

# Modelo de Fronteras Estocásticas en la estimación de la productividad del Sector Manufacturero Venezolano

*Stochastic Frontier Model on the estimation of productivity within the Venezuelan Manufacturing Sector*

Marianela Luzardo Briceño\*, Víctor E. Márquez Pérez\*\*, Yohana G. López H.\*\*\* y Ana Chacón\*\*\*\*

Códigos JEL: C33, D24, L6

Recibido: 04/05/2018, Revisado: 06/06/2018, Aceptado: 12/02/2019

## Resumen

Se realizó un estudio de fronteras estocásticas para estimar cambios tecnológicos en escala y eficiencia necesarios en la productividad total de factores del sector manufacturero venezolano (2003-2007), con un panel de datos desbalanceado de 21 ramas de actividad económica. Los resultados demostraron que a medida que el tiempo transcurre, las ramas de actividad económica inmersas en la encuesta industrial anual que lleva a cabo el Instituto Nacional de Estadística y los tipos de estrato (gran industria, mediana industria superior, mediana industria inferior y pequeña industria) presentaron tecnologías crecientes, pero no en el nivel deseado ya que el comportamiento tecnológico fue negativo; de igual manera se observó ineficiencia productiva y una contracción en la producción de las empresas manufactureras venezolanas.

**Palabras Claves:** frontera estocástica, eficiencia técnica, productividad, sector manufacturero venezolano.

## Abstract

A stochastic frontier study was carried out in order to estimate the technological changes in both scale and efficiency required in the total factor productivity of the Venezuelan manufacturing sector (2003-2007), with an unbalanced panel data of 21 branches of economic activity. The results showed that, over time, all the branches of economic activity included in the annual industry survey, carried out by the National Statistics Institute (INE in Spanish), and the strata types (large industry, mid-upper industry, mid-lower industry and small industry)<sup>1</sup> showed an advance in technology, but not at the desired level since the technological performance was negative; likewise, both productive inefficiency and a contraction in the production of the Venezuelan manufacturing companies were observed.

**Key Words:** stochastic frontier, technical efficiency, productivity, Venezuelan manufacturing sector

\* Doctora en Estadística por la Universidad de Los Andes. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia. Teléfono: (57) 304-337-0014. Correo electrónico: marianela.luzardo@upb.edu.co.

\*\* Doctor en Estadística por la Universidad Central de Venezuela. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. Teléfono: (593) 98-480-6443. Correo electrónico: vmarquez@utm.edu.ec

\*\*\* Licenciada en Estadística. Escuela de Estadística de la Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Correo electrónico: yohanitalopez@gmail.com.

\*\*\*\* Especialista en Estadística por la Universidad Central de Venezuela. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. Correo electrónico: achacon@utm.edu.ec.

## 1. Introducción

Las industrias en el ámbito mundial, se consideran elementos básicos de la actividad productiva de una nación. Son muchos los estudios que abarcan criterios y metodologías de clasificación de actividad industrial establecidas por organismos regionales e internacionales. En el caso particular de la clasificación de las industrias en Venezuela, Velázquez y Vásquez señalan que “está basada en el concepto de tamaño, medido en términos de personal ocupado, considerando además una agrupación por rama de actividad económica definida en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), ambas propuestas por la Organización de Naciones Unidas (ONU)” (2008, p. 38). Esto se puede ver reflejado en la Encuesta Industrial Anual (EIA) realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) venezolano, fuente de la información de esta investigación.

La EIA, fue creada con el propósito de generar información estadística del sector industrial manufacturero a nivel nacional, para una mejor planificación y programación en el sector económico. Los datos obtenidos de esta encuesta permiten la estimación de la productividad de las ramas de actividad económica de las industrias manufactureras venezolanas (INE, 2008).

La competitividad de un país está altamente relacionada con la productividad de sus empresas, por lo que es importante mantener una producción creciente y de alta eficiencia. Una mayor eficiencia en las empresas manufactureras venezolanas permitiría, por una parte, alcanzar con la misma cantidad de recursos, un mejor desempeño y un aumento en la calidad de los productos ofrecidos. Dentro de este contexto, un estudio sobre el desempeño de las empresas del sector manufacturero resulta interesante, no solo por los costos asociados con los problemas de ineficiencia, sino por el beneficio económico, en términos de menores tarifas y mejor calidad en la producción, que se podría obtener si las empresas operaran de forma más eficiente.

La industria manufacturera es un pilar fundamental para incrementar la capacidad productiva de un país. Dada la importancia que esto tiene para la economía, es necesario ofrecer un buen desenvolvimiento en el mercado y apoyar su desarrollo. El principal reto de este sector económico es superar la crisis y romper con el modelo mono-productor del cual Venezuela depende. Además de ello recaudar, en lo posible, mayores ingresos que permitan contar con suficiente presupuesto para conseguir una economía estable y sostenible en el tiempo, con miras al desarrollo y crecimiento del país.

En Venezuela este sector ha tenido un gran cambio estructural desde hace unas cuatro décadas, debido principalmente a que la participación de su valor agregado en el PIB ha ido mermando paulatinamente. Es así como diversos autores han venido postulando el comienzo de un proceso de desindustrialización (Vera, 2010 en Carvallo, Contreras, Santeliz, 2012).

Un aspecto poco estudiado de este proceso es el referente a cómo la desindustrialización ha afectado la eficiencia del sector manufacturero en el país, lo que estimula la necesidad de conocer, a través del presente estudio, el comportamiento de las ramas de actividad económica según los tipos de estratos de las industrias manufactureras venezolanas. Para ello se utilizará la base de datos de la encuesta industrial anual entre los años 2003-2007.

El objetivo de esta investigación es estimar los cambios en la productividad por tipo de rama económica y por estrato del sector manufacturero venezolano, a partir del modelo de fronteras estocásticas para el período 2003-2007, con la finalidad de determinar qué sector económico incide más en las variaciones de la misma.

Según Melo y Espinoza (2005), las técnicas de fronteras estocásticas han sido extensamente utilizadas para medir los niveles de eficiencia mediante diferentes unidades de producción. Por lo tanto, es a partir de esta metodología para datos del tipo panel, que se evalúa el desempeño de las empresas manufactureras venezolanas por tipo de estrato (gran industria (GI), mediana

industria superior (MIS), mediana industria inferior (MII), pequeña industria (PI) y por rama de actividad económica durante los años 2003-2007, permitiendo medir los niveles de eficiencia y productividad.

Una manera de conocer el comportamiento de este sector de la economía es realizando estudios acerca de él. La estimación de los cambios en la productividad de las ramas económicas y los distintos tipos de estratos se realiza a través del modelo de fronteras estocásticas. El mismo permite observar qué tan eficiente es la producción en Venezuela. De esta forma, se puede analizar su estructura productiva para determinar sus fortalezas y debilidades.

Este artículo comprende una sección referente al marco teórico, en la que se describen los fundamentos principales de los modelos de fronteras estocásticas, la estimación de sus parámetros y la especificación general de un modelo de datos panel; luego se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de los modelos; se muestran los resultados en dos fases: la primera donde se reflejan aquellos sectores que presentaron valores extremos (mínimos y máximos) en las variables: valor de producción, consumo intermedio, activo total y mano de obra por año y tipo de industria. En la segunda se estima el modelo de fronteras estocásticas para datos del tipo panel y en la tercera los cambios tecnológicos, en eficiencia y en escala por tipo de actividad económica y estrato; por último, se dan las conclusiones obtenidas de la investigación.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. El modelo de fronteras estocásticas**

Solo fue hasta finales de la década de los setenta que empezaron a desarrollarse los modelos de fronteras estocásticas (Aigner, Lovell y Schmidt, 1977; Meeusen y Van den Broeck, 1977). Poco tiempo después Battese y Corra (1977) escribieron acerca de estos modelos.

Una función de producción frontera estocástica puede escribirse como:

$$y = f(x; \beta) \exp(v - u), \quad [1]$$

Dónde  $y$  es el producto final (output),  $x$  es un vector de insumos (inputs) y  $\beta$  es un vector de parámetros tecnológicos.

