Bogotá en los últimos dos períodos han sido más marcados (Gráfico 6).

Gráfico 6
Total ocupados permanentes



Finalmente, en los siguientes gráficos se presenta el stock de capital. Dado que no existe una serie de capital para Bogotá se aplicaron diferentes enfoques metodológicos para su construcción. En primer lugar, se tomó el valor en libros de los

²⁷ Los cálculos econométricos se realizaron utilizando el empleo permanente, serie que se encuentra disponible para el período 1980-2000.

activos fijos desde 1980 hasta 2000²⁸ (K1). Sin embargo, debido a que esta serie presenta un crecimiento elevado del stock de activos fijos en 1992 como consecuencia de los cambios metodológicos en la EAM, se reescaló el capital entre 1980 y 1991²⁹ (K2). Por otra parte, en razón a que uno de los cambios metodológicos fue la inclusión explícita de los ajustes por inflación a partir de 1992, se construyó como tercera *proxy* de capital una serie que extrae este valor de aquel de los activos fijos para el período 1992-2001 (K3)³⁰. Finalmente, se construyó un stock de capital para cada año basado en el capital del año anterior y la inversión neta de ese año (K4)³¹. Dado que en muchos casos se encontraron cifras extremadamente grandes de depreciación reportados por las empresas en la EAM (en especial en los últimos años de la muestra), se calculó también una depreciación del capital basada en una tasa homogénea para todos los años³² y se utilizó la inversión bruta. Esta cuarta medida de construcción del capital real tiene la ventaja de que considera ajustes por inflación de una forma uniforme a lo largo de todos los años, y elimina problemas en las cifras con la valoración de activos (desvalorización, revalorización) reportados por las empresas, así como los cambios metodológicos en estos conceptos en la misma encuesta que inducen a fuertes movimientos de las series. De hecho, la serie construida de capital es mucho más suavizada que la original, aunque conserva las tendencias de las cifras originales de la EAM del DANE.

En el Gráfico 7 se muestran los cuatro cálculos de capital para el total nacional y Bogotá respectivamente K1, K2, K3 y K4³³. En todos los casos, se observan tendencias similares. Durante los ochenta, el acervo de capital creció en forma lenta, y lo hizo de manera mucho más acelerada a partir de 1992. Como se mencionó, el fuerte aumento del stock de capital desde 1992, según la EAM, se explica en parte por cambios metodológicos en la encuesta: el número de firmas creció en ese año y se incluyeron cambios en la valoración de los activos (se hicieron explícitos los ajustes por inflación). Sin embargo, también es claro que efectivamente el stock de capital a principios de los noventa aumentó, lo cual es enteramente consistente con el crecimiento de la producción. Desde 1999 se presenta de nuevo una caída que se ha mantenido hasta 2001, más pronunciada en el caso de la industria bogotana que en el total nacional (Gráfico 8).

²⁸ Como activos fijos se tomó la serie de "Valor en libros de activos fijos" desde 1980 hasta 1991. A partir de 1992 los activos fijos corresponden a la suma de terrenos, edificios y estructuras, equipo de transporte, equipo de oficina y maquinaria y equipo.

²⁹ En esta línea, la variable se construyó tomando los valores para el periodo 1992-2000 a precios constantes de 2000 y para el periodo 1980-1991 se hizo una retrapolación a partir del stock de 1992 y de las tasas de crecimiento de los años 1980-1991

³⁰ Es evidente que la serie de capital debe contener los ajustes por inflación. En este sentido, este procedimiento se realizó únicamente con el fin de hacer comparables las series desde 1980 hasta 1992 y a partir de ese año hasta 2001.

³¹ Se partió del stock de activos fijos de 1980 y de adicionó la inversión neta real entre 1981 y 2000.

³² Se utilizó una tasa de 0,0049, de acuerdo con varios trabajos revisados.

³³ Usando inversión bruta de la EAM y estimando la depreciación para el total Nacional. Para Bogotá, dado que no se contó con información sobre inversión bruta, se utilizó directamente la inversión neta reportada directamente por las empresas.

Gráfico 7
Stock de capital
(miles de millones de pesos – precios constantes de 2000)
Total Nacional **Bogotá**

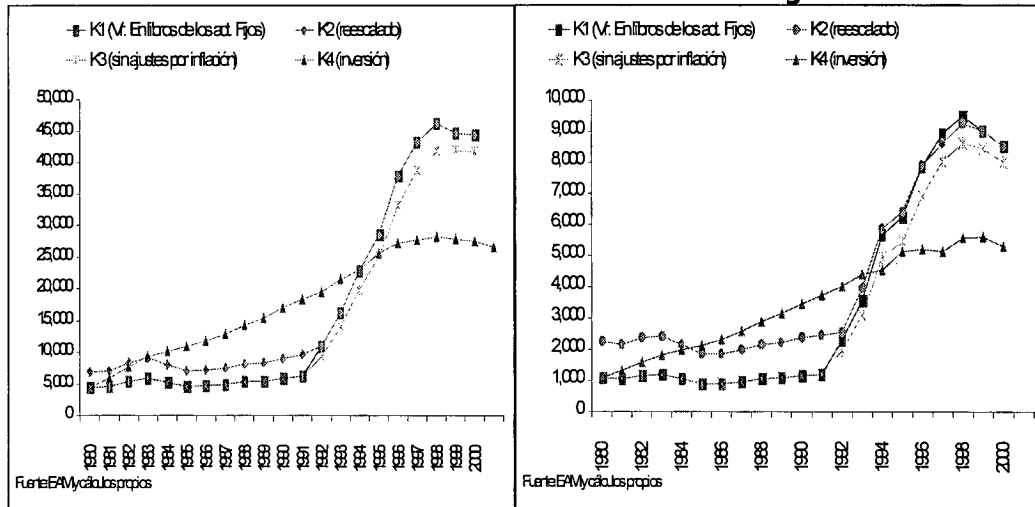
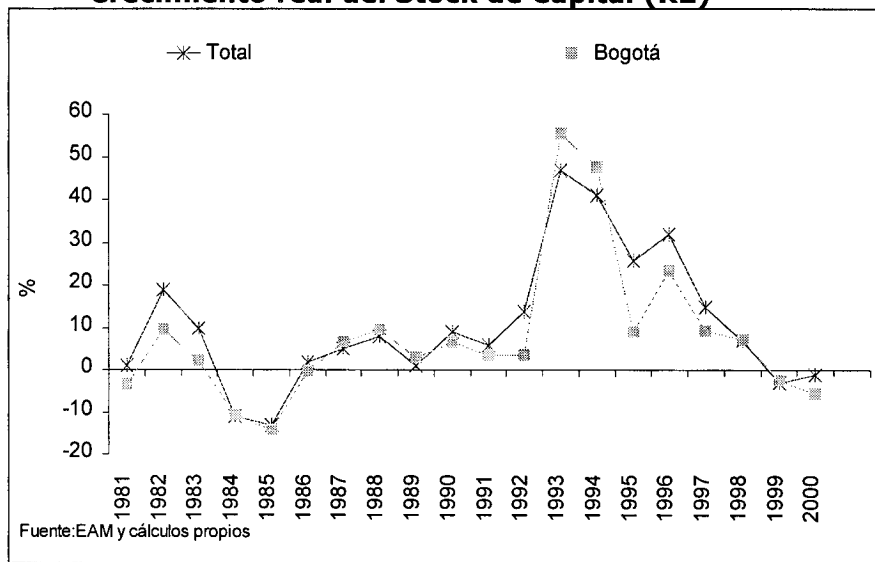
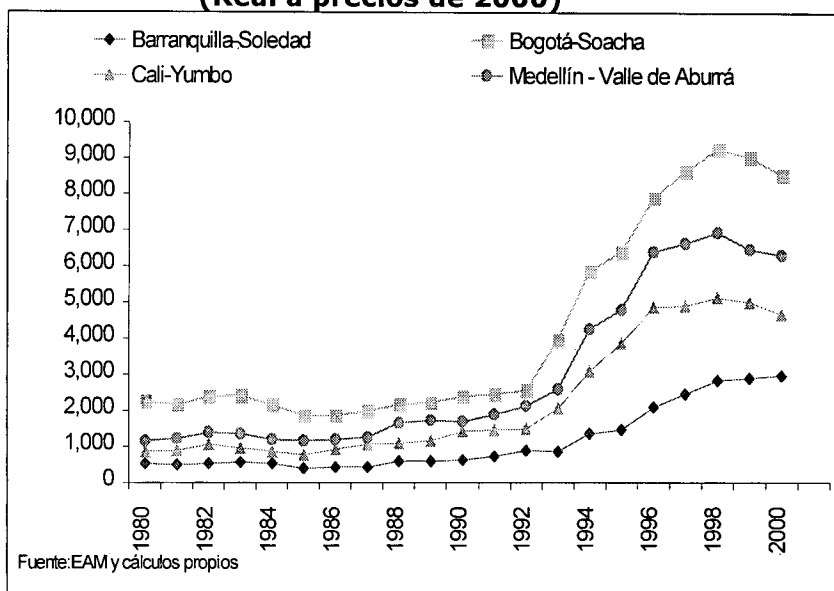


Gráfico 8
Crecimiento real del Stock de Capital (K2)



Comparando el acervo de capital en las diferentes ciudades, se observa que, como era de esperar, el de Bogotá es superior al de las demás ciudades, seguido por Medellín, Cali y Barranquilla. Las tendencias entre las ciudades son similares, pero los ciclos de auge desde 1992 y la posterior caída en 1999 son más pronunciados en el caso de la industria bogotana. Las demás ciudades registran una contracción inferior, con excepción de Barranquilla cuyo stock de capital se mantiene (Gráfico 9).

Gráfico 9
Stock de Capital (K2) por ciudades
(Real a precios de 2000)



C. Indicadores de productividad parcial y multifactorial

En esta sección se presentan los cálculos de algunos indicadores de productividad parcial de los factores, basados en los datos agregados de la EAM. Estos parten de la metodología de Kendrick (1961) y Kendrick y Creamer (1965), donde los índices de la Productividad Total de los Factores se calculan como la relación entre el producto real (valor agregado) y los insumos para el período de base 2000. Las productividades fueron calculadas para cada uno de los insumos o factores de producción³⁴ y para la combinación de ellos³⁵.

$$\text{Productividad Total para un período dado} = \frac{\text{Producción del período a precios base}}{\text{Insumos del período a precios del período base}}$$

$$\text{Productividad parcial de la mano de obra} = \frac{\text{Producción (bruta o neta) a precios del período base}}{\text{Mano de obra a precios del período base}}$$

$$\text{Productividad parcial del capital} = \frac{\text{Producción (bruta o neta) a precios del período base}}{\text{Acervo de capital a precios del período base}}$$

³⁴ Las productividades fueron calculadas hasta el año 2000, debido a que no se obtuvo información por ciudades para algunas variables de insumos (materias primas) y factores de producción (capital).

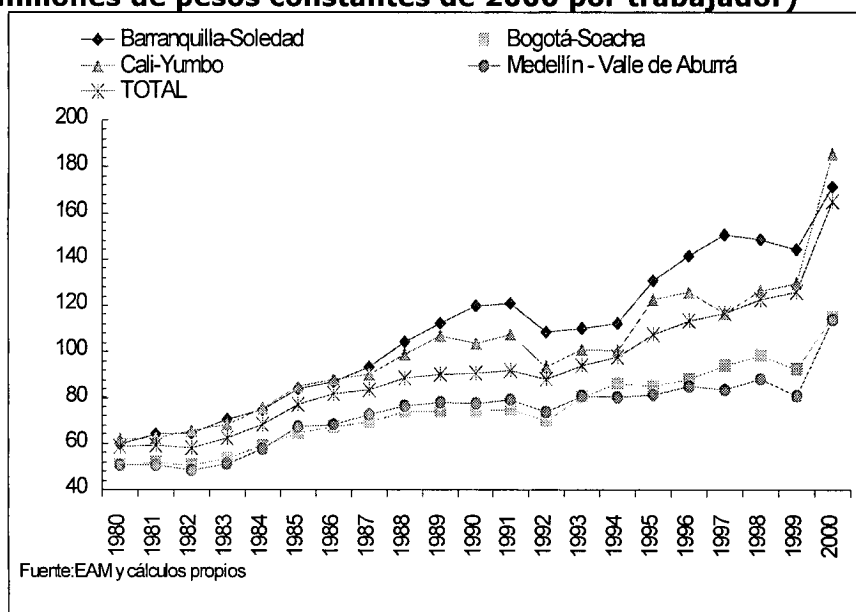
³⁵ Los cálculos se realizaron igualmente en relación con el valor agregado, pero no son reportados debido a que arrojan resultados similares a aquellos que se basan en la producción

$$\text{Productividad parcial de las Materias Primas} = \frac{\text{Producción (bruta o neta) a precios del período base}}{\text{Consumo Intermedio a precios del período base}}$$

Como se observa en el Gráfico 10 la productividad del empleo permanente en la industria muestra una tendencia positiva durante el período de análisis, con excepción de 1992 y 1999 cuando cae levemente. Sobresale la fuerte recuperación en el año 2000. La disminución de la productividad laboral en 1992 puede asociarse a un aumento en la variable de empleo permanente como consecuencia de la ampliación en el tamaño de la muestra y la caída de 1999 puede estar relacionada con la reducción de la producción bruta real.

Para el caso de Bogotá, el producto bruto real por trabajador pasó de niveles de \$51 millones en 1980 a \$115 millones en 2000. Comparando estas cifras con aquellas de las diferentes ciudades y del total nacional, se observa que la productividad laboral bogotana no es la más alta del país; es cercana a aquella de Medellín y superada por ciudades como Cali y Barranquilla e incluso por el total nacional.

Gráfico 10
Productividad Parcial del Empleo Permanente
(millones de pesos constantes de 2000 por trabajador)



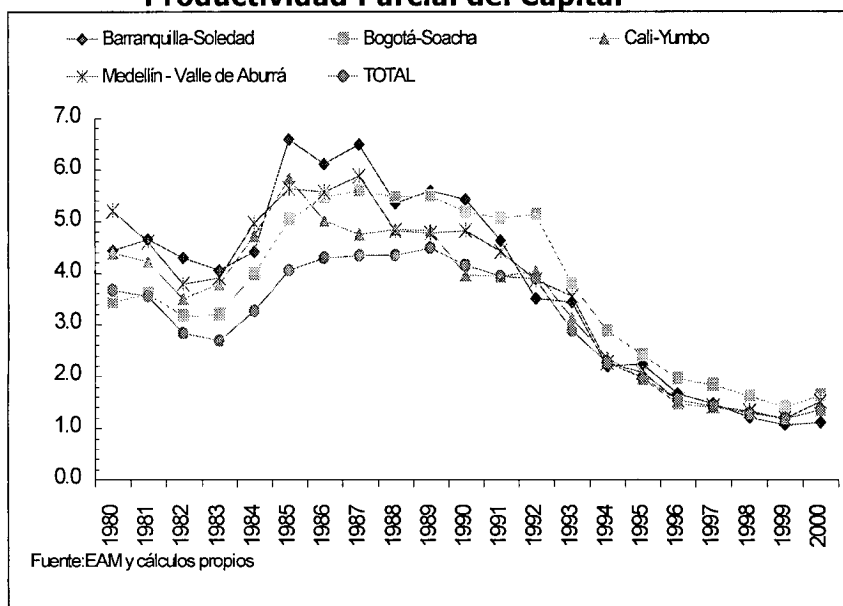
A diferencia de la laboral, la productividad del capital³⁶ muestra una tendencia decreciente a lo largo de las últimas dos décadas, con excepción de principios de los ochenta. Después de unos años de caída, desde 1983 y por cinco años consecutivos la productividad del capital se recuperó, tanto a nivel nacional como en las principales cuatro ciudades del país. En adelante, la tendencia ha sido marcadamente descendente

³⁶ Se utilizó para el cálculo el capital reescalado (K2).

hasta niveles más de tres veces inferiores a los de 1980, con una incipiente recuperación en el año 2000.

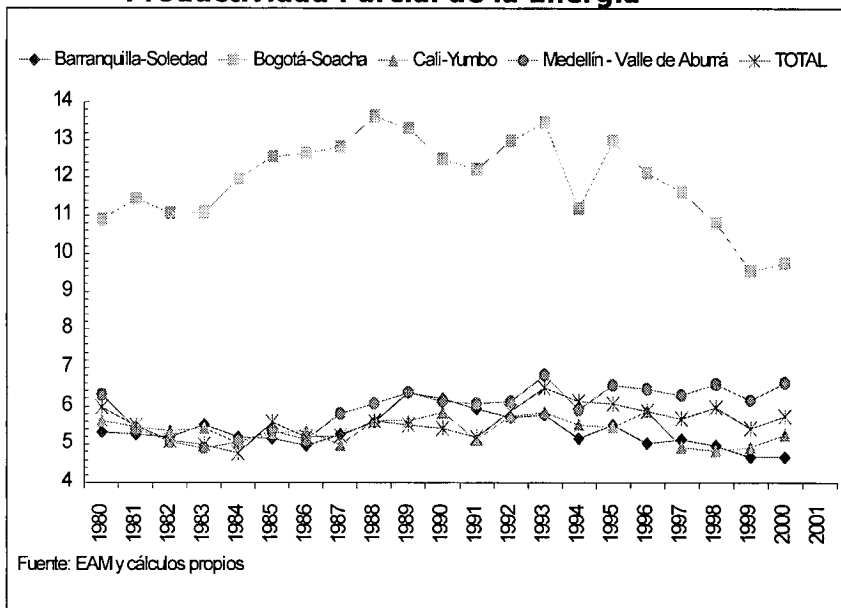
Bogotá se diferencia de otras ciudades en varios aspectos: primero, mientras en la década de los ochenta la productividad del capital estuvo por debajo de este indicador para varias ciudades (Medellín, Barranquilla y Cali), desde finales de la misma superó estos niveles y en los noventa se ha ubicado por encima de las demás ciudades consideradas; segundo, la caída en la productividad del capital en la industria bogotana se inició varios años más tarde en los noventa (1993) en relación con las demás ciudades; tercero, se resalta que a lo largo del período de análisis ha sido más alta que aquella del total nacional. Incluso, la recuperación desde el año 2000 en esta variable es más contundente que las otras regiones consideradas (excepto Medellín) (Gráfico 11).

