

# **Productividad multifactorial del sector manufacturero del Cauca 1993-2006**

*Multifactorial productivity of the Cauca's manufacturing sector 1993-2006.*

*Produtividade multifatorial no setor manufactureiro do Cauca 1993-2006*

**ANDRÉS MAURICIO GÓMEZ SÁNCHEZ.**

*Docente asociado del Departamento de Economía, Universidad del Cauca.  
amgomez@unicauca.edu.co.*

Recibido: 25.10.10  
Aprobado: 15.03.11

## **Resumen:**

Este estudio intenta medir y analizar la evolución de la productividad total de los factores (PTF) en el sector manufacturero caucano entre los años 1993 y 2006. La medición se realiza para un panel desbalanceado de firmas a través de tres metodologías econométricas alternativas: mínimos cuadrados ordinarios (MCO), efectos fijos (EF), y un modelo semiparamétrico propuesto por Levinsohn-Petrin (LP). Los resultados evidencian que existen sesgos en los parámetros bajo MCO y EF encontrándose rendimientos constantes a escala, pero de manera contraria bajo LP se encuentra, bajo parámetros consistentes, que la PTF sigue de cerca el ciclo económico caucano, en presencia de rendimientos crecientes.

**Palabras clave:** Productividad, Industria del Cauca, Modelos Semiparamétricos, Rendimientos a Escala, Ley Páez.

## **Abstract:**

This study tries to measure and to analyze the evolution of the total productivity of the factors (TPF) in the Cauca's manufacturing sector between the year 1993 and 2006. The measurement developed carries out for an unbalanced panel of firms across three alternative econometric methodologies: ordinary least square (OLS), fixed effects (FE), and a semiparametric model proposed by Levinsohn-Petrin (LP). The results demonstrate that biases exist in the parameters under OLS and FE, finding constant returns to scale but under LP we found, under consistent parameters, that TPF follows closely the cauca's business cycle, in presence of increasing returns to scale.

**Key words:** Productivity, Cauca's Industrial Sector, Semiparametric Models, Increasing Returns to Scale, Paéz Law.

**JEL Classification:** C01, C14, D24, R10.

## Resumo:

Esta pesquisa tenta medir e analisar a evolução da produtividade total dos fatores (PTF) no setor manufatureiro da região do Cauca no período 1993-2003. A medição realiza-se para um painel desbalanceado de firmas através de três metodologias econométricas alternativas: mínimos quadrados ordinários (MQO), efeitos fixos (EF), e um modelo semiparamétrico proposto por Levinsohn-Petrin (LP). Os resultados demonstram que existem vieses nos parâmetros mensurados por MCO e EF, se encontrando rendimentos constantes à escala. Porém, de maneira oposta a partir do LP, se evidencia –sob parâmetros consistentes– que a PTF segue de perto o ciclo econômico da região caucana, na presença de rendimentos crescentes.

**Palavras-chave:** Produtividade, Indústria do Cauca, Modelos Semiparamétricos, Rendimentos à Escala, Lei Páez.

## Introducción

Bajo la dinámica de la globalización, un fenómeno que ha cobrado especial relevancia en los últimos años dentro de la economía ha sido el de la productividad. Definida generalmente como la diferencia entre la tasa de crecimiento de la producción y la tasa ponderada de incremento de los factores de producción (Productividad Total de Factores (PTF)), su explicación, medición y respectivo análisis, ha sido todo un debate no sólo al interior de la teoría económica sino de la econometría misma. En efecto, después de los aportes teóricos de Schumpeter (1942) y Solow (1956); y de los análisis empíricos de última generación en cabeza de Olley y Pakes (1996); Levinsohn y Petrin (2000), entre otros, la productividad sigue manteniéndose como un concepto que no genera consenso ni en su determinación teórica, ni mucho menos en la empírica. Pero si este es el panorama, ¿por qué es importante la medición y el análisis de la productividad para la economía? <sup>1</sup>

Porque para un país o región desempeña un papel decisivo como fuente de crecimiento a largo plazo, pues su positiva evolución generalmente implica una mayor eficiencia en los factores empleados en los procesos productivos, lo que a su vez se traduce en fuente de ventajas competitivas. De otro lado, las mejoras en la productividad permiten en el largo plazo ampliar nivel de ingreso *per cápita* de los habitantes, toda vez que éste depende de la eficiencia en el uso de los factores de producción, y de la acumulación de capital.

---

1 La definición de la productividad tiene varias aproximaciones, pero para este estudio se hará siempre referencia a ella desde la visión de la Productividad Total de Factores, por tanto productividad y PTF se trabajarán indistintamente.

En la última década en Colombia se han realizado de manera prolífica estudios sobre la productividad en sectores que se consideran líderes o que jalonan el nivel de actividad económica, tales como el sector manufacturero. A pesar de la gran cantidad de estudios, la mayoría se realiza para el contexto nacional y se deja de lado regiones que no tienen una alta participación en el concierto industrial colombiano.<sup>2</sup> Una de estas regiones es el Departamento del Cauca, el cual de acuerdo con estudios realizados con anterioridad,<sup>3</sup> muestra que existe un cambio en la estructura productiva, pasando de ser una región netamente agrícola, a otra donde el sector industrial tiene un papel preponderante en la determinación de su PIB ya que su participación era del 11% hace 40 años y actualmente alcanza una participación cercana al 25%.<sup>4</sup>

De acuerdo a Meléndez y Seim (2003) la mayoría de los estudios realizados en Colombia en materia de productividad no son fiables debido a la inexacta elección de los modelos econométricos para medir la productividad. Después de la aparición del estudio pionero de Olley y Pakes (1996); se demostró que la utilización de modelos de series temporales bajo funciones de producción Cobb-Douglas, con métodos de estimación por MCO o por Efectos Fijos (EF), generan distorsiones en los parámetros que conducen a resultados poco fiables o contradictorios. En efecto, la literatura reciente, inspirada en el trabajo aplicado de Levinsohn y Petrin (2000), ha encontrado evidencia de que los factores de producción y los insumos tienden a estar correlacionados con la productividad, de tal forma que los estimadores obtenidos bajo MCO o EF, están sesgados.

La falencia de las mediciones previas, sumado a la escasa aplicación de éstos temas en el análisis económico en el Departamento del Cauca, a la creciente importancia que ha tomado el sector manufacturero en el nivel de actividad económica, y la influencia de la Ley Páez, son razones suficientes para orientar una investigación que permita develar la dinámica interna de la PTF en dicho sector.

Este trabajo consta de cuatro divisiones. La primera es una división de la literatura que se encuentra frente a este tema. La segunda es la presentación del modelo econométrico; una tercera parte se realizó con base a la discusión de los resultados de la investigación y por últimos unas sucintas conclusiones seguidas de algunos anexos.

## I. Revisión de la literatura

A nivel nacional e internacional la medición de la productividad ha cobrado especial relevancia en las últimas dos décadas, debido a su importancia en el crecimiento económico de los países. Los enfoques teóricos y metodológicos para calcularla y

2 Entre los más recientes figuran los elaborados por Cárdenas (2006), Echavarría et. al. (2006), Eslava et. al. (2004), Rosales (2005), Fernández (2003) y Meléndez y Seim (2003).

3 Véase, Cámara de Comercio del Cauca-Corporación Cauca Progresiva. (2008). Análisis de Coyuntura Económica Cauca 2000-2007. Popayán.

4 Los únicos dos estudios realizados en el Cauca son las investigaciones adelantadas por Gómez (2004) y Paz (2009). El modelo propuesto en este estudio se diferencia del primero en que se emplea un modelo de datos panel desbalanceado y no se emplean estimaciones vía MCO con datos agregados de series de tiempo, con el segundo la diferencia es aún más amplia ya que se utilizan modelos formales y no datos descriptivos.

analizarla han cambiado radicalmente a partir de los estudios realizados por Olley y Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin (2000). Antes de éstos, las técnicas utilizadas pasaban por alto los posibles problemas de endogeneidad que existen entre los factores de producción y la productividad, utilizándose métodos como MCO y EF que arrojaban resultados poco confiables. Por tal razón la investigación de estos autores y los que de ésta vertiente siguieron, se constituyen en los referentes inmediatos a seguir para la medición de la productividad.