El modelo tiene dos componentes de error, el primero es  $v \sim N(0, \sigma_v^2)$ , el cual está destinado a capturar los efectos de error aleatorio, y el segundo componente de error  $u \geq 0$  captura los efectos de ineficiencia técnica. El principal uso que se le da al modelo es para estimar los niveles de eficiencia, tecnología y escala de diferentes unidades productivas, para así poder obtener los cambios en la productividad de cualquier firma en un período de tiempo. Estos niveles de eficiencia hacen la diferencia con los modelos econométricos tradicionales.

Gumbao y Maudos (1996) analizaron la eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas para el período 1980-1991, para esto estimaron una función de frontera de producción estocástica en los sectores productivos de las regiones españolas bajo tres supuestos distribucionales alternativos para el término de la ineficiencia. Adicionalmente, estimaron las tasas de crecimiento de la productividad total de los factores a cada uno de los sectores productivos a través de fronteras estocásticas. Los resultados obtenidos mostraron la existencia de importantes niveles de ineficiencia en la producción, siendo el sector de la energía y el sector agrícola los que experimentan los mayores niveles de ineficiencia.

Tiempo después, Kim y Park (2006), calcularon los crecimientos productivos en Corea del Sur, los autores investigaron si la eficiencia técnica mejoró en el tiempo o hubo un progreso en la tecnología, todo esto, a partir de observar los cambios en la productividad total de los factores aplicados con el modelo de fronteras estocásticas. Los resultados mostraron cambios tecnológicos con tendencia creciente para el período 1970-1996, la producción en Corea del Sur es eficiente debido al aumento significativo de la tecnología presentada en dicho país.

En el año 2012, Alvarado, Carvallo y Verdú, realizaron un estudio de fronteras con variables determinantes de la ineficiencia con un panel de datos desbalanceado de 27 bancos venezolanos. Utilizaron modelos de fronteras estocásticas para estimar la eficiencia en costos, en ingresos, en beneficios y estudiaron también las economías de escala y de alcance. Los resultados describieron niveles altos de ineficiencia al compararlos con otros estudios realizados para la región. Los bancos privados y los bancos extranjeros resultaron consistentemente más eficientes que los públicos y los nacionales, respectivamente.

Harmath y Ramoni (2012), estudiaron la eficiencia en las asignaciones salariales en Venezuela a través de la metodología de fronteras estocásticas para el segundo semestre del año 2006. Los datos fueron obtenidos de la encuesta de hogares por muestreo que lleva a cabo el INE. Primeramente, realizaron un análisis de correspondencia múltiple, y luego estimaron un modelo de fronteras estocásticas usando variables que determinan el nivel de salario de los trabajadores, cuyos resultados indicaron que los empleadores exhiben una ineficiencia por encima del 30%. En el caso de los trabajadores, la ineficiencia no resultó ser estadísticamente significativa; esto puede deberse a las políticas de fijación de salario mínimo y otras a través de las cuales el estado controla el mercado laboral, lo que induce a la ineficiencia por parte de los empleadores, así como también el interés de los propios empresarios de estimular la productividad de sus trabajadores, pagando salarios de eficiencia.

## **2.2. Estimación por fronteras estocásticas**

Lora (2006), citando a Kumbhakar y Lovell (2000), señala lo siguiente:

Aunque el análisis de fronteras estocásticas fue derivado de los estudios de eficiencia en la teoría del productor en los problemas de maximización de ganancias y minimización de costos, actualmente es una herramienta de estimación muy adecuada cuando alguna variable dependiente está acotada

superior o inferiormente. La metodología se implementa para encontrar esos límites (superior e inferior) asumiendo que existen parámetros que determinan la variable dependiente [...] realizando iteraciones de máxima verosimilitud (p. 8).

Existen varios métodos para estimar los cambios en la productividad, tales como los cambios tecnológicos en escala y la eficiencia; sin embargo, no hay un consenso sobre cuál es mejor, y su elección puede afectar las conclusiones de políticas extraídas del análisis (Bauer, Berger, Ferrier y Humpret, 1997 en Vergara, 2006). Dentro de las metodologías paramétricas más utilizadas se encuentra la de Fronteras Estocásticas, que en el caso que nos compete, se caracteriza porque la forma funcional que impone sobre la frontera es translogarítmica, es decir, es una función cuadrática donde las variables se expresan en logaritmos, tal como se muestra en la ecuación [2]

$$\ln(y_{it}) = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln(x_{nit}) + \beta_t t + \frac{1}{2} \sum_n \sum_k \beta_{nk} \ln(x_{nit}) \ln(x_{kit}) + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 \quad [2]$$

$$+ \sum_n \beta_{nt} \ln(x_{nit}) t + v_{it} - u_{it}$$

Siendo:

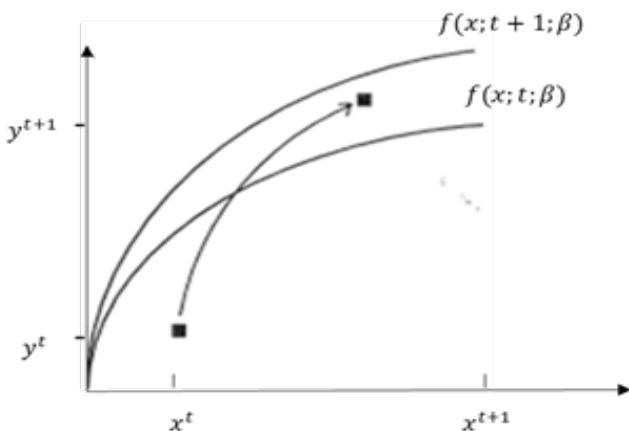
- $y_{it}$ : es la producción en la rama económica  $i$  para el período de tiempo  $t$
- Los  $\beta$ 's son los parámetros por estimar
- $n$  y  $k$  representan el número de variables explicativas
- $\ln(x_{nit})$ : logaritmo de la  $i$ -ésima observación al momento  $t$  para la variable explicativa  $n$ .
- Los  $v_{it} \sim iid N(0, \sigma_v^2)$ , representan el componente del error aleatorio
- $u_{it} \geq 0$  es el componente de error de ineficiencia técnica.

Se puede apreciar que la forma estructural de la ecuación [2] es similar a los modelos de datos panel, la única diferencia es que, al aparecer  $t$ , captura los efectos de los cambios tecnológicos. Por otro lado, en los modelos de fronteras estocásticas con este tipo

de datos, el componente de error de la ineficiencia técnica puede variar en el tiempo y se expresa de la siguiente forma:

$$u_{it} = u_i \gamma(t) \quad [3]$$

Donde  $\gamma(t)$  es una función del tiempo y  $u_i$  es una variable aleatoria no negativa según Kumbhakar (1990), Battese y Coelli (1995 citado en Kumbhakar y Lovell, 2000). En este orden de ideas cabe señalar que los cambios en la productividad son descompuestos en cambios tecnológicos, cambios en la eficiencia técnica y la contribución de los rendimientos a escala.



**Figura 1.** Aproximación a la estimación de los cambios en la productividad.  
Fuente: Kumbhakar y Lovell (2000).

En general, la estructura de aproximación a la estimación de los cambios en la productividad observada en la figura 1, muestra que un único insumo se usa para producir un único producto final y la producción se extiende desde  $(x^t, y^t)$  a  $(x^{t+1}, y^{t+1})$ . La producción tecnológica es caracterizada por rendimientos decrecientes en escala, y el progreso tecnológico ocurre entre los períodos  $t$  y  $t+1$ , siendo  $f(x, t+1; \beta) > f(x, t; \beta)$ .

Por otro lado, se observa que la producción es técnicamente ineficiente en ambos períodos, desde  $y^t < f(x^t, t; \beta)$  y  $y^{t+1} < f(x^{t+1}, t+1; \beta)$ .



Además, la eficiencia técnica ha mejorado desde el período  $t$  al período  $t+1$ , desde

$$[y^t / f(x^t, t; \beta)] < [y^{t+1} / f(x^{t+1}, t + 1; \beta)] \quad [4]$$

Adicional a esto, el crecimiento de la productividad ocurre, desde  $(y^{t+1} / x^{t+1}) > (y^t / x^t)$ . Por lo tanto, la estimación de los cambios en la productividad debe entonces estar descompuesta en contribuciones asociadas con cambios de escala, cambios tecnológicos y cambios en la eficiencia técnica.