Gráfico 11
Productividad Parcial del Capital



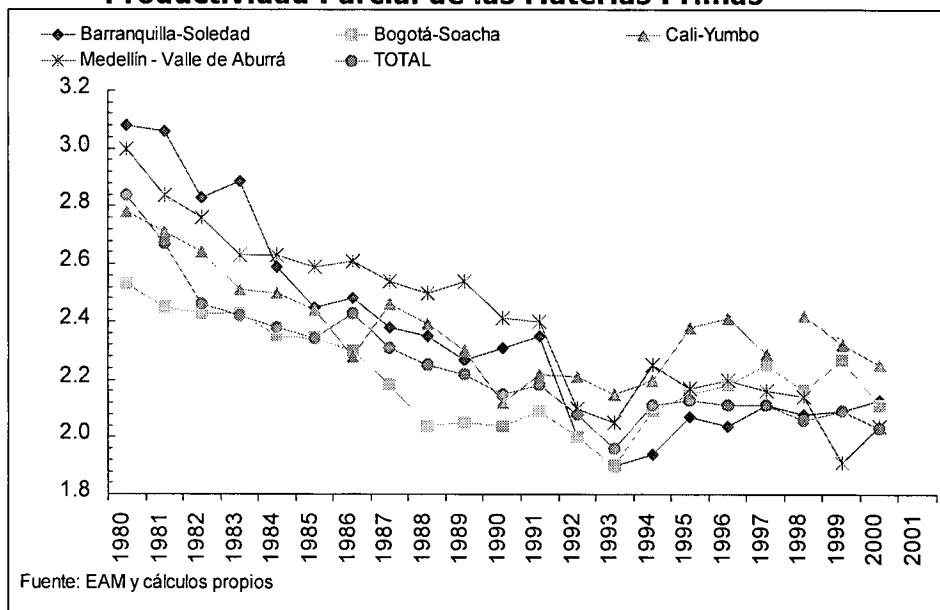
A diferencia de las variables anteriores, la productividad de la energía presenta una tendencia más constante durante el período de análisis. Sin embargo, sobresalen los elevados valores de producto por unidad de energía consumida (KWH) para Bogotá en relación con las demás ciudades y con el total nacional (Gráfico 12). Para esta ciudad, la productividad de la energía entre 1980 y 1992 se mantuvo entre 11 y 13 pesos por kilovatio consumido, aunque posteriormente esta variable sufrió una fuerte caída hasta el año 2000, alcanzando valores inferiores a 10 pesos por kilovatio.

Gráfico 12
Productividad Parcial de la Energía



La productividad parcial de las materias primas entre 1980 y 1993 mostró una tendencia decreciente tanto en el total nacional como en las principales cuadro áreas metropolitanas. En este período Bogotá presentó el nivel de productividad más bajo, en comparación con Medellín, Cali y Barranquilla. A partir de 1994 se registró una recuperación de este indicador en todas las ciudades, pero incluso más pronunciada para el caso de la capital del país, la cual se ubica desde entonces en el segundo lugar en términos de productividad de las materias primas (Gráfico 13).

Gráfico 13
Productividad Parcial de las Materias Primas



D. PTF multifactorial: Residuo de Solow

En esta sección se estima la productividad total de los factores (PTF) para el período 1981-2000, de acuerdo con el Residuo de Solow, cuya metodología se explicó en detalle en la sección A del capítulo II.

Mediante el método de OLS se estimó una transformación logarítmica de la función de producción Cobb-Douglas, donde la variable dependiente es el producto bruto real³⁷ y las variables independientes son el empleo permanente, el consumo intermedio real y el stock de capital real³⁸. Aunque las estimaciones se realizaron utilizando los diferentes acervos de capital calculados (ver sección anterior), los mejores resultados se obtuvieron con la serie de capital original del DANE retrapolado (K2)³⁹. Las estimaciones se realizaron para Bogotá, Cali, Barranquilla y el total nacional⁴⁰.

$$\text{El modelo estimado fue: } \ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln K_t + \beta_2 \ln L_t + \beta_3 \ln CI_t + E_t$$

³⁷ Las estimaciones se realizaron igualmente con la variable dependiente siendo el valor agregado. Los resultados fueron muy similares a los encontrados en el caso del producto, y por lo tanto sólo se reportan estos últimos.

³⁸ También se realizaron estimaciones utilizando la energía eléctrica consumida y el valor de las materias primas pero no resultaron significativos. Los mejores resultados se reportan en esta sección.

³⁹ Se obtuvieron con esta medición del capital, ya que ésta presenta una relación más cercana con el producto dado que son más consistentes pues son extraídos en forma directa de la EAM. El capital construido con base en un stock inicial (1980), la inversión bruta y la tasa de depreciación para cada año, si bien muestra una tendencia más suavizada en el tiempo, sus valores son muy elevados frente a los originales de la EAM, lo cual puede sesgar negativamente la relación con el producto.

⁴⁰ No se presentaron los resultados para Medellín pues el coeficiente del capital no fue significativo

Sujeto a la siguiente restricción: $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$

La PTF se calculó como: $PTF_i = \exp(E_i)$

Los resultados de las regresiones se presentan en los Cuadro 1 y Cuadro 2. Se puede concluir que la industria nacional y regional es intensiva en insumos intermedios, pues estos tienen una alta contribución en el producto (cerca a 70%)⁴¹. Por su parte, el capital contribuye con cerca de 7% y el trabajo con cerca de 20% (excepto en Barranquilla donde la contribución es 15%). Se destaca sin embargo que el capital y el trabajo tienen una mayor contribución en la industria bogotana frente a las demás ciudades y el total nacional, con 10% y 25% respectivamente.

Cuadro 1
Resultados de la estimación de la función Cobb-Douglas logarítmica
Variable dependiente: \ln producción bruta real

Bogotá*			Total Nacional*		
	Coefficiente	t-estadístico		Coefficiente	t-estadístico
Consumo intermedio	0.65	26.16	Consumo intermedio	0.7	16.98
Empleo permanente	0.25	12.95	Empleo permanente	0.23	8.35
Capital	0.1	8.66	Capital	0.07	3.28

Cuadro 2

Cali			Barranquilla		
	Coefficiente	t-estadístico		Coefficiente	t-estadístico
Consumo intermedio	0.72	15.14	Consumo intermedio	0.79	22.5
Empleo permanente	0.22	6.63	Empleo permanente	0.15	6.06
Capital	0.06	2.97	Capital	0.06	3.8

Fuente: EAM y cálculos propios

Los resultados para el total nacional coinciden con los hallados por Meléndez et.al (2003) bajo el método de OLS. Se observa que en los diferentes sectores⁴² la participación del capital oscila entre 4% y 6%, con excepción de algunos sectores donde la contribución supera el 10%. En forma similar, el trabajo contribuye con valores alrededor de 25%, las materias primas con valores entre 55-60% y la energía cerca del 7%. Estas contribuciones no distan mucho de las encontradas por Arbeláez, Echavarría y Gaviria (2002), donde, bajo el mismo método, la contribución promedio en la industria del trabajo es de 30%, de la energía es 11%, de materias primas es 55% y del capital es 8%.

Por su parte, los estudios de la Secretaría de Hacienda hallan una contribución del capital industrial y del empleo en el valor agregado de 27% y 72%, respectivamente. Los resultados de este estudio para el valor agregado arrojan los mismos coeficientes si se utiliza la serie original de capital del DANE (K1), pero difieren

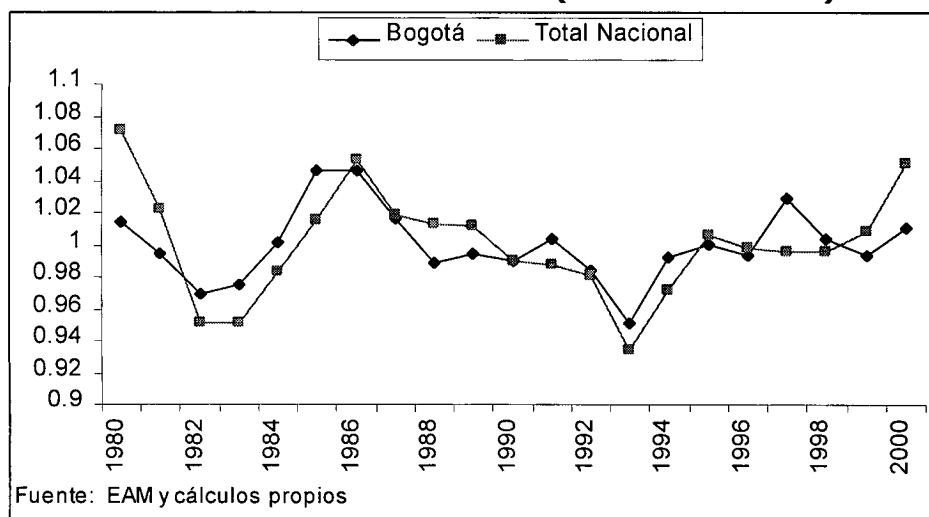
⁴¹ No se obtuvieron resultados satisfactorios al incluir individualmente las materias primas y la energía. Eso explica en parte el elevado valor del consumo intermedio. El trabajo de Meléndez, sin embargo, muestra que las materias primas tienen una alta contribución al producto (cerca a 60%) y la energía cerca de 7%.

⁴² CIIU tres dígitos

si se utiliza la serie de capital reescalada, K2, adquiriendo una mayor importancia el capital (37%) y menor peso el trabajo (63%). Estos últimos resultados parecen más adecuados, dado que la serie de capital original de DANE (K1) presenta problemas en 1992 debido a un cambio metodológico de la EAM.

Con base en el residuo de las estimaciones anteriores se calcula la PTF, cuya evolución se presenta en el Gráfico 14. En términos generales, se observa que la tendencia en el comportamiento de la PTF para la industria bogotana y el total nacional es bastante similar, aunque con algunas diferencias puntuales. Para el caso de Bogotá, entre 1983 y 1986 la productividad multifactorial de la industria creció positivamente y a partir de ahí experimentó una fuerte caída que se prolongó hasta 1993. Posteriormente, se registró una recuperación hasta 1997, cuando decreció de nuevo para luego recuperarse en el año 2000. La caída en el total nacional se inició con anterioridad, en 1995, pero fue menos pronunciada y con una recuperación desde 1999 más marcada. También sobresale el hecho de que mientras en 2000 la PTF para la nación alcanzó valores cercanos a los de mediados de la década de los ochenta, la PTF de Bogotá aún se encuentra 0,05% por debajo de los niveles de 1985.

Gráfico 14
Productividad Total de los Factores (residuo de Solow)



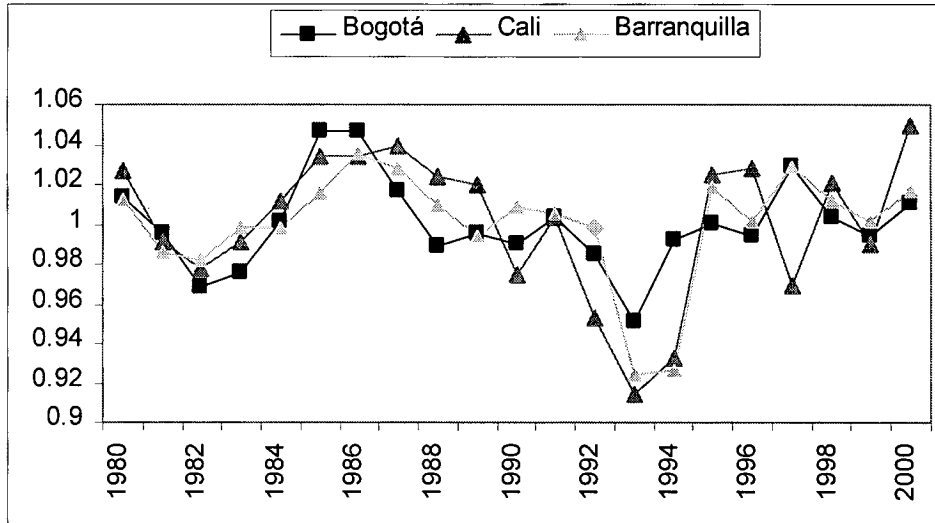
Estos resultados obtenidos para Bogotá son similares a los encontrados en el trabajo de la Secretaria de Hacienda⁴³, mostrando un ciclo de auge hasta finales de los ochenta, una caída posterior hasta 1993 y una recuperación a partir de ese año con excepción de 1998 y 1999.

Comparando los resultados con otras ciudades del país, se encuentra que, a pesar de que las grandes tendencias se mantienen, los ciclos son más pronunciados en Cali y en Barranquilla, en particular la caída de inicios de los noventa. Asimismo, la recuperación en 2000 es más fuerte en estas ciudades frente a Bogotá. Finalmente, sobresale el hecho de que no es clara la prevalencia de la PTF de Bogotá frente a las

⁴³ "Cambio tecnológico, productividad y crecimiento de la industria en Bogotá"

demás ciudades, un aspecto que sólo se registró en años muy puntuales. En los últimos años, la PTF de Barranquilla ha sido ligeramente superior a aquella de Bogotá y la de Cali altamente por encima en 2000 (Gráfico 15).

Gráfico 15
Productividad total de los factores



1. Problemas con los cálculos a partir de OLS

Para detectar si existen problemas de autocorrelación en las estimaciones de la función de producción con OLS se calculó el estadístico Durbin-Watson para el total nacional y Bogotá. En ambos casos existe evidencia de presencia de autocorrelación serial positiva (Cuadro 3)⁴⁴.

Cuadro 3
Estadístico Durbin -Watson

	D-W
Total nacional	0.86
Bogotá	1.01

Como se mencionó en la sección c del capítulo II, el modelo de Solow presenta dos tipos de problemas: uno de endogeneidad entre los factores productivos y la productividad, y otro de simultaneidad entre los insumos.

En el primer caso, por ejemplo, la escogencia de un insumo o factor de producción responde a la productividad y por lo tanto este factor estaría correlacionado positivamente con esta última. En consecuencia, el estimador de la elasticidad del

⁴⁴ Para 21 observaciones y 3 variables independientes excluyendo el intercepto, el límite inferior (dl) correspondiente es (1.03). Entonces, el valor del test cae entre 0 y dicho valor, con lo que se rechaza la hipótesis de no autocorrelación serial. Por ello, se evidencia autocorrelación serial positiva con un nivel de significancia de 5%.

producto al insumo en cuestión estaría sesgado positivamente.

Adicionalmente, dado que los niveles de capital y los demás insumos están altamente correlacionados entre sí y a través de las firmas, en términos econométricos esto significa que un sesgo positivo en un coeficiente puede transmitirse en un sesgo negativo en el otro, surgiendo así problemas de simultaneidad.

Debido a que los costos de ajuste son menores, los insumos que más responden a cambios en la productividad son el trabajo, la energía y las materias primas, y en consecuencia es sobre éstos que se presenta un sesgo positivo. Contrariamente, el capital no está correlacionado (o en una menor proporción) con la productividad, y por lo tanto el sesgo podría ser inferior. Sin embargo, dado el problema de simultaneidad, y como los demás insumos están sobrestimados, el estimador OLS del capital estaría sesgado negativamente.

E. Estimación de la productividad con el método semi-paramétrico

Para corregir estos problemas se aplicó la metodología de estimación semiparamétrica basada en los trabajos de Olley y Pakes (1995) y Levinsohn y Petrin (1999). Se estimó la siguiente función de producción de producción para cada firma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 lun_i + \beta_2 lsk + \beta_3 econs + \beta_4 mp + \beta_5 kaf + v_i \quad (21)$$

Donde y_i representa el producto, lun_i el trabajo no calificado, lsk_i el trabajo calificado, $econs_i$ la energía consumida, mp_i el valor real consumido en materias primas, Kaf_i el stock de capital en activos fijos y u_t el término de error.

Se asume que el término de error u_t se descompone en la productividad no observada o componente de la productividad transmitida a los factores y un error con media cero y que no está correlacionado con la escogencia de los insumos, (representa los choques no esperados en productividad).

$$u_i = \omega_i \quad (22)$$

Dado que no se tienen elementos directos para estimar la productividad no observada, pero sí se sabe que ésta se encuentra correlacionada con algunos insumos, los autores utilizan como proxy de la productividad la demanda de aquellos insumos intermedios que se ajustan fácilmente ante choques en la productividad⁴⁵. Así, se supone que la demanda por estos insumos depende positivamente de las variables de estado de la firma como la productividad y el capital kaf_t .

$$proxy_i = p(\omega_i, kaf_i) \quad (23)$$

Si la demanda por insumos intermedios es una función monótona y

⁴⁵ Olley y Pakes (1996) utilizan como proxy de productividad la función de inversión de la firma la cual depende del capital y la productividad. No obstante, Levinsohn y Petrin encuentran algunos problemas en el uso de la inversión como proxy. En primer lugar la inversión es una variables muy desigual (lumpy) debido a que incorpora costos de ajuste sustanciales y en consecuencia no responde "suavemente" a los choques en productividad (como sí lo hacen los insumos intermedios). En segundo lugar, y en parte como resultado de los costos de ajuste, existen firmas cuya inversión ha sido nula en algún momento del tiempo y la inversión como proxy es sólo válida para aquellas firmas que reportan inversión diferente de cero.

estrictamente creciente en ω_i , es posible invertir la ecuación 20 y expresar la productividad en términos de las variables de control de la firma $proxy_t$ y kaf_t . Levinsohn y Petrin encuentran que para el caso chileno las mejores *proxies* son energía y materias primas, dado que cumplen con el supuesto de que la productividad es monótona creciente en cada una de ellas.

$$\omega_i = \omega_i(kaf_i, proxy) \quad (24)$$

Adicionalmente, como existen relaciones positivas entre algunos insumos la productividad no observada, es de esperarse que los coeficientes estimados por los métodos convencionales se encuentren sobreestimados. Así una manera intuitiva de entender lo que realiza el modelo de L&P es que éste elimina ese sesgo positivo en los coeficientes y lo incorpora en la productividad estimada.