El trabajo de Olley y Pakes al igual que el de Levinsohn y Petrin intentan en términos generales, capturar la dinámica de la productividad en diferentes sectores económicos. El primero lo realiza para la industria de las telecomunicaciones en Estados Unidos, ya que el cambio técnico y la desregulación estatal generaron una reestructuración en la producción al interior del sector a principios de los noventa, que afectó de manera directa la productividad. En el segundo caso la medición se realiza para el sector manufacturero chileno, ya que la fuerte liberalización de los mercados en este país también para la década de los noventa afectó la productividad. A pesar de que los pioneros en este campo son Olley y Pakes, se considera el modelo de Levinsohn y Petrin más completo en el sentido que generaliza el modelo de los primeros. Por tal motivo se seguirá el modelo de Levinsohn-Petrin, aclarando posteriormente donde se encuentran la diferencias con la modelación inicial.<sup>5</sup>

De manera específica el interés del estudio de Levinsohn y Petrin es medir la productividad a la luz de procesos *Learning by Doing* y de adopciones de mejores métodos productivos por parte de las empresas manufactureras chilenas. Los autores demuestran que bajo los métodos tradicionales (MCO) y (EF), la productividad tiende a estar relacionada con los factores productivos, lo que desemboca en un sesgo de simultaneidad (endogeneidad) porque al ser conocida la productividad únicamente por el productor y no por el investigador, se afecta la elección de contratación de factores. Para corregir el problema proponen un modelo semiparamétrico que incluye la demanda de materias primas como una variable proxy para la productividad no observable.

La medición se inicia con una función de producción Cobb-Douglas en logaritmos donde se incluye en las variables económicas tradicionales (producto, capital, y trabajo) una variable proxy de los shocks de la productividad (las materias primas). Puesto que no se conoce la forma funcional de la productividad pues no es observable por parte del investigador (pero si por el productor), los coeficientes de la función de producción no se pueden estimar por el método de MCO, y tampoco por EF.

Como alternativa sugieren una estimación en dos etapas usando métodos semiparamétricos. En términos generales, la primera etapa consiste en estimar los coeficientes de los insumos de trabajo calificado y no calificado, aislando a través de valores esperados, la influencia del capital y de las materias primas en dichos insumos. De esta forma se obtienen vía MCO los parámetros consistentes para la mano de obra. La segunda etapa radica en obtener el parámetro consistente para el capital, asumiendo

5 Otros referentes en los que se apoyan Levinsohn y Petrin fuera de Olley y Pakes (1996), son Jovanovic (1982), Hopenhayn y Rogerson (1993), Ericsson y Pakes (1995), y Tybout (1997).

que la forma funcional de la productividad no observable sigue un proceso markoviano de orden uno. Así, el parámetro del capital se estima bajo el Método Generalizado de Momentos (MGM). Finalmente la PTF se determina bajo MCO como un residual pues ya todos los parámetros son consistentes.<sup>6</sup>

En términos econométricos el estudio demuestra que los coeficientes de los insumos de trabajo calificado y no calificado están sesgados positivamente con la productividad bajo los métodos tradicionales, mientras que el capital resulta sesgado negativamente para la mayoría de sectores. Desde la economía se evidencia que las firmas después de la apertura, efectivamente incrementaron sus niveles de productividad lo que generó un proceso de cambio en las participaciones de las empresas en el mercado (*market shares*). A su vez, lo anterior condujo a una dinámica de consolidación y salida de firmas que reformó la estructura del mercado.

Los estudios que a nivel nacional dan cuenta del comportamiento de la productividad (PTF) en la última década, siguen la tradición de Levinsohn y Petrin. Entre éstos se destaca la investigación de Meléndez y Seim (2006) la cual indaga por la dinámica de la productividad del sector manufacturero colombiano y su relación con la política comercial para el periodo comprendido entre 1977 y 2001. En él se estima la productividad total de los factores a nivel de establecimiento para diez sectores manufactureros de la clasificación CIIU a 3 dígitos. Los resultados muestran que la desaceleración de la economía durante la segunda mitad de la década de 1990 afectó negativamente los incrementos en la productividad obtenidos con la apertura económica, a tal punto que en 1998 la productividad del sector manufacturero agregado se situó en niveles inferiores a los observados dos décadas atrás. La razón estriba en la caída de los niveles de productividad internos de los establecimientos, posiblemente debido a un lento desarrollo tecnológico. Finalmente se comprueba que en la época de afianzamiento de la apertura se presentan incrementos positivos en la productividad explicadas por la entrada de firmas más eficientes que las establecidas anteriormente.

## II. Modelo econométrico

Para estimar la PTF a nivel industrial y luego a nivel de sectores, se partirá de un modelo econométrico que relaciona una función de producción Cobb-Douglas transformada en logaritmos, en donde se aplican técnicas de estimación estándar como la de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y de Efectos Fijos (EF) para obtener la productividad a la Solow, es decir, como un residuo. Posteriormente, se aplicará una variante del modelo desarrollado por Levinsohn y Petrin (2000), consistente en un modelo de panel bietápico que considera la productividad como una variable in-

6 En la modelación de Olley y Pakes la variable proxy es la inversión, mientras que Levinsohn y Petrin puede ser cualquier insumo intermedio tal como la electricidad o el combustible. La utilización de los insumos intermedios tiene tres ventajas. En primer lugar, no se requiere de la compleja comprobación construida por Olley y Pakes para determinar que la inversión sirve como proxy de la productividad, en segundo lugar los insumos intermedios responden suavemente a los shocks en productividad, mientras que la inversión es una variable muy desigual ya que incluye elevados costos de ajuste. Y finalmente las materias primas no asumen valores iguales a cero para ningún periodo como si puede llegar a presentarse con la inversión.

observable, para intentar develar consistencia en los parámetros estimados bajo este escenario.

La diferencia de la modelación entre estos autores y la de esta investigación se muestra en dos niveles: en primer lugar, la variable proxy para acercarse a la productividad inobservable será la energía y no la inversión, debido a que la utilización agregada de este insumo por parte de la industria es creciente en el tiempo para el período seleccionado, y en segundo lugar por ser un insumo no almacenable, su consumo sólo puede concebirse en un ámbito de creciente productividad. La idea es que si en primer lugar la firma observa una elevada productividad en el periodo  $t$ , es porque la productividad marginal de la energía es alta. Como respuesta, la firma sigue produciendo aún más hasta el punto donde la productividad marginal de la energía iguala de nuevo al precio de ésta. Mayores producciones, implican mayores demandas de insumos intermedios, lo que conduce a mayores niveles de productividad.

En segundo lugar, los factores incluidos en el modelo al igual que las formas de introducción de las variables observables y no observables, se distanciarán de las utilizadas por dichos autores bajo argumentos económicos apoyados en Lora (1994) y no en Harberger (1969), como es la tradición. En efecto, el cálculo de la PTF requiere de la obtención del capital para cada empresa pero los estudios previos, tanto nacionales como internacionales asumen que esta variable puede obtenerse ajustando el stock de capital por la capacidad utilizada, o por valor inicial según la metodología sugerida por Harberger (1969)<sup>7</sup>. Ésta presenta problemas frente a los supuestos que se deben plantear sobre las tasas de depreciación y crecimiento del capital. En otras palabras, los modelos aplicados a nivel nacional parten de medir la productividad como el residual a la Solow, pero sus modelos se basan en la construcción de variables (como el capital por ejemplo) que no reflejan su esencia, sino una conveniencia metodológica.

Por tal motivo y para estar más acordes con el modelo a la Solow, se adoptará la sugerencia de Eduardo Lora (1994).<sup>8</sup> Esta metodología se diferencia básicamente de la elaborada por Harberger, en suponer que la relación capital-producto es constante en vez de suponer las tasas de depreciación y crecimiento del capital sin ningún sustento teórico o empírico. El supuesto de Lora, por tanto, conduce a que las tasas de crecimiento del capital y del producto tiendan a ser iguales en el largo plazo.