Por otro lado, el marco analítico parte de la frontera de producción

$$y = f(x, t; \beta) \exp^{-u} \quad [5]$$

Donde,  $y$  describe la producción;  $f(x, t; \beta)$  es la parte determinística de la frontera estocástica de producción con vector de parámetro tecnológico  $\beta$  que será estimado;  $x = (x_1, \dots, x_n) \geq 0$  es un vector de insumos;  $t$  es la tendencia temporal que sirve como indicador del cambio tecnológico y  $u \geq 0$  representa la ineficiencia técnica.

Luego de la estimación del modelo de fronteras estocásticas, es necesaria la estimación de los cambios tecnológicos, en eficiencia y en escala, los cuales permitirán la estimación de los cambios en la productividad total de los factores (TPF) de las empresas manufactureras venezolanas.

Según Kumbhakar y Lovell (2000), los cambios en la productividad (TPF) son definidos como la adición de los cambios tecnológicos ( $T\Delta$ ), los cambios de la eficiencia técnica ( $TE\Delta$ ), y los cambios en escala ( $E\Delta$ ).

$$T\dot{F}P = T\Delta + E\Delta + TE\Delta \quad [6]$$

Si la eficiencia técnica es invariante en el tiempo, entonces el tercer componente de la ecuación [6] se anula. Asimismo, si la eficiencia técnica es invariante en el tiempo y los rendimientos a escala son constantes, el segundo y tercer componente del lado derecho de la misma ecuación se anulan y los cambios en la productividad consistirán únicamente de cambios tecnológicos.

Cabe señalar que la eficiencia técnica por estimar es un concepto exclusivamente tecnológico. Una frontera eficiente de

producción se refiere a la cantidad máxima de producto posible de lograr a partir de un conjunto dado de insumos productivos; en contraposición, la ineficiencia técnica corresponde a diferencias que surjan entre ese máximo teórico (por estimar) y lo que realmente se haya conseguido con esos insumos. (Peña, Basch y Vergara, 2003).

Por lo tanto, el cambio en la eficiencia técnica estimada viene dado por:

$$T\hat{E}\Delta = \hat{u}_i \hat{\gamma} \exp\{-\hat{\gamma}(t-T)\} \quad [7]$$

Donde:

- $\hat{\gamma}$ : eficiencia técnica estimada
- $\hat{u}_i$ : componente de error de ineficiencia técnica
- $t$ : tiempo  $t$ : 1, 2, 3, 4, 5
- $T$ : el último año de estudio que en este caso es 2007.

Mientras que la estimación del cambio tecnológico se obtiene mediante:

$$\hat{T}\Delta = \hat{\beta}_t + \hat{\beta}_{tt}t + \sum_n \hat{\beta}_{nt} \ln(x_{nit}) \quad [8]$$

Siendo:

- $\hat{\beta}_t$ : parámetro estimado del tiempo.
- $\hat{\beta}_{tt}$ : parámetro estimado del tiempo al cuadrado.
- $\hat{\beta}_{nt}$ : parámetro estimado de la  $n$ -ésima variable en el tiempo  $t$ .  
Donde  $n$ : 1, 2, 3
- $\ln(x_{nit})$ : log natural de la  $i$ -ésima observación al momento  $t$  para la variable explicativa  $n$ ; con  $t$ : 1, 2, 3, 4, 5 y  $n$ : 1, 2, 3.

Y para la estimación de los cambios de escala:

$$\hat{E}\Delta = (\varepsilon - 1) \sum_n \left(\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon}\right) \dot{x}_n \quad [9]$$

En donde, las  $\dot{x}_n$  representan las tasas de cada variable de estudio, y

$$\hat{\varepsilon}_n = \hat{\beta}_n + \sum_k \hat{\beta}_{nk} \ln(x)_{kit} + \hat{\beta}_{nt}t, \quad n = 1, \dots, N \quad [10]$$

$$\hat{\varepsilon} = \sum_n (\hat{\beta}_n + \sum_k \hat{\beta}_{nk} \ln(x)_{kit} + \hat{\beta}_{nt}t)$$

Dónde:  $\varepsilon$  las elasticidades de cada variable.

### 2.3. Especificación general de un modelo de datos panel

Sobre esto indican Franco, Ramos y Hernández (2010) que:

Los modelos de datos de panel son capaces de capturar la heterogeneidad no observable, ya sea entre agentes económicos o de estudio, así como también a través del tiempo evitando problemas de agregación y permitiendo comparar observaciones de un individuo particular con su propio pasado (parr. 2).

La expresión matemática que permite representar un modelo de datos de panel puede escribirse:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + U_{it} \quad [11]$$

$$i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad k = 1, \dots, K$$

Donde:

- $Y_{it}$  es una función lineal de  $k$  variables explicativas.
- $i$ : unidad de estudio.
- $t$ : dimensión u observaciones en el tiempo.
- $\beta_0$ : vector de intercepto de  $n$  parámetros.
- $\beta_k$ : vector de  $k$  parámetros.
- $X_{kit}$ :  $i$ -ésima observación al momento  $t$  para la variable explicativa  $k$ .
- $U_{it}$ : Término de error que representa los efectos de todas las variables omitidas en el modelo.

### 3. Metodología

En el estudio utilizamos la metodología de frontera estocástica de producción para el sector manufacturero venezolano en el período 2003-2007, basado en la Encuesta Industrial Anual realizada por el INE entre los años 2003 y 2007. Estas bases de datos contienen la información de las industrias ordenadas en 21 ramas económicas, siguiendo el código CIU3, y además clasificadas por estrato: gran, mediana superior, mediana inferior y pequeña. La información fue organizada por paneles desbalanceados en virtud que en las bases de datos no todas las ramas económicas bajo estudio tenían información en el período estudiado.

Se tomaron en cuenta treinta y dos actividades económicas: elaboración de productos alimenticios y bebidas, elaboración de productos de tabaco, fabricación de productos textiles, fabricación de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles, fábrica de maletas, productos de cuero y sucedáneos, producción de madera y corcho excepto muebles, fábrica de papel y productos de papel, artes gráficas, coquización (fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear), producción de refinería, petróleo, combustible nuclear, fábrica de sustancias y productos químicos, fábrica de productos de caucho y plástico, fabricación de otros productos minerales no metales, fábrica de metales no comunes, fabricación, producción y elaboración de metales excepto máquinas y equipos, fábrica de maquinaria y equipos No Clasificados Previamente (N.C.P.), fábrica de máquinas y aparatos electrónicos N.C.P., fábrica de equipos y aparatos, radio, tv y computadoras, fábrica de instrumentos médicos ópticos, fabricación de relojes, fábrica de automóviles, remolques, semirremolques, fábrica de otros tipos de equipos de transporte y fábrica de muebles e industrias manufactureras N.C.P.

Las variables que intervienen en el modelo son: la producción como variable dependiente y el consumo intermedio, la mano de obra y el activo total como independientes. Se debe tomar en cuenta que con la finalidad de trabajar en términos reales, las cuatro variables fueron deflactadas usando el año 1997 como año base, pero con traslado al año 2003. Para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico *Stata*.

En primer lugar, se realizó un análisis exploratorio de datos con el propósito de tener una idea inicial acerca de la información contenida en el conjunto de datos, así como descubrir la presencia de posibles errores en la codificación de los mismos. Se verificaron que las variables siguieran una distribución normal, ya que la falta de este supuesto pudiera invalidar los análisis estadísticos inferenciales posteriores. Aunque las muestras grandes tiendan a disminuir los efectos perniciosos de la no normalidad, el investigador debe verificarla en todas las variables incluidas en el análisis (Salvador y Gargallo, 2003).

Por último, se verificó la posible existencia de casos atípicos, que no son más que observaciones con características diferentes

de las demás y que pueden ser elementos que distorsionen el comportamiento.

Luego, basado en la ecuación [2], se define el modelo en términos de las variables que se usarán en este estudio:

$$\begin{aligned} \ln(Prod)_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln(Int) + \beta_2 \ln(Act) + \beta_3 \ln(Trab) + \beta_4 (Tiempo) + \beta_5 \ln(Int)^2 \\ & + \beta_6 \ln(Act)^2 + \beta_7 \ln(Trab)^2 + \beta_8 \ln(Int) \ln(Act) + \beta_9 \ln(Int) \ln(Trab) \\ & + \beta_{10} \ln(Trab) \ln(Act) + \beta_{11} (Tiempo)^2 + \beta_{12} \ln(Trab) Tiempo \\ & + \beta_{13} \ln(Act) Tiempo + \beta_{14} \ln(Int) Tiempo + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad [12]$$

Donde:

- $\ln(Prod)_{it}$ : log natural de la producción en la *i*-ésima observación al momento *t*.
- $\ln(Int)$ : log natural de la variable consumo intermedio.
- $\ln(Act)$ : log natural de la variable activo total.
- $\ln(Trab)$ : log natural de la variable mano de obra.
- $(Tiempo)$ : variable tiempo, utilizada para el modelo de fronteras estocásticas con datos de panel en donde especifican los años en estudio *t*: 1, 2, 3, 4, 5.