Con base en lo anterior, la función de producción estaría ahora dada por:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 lun_i + \beta_2 lsk + \beta_3 econs + \beta_4 mp + \beta_5 kaf + \omega_i(kaf_i, proxy) + \varepsilon_i \quad (25)$$

En la medida en que no se conoce la forma funcional de ω_i , los coeficientes de la función de producción no pueden estimarse por el método de OLS y la estimación se hace en dos etapas a partir de un panel de firmas (ver Anexo 1). Como resultado, de este procedimiento econométrico se obtienen estimadores consistentes que permiten aproximar la productividad total de los factores de cada firma de la siguiente forma:

$$PT\hat{F}_{ii} = \exp(y_{ii} - \hat{\beta}_1 lun_{ii} - \hat{\beta}_2 lsk_{ii} - \hat{\beta}_3 econs_{ii} - \hat{\beta}_4 mp_{ii} - \hat{\beta}_5 kaf_{ii}) \quad (26)$$

La productividad total de la industria manufacturera se construyó a través del cálculo de la mediana simple y ponderada usando la participación de la mediana de la producción sobre el total de la producción por año como ponderador.

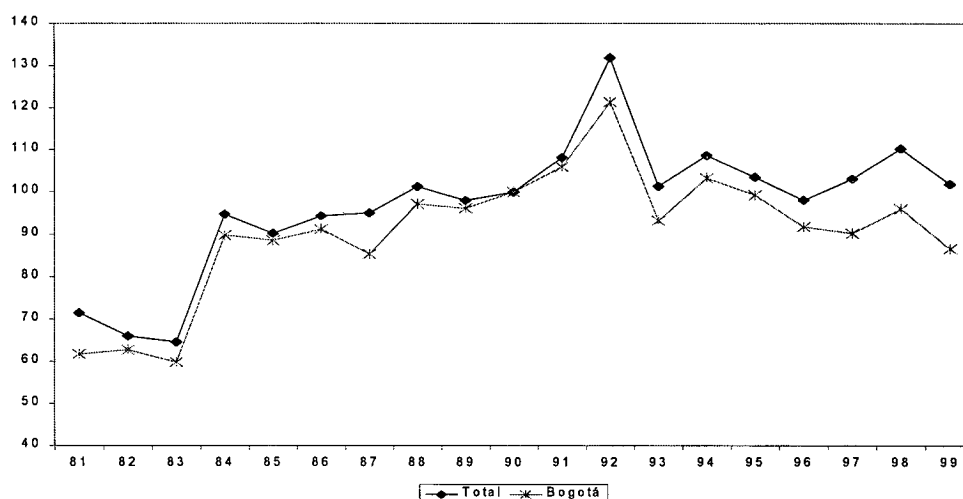
1. Descripción de las series utilizadas

A continuación se presentan las medianas de las series utilizadas en las estimaciones. Se utilizó esta medida estadística pues se quiere ilustrar el comportamiento de la variable en cuestión de una firma promedio, más que el promedio de las unidades incluidas en la muestra⁴⁶.

El producto fue calculado a partir de la producción bruta deflactada por el índice de precios para el correspondiente CIIU a 2 dígitos. El Gráfico 16 muestra la mediana para el panel de firmas utilizado en la estimación, donde se observa una tendencia creciente en la producción real de la firma promedio hasta 1992 con una posterior caída hasta 1999 cuando vuelve a descender levemente. Adicionalmente, la dinámica de la mediana de la producción para Bogotá no difiere sustancialmente de la del total nacional, salvo que presenta valores sistemáticamente inferiores.

⁴⁶ Para esta descripción se utilizó la mediana de cada una de las variables ya que este estadístico captura una mayor información sobre la distribución y está menos sesgado por la dispersión y outliers de la data comparado por ejemplo con el promedio.

Gráfico 16
Mediana – Producción bruta real
Índice 1990=100



Para los cálculos de empleo sólo se utilizó el personal ocupado permanente, dado que no se cuenta con estadísticas de empleo temporal entre 1981 y 1991⁴⁷. Se calculó el trabajo no calificado⁴⁸ y el trabajo calificado⁴⁹. Con el fin de obtener una *proxy* de capital humano, el empleo calificado se ponderó por la relación entre el salario unitario de cada categoría y el correspondiente a los obreros⁵⁰.

El Gráfico 17 muestra la trayectoria de estas variables para el total nacional y Bogotá. El trabajo no calificado muestra una tendencia decreciente a lo largo del periodo de análisis, mientras que el empleo calificado presenta una tendencia positiva hasta 1994 con crecimientos importantes a inicios de los noventa y una fuerte caída en los años siguientes, la cual puede estar inducida por los cambios metodológicos en las series.

⁴⁷ A través del tiempo las categorías ocupacionales reportadas por el Dane han sufrido algunos cambios. Entre 1974 y 1991 el personal permanente ocupado se subdivide en obreros y operarios, aprendices, técnicos nacionales y extranjeros, directivos y empleados. Entre 1992 y 1994, el Dane reporta estadísticas de obreros y empleados (que denomina personal de la producción) y de personal de administración y ventas (que corresponde a las anteriores categorías de directivos y empleados). A partir de 1995, el empleo permanente sólo se subdivide en personal de la producción (que corresponde a los anteriores grupos de obreros, aprendices y técnicos) y personal de administración y ventas.

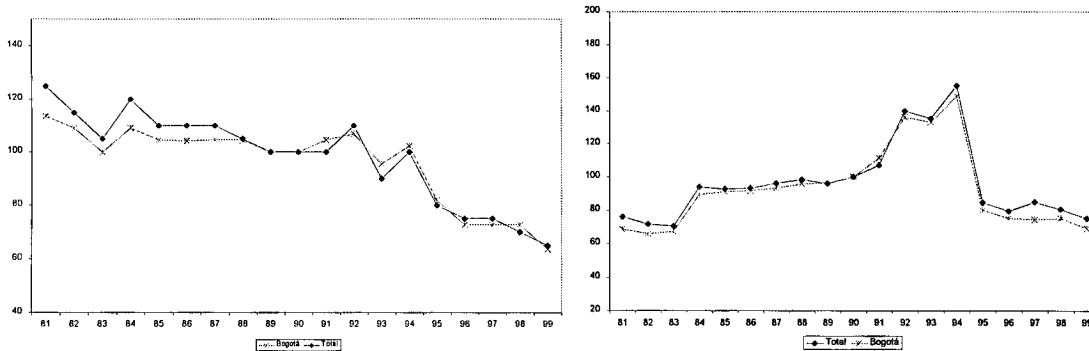
⁴⁸ Corresponde a la suma de obreros y aprendices entre 1974 y 1991, a la categoría de obreros entre 1992 y 1994 y al personal de la producción a partir de 1995.

⁴⁹ El trabajo calificado se obtuvo como la suma de técnicos, directivos y empleados entre 1974 y 1991, de empleados y personal de administración y ventas entre 1992 y 1994 y a partir de 1995 como la serie de personal de administración y ventas.

⁵⁰ Los resultados planteados se refieren al número de empleados no calificados que corresponden a un empleado calificado. Y en términos generales el modelo que se calculó para cada categoría de trabajo

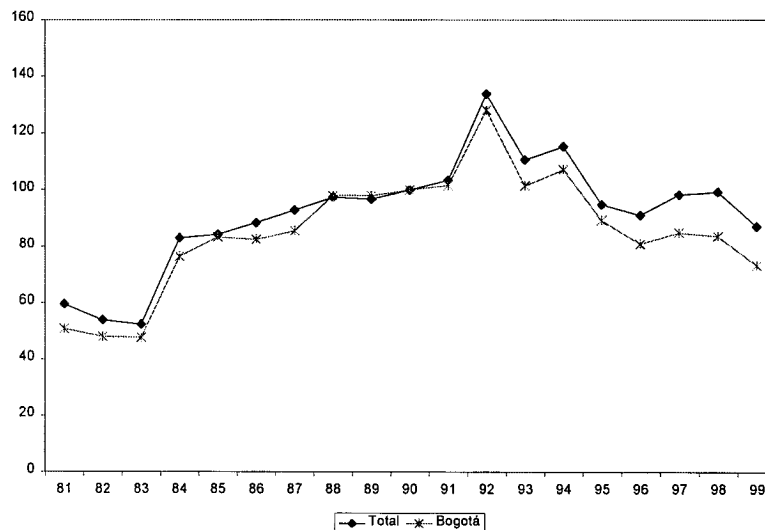
calificado fue:
$$\left(\frac{\#trabajadoresCalif.}{\frac{Salariotrab.Calif}{Salariotrab.Nocalif.}} \right) = Ls$$
 . Basados en Mulligan y Sala

Gráfico 17
Mediana - Trabajo no calificado (izq) y calificado (der)
Índice 1990=100



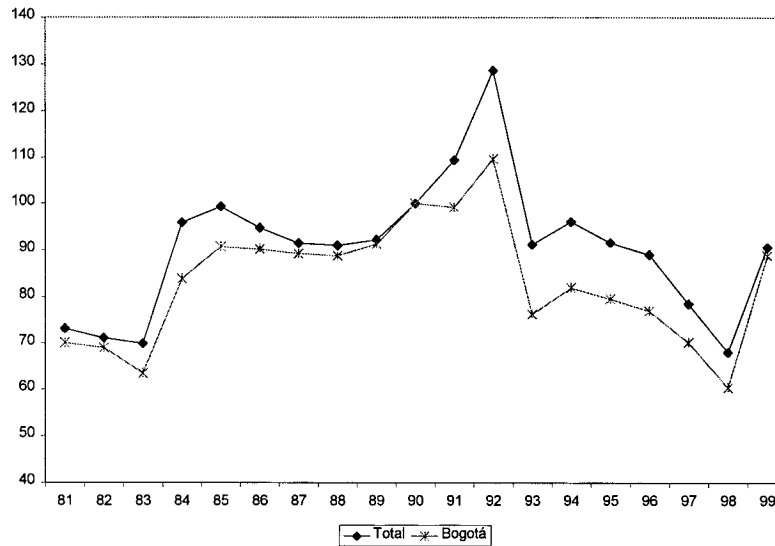
Las materias primas corresponden al valor de éstas consumidas durante el proceso de producción por cada una de las firmas, deflactas por el índice de precios del productor. La trayectoria del valor de las materias primas para la firma promedio, tanto a nivel nacional como para Bogotá, es bastante similar a la de la producción real, con una tendencia positiva hasta 1992 y un descenso en los años posteriores (Gráfico 18).

Gráfico 18
Mediana- Valor de las materias primas
Índice 1990=100



La energía eléctrica corresponde a la cantidad consumida en kilovatios. En el Gráfico 19 se observa que, durante los años ochenta, la cantidad de energía consumida por la firma promedio mostró una trayectoria positiva con un crecimiento marcado a inicios de los noventa. Posteriormente, el consumo de energía cayó fuertemente entre 1993 y 1998 recuperándose en 1999. Adicionalmente, no existe ninguna diferencia entre los ciclos de la energía para Bogotá comparado con el total nacional, aunque niveles ligeramente superiores en este último.

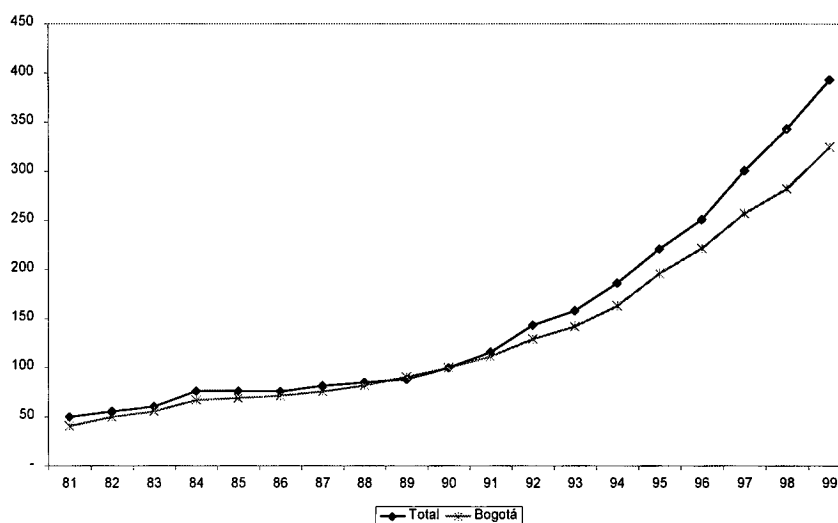
Gráfico 19
Mediana- Energía eléctrica consumida (KWH)



Por último, el acervo de capital se construyó a partir de las compras de bienes de capital que reporta el DANE. Con éstas se calculó la inversión anual neta, con tasas de depreciación fijadas exógenamente⁵¹ y se deflactó por índices de precios para categorías cercanas a las de la inversión. Finalmente, se reconstruyó la serie del stock de capital para cada firma con base en el stock inicial y en la inversión real anual. El stock inicial se calculó para cada firma en el año de creación correspondiente. Para ello se utilizó el método de Harberger, el cual básicamente calcula el stock inicial como la relación entre la inversión bruta y la suma del crecimiento de la producción y la depreciación para cada tipo de activo (Ver Sección C del Anexo Metodológico). En el Gráfico 20 se observa una tendencia creciente en la mediana del stock de capital tanto para el total nacional como para Bogotá, similar a la construida con datos agregados descrita en la sección B de este capítulo.

⁵¹ 5% anual para edificios y equipos; 10% para maquinaria y equipo, 20% para equipo de transporte, y 10% para equipos de oficina.

Gráfico 20
Mediana- Stock de capital
Índice 1990=100



2. Algunos aspectos metodológicos

Las estimaciones se realizaron sobre un panel desbalanceado con un promedio de 7800 firmas y 550000 observaciones entre 1981 y 1999. Se estimó la función de producción con tres metodologías: OLS, efectos fijos y Levinsohn y Petrin utilizando como *proxies* materias primas y energía⁵². Como se mencionó, el modelo de estimación semi-paramétrico parte del supuesto que la demanda por el insumo utilizado como proxy es una función monótona creciente en la productividad. Por lo tanto, una vez realizada la estimación de la PTF para cada una de las proxies se procedió a comprobar la relación positiva y creciente entre la productividad y la proxy. Para que el modelo aplique, se debe probar que, para un nivel dado de capital, si hay un choque positivo en la productividad aumenta el uso del insumo proxy. Los resultados confirman que las materias primas cumplen con este criterio, pues se evidencia una relación positiva con la PTF, mientras que para el caso de la energía se observa que esta relación es negativa (Gráfico 22). Por ello, la proxy utilizada para calcular la productividad bajo L&P fue la demanda de las materias primas.

⁵² El programa utilizado fue Stata 8, en parte porque es el único que incluye el método de estimación en varias etapas diseñado por Levinsohn y Petrin. La sintaxis de los modelos estimados para el Total nacional y Bogotá se especifica en el Anexo Metodológico.

Gráfico 21
Relación entre la PTF y las materias primas

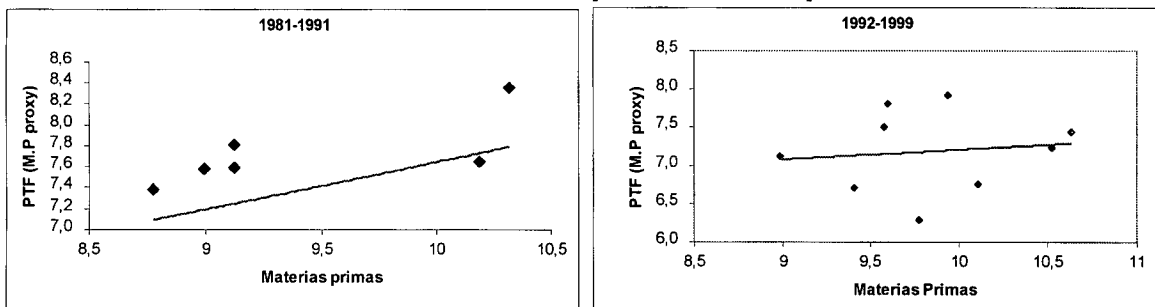
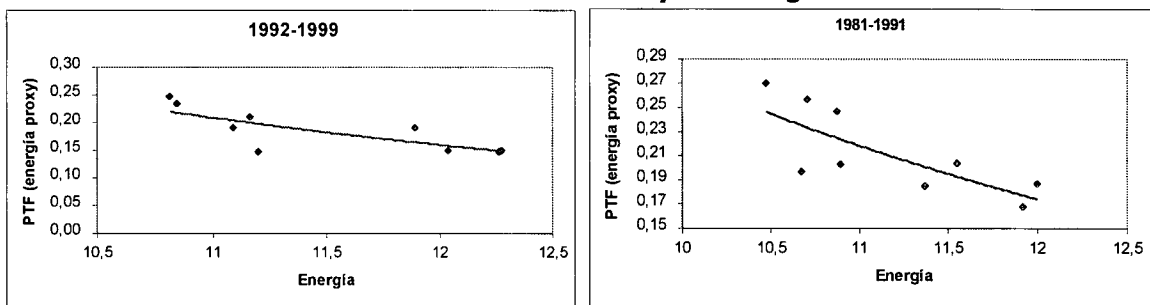


Gráfico 22
Relación entre la PTF y la energía



Adicionalmente, con el fin de eliminar el ruido de la muestra y de evitar sesgos en los resultados, se eliminaron los valores extremos (*outliers*) correspondientes a aquellas observaciones por debajo del percentil 5 y por encima del percentil 95.

El método de estimación se presenta en el Anexo Metodológico. Las estimaciones se hacen con base en el método de mínimos cuadrados para hallar los estimadores de la primera etapa, y con el método generalizado de momentos (GMM) en la segunda etapa. El programa utilizado fue Stata 8, pues éste incluye el método de estimación en varias etapas diseñado por Levinsohn y Petrin para la estimación de funciones de producción y el cálculo de la PTF. La sintaxis de los modelos estimados para el Total nacional y Bogotá se especifica en el Anexo Metodológico.

A continuación se presentan los resultados de las estimaciones de la función para el total nacional y Bogotá, al igual que los cálculos de la productividad total de los factores.

3. Resultados de las Estimaciones

a) Total Nacional

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de estimaciones de la función de producción para el total nacional usando la metodología de L&P, OLS y FE (efectos fijos). Se descontaron los efectos sectoriales y geográficos utilizando dummies para los 9 sectores CIIU rev 2 y las 9 áreas metropolitanas (la X indica los efectos descontados en la regresión). En general, los insumos que presentan la mayor participación son las materias primas, seguidos por el trabajo no calificado, el empleo calificado el capital y

la energía. Los resultados señalan que, tal y como se esperaba, los coeficientes de los insumos de materias primas, energía y trabajo no calificado están sobreestimados bajo OLS y Efectos Fijos, dado que incorporan una relación con la productividad no observada y por lo tanto su magnitud es más pequeña cuando se estiman por L&P. Sin embargo, lo anterior no aplica para el empleo calificado donde el coeficiente estimado por L&P es mayor. Con respecto al capital, dado el problema de simultaneidad, su coeficiente está subestimado por OLS y EF y en consecuencia su magnitud es bastante superior cuando se estima bajo L&P. En efecto, la participación del capital aumenta de 9% a 18%.