Para la estimación de la función de producción, se utilizarán los datos provenientes de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) bajo códigos CIIU Rev. 3 A.C a dos dígitos, realizada por el DANE a nivel de empresa-año, para el período muestral 1993-2006, la cual es implementada por el DANE.<sup>9</sup> De esta forma se constituyó un

7 La Encuesta Anual Manufacturera (EAM) reporta el valor en libros de los activos fijos por categoría: terrenos, edificios y estructuras, maquinaria y equipo, equipo de transporte y equipo de oficina. Para cada categoría reporta las compras, las ventas, la producción, la depreciación y la revalorización, tanto para equipo nuevo como usado.

8 Lora basa su metodología en la propuesta del modelo de desarrollo a seguir para América Latina en la década de los setentas, realizada por el Banco Mundial a la luz de los postulados del modelo Harrod-Domar.

9 La periodicidad elegida obedece a que en el año 1992 la metodología de recolección de información cambió y aparte de esto, aún no ocurría el desastre natural en Páez. De otro lado, por no tener aun procesados los datos la EAM para 2007, se elige el año 2006.

panel desbalanceado de 900 establecimientos en 14 años. Finalmente, para eliminar el problema de la inflación, las series fueron deflactadas con el índice de precios al productor (IPP), tomando como base el año 1999.<sup>10</sup>

### El modelo<sup>11</sup>

El modelo parte de especificar una función de beneficios para cada firma en tiempo discreto. Para tal efecto, se considera que las firmas (*i*) producen un bien homogéneo y maximizan sus beneficios ( $\pi$ ) en cada período (*t*) a través de una función de ganancias típica neoclásica, la cual depende a su vez de las variables de estado tradicionales (trabajo *L*, capital *K*, materias primas o demanda de bienes intermedios *MP*, y energía *ENE*) más una variable  $\pi_{it}$  que recoge la productividad que tan sólo es observada por la firma, pero no por el investigador. De esta forma, dicha función adopta la siguiente forma:

$$\pi_{it}(k_{it}, l_{it}, mp_{it}, ene_{it}, w_{it}) \cong \text{Max}[p_{it} \cdot Y_{it}(K_{it}(i), L_{it}, MP_{it}, ENE_{it}, \varepsilon_{it}) - C_{it}(L_{it}, K_{it}(i), MP_{it}, ENE_{it})] \quad (1)$$

Donde  $C_{it}(\cdot)$  hace referencia a la función de costos de producción para cada firma en el período *t*. La función de producción se considera Cobb-Douglas. Por tanto:

$$Y_{it} = \beta_0 K_{it}^{\beta_k} L_{it}^{\beta_l} MP_{it}^{\beta_{mp}} ENE_{it}^{\beta_e} e^{\varepsilon_{it}} \quad (2)$$

Introduciendo logaritmos naturales, para cada firma se tiene que:

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{it} + \beta_{mp} mp_{it} + \beta_e ene_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2.1)$$

Donde  $\alpha_0$  es el logaritmo natural de  $\beta_0$ , y las variables en minúscula indican que están transformadas a logaritmos. De otro lado, la estructura de los errores es  $\varepsilon_{it}$ , es decir éstos a su vez se descomponen en  $w_{it}$  la cual es la productividad no observable de la firma en el período *t*, y en un término aleatorio de error con media cero. Por tanto:

$$y_{it} = \alpha_0 + \beta_k k_{it} + \beta_l l_{it} + \beta_{mp} mp_{it} + \beta_e ene_{it} + w_{it} + u_{it} \quad (3)$$

La diferencia entre  $w_{it}$  y  $u_{it}$  consiste en que la primera es una variable de estado y es observable por la firma, impactando en las decisiones de escogencia de los insumos, hecho que conduce al problema de simultaneidad en la estimación de la función de producción. La segunda son los errores estocásticos tradicionales inobservables. En efecto, siguiendo la ecuación (3), si la mano de obra contratada en *t* (o el capital, o la energía, o las materias primas) responde a la productividad observada  $w_{it}$ , entonces la elección de los factores estarán positivamente correlacionadas con la productividad. La estimación empírica tradicional de la ecuación (3) por MCO, pasa por alto esta correlación entre insumos y productividad no observable, conduciendo a que los estimadores de las elasticidades producto de cada factor estén sesgados “hacia arriba” o “hacia abajo”, es decir estén sobrevalorados o subvalorados. La estimación por Efectos Fijos (EF) tampoco se considera la más acertada, toda vez que supone que la producti-

10 Esta Metodología está basada en la realizada por Medina, Meléndez y Seim (2006).

11 Este modelo, como se dijo anteriormente, está basado en el realizado por Levinsohn y Petrin (2000).

vidad inobservable es invariable en el tiempo.

Para eliminar el problema de simultaneidad, se supone que en el problema de maximización de los beneficios económicos por parte de las firmas, éstas obtienen funciones de demanda para insumos intermedios, las cuales son funciones de la productividad no observada. Para este caso la variable proxy a utilizar será la demanda de energía, ya que como se mencionó anteriormente, la utilización ha sido creciente en el sector, y éste es un insumo no almacenable. Así:

$$ene_t = ene(w_t, k_t) \quad (4)$$

Suponiendo que la demanda por energía es una función monótona y estrictamente creciente en  $w_{it}$ , es posible invertir la ecuación (4) y expresar la productividad no observable en términos de las variables observables o de control de la firma:

$$w_{it} = f_t(ene_{it}, k_{it}) \quad (5)$$

Sustituyendo (4) en (2.1), y definiendo:

$$\delta_{it} = \alpha_0 + \beta_k k_{it} + f_t(ene_{it}, k_{it}),$$

Se tiene que:

$$y_{it} = \beta_l l_{it} + \beta_{mp} mp_{it} + \beta_e ene_{it} + \delta_{it}(ene_{it}, k_{it}) + u_{it} \quad (6)$$

Como no se conoce la forma funcional de  $\delta_{it}$ , los coeficientes de la función de producción no se pueden estimar por el método de MCO. Como la ecuación (6) es lineal frente a la mano de obra y a las materias primas pero no lineal frente a la función  $\delta_{it}$ , el modelo debe estimarse usando métodos semi-paramétricos. Por tanto, se propone un proceso de estimación en dos etapas a partir de un panel de firmas desbalanceado.

La primera etapa radica en estimar de manera consistente los parámetros del trabajo, y las materias primas en (6), es decir, de los factores diferentes a la proxy de la productividad. Para lograrlo se estiman los siguientes valores esperados:

$$E[Y_{it}|k_{it}, ene_{it}]; E[l_{it}|k_{it}, ene_{it}]; E[mp_{it}|k_{it}, ene_{it}]$$

Tomando los valores esperados de producto e insumos y sustrayéndolos en la ecuación (3), se tiene:

$$y_{it} - E[Y_{it}|k_{it}, ene_{it}] = \beta_l [l_{it} - E[l_{it}|k_{it}, ene_{it}]] + \beta_{mp} [mp_{it} - E[mp_{it}|k_{it}, ene_{it}]] + u_{it} \quad (6.1)$$

Estimando la ecuación (6.1) por MCO, se obtienen estimadores consistentes para el trabajo y las materias primas. Una vez obtenidos los parámetros consistentes de la mano de obra y las materias primas, se inicia la segunda etapa, con el objetivo de identificar los parámetros de la energía y el capital. Sustituyendo los valores de los parámetros hallados en (6.1), se tiene que:

$$y_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_{mp} mp_{it} - \beta_e ene_{it} - \beta_k k_{it} - w_{it} = u_{it} \quad (7)$$

Se asume que  $w_{it}$  (la productividad no observable) sigue un proceso Markoviano de primer orden, es decir que presenta la siguiente estructura:

$$w_{it} = E[w_{it}|w_{it-1}] + \varphi_{it} \quad (7.1)$$

Donde  $\varphi_{it}$  es un error con media cero. Como  $w_{it}$ , entonces (7.1) también es igual a:

$$w_{it} = E[w_{it}|w_{it-1}] + \varphi_{it} = E[w_{it} + u_{it}|w_{it-1}] + \varphi_{it} \quad (7.2)$$