Una vez que los componentes se estiman, el índice de cambio en la productividad en la ecuación 10 puede ser visto a través de las veintiuna ramas económicas presentes en la base de datos de la encuesta industrial anual. Se usaron como criterios de selección para el mejor modelo el de Información de Akaike (AIC) y el de Información Bayesiano de Schwarz (BIC).

#### 4. Resultados

Los resultados se presentan en tres fases; la primera presenta el análisis descriptivo de los valores extremos que se presentó en las variables: valor de producción, consumo intermedio, activo total y mano de obra; en la segunda, se hace la estimación del modelo de fronteras estocásticas para datos del tipo panel; y en la tercera, la estimación de los cambios tecnológicos, en escala y en eficiencia, para finalmente presentar la estimación de los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano de los años 2003-2007.

#### **4.1. Fase I: Análisis descriptivo**

##### *Valores de producción*

En el anexo 1, se presentan una serie de cuadros (5 al 8) que indican aquellas actividades del sector manufacturero que obtuvieron valores mínimos y máximos para cuatro variables en particular. A saber, en el cuadro 5 se observa que el valor en la producción para la elaboración de azúcar obtuvo sus mínimos valores en la MIS, MII y PI en el año 2003; mientras que elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal tuvo su producción máxima en la PI en 2006.

##### *Consumo intermedio*

En cuanto al consumo intermedio, se aprecia de igual manera por ejemplo, que el mismo fue mínimo para el rubro elaboración de azúcar en MIS, MII y PI para los años 2003 y 2004; y entre los máximos se puede mencionar producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos, en el año 2003 para MIS, MII y PI.

##### *Activo total*

Se sigue presentando la misma situación que en las dos variables anteriores con respecto a los valores mínimos que representó en los años 2003 y 2004 la elaboración de azúcar para los tres mismos tipos de industrias, además, se aprecia que sobre el año 2004, el mayor activo que tenían las grandes industrias era fabricación de armas y municiones.

Para finalizar, el análisis del cuadro 8, es similar al de las anteriores con la salvedad que en ésta se trata de la cantidad mínima y máxima de mano de obra utilizada en los diferentes sectores estudiados.

#### **4.2. Fase II: Estimación del modelo de fronteras estocásticas para datos del tipo panel**

Antes de presentar los resultados obtenidos a través del modelo de fronteras estocásticas se desea dar a conocer los cuatro modelos que se hicieron utilizando las cuatro posibles combinaciones entre

las variables de estudio, debido a que no se tenía información de variables adicionales. A continuación, se muestra en el cuadro 1 los valores dados a partir del criterio de información de *Akaike* y Bayesiano, del cual se escoge el M4:

**Cuadro 1.** Criterios de información de *Akaike* y Bayesiano.

Modelos	Criterios de selección	
	AIC	BIC
M1: Activo total y consumo intermedio	-9.316.343	-2.417.762
M2: Activo y trabajo	1.166.981	1.235.967
M3: Trabajo e intermedio	-5.430.562	-4.540.704
M4: activo, intermedio y mano de obra	-5.483.456	-474.722

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran las estimaciones de los modelos M1, M2 y M3 de manera informativa, los espacios sombreados representan variables que no formaron parte del modelo en cuestión. Solo será analizado e interpretado el M4 que fue el seleccionado.

El cuadro 3, presenta los coeficientes que resultaron significativos en por lo menos el 10% del modelo M4, y que basados en la ecuación [12] se expresan en la ecuación [13]. Además de los coeficientes del modelo, en el cuadro 3, se observa cómo la mayoría de las variables incluidas en el mismo son significativas al 5% excepto:  $\ln \text{Trabajo}^2$ ;  $\ln \text{Activo}^2$ ; que son significativas al 10%.

El modelo de fronteras estocásticas para el M4 queda expresado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \ln \text{Prod} = & 2,5727 + 0,3994\ln(\text{Intermedio}) + 0,3660\ln(\text{Trabajo}) - 0,2129\text{Tiempo} + \\
 & 0,0208\ln(\text{Trabajo})^2 + 0,0064\ln(\text{Activo})^2 + 0,0718\ln(\text{Intermedio})^2 + \\
 & 0,0374\ln(\text{Trabajo})\ln(\text{Activo}) - 0,794\ln(\text{Trabajo})\ln(\text{Intermedio}) - \\
 & 0,046\ln(\text{Activo})\ln(\text{Intermedio}) + 0,0185(\text{Tiempo})^2 - 0,0134\ln(\text{Intermedio})\text{Tiempo}
 \end{aligned} \tag{13}$$

**Cuadro 2.** Estimación de los modelos M1, M2 y M3

<i>Ln Producción</i>	Modelo I			Modelo II			Modelo III		
	Activo total y consumo intermedio			Activo total y mano de obra			Consumo intermedio y mano de obra		
	Coef	<i>p</i> >   <i>z</i>	<i>z</i>	Coef	<i>p</i> >   <i>z</i>	<i>z</i>	Coef	<i>p</i> >   <i>z</i>	<i>z</i>
<i>Constante</i>	2,945	0,000*		5,008	0,805		2,429		0,000*
<i>LnActivo</i>	0,167	0,001*		-0,139	0,219		0,321		0,000*
<i>LnTrabajo</i>				1,567	0,000*		0,504		0,000*
<i>LnIntermedio</i>	0,525	0,000*							
<i>Tiempo</i>	0,117	0,147		0,005	0,991		-0,093		0,350
<i>LnActivo</i> <sup>2</sup>	0,028	0,000*		0,018	0,025**				
<i>LnTrabajo</i> <sup>2</sup>				-0,042	0,016**		0,074		0,000*
<i>LnActivo.LnTraba</i>				0,006	0,762				
<i>LnIntermedio</i> <sup>2</sup>	0,045	0,000*					0,082		0,000*
<i>LnActivo.LnInter</i>	-0,059	0,000*							
<i>LnIntermedioTiempo</i>							0,002		0,754
<i>Tiempo</i> <sup>2</sup>	-0,008	0,216		-0,009	0,420		0,008		0,382
<i>LnTrabajo.Tiempo</i>				-0,005	0,732		-0,013		0,149
<i>LnIntermedio.Tie</i>	-0,025	0,000*							
<i>LnIntermedioLnTr</i>							-0,144		0,000*
<i>LnActivo.Tiempo</i>	0,015	0,021**		-0,009	0,422				
<i>Lamda</i>	0,404	0,052***		4,671	0,798		0,168		0,018**
<i>Eta (η)</i>	0,099	0,092***		0,023	0,380		0,294		0,001*
<i>Lnsigma</i> <sup>2</sup>	-2,945	0,000*		-1,374	0,000*		-3,488		0,000*
<i>sigma</i> <sup>2</sup>	0,052	-		0,253	-		0,030		-
<i>Gamma</i>	0,213	-		0,555	-		0,075		-
<i>Sigma_u2</i>	0,011	-		0,140	-		0,002		-
<i>Sigma_v2</i>	0,041	-		0,112	-		0,028		-

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

Fuente: elaboración propia.