Adicionalmente, las estimaciones usando la metodología de L&P reportan un Test de Wald sobre la presencia de rendimientos constantes a escala. En ambos casos, no se rechaza la hipótesis sobre rendimientos constantes.

Finalmente, vale resaltar que se controló por las características regionales con el fin de determinar si existen diferencias productivas en las nueve áreas metropolitanas. Las dummies se construyeron todas relativas a Bogotá, y se encontró que éstas fueron significativas y positivas para el caso de Cali, Bucaramanga y el resto del país⁵³, sugiriendo que, dado el mismo nivel de insumos, la producción es superior a aquella de la capital.

⁵³ Se estimaron adicionalmente, las funciones de producción para Cali y Medellín pero no resultaron significativos el consumo de materias primas y el stock de capital en el primer y segundo caso respectivamente.

Cuadro 4
Estimaciones de la función de producción – Total Nacional

Variable dependiente: y_t					
	L-P		OLS		FE
	(1)	(2)	(1)	(2)	
lsk _t	0,131 (0,000)***	0,133 (0,000)***	0,088 (0,000)***	0,088 (0,000)***	0,072 (0,000)***
lun _t	0,141 (0,000)***	0,142 (0,000)***	0,158 (0,000)***	0,158 (0,000)***	0,155 (0,000)***
econs _t	0,056 (0,000)***	0,055 (0,000)***	0,087 (0,000)***	0,087 (0,000)***	0,086 (0,000)***
mpr _t	0,539 (0,000)***	0,541 (0,000)***	0,590 (0,000)***	0,590 (0,000)***	0,575 (0,000)***
kafd _t	0,184 (0,005)***	0,182 (0,000)***	0,088 (0,000)***	0,088 (0,000)***	0,089 (0,000)***
d_ciiur2	X	X	X	X	
d_am		X		X	
# de obs.	54930	54532	54930	54532	54930
# de firmas	5381	5393	5381	5393	5381
Test de wald retornos ctes a escala	5,72	0,12			

P-Values entre parentesis ***significativo al 1%; **significativo al 5%; significativo al 10%

Fuente: Dane, Cálculos propios

b) Bogotá

Para analizar si existen diferencias importantes en el uso de insumos y factores entre el total nacional y Bogotá se incluyeron dummies para la capital y cruzadas para cada una de las variables independientes (Cuadro 5).

Los resultados indican que Bogotá presenta algunas características particulares comparada con el total nacional. En primer lugar la dummy de Bogotá resulta positiva y significativa, lo que sugiere que para un mismo nivel de insumos y factores, la producción de Bogotá es superior a la del total nacional, es decir es más eficiente en el uso de los mismos. También se encuentra que la industria manufacturera bogotana es

más intensiva en mano de obra calificada y menos en no calificada, (las dummies cruzadas son significativas y positiva en el primer caso y negativa en el segundo), lo que sugiere algún tipo de sustitución entre estos dos factores productivos. En efecto, Bogotá adiciona 0,025 al coeficientes de *lsk*, el cual pasa de 0.12 a 0,14. En el caso del trabajo no calificado (*lun*) el coeficiente se reduce de 0.14 a 0.12. Con respecto a los demás insumos y factores parece no evidenciarse ninguna diferencia significativa respecto a la industria total colombiana.

Cuadro 5
Importancia de Bogotá en la función de producción nacional

Variable dependiente: y_t	
	L-P
<i>d_bog</i>	0,153 (0,001)***
<i>lsk_t</i>	0,123 (0,000)***
<i>lsk_tx<i>d_bog</i></i>	0,025 (0,007)***
<i>lun_t</i>	0,149 (0,000)***
<i>lun_tx<i>d_bog</i></i>	-0,024 (0,002)***
<i>econs_t</i>	0,056 (0,000)***
<i>econs_tx<i>d_bog</i></i>	-0,004 (0,42)
<i>mpr_t</i>	0,538 (0,000)***
<i>mpr_tx<i>d_bog</i></i>	-0,009 (0,149)
<i>kafd_t</i>	0,193 (0,003)***
<i>kafd_tx<i>d_bog</i></i>	-0,002 (0,729)
<i>d_ciiur2</i>	X
# de obs	54930
# de firmas	5381
Test de wald retornos ctes a escala	0,738
P-values entre paréntesis ***significativo al 1% ; **significativo al 5% ; *significativo al 10%	

Dado que se encontró que Bogotá tiene un comportamiento diferente al total nacional, se estimó directamente la función producción para Bogotá. Al igual que para el total nacional, los resultados evidencian que los coeficientes de los insumos de materias primas, energía y trabajo (excepto el calificado) presentan un sesgo positivo cuando son estimados por OLS y EF. Por el contrario, como el capital puede estar débilmente o no correlacionado con la productividad, su coeficiente muestra un sesgo

negativo bajo OLS y FE que es corregido por L&P donde el coeficiente estimado es superior (Cuadro 6). Comparando los resultados con el total nacional, se aprecia que la industria bogotana presenta una mayor participación de las materias primas y el trabajo calificado, y es menos intensiva en capital y mano de obra no calificada.

Cuadro 6
Estimaciones de la función de producción – Bogotá

Variable dependiente: y_t			
	L-P	OLS	FE
lsk_t	0,144 (0,000)***	0,093 (0,000)***	0,144 (0,000)***
lun_t	0,131 (0,000)***	0,145 (0,000)***	0,131 (0,000)***
$econs_t$	0,050 (0,000)***	0,095 (0,000)***	0,050 (0,000)***
mpr_t	0,575 (0,000)***	0,584 (0,000)***	0,575 (0,000)***
$kafd_t$	0,159 (0,021)**	0,091 (0,000)***	0,159 (0,000)***
d_ciur2	X		
# de obs.	19757	19757	19757
# de firmas	1771	1771	1771
Test de wald retornos ctes a escala	2,79		
P-Values entre paréntesis ***significativo al 1%; **significativo al 5%; *Significativo al 10%			
Fuente: Dane, Cálculos propios			

c) Cálculos de la PTF

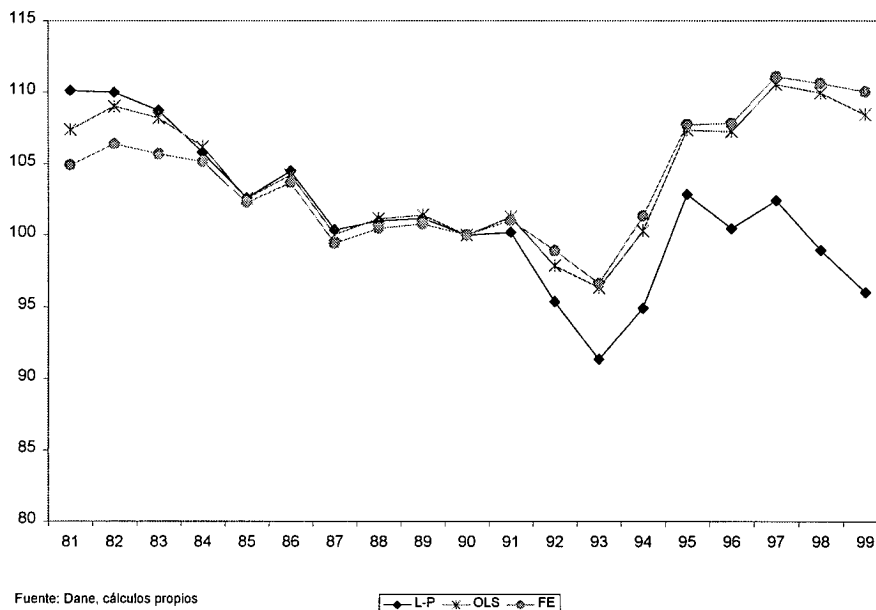
A continuación se presentan los cálculos de la productividad total de los factores derivados de las estimaciones realizadas anteriormente.

La productividad multifactorial, tanto del total nacional como de Bogotá, presentó una fuerte tendencia decreciente hasta inicios de los noventa, cuando las reformas estructurales implantadas en esa época revierten este comportamiento. Así,

la PTF comienza a crecer, alcanzando niveles similares a aquellos de mediados de los ochenta. Sin embargo, en 1998 y en 1999, años de fuerte recesión de la economía, la PTF vuelve a caer (Gráfico 23).

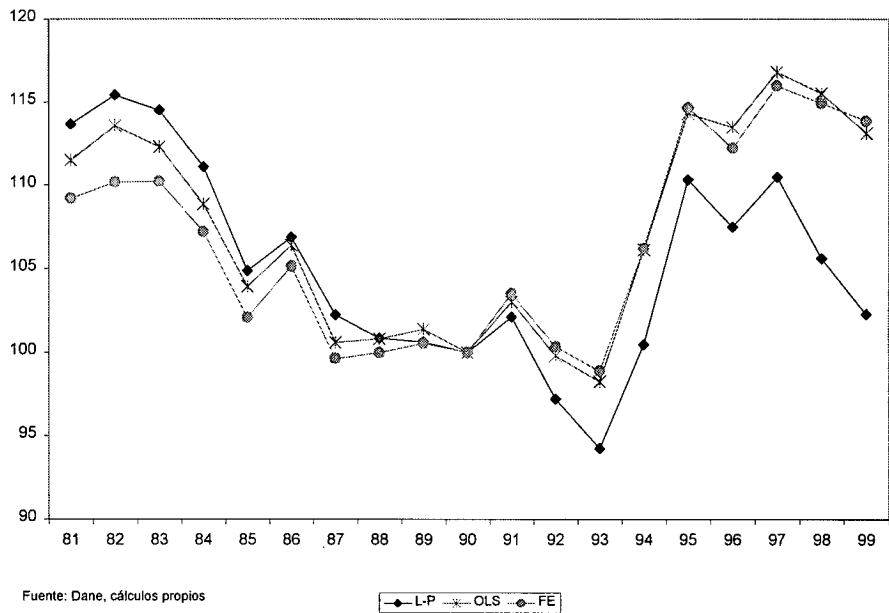
Los resultados evidencian algunas diferencias entre los métodos de estimación. Durante los ochenta, la productividad multifactorial calculada por el método semi-paramétrico se ubicó ligeramente por encima de la de OLS y efectos fijos, pero esta tendencia se revirtió a partir de mediados de los noventa cuando la PTF estimada por OLS y EF se ubicó en niveles superiores.

Gráfico 23
PTF (Mediana)-Total Nacional
Índice 1990=100



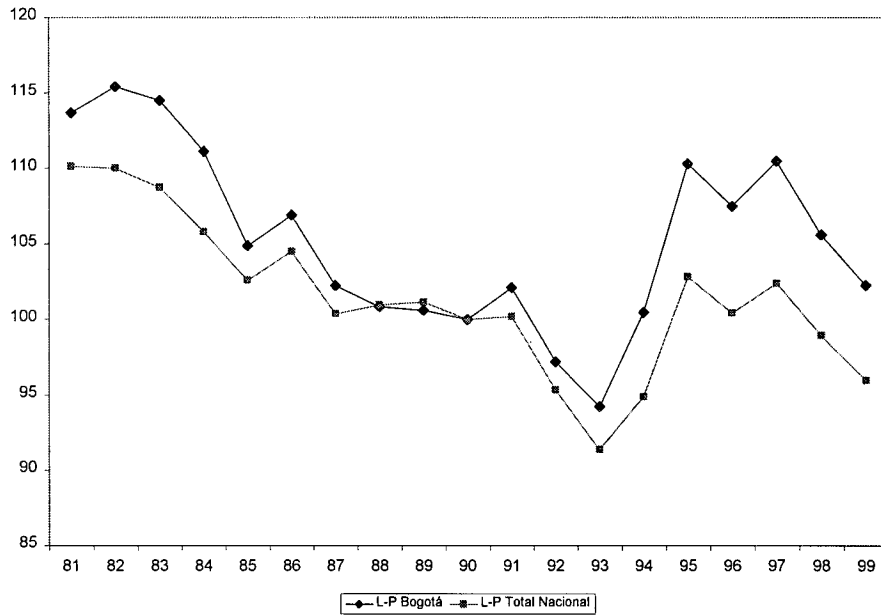
En el caso de Bogotá, se observa la misma tendencia decreciente de la PTF hasta 1993, un fuerte crecimiento hasta 1997 y una caída a partir de 1998. Las trayectorias de esta variable bajo OLS y L&P son muy similares hasta 1991, pero a partir de ahí se distancian, con una superioridad de la OLS e incluso de EF sobre L&P (Gráfico 24).

Gráfico 24
PTF (Mediana)-Bogotá
Índice 1990=100



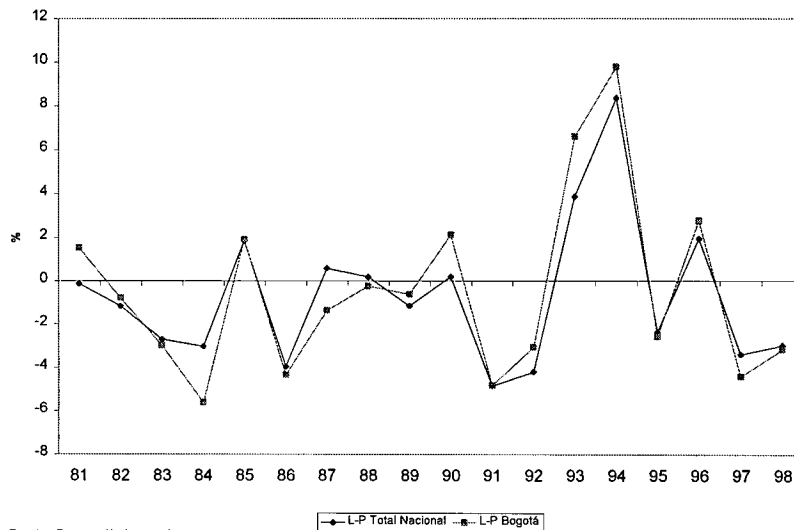
Comparando con el total nacional bajo el método de L&P y en forma consistente con los hallazgos en la estimación de la función de producción, sobresale el hecho de que la TPF de Bogotá ha estado sistemáticamente por encima de aquella del total nacional, con excepción de algunos años puntuales. La diferencia empezó a hacerse evidente en 1991, y ha sido aún más marcada desde 1995. Otro hallazgo importante es que mientras la PTF nacional en los noventa es aún muy inferior a aquella de los ochenta, en Bogotá los niveles de la PTF en la década pasada, aunque inferiores, son más similares a aquellos de los ochenta (Gráfico 25).

Gráfico 25
PTF (Mediana)-Bogotá y Total Nacional
Índice 1990=100



En términos de las tasas de crecimiento, se observan caídas de la PTF a lo largo de los ochenta, tasas positivas y elevadas desde 1993 y de nuevo una contracción en 1998 que se mantuvo en 1999. En general, las tasas de crecimiento han sido ligeramente superiores en el caso de Bogotá frente al total nacional, aunque la contracción en 1998 y 1999 es ligeramente superior en la capital (Gráfico 26).

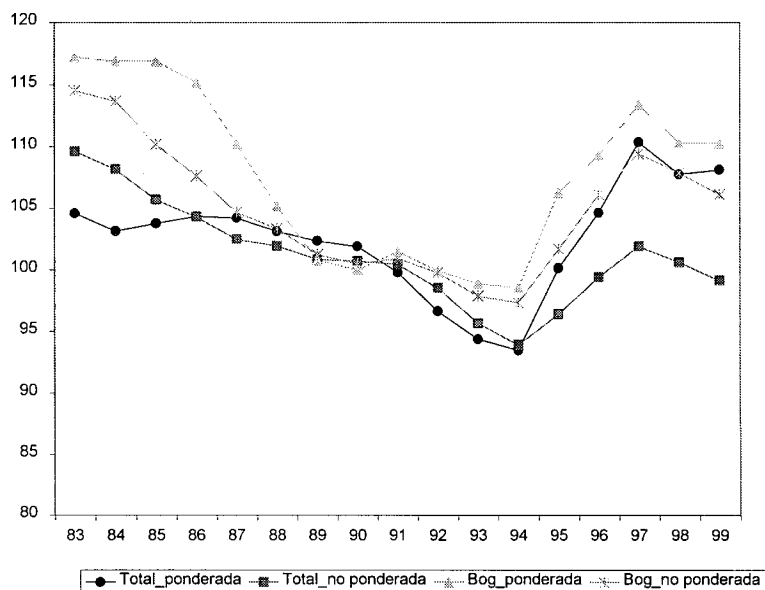
Gráfico 26
Crecimiento anual de la PTF-Bogotá y Total Nacional



Fuente: Dane y cálculos propios

Por último, se calculó además de la mediana simple de la PTF la mediana ponderada para los resultados bajo la metodología de L&P. Se ponderó la mediana de la productividad por la participación de la mediana del producto sobre la producción total. El Gráfico 27 muestra el comportamiento de estas dos variables para el total nacional y Bogotá. En el primer caso, la PTF ponderada se ubica en algunos periodos por encima de la no ponderada en especial para el periodo post-apertura cuando el cambio de pendiente de la PTF ponderada es más fuerte lo que indica que las reformas introducidas a inicios de los noventa produjeron cambios importantes que implicaron la reasignación de recursos hacia las firmas más productivas. Para el caso de Bogotá, la productividad ponderada se ubica siempre por encima de la no ponderada pero el cambio en la pendiente después de los noventa no es más pronunciado para la primera.