Así introduciendo (7.2) en (7) se obtiene:

$$y_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_{mp} mp_{it} - \beta_e ene_{it} - \beta_k k_{it} - E[w_{it} + u_{it}|w_{it-1}] = \varphi_{it} + u_{it} \quad (8)$$

Ahora, las expectativas condicionales pueden aproximarse por:

$$w_{it} + u_{it} = y_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_{mp} mp_{it} - \beta_e ene_{it} - \beta_k k_{it} \quad (8.1)$$

y

$$w_{it-1} = E[y_{it-1} - \hat{\beta}_l l_{it-1} - \hat{\beta}_{mp} mp_{it-1} | ene_{it-1}, k_{it-1}] - \beta_e ene_{it-1} - \beta_k k_{it-1} \quad (8.2)$$

Para finalizar, la ecuación (8) se estima a través del Método Generalizado de Momentos (MGM) para obtener los estimadores insesgados de  $\varphi_{it}$  y  $u_{it}$ , bajo las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} E[\varphi_{it} + u_{it} | k_{it}] &= 0 \\ E[\varphi_{it} + u_{it} | ene_{it-1}] &= 0 \end{aligned}$$

Es decir que  $\varphi_{it}$  es independiente del capital en  $t$ , y del consumo de energía del periodo anterior.<sup>12</sup> Una vez realizado todo lo anterior, el cálculo de la PTF en logaritmo para cada empresa en cada año se realiza a través de MCO como un residual, introduciendo los parámetros consistentes hallados en la primera y segunda etapa para el personal ocupado, materias primas, energía y capital. Por tanto:

$$\text{Log } PTF_{it} = y_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_{mp} mp_{it} - \hat{\beta}_e ene_{it} - \hat{\beta}_k k_{it} \quad (9)$$

Finalmente, para estimar la PTF agregada de la industria y por subsectores, se realiza un promedio de la productividad estimada por firma, ponderado por el nivel de producto. Para poder comparar los resultados, se normalizan en ambos escenarios los cálculos anuales de la PTF.

12 Se utiliza el Método Generalizado de Momentos para que los parámetros tanto del capital como de la energía sean ahora consistentes, pues como se mencionó anteriormente no existe ortogonalidad entre los errores y los regresores del modelo, es decir, existe simultaneidad entre ellos. Si no existiese tal problema, los parámetros en mención podrían estimarse vía MCO, pero bajo mediciones de productividad, nunca es el caso.

## Discusión de resultados<sup>13</sup>

El cuadro No.1 muestra en resumen los resultados obtenidos de las estimaciones del modelo por las tres metodologías propuestas para medir la productividad.<sup>14</sup>

Desde la econometría, los resultados muestran que los parámetros son estadísticamente significativos y los signos esperados (todos positivos) se cumplen, para los tres escenarios propuestos. Desde la economía, independientemente de la metodología utilizada se puede observar que bajo condiciones *ceteris paribus*, las elasticidades producto del trabajo, capital, energía y materias primas son bajas. Adicionalmente, por los métodos MCO y EF se evidencia la presencia de rendimientos constantes a escala, pero por LP existen rendimientos crecientes a escala.

**Cuadro No. 1:** Resultados de la Estimación por MCO, EF y LP<sup>15</sup>

VARIABLE	MCO	EF	LP
<b>LPO</b>	<b>0.335*</b>	<b>0.365*</b>	<b>0.347*</b>
<b>Desv. Std</b>	0.056	0.052	0.056
<b>LK</b>	<b>0.131**</b>	<b>0.063**</b>	<b>0.079*</b>
<b>Desv. Std</b>	0.043	0.050	0.031
<b>LENE</b>	<b>0.182*</b>	<b>0.389*</b>	<b>0.355*</b>
<b>Desv. Std</b>	0.049	0.053	0.033
<b>LMP</b>	<b>0.370*</b>	<b>0.231*</b>	<b>0.465*</b>
<b>Desv. Std</b>	0.041	0.037	0.040
<b>Rendimientos</b>	<b>1.018</b>	<b>1.049</b>	<b>1.246</b>

Nota: \*\*\*/significativo al 10%, \*\*/significativo al 5%, \*/significativo al 1%

Fuente: Cálculos propios con base en la EAM.

Vale la pena anotar que de manera atípica, dichos rendimientos parecen estar muy poco asociados a la inversión, pues la elasticidad producto del capital es baja frente a los otros factores en el escenario LP (0.079), y si se quiere en los escenarios de MCO y EF. La explicación para este fenómeno reside en el hecho de que las grandes inversiones en capital se realizaron de forma reciente para el período muestral elegido, mientras que para los demás factores no ocurrió así.

El resultado de dichos rendimientos a primera vista no es sorprendente toda vez que el período muestral de la investigación coincide con la aplicación de la Ley Páez. La explicación en primera instancia podría residir en el comercio internacional. A pesar de que se mencionó que el sector industrial ha mostrado un nexo no decisivo

13 De ahora en adelante la estimación de los modelos bajo Levinsohn y Petrin se denotarán como (LP).

14 Cada salida en el anexo No. 1 muestra el comportamiento generalizado de los errores a través de la prueba de raíces unitarias Levin, Lin y Chu. Los resultados de las pruebas muestran que para gran parte de los modelos estimados los errores siguen distribuciones normales, aunque debe recordarse que la condición única del modelo es que éstos presenten media cero.

15 LPO: logaritmo personal ocupado, LK: logaritmo del capital, LENE: logaritmo del consumo de energía, LMP: logaritmo de la materias primas.

pero si paulatino frente al mercado no sólo interno, sino externo, dos razones pesan a la hora de evaluar lo que seguramente ha inducido a ampliar la productividad y reducir los costos.

La primera es que de acuerdo a Sinisterra (2006:13) el macro sector de manufacturas ha ocupado el segundo lugar de importancia en las exportaciones del Departamento, alcanzando para el año 2006 un total de US\$ 67.37 millones, con una variación total entre el 2005 y el 2006 del 80.14%, es decir US\$ 29.97 millones más que lo exportado en el año 2005, lo que significa que a pesar de no haber sido el principal exportador, si fue el macro sector que presentó mayor dinamismo, en cuanto al incremento de su participación en las ventas realizadas al mercado mundial. En otras palabras, si bien la inserción al comercio internacional aun no ha sido definitiva, su acercamiento eventualmente podría constituirse en una fuente de rendimientos crecientes a escala para el sector.

Finalmente, los rendimientos a escala pueden estar siendo ocasionados por la misma razón de su aparición en la industria colombiana. Pues como lo señala Garay (2006), las industrias no sólo acentúan las innovaciones técnicas, sino organizativas propagando a otros sectores externalidades de información y conocimiento (efectos *spillover*). Amplían las modalidades de aprendizaje, en particular a través del aprendizaje por el uso, investigación y desarrollo e interacción. En esta dirección Ivanna González, directora de la Cámara de Comercio de Santander de Quilichao afirma que las expectativas en materia de empleo con la implementación de la Ley 218 se cumplieron, pues aunque las empresas instaladas en la región tienen tecnología de punta, han vinculado gente de la región que hoy está más capacitada para responder a las necesidades de la industria. Hasta el 2001, las empresas de Ley Páez tenían activos por 1.6 billones de pesos y registraron ventas ese año por 701 mil 907 millones de pesos.<sup>16</sup>

Teniendo en cuenta el comportamiento de las elasticidades producto y la PTF se podría decir que el resultado de rendimientos crecientes tiene un fuerte nexo también con la mano de obra contratada, ya que la elasticidad producto del personal ocupado bajo LP arroja un resultado de (0.34). Pero si en términos generales la productividad del factor trabajo es acorde a sus niveles de cualificación, entonces se podría decir, a la luz de los hallazgos de Alonso (2006) y Mora y Peralta (2008), que son los cargos organizacionales de alta gerencia y los operativos de planta, los que aportan más al comportamiento de la elasticidad producto del trabajo y por tanto a las modificaciones de la PTF, toda vez que estos cargos son los que exigen y registran mayores niveles de experiencia y educación superior. Pero en segunda instancia se podría decir también que como estos cargos provienen en su mayoría de Cali (90%), el comportamiento final de dicha elasticidad es responsabilidad directa de factores que no pertenecen a la región, y por tanto sus remuneraciones (salarios) no generan efectos multiplicadores en la zona. Dicho de otra forma, el impacto económico que genera la contratación de habitantes de la zona es mínimo, toda vez que sus niveles de cualificación son muy

---

16 Diario El Liberal, Diciembre 24 de 2003. Popayán.

bajos y por tanto su productividad también, por tanto la participación de la mano de obra local en la PTF es muy pobre.