**Cuadro 3.** Estimación del Modelo de Fronteras Estocásticas

<i>Ln Producción</i>	<i>Coef</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>p &gt;  z </i>	<i>Intervalo de Confianza</i>
<i>Constante</i>	2,5727	0,2925	0,000*	1,999 3,147
<i>LnIntermedio</i>	0,3994	0,0544	0,000*	0,2926 0,5062
<i>LnTrabajo</i>	0,366	0,0889	0,000*	0,1916 0,5405
<i>Tiempo</i>	-0,2129	0,0771	0,006*	-0,3642 -0,0616
<i>LnTrabajo<sup>2</sup></i>	0,0208	0,0123	0,091***	-0,0033 0,0449
<i>LnActivo<sup>2</sup></i>	0,0064	0,0038	0,094***	-0,001 0,014
<i>LnIntermedio<sup>2</sup></i>	0,0718	0,0067	0,000*	0,0586 0,085
<i>LnActivo.LnTrabajo</i>	0,0374	0,0115	0,001*	0,0148 0,06
<i>LnIntermedio.LnTrabajo</i>	-0,794	0,016	0,000*	-0,1108 -0,0479
<i>LnActivo.LnIntermedio</i>	-0,046	0,0082	0,000*	-0,0626 -0,0304
<i>Tiempo<sup>2</sup></i>	0,0185	0,0081	0,023**	0,0025 0,0345
<i>LnIntermedio.Tiempo</i>	-0,0134	0,006	0,026**	-0,0251 -0,0016
<i>Lambda</i>	0,1089	0,35		401 0,1776
<i>Eta (η)</i>	0,4513	0,0637		3263 0,5763
<i>Lnsigma<sup>2</sup></i>	-3,4248	0,0438		-3,51 -3,338
<i>sigma<sup>2</sup></i>	0,0325	0,0014		0,0298 0,0354
<i>Gamma</i>	0,0259	0,0117		0,0106 0,062
<i>Sigma_u2</i>	0,0008	0,0003		0 0,0016
<i>Sigma_v2</i>	0,0317	0,0014		0,289 0,0344

\* Significativa a 1% \*\* Significativa a 5% \*\*\* Significativa a 10%

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se tiene que los coeficientes del logaritmo de las variables principales son todas positivas, lo que indica que por cada unidad del logaritmo de Activo Total la producción en las industrias manufactureras venezolanas entre los años 2003-2007 se incrementa en 0,7227 unidades, al igual que por cada unidad del logaritmo de Consumo Intermedio y el logaritmo de Mano de Obra la producción aumenta en 0,3994 y 0,3660 unidades respectivamente. Según el modelo estimado a medida que el tiempo transcurre la producción disminuye en 0,2129 unidades.

De manera informativa es importante conocer que el valor de  $\eta$  deseado debe ser igual a cero, el cual indicaría una total eficiencia en la producción. A diferencia de  $\lambda$  que debería tomar el valor de uno. Si se obtiene un valor lejano al mencionado será por falta de eficiencia en las empresas y no por factores fuera de control.

En el cuadro 3 se observa que la ineficiencia técnica es igual a 0,4513; esto quiere decir que la producción manufacturera venezolana llega a ser ineficiente en un 45%, es decir que de cada cien empresas en estudio, 45 de ellas son ineficientes. Para el caso de  $\lambda$  representado por 0,10, indica que las empresas de manufactura en el país se desarrollan con poca eficiencia.

Una vez obtenida la estimación del modelo general de fronteras estocásticas, se usará para realizar las estimaciones de los cambios tecnológicos, cambios en eficiencia y los cambios en escala por tipo de estrato y ramas de actividad económica. De esta forma, se obtienen los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano entre los años 2003 y 2007.

### **4.3. Fase III: Estimación de los cambios tecnológicos, en eficiencia y en escala**

#### *i) Cambios tecnológicos*

Tal como se dijo anteriormente, la estimación de los cambios tecnológicos se realiza a través de la ecuación (8), resultando:

$$\hat{T}\Delta = -0,2129 + 2(0,0185)(Tiempo) + 0,0117 Ln(Trabajo) - 0,0134 Ln(Intermedio) - 0,0047 Ln(Activo)$$

*ii) Cambio tecnológico por tipo de actividad económica*

En la figura 2 se observan las estimaciones de los cambios tecnológicos de las veintiuna ramas de actividad económica. Las tendencias reflejadas tienen forma creciente, intuyendo que a medida que el tiempo transcurre la tecnología en las empresas venezolanas mejoran. Sin embargo, los valores que toman las ramas económicas son negativos, indicando que entre los años 2003-2007 la tecnología, aunque ha mejorado en el tiempo no alcanza los valores deseados.

*iii) Cambio tecnológico por tipo de estrato*

El comportamiento que se observa en los cambios tecnológicos por tipo de estrato visualizado en la figura 3, no es muy diferente al observado por tipo de rama de actividad económica. Todos los tipos de industrias tienen comportamientos crecientes en tecnología, aunque mantienen valores negativos. En general, se espera que las empresas grandes sean tecnológicamente avanzadas y tengan valores positivos; sin embargo, en este caso eso no ocurre, a diferencia de las industrias pequeñas quienes son las que más se acercan a valores positivos.

*iv) Cambio en eficiencia técnica*

Según la ecuación [7], la estimación de los cambios en eficiencia técnica queda expresada de la siguiente forma:

$$T\hat{E}\Delta = \text{eficiencia técnica}(0,4513)e^{-0,4513(\text{Período} - 2007)}$$

Es a través de este modelo que se puede observar el comportamiento de los cambios en eficiencia por rama de actividad económica y tipo de estrato observado a continuación.

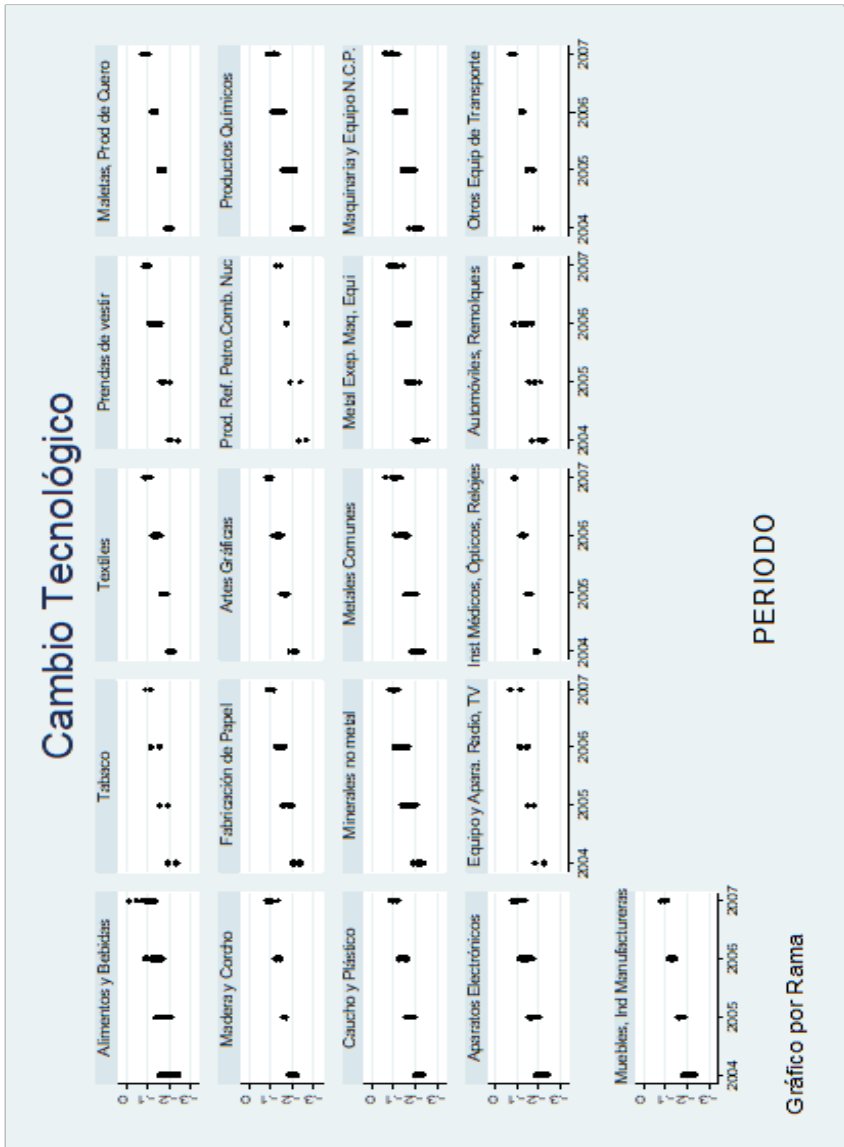


Figura 2. Cambio tecnológico por actividad económica.

Fuente: Elaboración propia.