Gráfico 27
PTF-mediana simple y ponderada (promedio móvil)

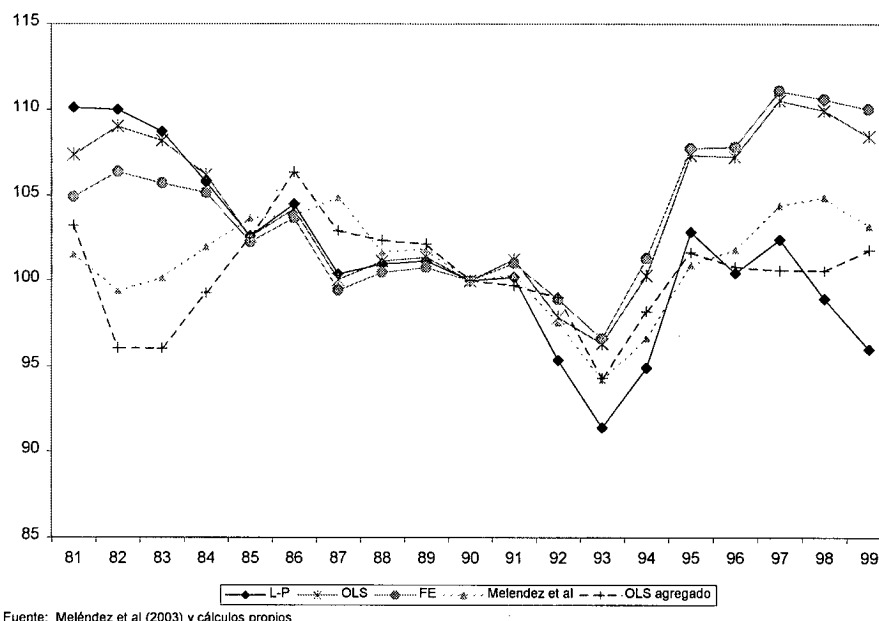


4. Comparaciones con otros resultados

El Gráfico 28 presenta una comparación entre los resultados de Meléndez et.al (2003) a nivel de firma para la industria manufacturera y aquellos obtenidos en este estudio: OLS para los datos agregados de la manufactura (ver sección D capítulo IV), OLS a nivel de firma, L&P a nivel de firma usando como *proxy* de la productividad las

materias primas.

Gráfico 28
Comparación PTF (Mediana) – Industria, Total Nacional



Se observan algunas diferencias entre las series de PTF. Los cálculos realizados por Meléndez et al (2003) difieren ligeramente de nuestra estimación por L&P hasta 1987, pues la tendencia en el primer caso es creciente y decreciente en el segundo⁵⁴. Posteriormente los resultados son más similares en cuanto a tendencias generales: una recuperación hasta 1997 con una caída en 1998 y 1999. Sin embargo, el crecimiento desde 1993 es más fuerte en este estudio, pero también es más pronunciada la caída desde 1998.

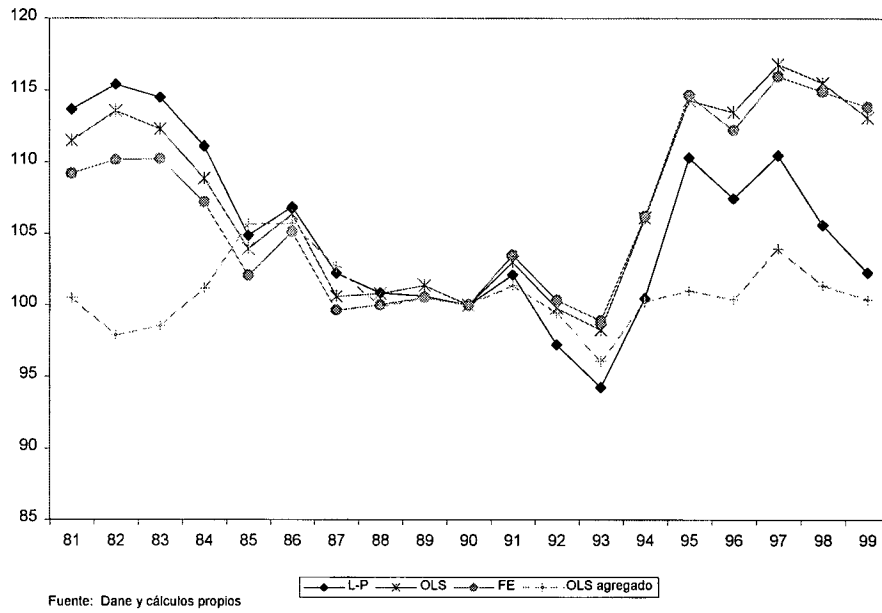
Finalmente, la productividad calculada a partir de los datos a nivel agregado por OLS muestra un comportamiento diferente durante los primeros años de los ochenta, comparado con cálculos a nivel de firma utilizando tanto el enfoque semiparamétrico como el tradicional, pues en el primer caso se observa un cambio técnico positivo mientras en el segundo no. Adicionalmente, la PTF estimada con los datos agregados registra un estancamiento a finales de los noventa, mientras que en las demás estimaciones se observa un deterioro.

Para el caso de Bogotá las diferencias entre los cálculos a partir de datos agregados y de datos a nivel de firma son aún más notorias, en especial a principios de los ochenta y desde 1993. Aunque los ciclos se mantienen, la recuperación en este año es mucho

⁵⁴ Las diferencias se pueden explicar por la utilización de trabajos calificados y no calificados en este estudio frente a un solo tipo de trabajo en Meléndez et.al (2003) y el cálculo del capital que aquí se hace mediante el método de Harberger, mientras Meléndez et.al (2003) utiliza el valor de mercado del stock de capital reportado por la EAM para cada firma lo cual le permitió a los autores evitar el método de inventarios perpetuos para construir el stock de capital de cada firma.

menos notoria bajo OLS agregado (Gráfico 29).

Gráfico 29
Comparación PTF industria – Bogota



V. Análisis sobre la productividad en la Ciudad Región y sus determinantes

Es un hecho que la productividad es un determinante clave del crecimiento y su comportamiento explica las diferencias de producto per-cápita entre las economías mundiales. Por lo tanto, existe una amplia gama de literatura que indaga sobre las variables que determinan la productividad de los factores. Las variables más comúnmente analizadas en la literatura tienen que ver con diversas áreas: el comercio internacional, los servicios financieros y el acceso a recursos, los impuestos y las exenciones y beneficios tributarios, y factores institucionales. En particular, en los últimos años ha habido una especial preocupación por evaluar el efecto sobre el crecimiento a través de la PTF de las reformas estructurales adoptadas por los países (en los noventa en el caso de los países en desarrollo), con especial énfasis en las políticas de apertura comercial, la liberalización financiera, las reformas laborales y algunos aspectos de la política fiscal.

En el caso de Colombia este tema adquiere una enorme relevancia, dado que el país adoptó un amplio y agresivo paquete de reformas desde inicios de los noventa, y fue precisamente desde principios de la década pasada que se inició una clara recuperación de la productividad después de haber caído en forma sistemática en los ochenta. En este orden de ideas, resulta útil analizar la relación entre el comportamiento de la TPF y las reformas, en particular evaluando el impacto de algunas de ellas (apertura, reforma financiera, políticas tributarias) sobre la eficiencia en el uso de los factores.

El tema de los determinantes de la productividad es amplio; se carece de un marco teórico sólido y los análisis son eminentemente empíricos. Los hallazgos divergen según las metodologías utilizadas (datos agregados versus microdata) y de acuerdo con los períodos de análisis (pre o post reformas). También son diferentes cuando se evalúan los efectos de políticas específicas adoptadas por los países o los efectos ex - post de las mismas. A pesar de lo anterior, los estudios empíricos son coincidentes en ciertas áreas, sobre las cuales se hace referencia en el presente capítulo.

La primera sección hace referencia a las variables más comúnmente estudiadas en la literatura como determinantes de la productividad y a los hallazgos empíricos recientes, especialmente con análisis a nivel de firma. Con base en lo anterior, la segunda sección hace estimaciones para el caso colombiano.

A. La productividad y sus determinantes: evidencia empírica

1. Comercio y apertura

Uno de temas ampliamente estudiado en la literatura es el efecto de la apertura sobre la productividad, con resultados que sugieren que la liberalización y la intensificación del comercio juegan un papel importante y positivo en la evolución de esta variable, especialmente en las economías en desarrollo. En términos generales, la teoría argumenta que el comercio contribuye a aumentar la productividad a través de

factores como la mayor variedad y mejor calidad de los bienes intermedios, la difusión del conocimiento, la amplificación de los efectos de aprendizaje (learning-by-doing) y el aumento del tamaño de los mercados. Los canales específicos de transmisión son varios. Por el lado de las importaciones, existe la llamada presión competitiva, que consiste en que la remoción de barreras a la importación aumenta la competencia sobre la producción local, lo que puede inducir a las firmas a adoptar procesos de innovación tecnológica; por otra parte, se presenta también una presión de insumos importados, que sugiere que la importación de maquinaria y equipo y de bienes intermedios de alta calidad conducen a las firmas a adoptar nuevos métodos de producción y a aumentar la eficiencia. Por el lado de las exportaciones, la liberalización conlleva un aumento de la competencia extranjera que se traduce en la eliminación de aquellas firmas ineficientes del mercado, lo cual implica una redistribución de los factores productivos de las firmas más ineficientes hacia las más eficientes.

Los mencionados efectos se capturan a través de diferentes variables: por una parte, se utilizan las tarifas que simulan cambios en las políticas comerciales, y por otra parte, se usan otras mediciones de apertura que permiten evaluar resultados *ex-post* de las políticas. Entre estas últimas, las más comúnmente utilizadas son la proporción de exportaciones sobre las ventas totales (apertura exportadora), aquella de las importaciones totales sobre el producto que captura el efecto vía presión competitiva, y la participación de los insumos importados que mide el efecto vía insumos.

Estudios recientes a nivel de firma para las economías en desarrollo han analizado el impacto de las reformas comerciales en la productividad. Para el caso de Brasil, Muendler (2002)⁵⁵ encuentra un impacto positivo de la apertura sobre la productividad multifactorial, que se da principalmente a través de la mayor competencia de importaciones sobre la producción local, ya que la importación de insumos de alta tecnología no aparece como una variable significativa. Adicionalmente, los autores encuentran que con la competencia extranjera aumenta la probabilidad de cierre de firmas ineficientes. Para el caso argentino, Butler y Sánchez (2002)⁵⁶ prueban que la reducción de las tarifas sectoriales aumenta la productividad, sugiriendo que se da una reasignación de recursos en la economía y una destrucción de trabajos obsoletos. Según los autores, las tarifas elevadas tienden a proteger unidades de producción desactualizadas. Para un panel de firmas de la industria mexicana, Iscan (1997) analiza el efecto sobre la productividad de la liberalización comercial (tarifas) y del comercio *per-se*⁵⁷. Encuentra un efecto positivo e importante de la apertura comercial por la vía de los insumos importados, y positivo pero menos significativo por la vía de mayores exportaciones. Adicionalmente, el autor concluye que las variables comerciales contribuyen positivamente al nivel y al crecimiento de la productividad

⁵⁵ Él realiza una regresión tipo panel del cambio en el nivel de productividad de la firma en dos variables relacionadas con la competencia internacional: la tarifa nominal del mercado del producto de la firma y las importaciones de dicho producto, lo cual mide el efecto de las barreras no tarifarias y el efecto de mayor competencia. El autor encuentra que ambas variables inciden positivamente en el nivel de productividad

⁵⁶ A través de un VAR estructural para un panel de firmas, los autores analizan la incidencia de diferentes variables económicas sobre los cambios de productividad, entre ellas los choques a las tarifas sectoriales encontrando evidencia a favor de este canal.

⁵⁷ Utiliza la participación de las exportaciones en el producto (efecto crecimiento), la participación de los insumos importados y la participación de las importaciones en el producto sectorial para capturar la competencia extranjera

mientras, que las reformas comerciales sólo inciden en el nivel de la PTF⁵⁸. Para Chile, Pavnick (2000) encuentra evidencia de que las mejoras en productividad al interior de las plantas son atribuidas a políticas de liberalización comercial, especialmente debido a la mayor competencia de la producción doméstica con las importaciones. Las firmas pertenecientes a sectores que compiten con las importaciones presentan mayores niveles de productividad, comparadas con aquellas de sectores no transables⁵⁹. Con respecto a las firmas pertenecientes a sectores exportadores los resultados no son muy robustos. Para el caso de la industria en Indonesia, Sjöholm (1997) encontró que la participación en el comercio internacional afecta la productividad de los establecimientos, tanto por el lado de las exportaciones como de las importaciones, aunque más contundente en el primer caso.

El efecto positivo de la apertura comercial sobre la productividad, también se ha puesto en evidencia en el caso de Colombia. Eslava et.al (2004) analizan los efectos de las reformas adoptadas en los noventa sobre el desempeño de la productividad, una variable que declinó en los ochenta pero que aumentó en el período post reformas. La medición de los efectos se hace a través de cambios en los precios a nivel de firma, inducidos por las reformas. Los autores analizan la contribución de la demanda y la eficiencia de los factores en la asignación de la actividad y cómo cambian estas dos variables en función de las reformas del mercado. Concluyen que la competencia extranjera inducida por la apertura (remoción de barreras al comercio) implicó menores ganancias para los dueños del capital y una menor participación de los negocios domésticos en el mercado, pero se crearon condiciones más favorables en los mercados de factores que redujeron los costos del trabajo y del capital. En el mercado local se observó una reasignación de la actividad productiva, con un desplazamiento de actividades menos productivas hacia aquellas más productivas. Los autores analizan la contribución de la demanda y la PTF al crecimiento, y encuentran que en el período posterior a las reformas la PTF adquirió una relación más estrecha con el producto, mientras el vínculo con la demanda se debilitó. Esto sugiere que las reformas fueron exitosas en su objetivo de inducir una reasignación en la economía con mejoras en la productividad.

Melendez et al (2003) también estima el impacto de la liberalización comercial sobre la productividad a en la industria, utilizando como variables de apertura las tarifas efectivamente pagadas⁶⁰, la tasa de devaluación real y la proporción de un medio de la suma de las exportaciones e importaciones sobre el producto, una proxy de exposición a la competencia extranjera. Los resultados muestran una relación positiva entre la mayor exposición a la competencia extranjera y productividad

⁵⁸ El autor toma como variables comerciales la participación en el producto sectorial de las exportaciones, los insumos importados y las importaciones del producto (que son consideradas como una proxy de competencia) encontrado que sólo las dos primeras son significativas en la explicación tanto del nivel como del crecimiento de la PTF. Como variable de política comercial considera la "tasa efectiva de protección sectorial" verificando la importancia de la liberalización comercial (que implica una disminución en las tarifas) en el nivel de la productividad sectorial.

⁵⁹ En el estudio se estiman regresiones de la productividad de cada firma contra un vector de dummies que indican su orientación (exportadora, competitiva), un vector de dummies para los años, dummies cruzadas entre la orientación comercial y el tiempo y un vector de características de las firmas. La autora considera que una firma tiene orientación exportadora si exporta más del 15% de su producción y pertenece a un sector competitivo si el las importaciones sobre el producto doméstico del sector son superiores al 15%,

⁶⁰ A nivel sectorial.

especialmente en el periodo post-apertura, y una relación negativa entre la PTF y las tarifas efectivamente pagadas.

Por último, Arbeláez et.al (2002), utilizando dummies para las firmas más exportadoras y para aquellas pertenecientes a sectores con alta presencia de competencia extranjera, evidencian que las firmas más abiertas (tanto en exportaciones como en importaciones) presentan un mayor crecimiento de su productividad.

2. Acceso a recursos y reforma financiera

La literatura también ha comprobado que los factores financieros también inciden sobre el desempeño de la productividad. En esencia, la eficiencia y facilidad en el acceso a los recursos financieros así como sus plazos de maduración, el nivel de apalancamiento y el costo del uso del capital, son factores que afectan el comportamiento de la productividad. El efecto positivo del crédito sobre la productividad ha sido ampliamente estudiados en la literatura, especialmente con información a nivel agregada. Para un conjunto de países, Beck, Levine y Loayza (2000), ponen de manifiesto los efectos positivos del desarrollo del sistema bancario sobre el crecimiento de la productividad, con el argumento de que un sistema bancario eficiente mejora la asignación de recursos financieros en la economía, lo que beneficia el proceso productivo de las firmas⁶¹.

A nivel de firma, son pocos los estudios que analizan los efectos de variables financieras sobre la PTF de la firma. En un estudio para Argentina, Butler y Sánchez (2002) argumentan que las reformas financieras afectan la PTF a través del costo de uso de capital⁶². Los resultados sugieren que los choques al costo del capital, a través de reformas financieras que lo reducen, aumentan la productividad como consecuencia de una combinación de técnicas de producción intensivas en capital y mayor redistribución de los recursos hacia las firmas más productivas. Para el caso ecuatoriano, Jaramillo y Schiantarelli (1996) analizan el efecto de la estructura de madurez de la deuda y del apalancamiento de la firma sobre la dinámica de la PTF. Con respecto a la madurez de la deuda, los autores argumentan que el acceso a crédito de largo plazo mejora la productividad de la firma, ya que brinda la posibilidad de acceder a mejores tecnologías; sin embargo, cuando los créditos de corto plazo van acompañados de un continuo monitoreo, también pueden incentivar a las firmas a reducir sus ineficiencias y aumentar su productividad. En cuanto al apalancamiento, su efecto sobre la productividad también es ambiguo: por un lado éste puede implicar

⁶¹ La variable dependiente es el cambio en la productividad y las variables explicativas son el crédito del sistema financiero al sector privado como porcentaje del PIB, las obligaciones del sistema financiero como proporción del PIB y la razón entre los activos domésticos de los bancos comerciales y los activos totales tanto de los bancos comerciales como los del Banco Central.

⁶² Los autores introducen en el VAR el costo del Uso del capital calculado con la siguiente formula: $r(t) = R(t)P^k(t-1) + \delta^k P^k(t)$, donde R es la tasa de interés nominal, P es el precio del capital construido como la suma ponderada de los precios de los diferentes tipos de capitales donde los ponderadores fueron determinados de acuerdo a la intensidad del capital según la matriz de insumo producto y δ^k es la tasa de depreciación calculada como el promedio ponderado de las tasas de depreciación de las diferentes clases de capital.

una presión financiera que lleva a la firma a ser más eficiente, pero por otro lado, un mayor apalancamiento puede incentivar a los accionistas a demandar menores esfuerzos a favor de la eficiencia de la firma ya que ellos saben que obtendrán una menor proporción de las utilidades. A través de estimaciones de funciones de producción aumentada a nivel de firma, los autores encuentran un efecto positivo de la deuda de largo plazo sobre la productividad de la firma, mientras que el apalancamiento financiero no resulta significativo.