Frente a la discusión del sesgo de los parámetros, se puede advertir de manera particular que comparando los escenarios tradicionales con la propuesta de Levinsohn-Petrin (LP); la metodología de Efectos Fijos (EF) muestra un sesgo hacia arriba (es sobrevalorada) frente a la estimación de la elasticidad producto del trabajo. Para la elasticidad producto del capital, MCO de nuevo evidencia un sesgo hacia arriba y ahora con EF. Para el caso de la energía, la elasticidad está sesgada hacia abajo (subvalorada) por MCO y hacia arriba con EF. Finalmente, la elasticidad producto de las materias primas tiene un comportamiento contrario al anterior, es decir, muestra está sobrevalorada por MCO y subvalorada con EF. En resumen, frente a los resultados encontrados bajo el escenario LP, los parámetros estimados por la metodología tradicional (MCO) sesgan las estimaciones de las elasticidades producto ya que los valores están sobredimensionados (a excepción de la energía), regla que se cumple en menor medida para el método de EF, ya que tanto las materias primas como el capital están subvalorados. Por tanto, la estimación de la PTF por los métodos MCO y EF mostraría productividades más altas para la mayoría de los factores de las que realmente éstos presentan.

Los resultados obtenidos anteriormente van en concordancia con lo expuesto por Meléndez y Seim (2006).<sup>17</sup> Finalmente, para comprobar la utilización del consumo de energía eléctrica como una buena proxy de la productividad, se realizaron regresiones para los cinco sectores entre ésta y la energía (ene), controlando por capital (k), para cada establecimiento. Los resultados evidencian relaciones positivas para todos los sectores, excepto el de metales básicos, lo cual puede explicarse por la inserción del gas como fuente primaria de energía. En otras palabras, la energía se constituye para la mayoría de los casos, en una buena aproximación de la productividad no observable (w).

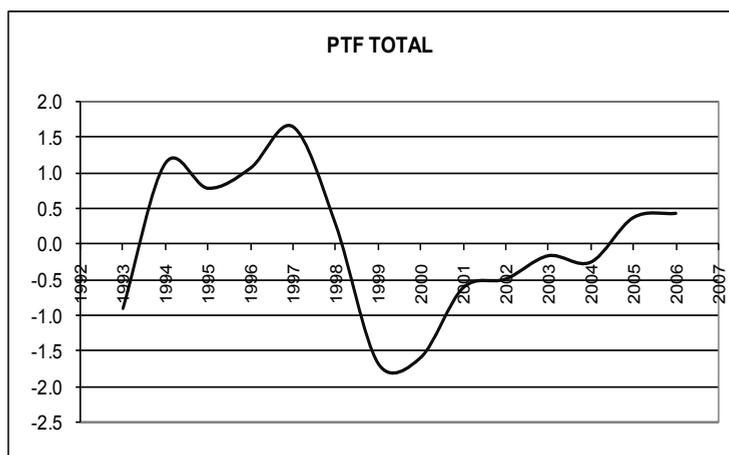
Con los parámetros estimados bajo LP, y de acuerdo a la ecuación (9), la Productividad Total de los Factores (PTF) para la industria manufacturera caucana mostró que antes de la aparición de la Ley Páez (1995); el sector industrial caucano mostraba una dinámica cíclica cambiante, pues se evidencia un incremento muy fuerte en la PTF entre los años 1993 y 1994 (19%), momento a partir del cual la caída no pudo ser frenada por la aparición de la Ley, a pesar de que en el año 1996 se observa algún repunte. Es decir que la presencia de un fenómeno coyuntural para ese entonces, mitigó cualquier beneficio que se asomaba con la implementación de la Ley.

Dicho comportamiento estuvo asociado básicamente a dos fenómenos: los coletazos de la crisis económica por la que atravesaba el Cauca en estos años, ya que el crecimiento económico promedio era alrededor del 0,11%, mientras que para Colombia oscilaba en cinco puntos porcentuales (Pabón, 2002:13); y de otro lado a la respuesta

17 A pesar de que el estudio de las autoras en mención es desagregado por subsectores, se encuentra que bajo MCO el parámetro es mayor que el de la estimación por LP en ocho de los diez sectores para el trabajo calificado; en nueve de diez sectores para el trabajo no calificado, en los diez sectores para el consumo de energía, y en seis de los diez sectores para el consumo de materias primas. Por el contrario, el coeficiente correspondiente al capital obtenido por MCO es menor que el obtenido por LP para cinco de los diez sectores bajo análisis.

de la economía frente a las políticas de apertura que generó grandes dificultades para la pequeña y mediana industria que en ese momento jalonaban el sector en el Cauca y que, como en la mayoría de las regiones del país, no tenía los niveles óptimos de competitividad y productividad para enfrentar el ingreso de bienes manufacturados en el exterior (Gómez, et al, 2006:51). En este lapso, la productividad cayó en 14 puntos porcentuales.

**Gráfico No. 1:** Comportamiento de la PTF (normalizada) bajo la metodología LP para la Industria del Cauca 1993-2006<sup>18</sup>



Nota: Para facilitar la comparación de los resultados, la PTF se encuentra normalizada.

Fuente: Cálculos propios con base en la EAM.

Para los años 1998 y 1999, el Cauca no fue ajeno a los efectos de la crisis económica nacional los cuales lesionaron el nivel de producción del sector industrial en el Departamento debido a la caída en la demanda agregada, la cual frenó el crecimiento que ya se venía presentando, aunque no se experimentaron tasas negativas de expansión en el valor agregado. En este periodo la PTF presentó la mayor caída (-19%). Ya para el año 2000, el sector se recupera rápidamente, y la PTF comienza de nuevo a tener algunos incrementos considerables (5%). De aquí en adelante se puede observar la influencia y consolidación de la Ley, pues eleva la productividad multifactorial del sector de forma considerable y sostenida como consecuencia de la instalación hasta ese entonces de 286 empresas que jalaron el crecimiento del sector (sobre todo las de gran tamaño pertenecientes al sector papelerero y alimentos), con inversiones que superaban los US\$800 millones de dólares, lo cual le permitió al Departamento tener algún grado de marginamiento o de recuperación más rápida, frente a la crisis

18 Debe tenerse en cuenta que al estar normalizadas las cifras del gráfico los valores por debajo de cero no significa que la productividad sea negativa, sólo dice que se encuentra a tres desviaciones estándar por debajo como máximo de la media que es igual a cero.

nacional. En promedio la PTF se elevó en 3%. En los años 2002 y 2004 la PTF cae ligeramente, para a continuación experimentar un fuerte crecimiento en el año 2005. A partir de aquí, que es el período donde finaliza la Ley, la PTF experimenta un crecimiento muy similar (1%).<sup>19</sup>

En resumen, se encontró que bajo la metodología (MCO) y (EF) existe un sesgo hacia arriba frente a la estimación de la elasticidad producto del trabajo y del capital. Para el caso de la energía, la elasticidad está sesgada hacia abajo por MCO y hacia arriba con EF. Finalmente, la elasticidad producto de las materias primas muestra un sesgo hacia arriba por MCO y hacia abajo con EF. Para el caso LP la PTF muestra los impactos de la Ley Páez y la apertura económica pues a inicios de los noventa se muestran elevadas productividades, luego una ostensible caída, y finalmente ya para el nuevo milenio una lenta pero sostenida recuperación.

A nivel particular, los cinco sectores de mayor peso en el valor agregado de la industria caucana (90%, aproximadamente) para el período muestral 1993-2006 son alimentos, papel, seguidos por caucho y plásticos, metales y finalmente el de maquinaria. Bajo las metodologías propuestas, y de nuevo comprobando, como se hizo anteriormente para el caso general, que la energía es una buena proxy para medir la productividad no observable en el caso LP, se estimó el comportamiento de la PTF.