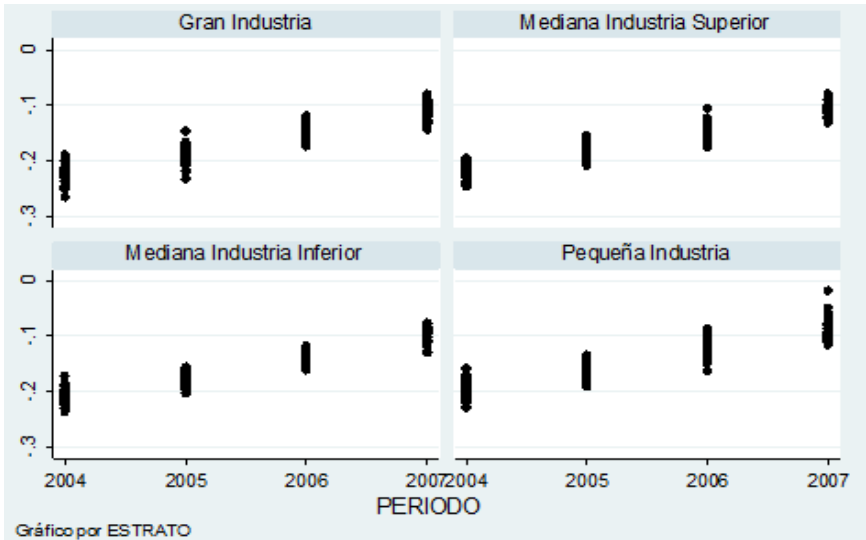


Figura 3. Cambio tecnológico por tipo de estrato.

Fuente: Elaboración propia.

*v) Cambio en eficiencia técnica por rama económica*

Se observa en la figura 4 como en todas las ramas de actividad económica la eficiencia técnica decrece entre los años 2004 y 2007. Para el año 2004, la mayoría de ellas alcanzaron un porcentaje de eficiencia del 30% aproximadamente, mientras que para el año 2007 se pueden considerar ineficientes. Esto quiere decir, que a medida que el tiempo transcurre las ramas de actividad económica de las industrias manufactureras venezolanas son más ineficientes. Las empresas de fabricación de tabaco y textiles se consideran ineficientes en todo el período de estudio.

*vi) Cambio en eficiencia técnica por tipo de estrato*

Aunque existan notables diferencias entre las empresas grandes y las pequeñas, se puede observar en la figura 5, cómo estas empresas tienen similitudes en eficiencia. En general, se identifica cómo la eficiencia decrece a medida que el tiempo transcurre. Los porcentajes en los cuales varían las eficiencias por año y por tipo de industria se muestran en el cuadro 4:

**Cuadro 4.** Porcentaje de eficiencia por año y por tipo de estrato

% de eficiencia	Tipo de estrato			
	Año	GI	MIS	MIL
2004	5 a 30%	5 a 27%	11 a 28%	10 a 30%
2005	3 a 20%	5 a 18%	8 a 19%	8 a 21%
2006	2 a 12%	4 a 18%	5 a 11%	6 a 13%
2007	0 a 9%	0 a 8%	3 a 8%	3 a 9%

Fuente: elaboración propia.

Según el cuadro 4 se observa, que sin importar el estrato, las industrias alcanzan alrededor de 30% de eficiencia en el año 2004. Teniendo un patrón descendente a lo largo de los años hasta 2007. Cabe destacar que dicho patrón es uniforme con respecto a los estratos, es decir, en el año 2005 las industrias tienen una eficiencia alrededor del 20% sin importar el estrato; en el año 2006 la eficiencia se ubica en el 15% para todos los estratos; y en el 2007 alrededor del 9% sin distinción del tamaño de las industrias.

Por otro lado, si se interpreta el cuadro 4 por años, se dice que en el 2004 no hubo industrias consideradas ineficientes; sin embargo, los porcentajes de eficiencia observados no son muy altos, las industrias este año mantuvieron eficiencias de 5% a máximo 30%, niveles de eficiencia bajos. Para el siguiente año, la eficiencia disminuyó, hay industrias que marcan solo un 3% de eficiencia y máximo 21%. Para el año 2006, la eficiencia de las industrias sigue bajando sus niveles, esta vez reflejan un mínimo de 2% de eficiencia vs un 18%. En el 2007 la situación empeora y es este año cuando se considera que las industrias son totalmente ineficientes, excepto algunas que llegan a ser apenas 9% eficientes.

Para concluir de manera general el cuadro 4, se observa que con el pasar de los años la eficiencia disminuye para todos los estratos. Se considera que en el año 2004 las industrias eran mucho más eficientes respecto al resto de los años en estudio. En general, se considera que ningún tipo de estrato es eficiente y que el nivel de eficiencia decae a lo largo del tiempo en estudio.

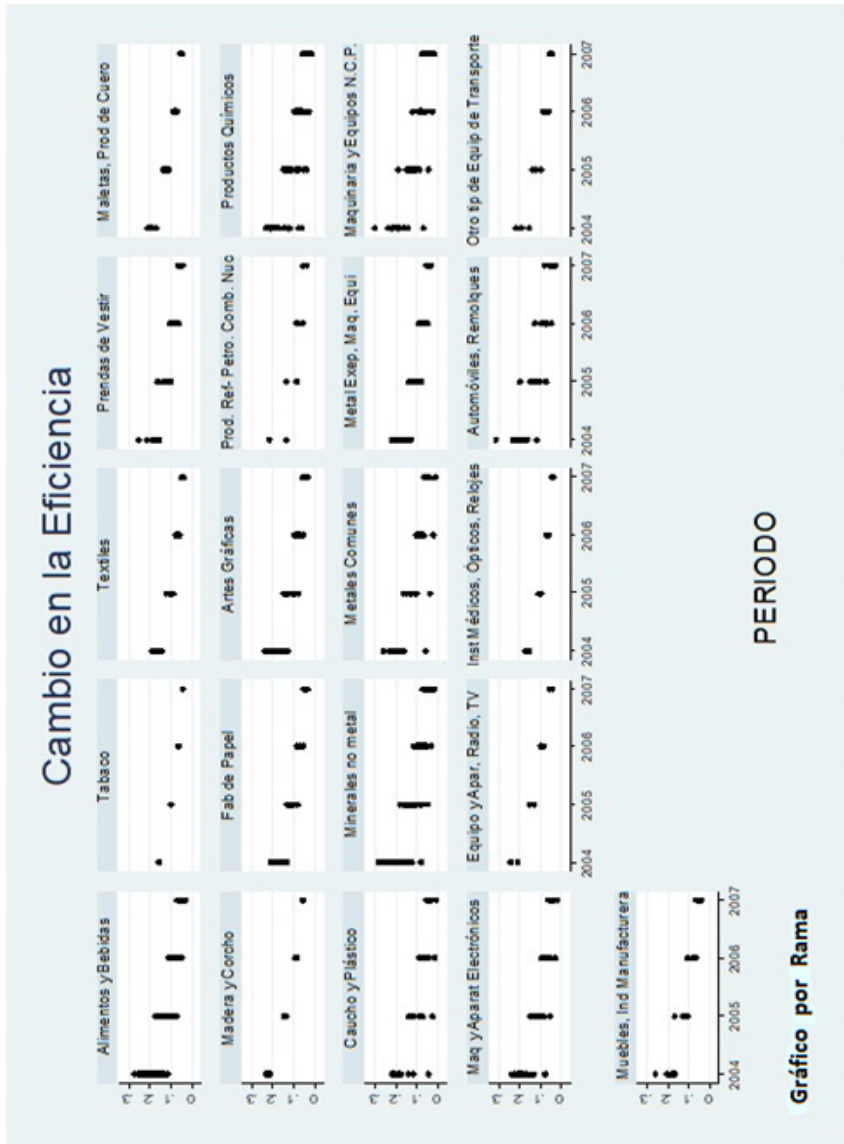


Figura 4. Cambio en eficiencia por actividad económica.  
Fuente: Elaboración propia.