En general, los estudios sobre la deuda a nivel de firma se concentran en su efecto sobre la inversión, y en pocos casos sobre la productividad. Pero incluso sobre esta variable, no hay consenso sobre el signo del efecto de la deuda: la relación puede ser negativa, ya que el mayor apalancamiento disminuye el colateral y aumenta la prima demandada por los prestamistas⁶³. Sin embargo, la relación también puede ser positiva, pues el elevado endeudamiento de las firmas actúa como una historia crediticia y como una buena señal para los intermediarios financieros, ampliando el acceso a los recursos. En varios países los efectos de la deuda sobre la inversión son negativos, mientras en otros son positivos⁶⁴. En el caso de Colombia, Arbeláez y Echavarría (2002) mostraron una relación positiva entre el apalancamiento y la inversión en el caso de la industria.

3. Políticas tributarias

Otras variables que pueden incidir en el desempeño de la productividad son las relacionadas con las políticas tributarias. En particular, las exenciones y beneficios tributarios son factores que pueden incidir sobre el comportamiento de la productividad, en especial si se cree que estas medidas reducen las imperfecciones del mercado y promueven el desarrollo de algunos sectores. Meléndez et al (2003) analiza el impacto de las exenciones a nivel sectorial a través de "una medida de beneficio tributario bajo la forma de una tasa de tributación efectiva"⁶⁵ sobre los cambios en la productividad a nivel de firma, y no encuentran evidencia de que las exenciones mejoren la productividad, lo cual indica su éxito limitado como promotoras del crecimiento.

4. Factores institucionales

Algunos estudios han mostrado que factores institucionales, en especial aquellos relacionados con la regulación, afectan la dinámica de la productividad. Para un panel de países de la OECD, Scarpetta et.al (2002, 2003) evalúan si las instituciones de mercado afectan el desempeño de la productividad, utilizando como indicadores institucionales el control directo del estado en el sector, barreras legales a la entrada y características del sistema de permisos y licencias. Los resultados concluyen que los sistemas regulatorios estrictos tienen un impacto negativo sobre la productividad, principalmente porque obstaculizan la adopción de nuevas tecnologías,

⁶³ Esto debería ser cierto para firmas más riesgosas y cuyas asimetrías de información sean más severas

⁶⁴ Gallego y Loayza, (2000), Devreux y Schiantarelli (1989) encuentran un efecto negativo del apalancamiento sobre la inversión al igual que Harris, Schiantarelli y Siregar (1994) y Jaramillo, Schiantarelli y Weiss (1996) quienes se enfocan en firmas pequeña. Por el contrario Harris, Schiantarelli y Siregar (1994) encuentran una relación positiva para firmas grandes y conglomerados

⁶⁵ Ver detalles sobre la construcción de esta variable en Meléndez et al (2003)

la innovación, los “spillovers” y la entrada de firmas con nuevas tecnologías.

Otro aspecto de la regulación laboral que tiene efectos sobre la productividad son las reformas laborales, que en la mayoría de los casos persiguen dar mayor flexibilidad al mercado de trabajo. Butler y Sánchez (2002) evalúan esta variable, a través del impacto sobre la productividad de choques a los costos laborales no salariales (calculados como la suma de los impuestos al trabajo más el pago esperado por despido). Los resultados sugieren que choques en los costos laborales no salariales implican un aumento en la productividad de algunos sectores y una disminución en otros, lo cual se explica por el hecho que existen diferencias sobre la intensidad del uso del trabajo a nivel sectorial.

5. Violencia y guerra civil

Otro aspecto analizado en la literatura es el efecto de la violencia o guerra civil, donde la mayoría de estudios se han concentrado en medir su efecto sobre el crecimiento. Sin embargo, como argumenta Collier (1999)⁶⁶, uno de los canales a través de los cuales la guerra afecta el producto es la disminución de la productividad factorial. La violencia y la guerra desplazan la inversión pública productiva y las malas políticas afectan la asignación de recursos productivos que se desvían hacia los sectores menos eficientes. Adicionalmente, el conflicto eleva los costos de transporte, porque las vías se tornan inseguras y surgen problemas en el funcionamiento de los puertos y vías aéreas.

Existen algunos estudios para Colombia aproximan este tema. A nivel agregado, Cárdenas (2000) analiza los efectos del crimen sobre la productividad total de los factores⁶⁷ y encuentra una relación negativa entre la tasa de homicidio y la PTF. Por otra parte, en un estudio para la industria a nivel de firma, Arbeláez et.al (2002) encuentran que la violencia ha repercutido sobre el pobre desempeño de la productividad en los últimos años, utilizando como proxy de la violencia una pregunta de la Encuesta de Opinión Empresarial que muestra la percepción de los empresarios sobre las condiciones económicas y sociopolíticas para la inversión⁶⁸.

B. Determinantes de la productividad en el total nacional y Bogotá

Con base en los canales teóricos y en los hallazgos empíricos descritos en la sección anterior, la presente sección busca medir los determinantes de la productividad para la industria nacional y bogotana. Se estimó una ecuación general a nivel de firma de la productividad multifactorial, y se incluyeron diferentes tipos de variables explicativas: en primer lugar, variables relacionadas con el comercio, con el fin de capturar el efecto de la liberalización comercial evaluada con resultados ex – post

⁶⁶ Collier, P (1999). “On the economic consequences of civil war”. World Bank Working Papers.

⁶⁷ El autor estima una regresión para el log. de la PTF contra el log. de la tasa de homicidios controlando por la concentración del ingreso medida a través del coeficiente de Ginni y por factores exógenos al país que pudieran incidir sobre la desaceleración de crecimiento medidos a través del crecimiento del PIB de América Latina.

⁶⁸ La idea de utilizar esta variable fue la necesidad de encontrar una proxy de violencia a nivel de firma.

(profundización comercial) tales como las exportaciones sobre ventas ($X/Vtas$) y las importaciones sobre producto (M/Q); en segundo lugar, variables busca capturar en impacto del apalancamiento (deuda) de las firmas medida como ($Deuda/capital$); en tercer lugar, la variable que mide el efecto de la política tributaria (también ex - post) medida impuestos pagados por la firma (impuestos sobre utilidades antes de impuestos, $Imp/Utai$); y finalmente dos variables de tipo institucional, las condiciones socio-políticas y económicas de la EOE de Fedesarrollo, utilizadas como proxy del entorno económico general y del político y de orden público.

Se usó la metodología de estimación de Arellano y Bond para un panel dinámico de firmas que utiliza el método GMM en primeras diferencias, con un rezago de la variable dependiente y dos de las independientes (la explicación detallada del método GMM se presenta en el Anexo F). Se incluyeron inicialmente todas las variables explicativas y se fueron eliminando aquellas que no resultaban significativas. Por otra parte se descontaron los efectos sectoriales. Adicionalmente, para capturar si el comportamiento de Bogotá difiere del correspondiente al total nacional, se incorporó una dummy para Bogotá y dummies multiplicativas para las variables explicativas que resultaron significativas. Los resultados de las estimaciones se presentan en el Cuadro 7.

La producción contemporánea aparece como un determinante altamente significativo de la productividad. El coeficiente de la producción real (Q) fue positivo y significativo al 1% o al 5% en todas las estimaciones. No es clara sin embargo la causalidad de esta relación, es decir si un mayor nivel de producto implica aumentos en productividad o una alta productividad tiene un impacto positivo sobre la producción de la firma.

Con respecto a los factores comerciales, los resultados señalan que la apertura tuvo un efecto importante y positivo sobre la productividad, el cual se dio a través de la mayor competencia extranjera en el mercado local, que indujo a las firmas domésticas a ser más eficientes por ejemplo mejorando su tecnología y disminuyendo costos, más no del crecimiento de las ventas en el exterior. La variable M/Q fue positiva y significativa (en el periodo presente y en el segundo rezago), mientras las exportaciones no fueron significativas con ninguno de los rezagos incluidos. Estos resultados coinciden con aquellos realizados para otros países emergentes que también adoptaron reformas de liberalización comercial como Chile e Indonesia, donde las ganancias en productividad surgieron de la penetración de competencia extranjera.

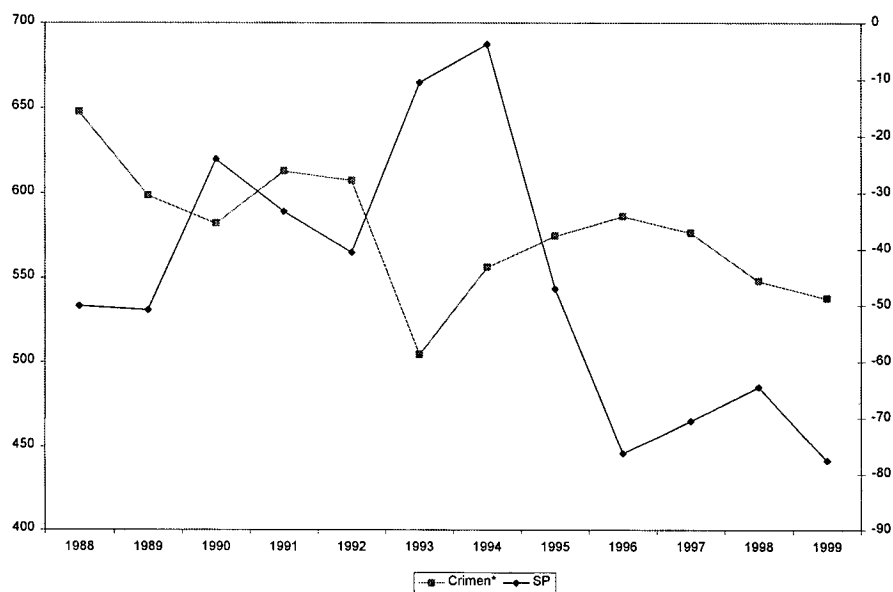
En relación con los factores financieros, los resultados no fueron robustos. Sólo en la primera estimación (columna 1) la variable deuda /capital resultó positiva y significativa, evidenciando una relación positiva entre el apalancamiento financiero y la PTF. Esta podría sustentarse en el hecho que un mayor nivel de endeudamiento implica una mayor presión por parte de las entidades financieras a las firmas, lo cual induce mejoras en la productividad. Sin embargo, como se mencionó en la sección anterior los resultados en relación con esta variable son ambiguos. Adicionalmente, dado que al eliminar de la estimación aquellas variables que no resultaron significativas (columnas 2 y 3), el efecto de la deuda se pierde, los hallazgos no son concluyentes.

De igual firma, los resultados no evidencian relación alguna entre los impuestos pagados por las firmas y la productividad. Se esperaba obtener una relación negativa que apoyara la idea que las exenciones tributarias incentivan la productividad, pero

este coeficiente no resultó significativo.

Finalmente, las variables relacionadas con el entorno económico y el socio-político (EC y SP) de la EOE de Fedesarrollo que reflejan la confianza de los empresarios en el país⁶⁹ resultaron negativas y significativas, de EC para uno y dos rezagos y de SP para un rezago (Cuadro 8). El signo de los coeficientes confirma que la percepción negativa de los industriales sobre el entorno económico (lo cual está relacionado con la política y las instituciones económicas) y socio-político (relacionado con la violencia) incide negativamente sobre la trayectoria de la productividad⁷⁰. La razón por la cual se utiliza como proxy de las condiciones de violencia y orden público la respuesta de SP de la encuesta, es la alta relación que presenta esta variable con los datos observados. El Gráfico 30 muestra claramente una relación inversa entre series relacionadas con la violencia como el crimen⁷¹ y las respuestas "pesimistas" sobre las condiciones socio-políticas para invertir. Es decir que hay una coincidencia entre la violencia y la percepción de los empresarios: a mayor violencia, percepción más pesimista sobre el entorno, y a menor violencia percepción más optimista.

Gráfico 30
Relación entre la violencia y la variable SP



Fuente: EOE (Fedesarrollo), MinDefensa y cálculos propios.

⁶⁹ La EOE le pregunta a los empresarios sobre su percepción sobre las condiciones económicas y sociopolíticas para invertir y las posibles respuestas son 1 para "condiciones favorables", 2 para "neutras" y 3 para "condiciones desfavorables". Las respuestas se promedian y promedios altos reflejan peores condiciones.

⁷⁰ Cabe aclarar la importancia del cuidado en la interpretación de estos coeficientes. Valores altos de la variable implican que los empresarios son más pesimistas. Así si el coeficiente es negativo, el pesimismo de los empresarios afecta negativamente la productividad.

⁷¹ El crimen se define en este cálculo como la suma de homicidios, hurto, terrorismo, secuestro y narcotráfico por cada 100.000 habitantes.

Por último, en el ejercicio sobre los determinantes de la productividad también se incluyeron una dummy para Bogotá y dummies cruzadas entre los determinantes y Bogotá. Como se muestra en el Cuadro 8 estas dummies no resultaron significativas en ningún caso lo cual indica que no existen diferencias entre los determinantes de la productividad a nivel nacional y aquellos para Bogotá.

Cuadro 7
Determinantes de la productividad – total nacional

Variable dependiente: PTF_t Arrellano y Bond, primeras diferencias, 1 rezago					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
PTF_{t-1}	-0,016 (0,563)	0,005 (0,638)	0,004 (0,682)	0,005 (0,000)***	0,005 (0,000)***
$(X/Vtas)_t$	0,048 (0,213)				
$(X/Vtas)_{t-1}$	-0,035 (0,433)				
$(X/Vtas)_{t-2}$	-0,106 (0,236)				
$(M/Q)_t$	0,005 (0,019)**	0,008 (0,017)**	0,008 (0,031)**	0,019 (0,054)**	0,020 (0,070)*
$(M/Q)_{t-1}$	-0,001 (0,567)	-0,002 (0,134)			
$(M/Q)_{t-2}$	0,006 (0,082)*	0,003 (0,291)			
$(Deuda/Ktal)_t$	0,552 (0,048)**	0,077 (0,731)	-0,055 (0,807)		
$(Deuda/Ktal)_{t-1}$	-0,278 (0,281)				
$(Deuda/Ktal)_{t-2}$	-0,536 (0,217)				
$(Imp./Utai)_t$	-2,896 (0,497)				
$(Imp./Utai)_{t-1}$	14,344 (0,255)				
$(Imp./Utai)_{t-2}$	7,165 (0,346)				
Q_t	1,48E-06 (0,004)***	6,90E-07 (0,049)**	7,05E-07 (0,051)**	7,36E-07 (0,038)**	7,81E-07 (0,037)**
Q_{t-1}	-5,67E-07 (0,711)				
Q_{t-2}	-2,45E-07 (0,858)				
Ciiu rev 2					X
# de obs.	19554	50557	51796	60723	60723
# de firmas	3747	5037	5075	5226	5226
Pruebas de especificación					
Correlación serial de orden 1	0,3145	0,1622	0,1618	0,1051	0,105
Correlación serial de orden 2	0,4618	0,5522	0,5309	0,4241	0,4252
P-Values entre paréntesis ***significativo al 1%, **significativo al 5%, significativo al 10%					
Fuente: Dane y Cálculos propios					

Cuadro 8
Determinantes de la productividad (cont)

Variable dependiente: PTF_t				
Arrellano y Bond, primeras diferencias, 1 rezago				
	(1)	(2)	(3)	(4)
PTF_{t-1}	0,004 (0,000)***	0,009 (0,937)	0,014 (0,905)	0,104 (0,929)
$(M/Q)_t$	0,022 (0,067)*	-0,001 (0,365)	-0,003 (0,204)**	-0,001 (0,495)
Ec_t		-2,709 (0,105)		
Ec_{t-1}		-2,618 (0,075)*	-2,346 (0,063)*	-2,183 (0,088)*
Ec_{t-2}		-4,078 (0,100)*	-3,087 (0,105)	-3,247 (0,111)
Sp_t		0,011 (0,991)		
Sp_{t-1}		-0,873 (0,063)*	-1,195 (0,069)*	-1,161 (0,073)*
Sp_{t-2}		0,099 (0,949)	0,028 (0,977)	0,184 (0,885)
Q_t	7,77E-07 (0,041)**	7,09E-07 (0,076)**	7,23E-07 (0,067)*	7,13E-07 (0,095)*
d_Bog_m	-0,103 (0,689)			-0,632 (0,139)
$(M/Q)_t * Bog$	-0,005 (0,204)			-0,001 (0,382)
$Ec_t * Bog$				-1,672 (0,164)
$SP_t * Bog$				-0,358 (0,466)
Ciiu rev 2	X	X	X	X
# de obs.	60723	22378	25248	22378
# de firmas	5226	4889	4908	4889
Pruebas de especificación				
Correlación serial de orden 1	0,105	0,1946	0,1884	0,1051
Correlación serial de orden 2	0,4252	0,6395	0,6212	0,4241
P-values entre paréntesis ***significativo al 1%; **significativo al 5%; significativo al 10%				
Fuente: Dane y Cálculos propios				

VI. Conclusiones

La evidencia empírica para el caso colombiano coincide en mostrar que la productividad multifactorial en Colombia se mantuvo en niveles aceptables hasta finales de la década de los setenta y sufrió un cambio de tendencia y un fuerte deterioro en lo ochenta. Los noventa se caracterizaron por una recuperación de la PTF, la cual se revirtió a finales de la década pasada, siendo éste uno de los principales responsables del estancamiento del crecimiento económico.

En la misma dirección, los resultados de estudios anteriores para Bogotá muestran que durante la década de los ochenta la productividad registró un crecimiento negativo y durante los noventa se deterioró aún más, con un estancamiento desde el año 2000. Con base en la metodología estándar del residuo de Solow, se observan diferencias entre la productividad del país y aquella de Bogotá: la productividad en Bogotá fue superior entre finales de los ochenta y principios de los noventa frente al país en su conjunto, pero posteriormente esta tendencia se revierte, siendo más elevada la PTF de la Nación. Adicionalmente, la fuerte caída de esta variable se presenta en Bogotá en 1994, mientras la del país sufrió una fuerte desaceleración en 1997-1998. Finalmente, se observa una recuperación más marcada en el caso de la Nación que en la Ciudad Región.

Los estudios realizados para Bogotá han avanzado en la medición de la evolución de la productividad. Sin embargo, el presente estudio complementa los anteriores ya que utiliza "nuevos" métodos de estimación y utiliza información no sólo agregada sino a nivel de firma.

Es importante resaltar que los modelos "tradicionales" estiman la productividad como el residuo de la función de producción, ya sea a partir del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, o de técnicas de efectos fijos. Sin embargo, estudios recientes han encontrado que los factores productivos e insumos tienden a estar correlacionados con la productividad, lo que conduce a que los estimadores obtenidos bajo estos métodos están sesgados. En este contexto, la literatura reciente encabezada por los estudios de Olley and Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin (1999), ha desarrollado un método para corregir los problemas de autocorrelación y simultaneidad por medio de técnicas semi-paramétricas con base en datos a nivel de firma.