---

19 Para capturar el impacto de la Ley Páez y la crisis económica en la productividad del sector manufacturero caucano, se construyó un modelo con datos agregados sectoriales para el período muestral (1993-2006), en donde la producción es función del comportamiento de la Ley Páez (variable proxy) y de la variable crisis económica (variable dicótoma), al igual que de un promedio móvil para corregir problemas de autocorrelación. Los resultados se recogen en el anexo 2.

**Cuadro No. 2: Resultados de la estimación por MCO, EF y LP para los principales sectores de la Industria Manufacturera del Cauca. 1993-2006.<sup>20</sup>**

ALIMENTOS			
VARIABLE	MCO	EF(EMP)	LP
LPO	0.225*	0.023***	0.182***
Desv. Std	0.045	0.012	0.092
LK	0.256*	0.375*	0.557*
Desv. Std	0.071	0.028	0.200
LENE	0.454*	0.178***	0.695*
Desv. Std	0.089	0.102	0.151
LMP	0.079***	0.724*	0.296*
Desv. Std	0.099	0.081	0.085
Rendimientos	1.017	1.300	1.730

PAPEL			
VARIABLE	MCO	EF(EMP)	LP
LPO	0.287***	0.518*	0.406**
Desv. Std	0.167	0.184	0.151
LK	0.171***	0.352*	0.181*
Desv. Std	0.098	0.094	0.105
LENE	0.399*	0.273***	0.368*
Desv. Std	0.111	0.164	0.107
LMP	0.112***	0.432*	0.234***
Desv. Std	0.077	0.084	0.069
Rendimientos	0.968	1.543	1.248

CAUCHO Y PLÁSTICO			
VARIABLE	MCO	EF(EMP)	LP
LPO	0.197***	0.156**	0.168***
Desv. Std	0.112	0.075	0.089
LK	0.389**	0.336***	0.808*
Desv. Std	0.188	0.192	0.267
LENE	0.597**	0.301**	0.656**
Desv. Std	0.254	0.149	0.312
LMP	0.558*	0.347*	0.389*
Desv. Std	0.170	0.001	0.135
Rendimientos	1.740	1.141	2.022

METALES BÁSICOS			
VARIABLE	MCO	EF(EMP)	LP
LPO	0.184***	0.185***	0.177**
Desv. Std	0.102	0.102	0.098
LK	0.222*	0.010***	0.104*
Desv. Std	0.064	0.059	0.058
LENE	0.115**	0.131***	0.335*
Desv. Std	0.053	0.073	0.060
LMP	0.522*	0.542*	0.477*
Desv. Std	0.077	0.000	0.082
Rendimientos	1.042	0.957	0.989

MAQUINARIA			
VARIABLE	MCO	EF(EMP)	LP
LPO	0.589*	0.660*	0.585*
Desv. Std	0.094	0.137	0.095
LK	0.205*	0.021*	0.554**
Desv. Std	0.104	0.110	0.290
LENE	0.144*	0.261*	0.228**
Desv. Std	0.082	0.137	0.127
LMP	0.302*	0.279*	0.306*
Desv. Std	0.095	0.002	0.096
Rendimientos	1.240	1.221	1.673

Nota: \*\*\*/significativo al 10%, \*\*/significativo al 5%, \*/significativo al 1%

Fuente: Cálculos propios con base en la EAM.

Como se puede observar los parámetros estimados para cada escenario muestran los signos correctos, aunque para algunos de ellos sobre todo bajo los métodos tradicionales (MCO y EF) son estadísticamente poco significativos. Económicamente hablando, bajo LP todos los sectores muestran rendimientos crecientes a escala a excepción de los metales básicos. El sector de Caucho y Plástico es el que presenta una mayor elasticidad (cercana a 2) seguido por el sector de Alimentos (1.7). Paradójicamente los metales básicos muestran rendimientos cercanos a ser constantes no sólo bajo LP, sino también frente a los métodos tradicionales. Una posible explicación para este fenómeno reside, como se mencionó anteriormente, en que la energía no es una buena proxy de la productividad no observable para este subsector.

Los sesgos en las estimaciones a nivel factorial de los alimentos muestran que la mayoría de los parámetros están sesgados hacia abajo frente a los arrojados por LP,

<sup>20</sup> Las salidas de los modelos estimados por subsectores es muy extensa, el lector podrá solicitarlas al autor a su dirección electrónica.

por tal razón se puede afirmar, de una forma casi que previsible, que no hay un consenso frente al tipo de rendimientos existentes, ya que bajo LP y EF se encuentran rendimientos crecientes a escala, mientras que bajo MCO existen rendimientos constantes. De forma contraria, en el sector papelerero la mayoría de los parámetros bajo EF están sesgados hacia arriba mientras que los de MCO hacia abajo, por tanto el sector evidencia rendimientos crecientes cuando se utiliza EF, pero MCO y más aun LP, muestran rendimientos crecientes y decrecientes, respectivamente.

En el sector de Caucho y Plástico, los parámetros de MCO están subvalorando los arrojados bajo EF y sobre todo los de LP, por tanto se muestran rendimientos crecientes a escala con estos métodos, mientras que MCO está un poco más cercano a los rendimientos constantes. Para los metales, las estimaciones bajo las tres metodologías no difieren considerablemente, de tal forma que se puede concluir que todas apuntan a la existencia de rendimientos constantes a escala en éste sector. Finalmente, en el sector maquinaria, LP evidencia una mayor fuerza de rendimientos crecientes a escala que las otras dos metodologías.

Como se observa, la PTF para el sector alimentos, es un buen reflejo de lo que sucede a nivel agregado, toda vez que existe un incremento de la productividad, hasta antes del año 1998, luego se observa una caída vertiginosa, y una recuperación que solo se logra dos años después. El sector de alimentos presenta la mayor producción bruta (39.81%) de todos los sectores que conforman la industria Departamental, adicionalmente su valor agregado y sus niveles de consumo intermedio son cercanos al 40%. Para el año 2006 el 28.15% del total de empresas industriales ya pertenecían a este sector, generando un total de empleos de 3.565, razones que indican la posibilidad de catalogar a los alimentos como uno de los sectores que impone la dinámica de la industria caucana, por lo menos, para el periodo bajo análisis.

Haciendo un pequeño ejercicio, se tomó los valores normalizados de la PTF agregada contemporánea ( $t$ ) y la de éste sector en forma rezagada ( $t-1$ ), para calcular su correlación simple. La estimación arrojó un valor de 0,87; lo cual indicaría que la PTF del sector alimentos es un indicador "adelantado" del comportamiento de la productividad del sector a nivel agregado, los cuales se relacionan de manera directa. Así, incrementos (decrementos) de la PTF del sector de alimentos en  $t$ , generarán incrementos (decrementos) de la PTF a nivel industrial en  $t+1$ , lo que consolida la hipótesis anterior.

En el caso del sector papelerero, la PTF muestra una gran caída en los años previos a la crisis del 99, y aunque su recuperación fue rápida para el 2000, a partir de aquí se evidencia un comportamiento cíclico que está relacionado con el tipo de cambio y la inestabilidad de la oferta de insumos. A pesar de su comportamiento cíclico, La PTF de manera tendencial ha crecido después de la crisis nacional. En efecto, la producción industrial de papel en el nuevo milenio, alcanzó una producción promedio valorada en \$1.074 millones, participando en el 37% de la producción bruta del sector industrial del Departamento, y en el 23% del total de los establecimientos.

En el sector de caucho y plástico se aprecia un alza moderada de la PTF después de la apertura económica, la cual se refuerza con los resultados preliminares de la Ley Páez hasta el año 1998, de nuevo como ya es casi una constante, la recesión económica lesionó de manera severa al sector, ya que a diferencia de otros, se sintieron sus efectos por tres años, y tan sólo hasta el año 2002 se mostró algún grado de recuperación. A nivel tendencial después de este año, la PTF ha crecido de forma bastante moderada.