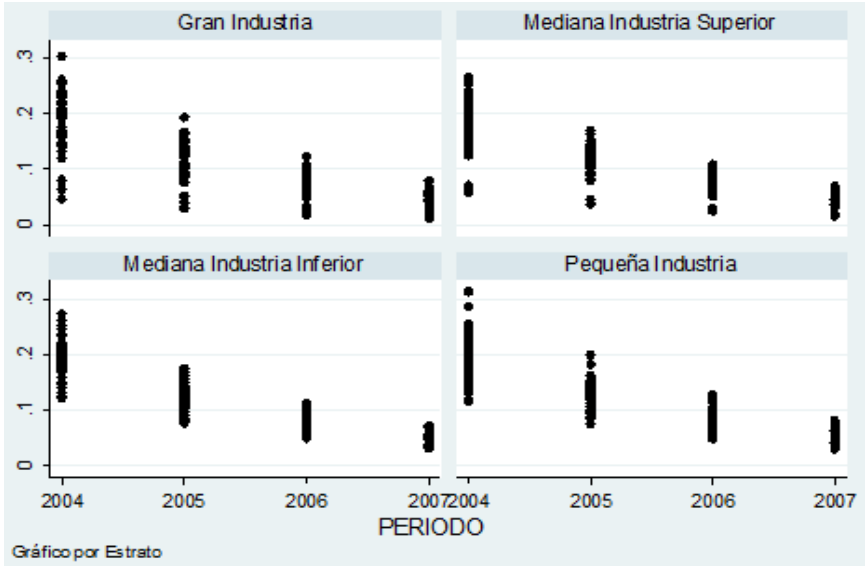


Figura 5. Cambio en eficiencia por tipo de estrato.  
Fuente: Elaboración propia.

vii) Cambios en escala

Trayendo a colación la ecuación [10], la estimación de los cambios en escala se realiza luego de obtener la estimación de la elasticidad de consumo intermedio, activo total y mano de obra, obteniendo:

Elasticidad de consumo intermedio:

$$\hat{\epsilon}_{Int} = 0,3994 + [2 * (0,0718)Ln(Intermedio) - (0,0794)Ln(Trabajo) - (0,0465)Ln(Activo) - (0,0134)tiempo$$

Elasticidad de activo total:

$$\hat{\epsilon}_{Act} = 0,0727 + [2 * (0,0064)LnActivo + (0,0374)LnTrabajo - (0,0465)LnIntermedio - (0,0047)tiempo$$

Elasticidad de mano de obra:

$$\hat{\epsilon}_{Trab} = 0,3660 + [2 * (0,0208)LnTrab + (0,0374)LnActivo - (0,0794)LnIntermedio + (0,0117)tiempo$$



Por lo que  $\varepsilon = \varepsilon_{Int} + \varepsilon_{Act} + \varepsilon_{Trab}$  y de esta forma se pueden estimar los cambios en escala:

$$CE = (\varepsilon - 1) \sum_n \left( \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon} \right) \dot{X}_n$$

Donde,  $\dot{X}_n$  representa la tasa de consumo intermedio, activo total y mano de obra representados por:

$$\dot{X}_{Int} = \frac{\text{Intercambio 2004} - \text{Intercambio 2003}}{\text{Intercambio 2003}}$$

$$\dot{X}_{Act} = \frac{\text{Activo 2004} - \text{Activo 2003}}{\text{Activo 2003}}$$

$$\dot{X}_{Trab} = \frac{\text{Trabajo 2004} - \text{Trabajo 2003}}{\text{Trabajo 2003}}$$

Y de esta forma se calcula para todos los años en estudio.

Se observa en la figura 6 que en general, no hay cambios de comportamientos bruscos en ninguna rama de actividad económica. Sin embargo, en la fabricación de productos químicos para el año 2005 hay un ascenso en comparación con los demás años. Esto indica que la producción de sustancias químicas de ese año tuvo rendimientos tecnológicos crecientes en escala, pero en los demás años se mantuvo prácticamente constante, al igual que la fabricación de minerales no metales. Los cambios en escala tienen en su mayoría comportamientos constantes, lo que no permitirá actuar con gran significancia en el cálculo de los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano, así que éstos serán afectados principalmente por los cambios tecnológicos y en eficiencia.

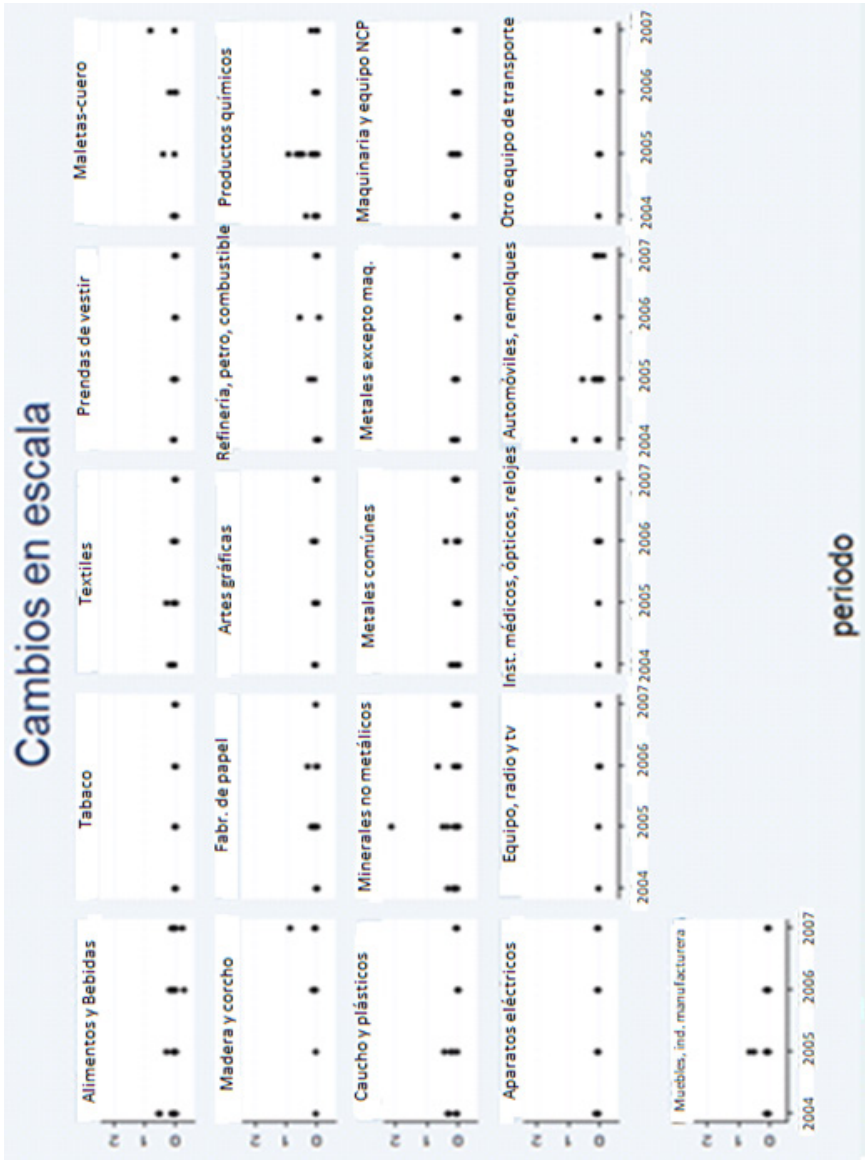


Figura 6. Gráfico por rama económica.

Fuente: Elaboración propia.

viii) *Cambio en escala por tipo de estrato:*

De igual manera, en los cambios de escala por tipo de estrato no existen cambios significativos en los distintos años. Las medianas industrias son las que reflejan más cambios, recordando que esto no es más que rendimientos tecnológicos a escala. En general se mantienen constantes.

Una vez estimados los tres cambios observados anteriormente, se pueden estimar los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano para el período de estudio el cual se especifica después de las figuras 6 y 7.

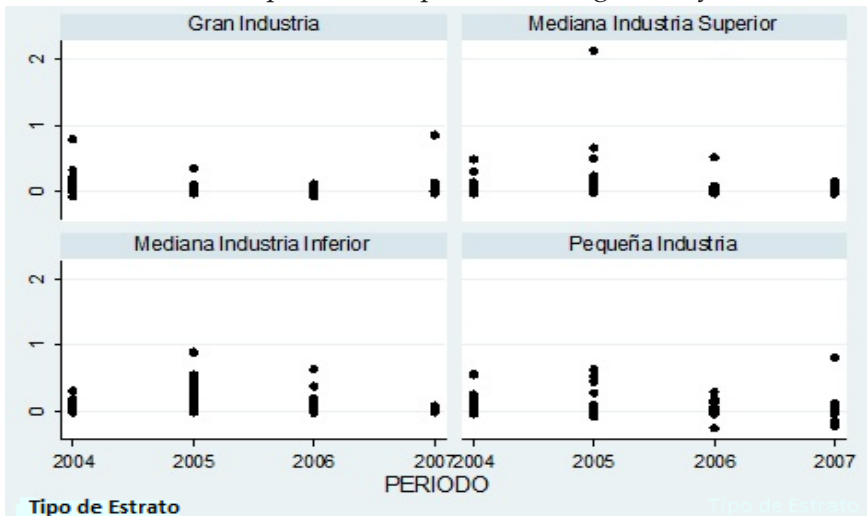


Figura 7. Cambios en escala por tipo de estrato.