En el presente estudio se aplicó este enfoque para el caso de Bogotá, y se compararon los resultados con otras metodologías. La información se obtuvo de la Encuesta Anual Manufacturera del DANE, y por lo tanto hace referencia exclusivamente a la industria. El período de análisis cubrió las décadas del ochenta y del noventa y correspondió a las áreas metropolitanas, donde Bogotá incluye Bogotá y Soacha, y para efectos comparativos se seleccionaron las principales ciudades del país (Medellín-Valle de Aburrá, Cali-Yumbo y Barranquilla-Soledad).

Los indicadores parciales de la productividad muestran los siguientes aspectos: la productividad del empleo permanente en la industria nacional registró una tendencia positiva durante el período de análisis, con excepción de 1992 y 1999 cuando cae levemente, con una fuerte recuperación en el año 2000. Se observa que la productividad laboral bogotana no es la más alta del país; es cercana a aquella de Medellín y superada por ciudades como Cali y Barranquilla e incluso por el total

nacional.

Contrariamente, la productividad del capital muestra una tendencia decreciente a lo largo de las últimas dos décadas, con excepción de principios de los ochenta. Después de unos años de caída, desde 1983 y por cinco años consecutivos la productividad del capital se recuperó, tanto a nivel nacional como en las principales cuatro ciudades del país. En adelante, la tendencia ha sido marcadamente descendente hasta niveles más de tres veces inferiores a los de 1980, con una incipiente recuperación en el año 2000. Bogotá se diferencia de otras ciudades en varios aspectos: primero, mientras en la década de los ochenta la productividad del capital estuvo por debajo de este indicador para varias ciudades (Medellín, Barranquilla y Cali), desde finales de la misma superó estos niveles y en los noventa se ha ubicado por encima de las demás ciudades consideradas; segundo, la caída en la productividad del capital en la industria bogotana se inició varios años más tarde en los noventa (1993) en relación con las demás ciudades; tercero, se resalta que a lo largo del período de análisis ha sido más alta que aquella del total nacional. Incluso, la recuperación desde el año 2000 en esta variable es más contundente que las otras regiones consideradas (excepto Medellín)

Por otra parte, la productividad de la energía presenta una tendencia más constante durante el período de análisis. Sin embargo, sobresalen los elevados valores de producto por unidad de energía consumida (KWH) para Bogotá en relación con las demás ciudades y con el total nacional.

Finalmente, la productividad parcial de las materias primas entre 1980 y 1993 mostró una tendencia decreciente tanto en el total nacional como en las principales cuadro áreas metropolitanas. En este período Bogotá presentó el nivel de productividad más bajo, en comparación con Medellín, Cali y Barranquilla. A partir de 1994 se registró una recuperación de este indicador en todas las ciudades, pero incluso más pronunciada para el caso de la capital, la cual se ubica desde entonces en el segundo lugar en términos de productividad de las materias primas

En cuanto a la productividad multifactorial a través del residuo de Solow, se concluye que la industria nacional y regional es intensiva en insumos intermedios, pues éstos tienen una alta contribución en el producto (cerca a 70%). Por su parte, el capital contribuye con cerca de 7% y el trabajo con cerca de 20% (excepto en Barranquilla donde la contribución es 15%). Se destaca sin embargo que el capital y el trabajo tienen una mayor contribución en la industria bogotana frente a las demás ciudades y el total nacional, con 10% y 25% respectivamente.

La PTF derivada de estas estimaciones muestran que el comportamiento para la industria bogotana y el total nacional es bastante similar, aunque con algunas diferencias puntuales. Para el caso de Bogotá, entre 1983 y 1986 la productividad multifactorial de la industria creció positivamente y a partir de ahí experimentó una fuerte caída que se prolongó hasta 1993. Posteriormente, se registró una recuperación hasta 1997, cuando decreció de nuevo para luego recuperarse en el año 2000. La caída en el total nacional se inició con anterioridad, en 1995, pero fue menos pronunciada y con una recuperación desde 1999 más marcada. También sobresale el hecho de que mientras en 2000 la PTF para la nación alcanzó valores cercanos a los de mediados de la década de los ochenta, la PTF de Bogotá aún se encuentra 0,05% por debajo de los niveles de 1985. Estos resultados obtenidos para Bogotá son similares a

los encontrados en el trabajo de la Secretaria de Hacienda, mostrando un ciclo de auge hasta finales de los ochenta, una caída posterior hasta 1993 y una recuperación a partir de ese año con excepción de 1998 y 1999.

Comparando los resultados con otras ciudades del país, se encuentra que, a pesar de que las grandes tendencias se mantienen, los ciclos son más pronunciados en Cali y en Barranquilla, en particular la caída de inicios de los noventa. Asimismo, la recuperación en 2000 es más fuerte en estas ciudades frente a Bogotá. Finalmente, sobresale el hecho de que no es clara la prevalencia de la PTF de Bogotá frente a las demás ciudades, un aspecto que sólo se registró en años muy puntuales. En los últimos años, la PTF de Barranquilla ha sido ligeramente superior a aquella de Bogotá y la de Cali altamente por encima en 2000.

Las estimaciones complementarias con el método semi-paramétrico se realizaron sobre un panel desbalanceado con un promedio de 7800 firmas y 550000 observaciones entre 1981 y 1999. Se estimó la función de producción con tres metodologías: OLS, efectos fijos y Levinsohn y Petrin.

Para el total nacional, los resultados muestran que los insumos que presentan la mayor participación son las materias primas, seguidos por el trabajo no calificado, el empleo calificado el capital y la energía. Se observa, tal y como se esperaba, que los coeficientes de los insumos de materias primas, energía y trabajo no calificado están sobreestimados bajo OLS y Efectos Fijos, dado que incorporan una relación con la productividad no observada y por lo tanto su magnitud es más pequeña cuando se estiman por L&P. Esto no aplica para el empleo calificado, donde el coeficiente estimado por L&P es mayor. Con respecto al capital, dado el problema de simultaneidad, su coeficiente está subestimado por OLS y FE y en consecuencia su magnitud es bastante superior cuando se estima bajo L&P. En efecto, la participación del capital aumenta de 9% a 18%. De la misma manera, los resultados para Bogotá evidencian que los coeficientes de los insumos de materias primas, energía y trabajo (excepto el calificado) presentan un sesgo positivo cuando son estimados por OLS y EF. Por el contrario, como el capital puede estar débilmente o no correlacionado con la productividad, su coeficiente muestra un sesgo negativo bajo OLS y FE que es corregido por L&P donde el coeficiente estimado es superior. Comparando los resultados con el total nacional, se aprecia que la industria bogotana presenta una mayor participación de las materias primas y el trabajo calificado, y es menos intensiva en capital y mano de obra no calificada.

Los resultados indican que Bogotá presenta algunas características particulares comparada con el total nacional: primero, para un mismo nivel de insumos y factores, la producción de Bogotá es superior a la del total nacional, es decir es más eficiente en el uso de los mismos. Segundo, la industria manufacturera bogotana es más intensiva en mano de obra calificada y menos en no calificada.

La PTF calculada bajo este método, muestra que la productividad multifactorial, tanto del total nacional como de Bogotá, presentó una fuerte tendencia decreciente hasta inicios de los noventa, cuando las reformas estructurales implantadas en esa época revierten este comportamiento. Así, la PTF comienza a crecer, alcanzando niveles similares a aquellos de mediados de los ochenta. Sin embargo, en 1998 y en 1999, años de fuerte recesión de la economía, la PTF vuelve a caer.

Se evidencian algunas diferencias entre los métodos de estimación para el total nacional: durante los ochenta, la productividad multifactorial calculada por el método semi-paramétrico se ubicó ligeramente por encima de la de OLS y efectos fijos, pero esta tendencia se revirtió a partir de mediados de los noventa cuando la PTF estimada por OLS y EF se ubicó en niveles superiores. Para el caso de Bogotá las diferencias entre los cálculos a partir de datos agregados y de datos a nivel de firma son aún más notorias, en especial a principios de los ochenta y desde 1993. Aunque los ciclos se mantienen, la recuperación en este año es mucho menos notoria bajo OLS agregado.

Comparando con el total nacional bajo el método de L&P y en forma consistente con los hallazgos en la estimación de la función de producción, sobresale el hecho de que la TPF de Bogotá ha estado sistemáticamente por encima de aquella del total nacional, con excepción de algunos años puntuales. La diferencia empezó a hacerse evidente en 1991, y ha sido aún más marcada desde 1995. Otro hallazgo importante es que mientras la PTF nacional en los noventa es aún muy inferior a aquella de los ochenta, en Bogotá los niveles de la PTF en la década pasada, aunque inferiores, son más similares a aquellos de los ochenta. En términos de las tasas de crecimiento, se observan caídas de la PTF a lo largo de los ochenta, tasas positivas y elevadas desde 1993 y de nuevo una contracción en 1998 que se mantuvo en 1999. En general, las tasas de crecimiento han sido ligeramente superiores en el caso de Bogotá frente al total nacional, aunque la contracción en 1998 y 1999 es ligeramente superior en la capital

La comparación entre las medianas simple y ponderada por la producción total, muestran que la PTF ponderada se ubica en algunos años por encima de la no ponderada, en especial para el período post-apertura, cuando el cambio de pendiente de la PTF ponderada es más fuerte. Esto indica que las reformas introducidas a inicios de los noventa produjeron cambios importantes que implicaron la reasignación de recursos hacia las firmas más productivas. Para el caso de Bogotá, la productividad ponderada se ubica siempre por encima de la no ponderada, aunque el cambio en la pendiente después de los noventa no es más pronunciado para la primera.

En cuanto a los determinantes de la TPF, los resultados muestran que no existen diferencias entre los determinantes de la productividad a nivel nacional y aquellos para Bogotá, por lo que los resultados nacionales aplican a la industria bogotana.

La producción contemporánea aparece como un determinante altamente significativo y positivo de la productividad. Con respecto a los factores comerciales, los resultados señalan que la apertura tuvo un efecto importante y positivo sobre la productividad, el cual se dio a través de la mayor competencia extranjera en el mercado local, que indujo a las firmas domésticas a ser más eficientes por ejemplo mejorando su tecnología y disminuyendo costos, más no del crecimiento de las ventas en el exterior. En relación con los factores financieros, los resultados no fueron robustos. Sólo en uno de los casos la variable deuda /capital resultó positiva y significativa, evidenciando una relación positiva entre el apalancamiento financiero y la PTF. Esto sugiere que un mayor nivel de endeudamiento implica una mayor presión por parte de las entidades financieras a las firmas, lo cual induce mejoras en la productividad. Los resultados no evidencian relación alguna entre los impuestos

pagados por las firmas y la productividad. Finalmente, las variables relacionadas con el entorno económico y el socio-político de la EOE de Fedesarrollo que reflejan la confianza de los empresarios en el país, muestran que la percepción negativa de los industriales sobre el entorno económico (lo cual está relacionado con la política y las instituciones económicas) y socio-político (relacionado con la violencia) incide negativamente sobre la trayectoria de la productividad.

VII. ANEXO METODOLOGICO

Uno de los principales objetivos del estudio es calcular indicadores de productividad que permitan hacer un seguimiento permanente de esta variable. Para el caso de los cálculos econométricos de los diferentes indicadores, se presentará la metodología utilizada y las fuentes de información, de manera que los ejercicios puedan ser replicables en un futuro. Adicionalmente, se hará especial énfasis en las necesidades en materia de información para calcular indicadores de productividad en forma periódica (p.e. mensual o trimestralmente).

A. Sistema para la captura y actualización periódica

Dado el interés del distrito por consolidar un indicador periódico de productividad que pueda ser divulgado públicamente con el fin que los ciudadanos conozcan el desempeño en esta materia, el presente estudio sugiere el cálculo de indicadores de productividad parcial de los factores y de productividad total. Para esto es necesario contar con información sobre producción, mano de obra, capital y materias primas. El Dane cuenta con la Encuesta Mensual Manufacturera donde se encuentran datos sobre producción real y empleo total que podrían solicitarse a nivel regional con el fin de obtener estas variables para Bogotá y calcular así un indicador de productividad laboral⁷². Desafortunadamente, aún no se cuenta con información periódica relacionada con capital o consumo de materias primas para ningún sector económico. Por lo tanto, si se quiere calcular la productividad parcial del capital y de las materias primas sería necesario que el distrito contratara una entidad que capturara esta información periódicamente. Si se contara con esta información podrían calcularse medidas de productividad parcial y total de los factores con métodos simples.

B. Detalle sobre la estimación del modelo semi-paramétrico (Levinsohn y Petrin, 1996)

En esta sección se realiza una descripción detallada de la metodología diseñada por Levinsohn y Petrin para la estimación de la función de producción y de la productividad. La rutina de este procedimiento está disponible en Stata, programa que ha sido utilizado en las estimaciones.

Como se mencionó anteriormente, los autores parten de una función de producción Cobb-Douglas:

$$y_t = \beta_0 + \beta_k k_t + \beta_l l_t + \beta_m m_t + \omega_t \quad (27)$$

Donde y_t es el logaritmo de la producción de la firma medido como el producto bruto o el valor agregado, l_t y m_t corresponden al trabajo y el consumo intermedio y k_t representa el logaritmo del capital. Para facilitar la exposición, no se incluye el consumo de energía ni otros insumos pero el programa en stata no está restringido a

⁷² Incluso el Dane realiza el este calculo para el total nacional mensualmente.

un número específico de insumos.

es el componente de productividad no observado considerado como una variable de estado dado su impacto sobre las decisiones de la firma. es el término de error no correlacionado con los insumos. Para resolver los problemas de simultaneidad y endogeneidad entre la productividad y los insumos y factores productivos (Estos problemas fueron analizados y explicados a lo largo del documento) los autores utilizan como proxy de la productividad no observada la demanda de insumos intermedios por parte de la firma suponiendo que esta depende de una función monótona y estrictamente creciente de la productividad y el capital:

$$m_t = m_t(\omega_t) \quad (28)$$

$$\omega_t = \omega_t(m_t) \quad (29)$$

Adicionalmente, los autores asumen que la productividad sigue un proceso de Markov de primer orden:

$$\omega_t = E[\omega_t | \omega_{t-1}] \quad (30)$$

Donde es una innovación a la productividad no correlacionada con k (pero no necesariamente con l_t , lo cual es parte del problema de simultaneidad).

A continuación se describirán las dos etapas del proceso de estimación.

Rescribiendo la ecuación (27):

$$y_t = \beta_l l_t + \phi_t(k_t, m_t) \quad (31) \quad \text{Donde ahora}$$

$$\phi_t(k_t, m_t) = \beta_0 + \beta_k k_t + \beta_m m_t + \omega_t(k_t) \quad (32)$$

Primera etapa

Al igual que en el caso anterior, L&P sustituyen a partir de una aproximación polinomial de orden tres en k y m :

$$\phi_t(k_t, m_t) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^{3-i} \delta_{ij} k_t^i \quad (33)$$

Reemplazando la ecuación anterior en la función de producción se obtiene:

$$y_t = \delta_0 + \beta_l l_t + \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^{3-i} \delta_{ij} k_t^i m_t^j \quad (34)$$

La anterior ecuación se estima mediante mínimos cuadrados ordinarios se y se obtienen estimadores consistentes de , y el intercepto⁷³. Con esto termina la primera etapa de la rutina de la estimación.

⁷³ El intercepto estimado por OLS incluye tanto la constante de la función de producción como la correspondiente a la aproximación polinomial de Q.

Segunda etapa

En esta etapa se busca obtener un estimador de β_k^* . Para esto, se computa el valor de $\hat{\phi}_i$ con base en los resultados de la primera etapa:

$$\hat{\phi}_i = \hat{y}_i - \beta_m^* m_i \quad (35)$$

Posteriormente, se computa $\hat{\omega}_i$ a partir de valores dados de $\hat{\phi}_i$ y \hat{y}_i . Estos pueden ser los correspondientes a la estimación por OLS de la función de producción tipo Cobb-Douglas.

$$\hat{\omega}_i = \hat{\phi}_i - \beta_k^* k_i - \beta_m^* m_i \quad (36)$$

Siguiendo los mismos pasos del caso anterior, se estima $\hat{E}_i(\omega_i | \omega_{i-1})$ con base en la misma aproximación no-paramétrica consistente. Posteriormente, se computan los errores para (β_k^*) de la siguiente forma:

$$\xi_i + \varepsilon_i = y_i - \hat{\beta}_k k_i - \hat{\beta}_m m_i - \hat{E}_i(\omega_i | \omega_{i-1}) \quad (37)$$

Para identificar β_k^* y β_m^* es necesario que los errores interactúen por lo menos con dos instrumentos. Dado que el stock de capital en el periodo t esta determinado por la inversión en el periodo anterior, no responde entonces a los choques contemporáneos en el término de la innovación de la productividad ε_i , lo cual determina la primera condición:

$$E[\xi_i + \varepsilon_i | k_i] = 0 \quad (38)$$

Una condición adicional es necesaria para determinar β_m^* . L&P parten del hecho que el uso de materiales en el período anterior no está correlacionado con el error del actual período, de donde surge la segunda condición:

$$E[\xi_i + \varepsilon_i | m_{i-1}] = 0 \quad b$$

De esta forma, si $Z_i = (k_i, m_{i-1})'$, los estimadores de β_k^* y β_m^* son aquellos que resuelven la siguiente minimización:

$$\min_{(\beta_k^*, \beta_m^*)} \sum_h \left[\sum_i (\xi_i + \varepsilon_i) Z_{ih} \right] \quad (39) \text{ Donde } h \text{ es el indicador de los elementos de } Z.$$

L&P imponen las siguientes condiciones adicionales para evitar problemas de sobreidentificación:

$$E[\xi_i + \varepsilon_i | l_{i-1}] = 0, \quad E[\xi_i + \varepsilon_i | m_{i-2}] = 0, \quad \text{y} \quad E[\xi_i + \varepsilon_i | k_{i-1}] = 0$$

Por lo tanto, es necesario redefinir Z como $Z_i = (k_i, m_{i-1}, l_{i-1}, m_{i-2}, k_{i-1})'$. Finalmente, los estimadores β_k^* y β_m^* son los correspondientes a la solución del siguiente problema de minimización utilizando el Método Generalizado de Momentos:

$$\min_{(\beta_h, \beta_m)} \sum_h \left[\sum_t \left(\hat{\xi}_t + \varepsilon_t \right) Z_{ht} \right] \quad (40)$$

Una vez obtenidos los parámetros de la función de producción, se computa la productividad total de los factores.