En el caso del sector de metales básicos, uno de los sectores más protegidos hasta antes de la apertura, la dinámica de la PTF se comportó de acuerdo a los demás sectores hasta el momento analizados, ya que poco después de la aplicación de la Ley Páez, la PTF experimentó una expansión considerable, pero rápidamente fue absorbida por la caída en la demanda agregada. Como se puede observar en el siguiente gráfico, posterior al año 1997, la PTF de manera tendencial ha venido experimentando, a diferencia de otros sectores, un franco deterioro, lo cual puede estar explicado por la política arancelaria para este sector.<sup>21</sup> En efecto, la reducción arancelaria ha sido cercana al 60% en promedio para el período muestral, lo cual ha expuesto periódicamente al sector a la competencia internacional, lesionando de manera directa la productividad multifactorial.<sup>22</sup>

Finalmente, para el sector de maquinaria, la productividad multifactorial muestra un comportamiento cíclico particular, ya que cuando la PTF está creciendo en la mayoría de los sectores después de la Ley, en esta se presenta una caída en el año 1997. De otro lado, cuando surge la crisis, sus repercusiones se observan de manera tardía en el año 2002. Después de este período, la PTF ha crecido de forma significativa. En efecto, ya para el 2006, en este sector, se concentra el 7.56% de la producción bruta total, el 8.12% del consumo intermedio, y el 6.14% del valor agregado.

## Conclusiones

La productividad del sector manufacturero caucano ha evidenciado cambios significativos en su tendencia a largo plazo, sobre todo en la última década, debido básicamente a la implementación de la Ley Páez. A inicios de la década de los noventa, gracias a la apertura económica, el comportamiento de la productividad no fue el mejor ya que ésta experimentó un crecimiento lento y en algunos momentos constante o negativo, debido básicamente a la exposición temprana de una industria naciente al mercado internacional. Comportamiento que fue totalmente contrario al presentado por la PTF a nivel nacional. Posteriormente, ad portas de la crisis del 99, la PTF mostró caídas vertiginosas que probablemente se asociaron a la insuficiencia de demanda agregada que afectó al sector y a la economía en general. Pero a partir de este punto, y de manera rápida, la situación cambió, pues las inversiones más fuertes en plantas, materias primas y tecnología se observaron después de la crisis. Ya para el año 2001, el

21 Recuerde que la apertura económica fue gradual y asimétrica para los diferentes sectores de la industria.

22 Debe tenerse en cuenta que la energía no fue una buena proxy para medir la productividad no observable en este subsector.

Cauca mejoró su posición en el país en las distintas variables de la industria manufacturera nacional, por ejemplo en producción bruta del 12 al 11, en valor agregado del 11 al 10, en número de establecimientos del puesto 17 al 11, en personal ocupado del puesto 13 al 11, y en el consumo de energía del 12 al 10.

La productividad de la industria manufacturera del Cauca, tanto a nivel agregado como por sectores, coincide ampliamente con el comportamiento cíclico de la economía del Departamento sobre todo en los años de la recesión económica (1998-1999) y posteriores. La correlación simple adelantada para la PTF y el comportamiento cíclico del valor agregado contemporáneo para la industria arrojó un resultado de (0.65), lo que ratifica el cumplimiento de la Ley, que era el de generar crecimiento económico, se cumplió. Este resultado también va en concordancia con el hallado por el estudio de Medina y Seim (2006), quienes muestran a nivel de conclusiones, que la PTF industrial en Colombia estuvo marcada por la apertura a inicios de los noventa, por la crisis a finales de esta misma década y su recuperación posterior.

Frente a los sesgos de los parámetros para las diversas metodologías de estimación aquí presentadas, se puede decir que a nivel agregado (industria), los métodos tradicionales MCO y EF tienden a sobreestimar y/o subvalorar las elasticidades producto de los factores (es decir, están sesgados hacia arriba o hacia abajo) frente a los obtenidos por medio de LP. Por tal motivo, cuando se intenta obtener los rendimientos a escala para el período muestral analizado, de manera sorpresiva los métodos MCO y EF llevan a la conclusión poco creíble de que el sector está sujeto a rendimientos constantes, mientras que el método LP evidencia la presencia de rendimientos crecientes, la cual es una conclusión que hace mayor justicia a la realidad de la industria caucana. De otro lado, a nivel sectorial como se esperaba, los sesgos cambian de sector en sector y por tanto los rendimientos a escala también. Los métodos tradicionales, en términos generales, tienden a subestimar los valores de las elasticidades, comparados con los obtenidos bajo LP.

Los sesgos estadísticos nublan el panorama económico del análisis y lesionan la política a aplicar, sobre todo cuando los diferenciales en sus cálculos a traviesan umbrales críticos como los determinados para la medición de los rendimientos a escala. Cuando los sesgos se encuentran alejados de dichos umbrales, desde el punto de vista de la economía (y no de la estadística), estos no revisten mayor gravedad, toda vez que el análisis normativo no cambia debido a que los parámetros solo cambian números decimales.

## Referencias bibliográficas

- ALONSO, Julio Cesar (2006). 10 Años de la Ley Páez, Impacto Económico (Resumen Ejecutivo). Cali. Centro de Investigación en Economía y Finanzas (CIENFI). Universidad Icesi.
- BANCO DE LA RÉPUBLICA-DANE (2007-2008). Informe de coyuntura Económica Regional (ICER). Cauca. Disponible en: [http://www.dane.gov.co/files/icer/2008/cauca\\_icer\\_I\\_sem\\_08.pdf](http://www.dane.gov.co/files/icer/2008/cauca_icer_I_sem_08.pdf). (Recuperado en: 12 de abril de 2010)

- CÁMARA DE COMERCIO DEL CAUCA-CORPORACIÓN CAUCA PROGRESA (2008). Análisis de coyuntura Económica Cauca 2000 - 2007.
- CÁRDENAS, Mauricio (2006). “¿Economic Growth in Colombia: A Reversal of Fortune?», en *Ensayos Sobre Política Económica*. Banco de la República. Vol. 25, No. 53, Julio de 2007, pp. 220-259.
- DANE (2009). Encuesta Anual Manufacturera del Departamento del Cauca (1993-2006).
- ECHAVARRÍA, Juan, ARBELÁEZ, Angélica, ROSALES, Fernanda (2006). “La Productividad y sus Determinantes: El Caso de la Industria Colombiana”, en *Desarrollo y Sociedad* No. 57, Febrero de 2006, pp. 1-49.
- ERICSON, R; PAKES, A. (1989). “An Alternative Theory of Firm and Industry Dynamics”, en *Discussion Paper* No. 445, Columbia University.
- ESLAVA, Marcela, HALTIWANGER, John, KUGLER, Adriana, KUGLER, Maurice (2004). “The Effect of Structural Reforms on Productivity and Profitability Enhancing Reallocation: Evidence from Colombia”, *NBER Working Paper* 10367. Marzo de 2004, pp. 1-49.
- FERNÁNDEZ, Ana (2003) “Trade Policy, Trade Volumes and Plant-Level Productivity in Colombian Manufacturing Industries”, en *The World Bank, Policy Research Paper Series*, v.3064, The World Bank, Julio de 2002, pp. 1-85.
- GARAY, Luis Jorge (2004). Colombia: Estructura Industrial e Internacionalización 1967-1996. <http://www.lablaa.org/blaavirtual/economia/industralatina/indice.htm>. (Recuperado en: 23 de septiembre de 2010)
- GÓMEZ, Mauricio (2004). “Medición de la Productividad en la Industria Manufacturera del Cauca en el Periodo 1990-2000”, en *Revista Porik An*. Año 6, No. 9, Universidad del Cauca, Diciembre de 2004, pp. 195-217.
- GÓMEZ, Mauricio, MILLER, Alejandra, RIVERA, Isabel (2006). *Análisis y Predicción de la Economía del Cauca 1960-2005*. Popayán. Editorial Universidad del Cauca.
- HARBERGER, Arnold (1969). “La tasa de rendimiento del capital en Colombia”, en *Planeación y Desarrollo*. Vol. I, No. 3. Bogotá, Octubre de 1969. pp. 44-63.
- HOPENHAYN; y Rogerson (1990). “Labuor Turnover and Policy Evaluation in a Model of Industry Equilibrium”, mimeo, Graduate School of Business, Standford University.
- JOVANOVICH, Boyan (1982), “Selection and Evolution of Industry”, en *Econometrica*, Vol 50, No. 3. Mayo de 1982, pp. 649-670.
- LEVINSOHN, James, PETRIN, Amil (2000). “¿When Industries Become More Productive, Do Firms? Investigating Productivity Dynamics», en *NBER Working Paper*, v.6893. Enero de 2000, pp. 1-49.
- LORA, Eduardo (1994). *Técnicas de Medición Económica*. Cuarta Edición. Bogotá. Tercer Mundo Editores.
- MEDINA, Pablo, MELENDEZ, Marcela y Seim, Katja (2003), “Productivity Dynamics of the Colombian Manufacturing Sector”, *Documento CEDE* 2003-23, Universidad de los Andes. Agosto de 2003, pp. 1-45.

- MELÉNDEZ, Marcela, SEIM, Katja (2006). “La Productividad del Sector Manufacturero Colombiano y el Impacto de la Política Comercial 1977-2001”, en *Desarrollo y Sociedad* No. 57. CEDE, Universidad de Los Andes, Segundo semestre de 2006, pp. 1-42.
- MORA, James, PERALTA, Julián (2008). El mercado laboral y la Ley Páez en el Cauca. Centro de Investigación en Economía y Finanzas (CIENFI). Cali. Universidad Icesi.
- OLLEY, Steven, PAKES, Ariel (1996). “The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry”, en *Econometrica*, v.64, Enero de 1992, pp.1263-1297.
- PABÓN, Hernán (2002). *Análisis del Impacto de la Ley Páez en el Departamento del Cauca y Formulación de Alternativas*. Popayán. Cámara de Comercio del Cauca.
- PAZ, Juan (2009). *Las estadísticas económicas en Colombia, el Cauca comparado. Evolución del sector industrial por periodos presidenciales 1960-2006*. Tomo III. Versión preliminar. Popayán. Editorial López. Ciberlibro.
- ROSALES, María Fernanda (2005). “La productividad y sus determinantes: el caso de la Industria Manufacturera Bogotana”. Tesis de Maestría en Economía. Bogotá. Universidad de Los Andes.
- SCHUMPETER, Joseph A. (1942). “Proceso de destrucción creadora” en *Capitalismo, socialismo y democracia*. Editorial Orby. Vol 1. Tercera edición en español. pp. 118-124
- SINISTERRA, Mónica (2006). *Perfil del Comercio Exterior en el Cauca 2005-2006*. Popayán. Cámara de Comercio del Cauca.
- SOLOW, Robert (1956), “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, en *Quarterly Journal of Economics*, v.70, Octubre de 1956, pp.65-94.
- SYVERSON, Chad (2005) “Market Structure and Productivity”, *NBER Working Paper*, v.6893. Mayo de 2004, pp. 1-48.
- TYBOUT, James (2000). “Manufacturing firms in developing countries: ¿how well do they do, and why?”, en *Journal of Economic Literature*, 38(1):11-44.

**Anexo No. 1. Salidas de los modelos para la industria**

Dependent Variable: LVQ				
Method: Panel EGLS				
Date: 08/05/09 Time: 11:13				
Sample: 1993 2006				
Cross-sections included: 114				
Total panel (unbalanced) observations: 900				
Linear estimation after one-step weighting matrix				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.4411670	0.3697394	9.3070069	0.0000000
LPO	0.3347125	0.0564021	5.9344021	0.0000000
LK	0.1307387	0.0428413	3.0516983	0.0023427
LENE	0.1824858	0.0489436	3.7284958	0.0002047
LMP	0.3698650	0.0406704	9.0942095	0.0000000
<b>Weighted Statistics</b>				
R-squared	0.991140809	Mean dependent var	5.3937163	
Adjusted R-squared	0.991101215	S.D. dependent var	6.4013948	
S.E. of regression	0.603865175	Sum squared resid	326.3645688	
F-statistic	25032.50551	Durbin-Watson stat	1.6200195	
Prob(F-statistic)	0.0000000			
<b>Unweighted Statistics</b>				
R-squared	0.7988513	Mean dependent var	14.00989811	
Sum squared resid	730.0829635	Durbin-Watson stat	0.797805991	

Dependent Variable: LVQ				
Method: Panel Least Squares				
Date: 08/05/09 Time: 10:03				
Sample: 1993 2006				
Cross-sections included: 114				
Total panel (unbalanced) observations: 900				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.607786186	0.85196875	4.234646128	0.0000256
LPO	0.36516080	0.05217075	6.999339115	0.0000000
LK	0.063449237	0.04963099	1.278419716	0.0201481
LENE	0.389396874	0.05289936	7.361088108	0.0000000
LMP	0.231216869	0.03735211	6.190195209	0.0000000
<b>Effects Specification</b>				
<b>Cross-section fixed (dummy variables)</b>				
R-squared	0.898619906	Mean dependent var	14.00989811	
Adjusted R-squared	0.883451785	S.D. dependent var	2.009313352	
S.E. of regression	0.685962672	Akaike info criterion	2.205695132	
Sum squared resid	367.9660237	Schwarz criterion	2.835342446	
Log likelihood	-874.56281	F-statistic	59.24398163	
Durbin-Watson stat	1.512971426	Prob(F-statistic)	0.00000000	

Dependent Variable: LVQ				
Method: Panel GMM EGLS				
Date: 08/05/09 Time: 11:37				
Sample (adjusted): 1994 2006				
Cross-sections included: 104				
Total panel (unbalanced) observations: 775				
Identity instrument weighting matrix				
Instrument list: C LPO(-1) LENE(-1) LMP(-1) LK(-1) LK				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.00604960	0.22214112	13.5321621	0.0000000
LLPO	0.93381713	0.10293511	9.07190123	0.0000000
LLMP	1.07596192	0.07741103	13.8993367	0.0000000
LK	0.079202452	0.03120268	2.53832206	0.0113345
LENE	0.355982619	0.03308322	10.7602168	0.0000000
R-squared	0.829690439	Mean dependent var		14.1043186
Adjusted R-squared	0.828805714	S.D. dependent var		1.98543063
S.E. of regression	0.821484455	Sum squared resid		519.624267
Durbin-Watson stat	1.767076062	J-statistic		0.81286635
Instrument rank	6.00000000			

Panel unit root test: Summary				
Date: 08/05/09 Time: 14:45				
Sample: 1993 2006				
Exogenous variables: Individual effects				
User specified lags at: 0				
Newey-West bandwidth selection using Bartlett kernel				
Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
Null: Unit root (assumes common unit root process)				
Levin, Lin & Chu t*	-16.9811	0.0000	95	657
Breitung t-stat	-2.97063	0.0015	95	562
Null: Unit root (assumes individual unit root process)				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-5.65205	0.0000000	95	657
ADF - Fisher Chi-square	326.884	0.0000000	95	657
PP - Fisher Chi-square	390.611	0.0000000	95	657
Null: No unit root (assumes common unit root process)				
Hadri Z-stat	11.1974	0.000000	101	771
** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.				

Fuente: Cálculos propios con base en la EAM.

## Anexo No. 2: Productividad, Ley Páez Y Crisis Económica.

Dependent Variable: PROD				
Method: Least Squares				
Date: 12/10/09 Time: 10:48				
Sample: 1993 2006				
Included observations: 14				
Convergence achieved after 10 iterations				
Newey-West HAC Standard Errors & Covariance (lag truncation=2)				
Backcast: 1992				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.345565080	0.160941156	-2.147151722	0.057339298
LP	1.419504004	0.165381029	8.583233578	0.000006325
CRISIS	-1.367631009	0.261075991	-5.238440354	0.000379650
MA(1)	-0.997464322	0.077997234	-12.788457627	0.000000160
R-squared	0.8263537482	Mean dependent var		-0.007142857
Adjusted R-squared	0.7742598727	S.D. dependent var		1.001125740
S.E. of regression	0.4756560341	Akaike info criterion		1.586712795
Sum squared resid	2.2624866280	Schwarz criterion		1.769300603
Log likelihood	-7.1069895617	F-statistic		15.862781173
Durbin-Watson stat	1.6824640625	Prob(F-statistic)		0.000395216
Inverted MA Roots	1			