C. Cálculo del stock de capital

Para estimar el stock de capital total se tuvieron en cuenta cinco clases: terrenos, edificios y estructuras, maquinaria y equipo, equipos de transporte y equipos de oficina. Para cada uno de estos tipos de capital se utilizó la metodología sugerida por Harberger (1969).

Para calcular el stock de cada clase de capital inicial en 1981 se supone que el stock de capital neto (sin depreciación)⁷⁴ creció al mismo ritmo que la producción en el periodo 1981-2001:

$$\hat{K} - \delta \quad (41)$$

donde \hat{K} , δ corresponden a las tasas de crecimiento anual del stock de capital real y de la producción real y δ a la tasa de depreciación anual. De esta forma, el stock inicial puede calcularse como:

$$K_{81}^{har} = \frac{I_{b,81-01}}{Q_{81-99}} \quad (42)$$

donde K_{81}^{har} es el stock de capital inicial con la metodología Harberger, $I_{b,81-01}$ es la inversión bruta real promedio entre 1981 y 2001, y Q_{81-01} es el crecimiento anual de las ventas reales en ese periodo. La inversión nominal para cada tipo de capital se deflactó con el índice de precios respectivo.

Una vez calculado el stock inicial para cada clase de capital, se computó la relación $\frac{K_{81}^{har}}{K_{81}^{obs}}$ entre el capital ajustado según Harberger y el capital observado. Esta relación se utilizó para recalculer el stock ajustado (Harberger) de cada tipo para cada firma para 1981. Finalmente, se recalculó el stock de capital (por clase y firma) en 1982 -1999 con base en la ecuación:

$$K_{ijt}^{har} = K_{i,j,t-1}^{har} + I_{bi,jt} - \delta_j K_{i,j,t} \quad (43)$$

donde i representa cada firma, j cada tipo de capital y t cada año.

⁷⁴ Se utilizaron las siguientes tasas de depreciación: 5% para edificios, 10% para maquinaria y equipo, 20% para equipo de transporte, 10% para equipo de oficina. La depreciación de los terrenos es 0.

D. Encuesta Anual Manufacturera: definición de las variables utilizadas

- Industria manufacturera

Para efectos de la investigación estadística, se define como la transformación mecánica o química de sustancias orgánicas e inorgánicas en productos nuevos, ya sea que el trabajo se efectúe con máquinas o a mano, en fábrica o a domicilio, o que los productos se vendan al por mayor o al por menor. Incluye el montaje de las partes que componen los productos manufacturados, excepto en los casos en que tal actividad sea propia del sector de la construcción.

- Personal ocupado

Corresponde al número de personas ocupadas por el establecimiento, es decir, el total de los que trabajan y dependen de él, incluidos los propietarios que desarrollan una labor, los socios y familiares sin remuneración fija.

Para la encuesta de 1997, los datos sobre personal ocupado se solicitan y presentan en dos grandes grupos: uno que hace referencia al personal de producción y otro, al personal de administración y ventas distribuidos por sexo y según el tipo de contratación, es decir, propietarios, socios y familiares sin remuneración fija; personal permanente (contratado a término indefinido); personal temporal (contratado a término fijo) vinculado directamente por el establecimiento y, personal temporal contratado a través de agencias o empresas especializadas en el suministro de personal.

El personal permanente hace referencia a aquél que figura en la nómina del 15 de noviembre o la fecha más próxima a ésta para la cual se disponga de datos. El personal temporal, contratado directamente por el establecimiento o a través de agencias, se refiere al promedio ocupado en el año. Es de anotar que la desagregación del personal temporal, contratado directamente por el establecimiento o contratado a través de agencias sólo se solicita a partir de la encuesta de 1992.

Para comparaciones con encuestas anteriores a 1992, el grupo de personal de producción corresponde en general, a la sumatoria de las anteriores categorías de obreros y operarios, aprendices y técnicos (nacionales y extranjeros) y, el grupo de personal de administración y ventas a la sumatoria de las anteriores categorías de directivos y empleados.

Igualmente es importante tener en cuenta que hasta 1991, el personal ocupado se refiere al personal permanente que labora en el establecimiento industrial. Para la encuesta de 1997, esta información incluye tanto al personal permanente como al temporal que labora en el establecimiento informante y en aquellas unidades auxiliares que dependen administrativamente de él y que están ubicados en el mismo lugar físico.

- Producción bruta

El cálculo del valor de la producción bruta corresponde al valor de todos los productos y subproductos elaborados por el establecimiento durante el año valorados a precio de venta en fábrica (sin incluir los impuestos indirectos), más los ingresos por los trabajos industriales realizados para otros, más el valor de la energía eléctrica vendida, más el valor de otros ingresos operacionales (valor de los ingresos por

instalación y/o reparación de productos fabricados por el establecimiento y valor de los ingresos por arrendamiento de bienes producidos por el establecimiento), más el valor del inventario final de productos en proceso de fabricación, menos el valor del inventario inicial de productos en proceso de fabricación, más el valor de los ingresos causados por CERT.

Para comparaciones con encuestas anteriores, es importante aclarar que a partir de 1992, no se incluye en el cálculo de la producción bruta, la información correspondiente a los impuestos indirectos (IVA y consumo), pero si se adiciona la correspondiente a ingresos causados en el año por concepto de CERT y otros ingresos operacionales, que se solicitan explícitamente en el formulario.

- Consumo intermedio

Se define como el valor de todos los insumos consumidos durante el año en las labores industriales del establecimiento. El cálculo del consumo intermedio incluye el valor de las siguientes variables: consumo de materias primas, materiales y empaques valorados a precio adquisición (sin incluir los impuestos indirectos), energía eléctrica comprada, obsequios y muestras gratis, accesorios y repuestos consumidos, otros energéticos consumidos, servicios públicos (agua, correo, teléfono etc.), gastos por subcontratación industrial, gastos por labores industriales realizadas por trabajadores a domicilio, honorarios y servicios técnicos, gastos por servicios de mantenimiento y reparaciones, seguros, (excepto los de prestaciones sociales), arrendamiento de los bienes inmuebles y, arrendamiento de los bienes muebles. Es importante resaltar que hasta 1991 algunos de estos ítems se incluían en los denominados gastos generales. A partir de 1992, se considera como consumo intermedio, la parte de gastos relacionada directamente con la producción.

Para comparaciones con encuestas anteriores, es necesario tener en cuenta que a partir de 1992 no se incluye en el cálculo del consumo intermedio la información correspondiente a los impuestos indirectos (IVA y consumo).

- Valor agregado

Corresponde al valor de los ingresos recibidos por el uso de los factores productivos (tierra, capital, trabajo, organización empresarial), participantes en el proceso de producción durante el período estudiado. El DANE obtiene el valor agregado de la industria manufacturera deduciendo del valor de la producción bruta el valor del consumo intermedio.

- Energía eléctrica consumida

El consumo de kwh de energía eléctrica es igual a la sumatoria de los kwh comprados, más los kwh generados, menos los kwh vendidos.

- Materias primas, materiales y empaques consumidos y comprados

Corresponde a la compra y consumo, a nivel artículo, de las materias primas, materiales y empaques utilizados durante el año en el proceso industrial.

Para comparaciones con encuestas anteriores, es necesario calcular el valor del consumo a partir del valor de las cantidades compradas.

De otra parte, a partir de 1992, no se hace discriminación sobre el origen del

consumo de las materias primas, es decir que hace referencia al total, tanto de origen nacional como extranjero.

E. Sintaxis de los comandos en STATA

- Regresión por OLS

```
xtreg l_qr l_lperun l_lpersk2 l_econs l_mpr l_kaf if years>79 & qr_kaf_m!=.
& qr_lsk2_m!=. & qr_lun_m!=. & qr_mpr_m!=. & qr_econs_m!=.
predict residuosols_t, ue
gen ptft_ols=exp(residuosols_t)
```

- Regresión de L&P utilizando como proxy materias primas

```
. levpet l_qr, free( l_lperun l_lpersk2 l_econs) proxy( l_mpr) capital( l_kaf)
revenue reps(50), if years>79 & qr_kaf_m!=. & qr_lsk2_m!=. &
qr_lun_m!=. & qr_mpr_m!=. & qr_econs_m!=.
predict ptft_mpr, omega
```

- Regresión de L&P utilizando como proxy energía

```
. levpet l_qr, free( l_lperun l_lpersk2 l_mpr) proxy(l_econs) capital( l_kaf)
revenue reps(50), if years>79 & qr_kaf_m!=. & qr_lsk2_m!=. &
qr_lun_m!=. & qr_mpr_m!=. & qr_econs_m!=.
predict ptft_energ, omega
```

Para las estimaciones de Bogotá se añade la condición que el área metropolitana sea igual que 2 (am==2)

F. Metodología de estimación de un panel dinámico: Arrellano y Bond y Método Generalizado de Momentos (GMM)⁷⁵

⁷⁵ Esta sección se basa en Loayza et al (2000), Baltagi (2001) y Bond (2002)

Existen ventajas importantes al trabajar con paneles de datos a nivel de firma ya que se evitan posibles sesgos de agregación y se pueden capturar diferencias relevantes entre grupos de firmas, sectores, etc. El enfoque metodológico utilizado en algunos ejercicios de este documento es el *Generalized Methods of Moments* (GMM), diseñado para generar estimadores consistentes en panel data, a pesar de tres problemas presentes en este tipo de información: 1) efectos significativos de la productividad rezagada que implican un impacto diferente de las variables independientes en el corto y largo plazo; 2) algunas variables explicativas como el producto, las exportaciones o la deuda pueden estar determinandas conjuntamente con la productividad y es necesario controlar por la endogeneidad conjunta de las variables independientes; 3) efectos no observados específicos a las firmas. Esta metodología considera la posibilidad de determinación simultánea y causalidad inversa (reverse causality).⁷⁶

Esté método controla la endogeneidad de las variables mediante el uso de sus rezagos como instrumentos y permite prescindir del supuesto de exogeneidad estricta⁷⁷. Adicionalmente, algunas variables como las dummies sectoriales y aquellas para Bogotá pueden ser tratadas como estrictamente exógenas.

La metodología diseñada por Arrellano y Bond (1991) parte de un modelo de la siguiente forma:

$$Ptf_{i,t} = \alpha Ptf_{i,t-1} + \phi X_{i,t} + \eta_i \quad (44)$$

donde Ptf es la productividad multifactorial estimada de acuerdo a la aproximación de Levinsohn y Petrin, X son las variables explicativas de la PTF, corresponde a los efectos permanentes a nivel de firma y η_i al error aleatorio. El estimador diseñado por los autores conocido como GMM en diferencias, elimina al trabajar en primeras diferencias en las variables:

$$Ptf_{i,t} - Ptf_{i,t-1} = \alpha(Ptf_{i,t-1} - Ptf_{i,t-2}) + \phi(X_{i,t} - X_{i,t-1}) + (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}) \quad (45)$$

Adicionalmente, utiliza como instrumentos las variables rezagadas con las siguientes condiciones de momento:

⁷⁶ Los problemas anteriores implican que la metodología de mínimos cuadrados ordinarios lleva a estimadores inconsistentes, con sesgos hacia coeficientes altos. Adicionalmente, se encuentran sesgos hacia abajo en estimadores de efectos fijos (Bond, 2002).

⁷⁷ Sin embargo, esta metodología si maneja el supuesto de exogeneidad débil que significa que las innovaciones futuras (cambios no previstos) en la productividad no influyen sobre las realizaciones previas de las variables independientes.

$$E\left[Ptf_{i,t-s} \cdot (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1})\right] \quad \text{para } s \geq 2; t=3\dots T \quad (46)$$

$$E\left[X_{i,t-s} \cdot (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1})\right] \quad \text{para } s \geq 2; t=3\dots T \quad (47)^{78}$$

$$E\left[(Ptf_{i,t-1} - Ptf_{i,t-2}) \cdot (\eta_i - \varepsilon_{i,t})\right] \quad (48)$$

$$E\left[(X_{i,t} - X_{i,t-1}) \cdot (\eta_i - \varepsilon_{i,t})\right] \quad (49)$$

El estimador GMM en diferencias es consistente de acuerdo a la validez de los instrumentos y para probarlo se presentan las pruebas de correlación de primero y segundo orden para i . La presencia de correlación serial de primer orden no implica ningún problema dado que se está trabajando en primeras diferencias pero la presencia de correlación de segundo orden será muestra de problemas de identificación y consistencia.

Se trabajó con estimadores en una etapa pues los estimadores en dos etapas tienden a producir errores estándar bajos, con ganancias muy modestas en eficiencia. No obstante, se trabajó con errores robustos eliminándose cualquier problema de heterocedasticidad.

⁷⁸ Se puede trabajar con diferentes condiciones de momento dependiendo de los supuestos sobre la correlación entre las variables X , V y ε , es decir, de si las variable V particular es estrictamente exógena, endógena, etc. Ver Bond(2002)

VIII. Bibliografía

- Arbeláez, M. A., J. Echavarría y A. Gaviria (2002) "Colombian long run growth and the crisis of the 1990s" . Fedesarrollo
- Arbeláez, M. A. Y J. Echevarría (2002) "Credit, financial liberalization and manufacturing investment in Colombia". Fedesarrollo.
- Arellano, M y S. Bond (1991). "Some tests of specifications for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations". *The Review of Economics Studies* 58.
- Baltagi, B. (2001). "Econometric analysis of panel data". 2d ed. New York: John Wiley & Sons.
- Beck, T., R. Levine y N. Loayza (2000). "Finance and the sources of growth". *Journal of Financial Economics*.
- Barro, R. Y X. Sala-I-Martin (1995). "Economic Growth". McGraw-Hill
- Bond, S. (2002). "Dynamic panel data models: A guide to micro data methods and practice". Nuffield College, Oxford and Institute for Fiscal Studies.
- Butler, I y G. Sanchez (2002). "Market institutions, labor market dynamics, growth and productivity in Argentina"
- Cárdenas, M (2002). "Economic growth in Colombia: A reversal of 'fortune'?. CID Working Paper No. 83. Harvard University.
- Clavijo, Sergio (1995). "Crecimiento económico y productividad en Colombia: una perspectiva de largo plazo (1957-1994)". *Archivos de Economía* No. 30 . DNP.
- _____ (2003). "El crecimiento y productividad de la Nueva Economía". *Borradores de Economía* No. 228 . Banco de la República.
- Collier, P (1999). "On the economic consequences of civil war". World Bank Working Papers.
- Creamer, D y J. Kendrick (1965). "Measuring company productivity: Handbook with cases studies". *Studies in Business Economics*, No. 89.
- Devereux, M. & F. Schiantarelli, (1989), "Investment, Financial Factors and Cash Flow: Evidence from UK Panel Data", *National Bureau of Economic Research*.
- Gallego, F. & N. Loayza, (2000), "Financial structure in Chile: macroeconomic effects", (mimeo), Central Bank of Chile.
- Eslava M., Haltiwanger J., Kugler A., Kugler M. (2004). "The Effect of Structural Reforms on Productivity and Profitability enhancing reallocation: The Case of Colombia", WP No. 10367, NBER Working Papers Series
- Esterly, W y R. Levine (2002). "It's not factor accumulation: stylized facts and growth

- models". Working Paper No. 164. Banco Central de Chile.
- Hall, R. y C. Jones (1999), "Why do some countries produce so much more output per worker than others?" *Quarterly Journal of Economics*, CXIV.
- Harris, J.R., F. Schiantarelli & M.G. Siregar, (1994), "The Effect of Financial Liberalization on the Capital Structure and Investment Decisions of Indonesian Manufacturing Establishments", *World Bank Economic Review*, v.8, pp.17-47.
- Iscan, Talan (1997). "Trade liberalization and productivity: a panel study of Mexican manufacturing industry". Dalhousie University, Canada.
- Jaramillo, F. y F. Schiantarelli (1996), "Access to long term debt and effects on firms' performance: lessons from Ecuador". World Bank.
- Jaramillo, F., F. Schiantarelli & A. Weiss, (1996), "Capital market imperfections before and after financial liberalization: an Euler equation approach to panel data for Ecuadorian firms", *Journal of Development Economics*, v.51, pp.367-386.
- Kendrick, J (1961). "Productivity trends in the United States". Princeton University Press.
- Levinsohn, J., y A., Petrin. "When industries become more productive, do firms? Investigating productivity dynamics". NBER Working Paper 6893.
- Loayza, N., P. Fajnzylber y C. Calderón (2002). "Economic Growth in Latin America and the Caribbean".
- Meléndez, M., P. Medina y K. Seim (2003). "Productivity dynamics of the Colombian manufacturing sector". Documento Cede 2003-23.
- Muendler, Marc-Andreas (2002). "Trade, technology and productivity: A study of Brazilian Manufactures, 1986-1998".
- Mulligan, C. y X. Sala-i -Martin (1995). "A labor-income-based measure of value of human capital: an application to the states of the U.S.". NBER Working Paper 5018.
- Olley, S., y A., Pakes (1996). "The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry". *Econometría*, 64(6).
- Pavcnik, N., (2000), "Trade Liberalization, Exit, and Productivity Improvements: Evidence from the Chilean Plants", WP No. 7852, National Bureau of Economic Research, Working Papers Series.
- Romer, D (2001) "Advanced macroeconomics". McGraw-Hill.
- SHD (2002). "Cambio tecnológico, productividad y crecimiento en la industria en Bogotá". Cuadernos de la ciudad. Serie Productividad y Competitividad No. 2
- _____ (2002). "El comportamiento de la productividad en la economía bogotana". Cuadernos de la ciudad. Serie Productividad y Competitividad No. 1.
- _____ SHD (2002). "Inversión pública distrital y crecimiento económico de Bogotá". Cuadernos de la ciudad. Serie de Ingresos y Gastos Públicos No. 1
- Sanchez, G., Y Butler, I., (2002), "Market Institutions, Labor Market Dynamics, Growth

and Productivity: Argentina", IERAL, Mimeo.

Sjoholm, F., (1997) "Exports, Imports and Productivity: Results from Indonesian Establishment Data", Mimeo, Stockholm School of Economics, Sweden.