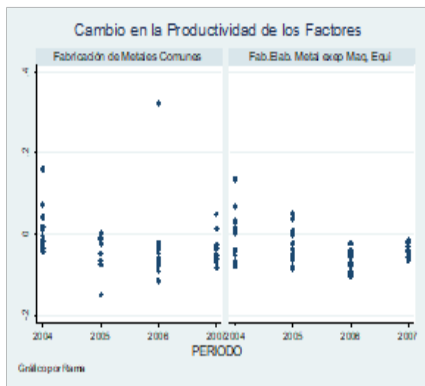
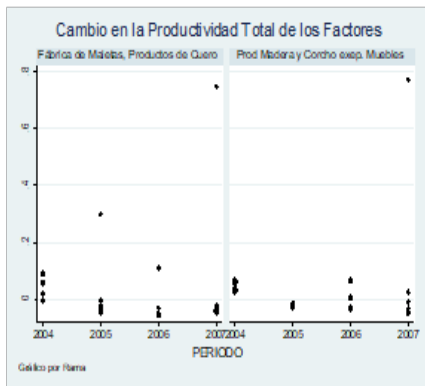
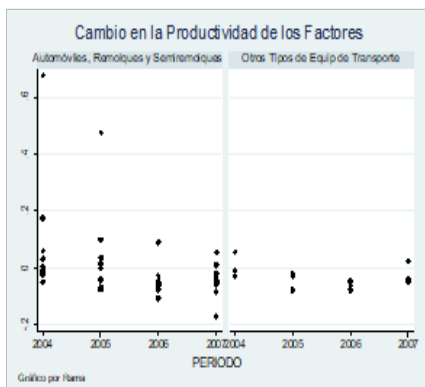
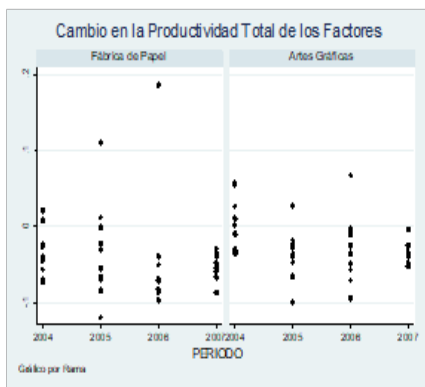
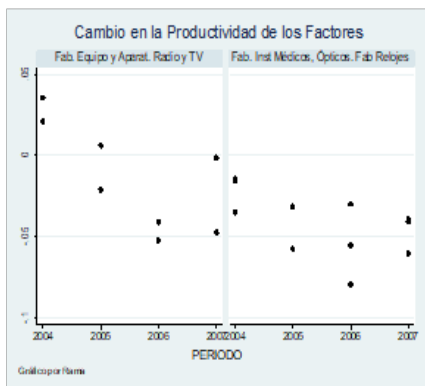
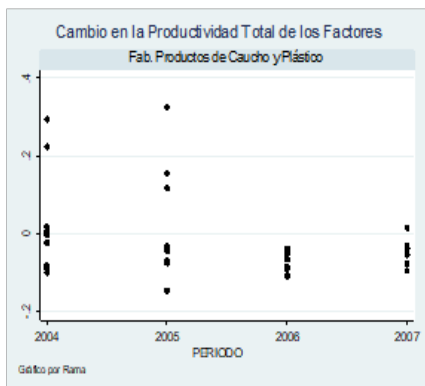
Fuente: Elaboración propia.

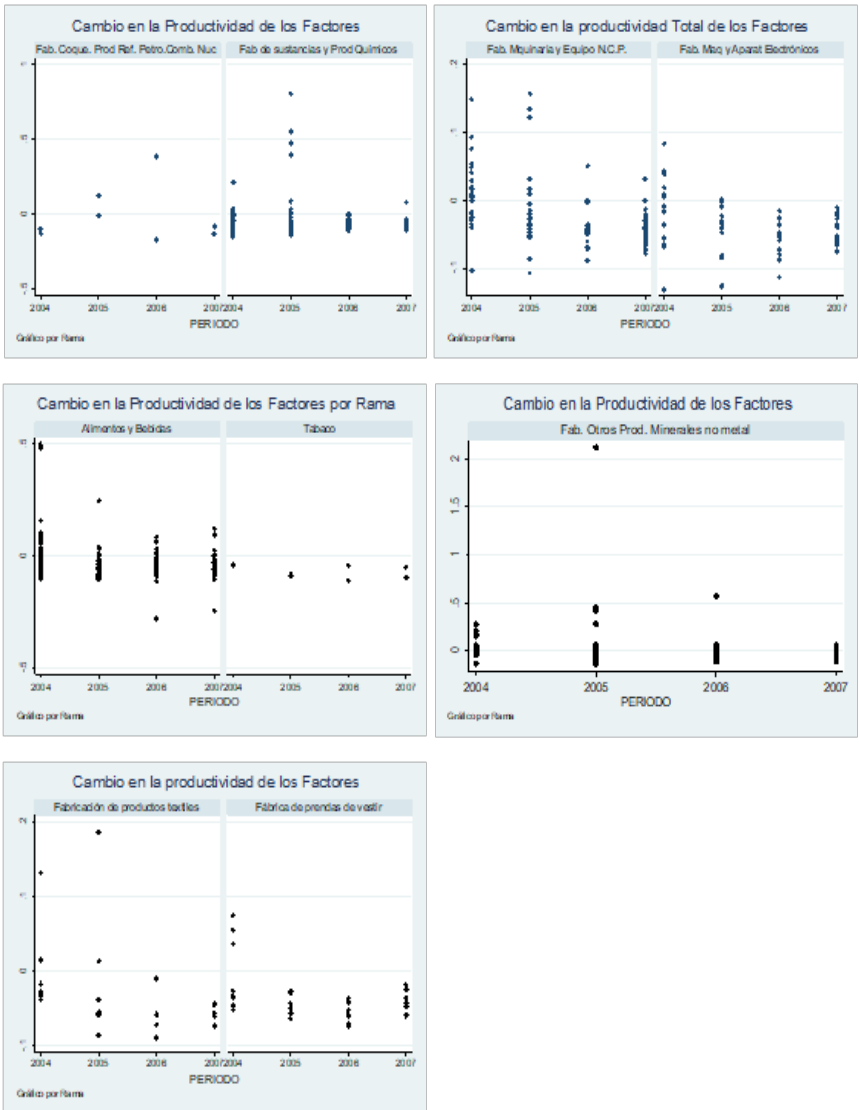
ix) *Cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano por rama de actividad económica*

La ecuación de los cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano está dada por:

$$T\dot{F}P = T\Delta + (\varepsilon - 1) \sum_n \left(\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon}\right) \dot{x}_n + TE\Delta$$

Y se observan por tipo de rama de actividad económica a continuación:





**Figura 8.** Cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano por tipo de rama de actividad económica.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras anteriores sobre los cambios en la productividad total se refleja el crecimiento productivo de las ramas económicas que forman parte de las industrias manufactureras venezolanas. A primera vista se observa como la productividad de la mayoría de las ramas de actividad económica estudiadas presentan tendencia decreciente como: la fabricación de prendas de vestir y de textiles, la fábrica de papel, artes gráficas, la fabricación de metales comunes, la fabricación y elaboración de metales excepto máquinas y equipos, fabricación de aparatos electrónicos y máquinas, fabricación de maquinaria y equipo N.C.P, elaboración de instrumentos médicos ópticos, fábrica de maletas, productos de cuero, producción de madera y corcho excepto muebles, fabricación de relojes, fabricación de radio y TV, fabricación de automóviles, remolques y semirremolques junto a otros tipos de equipos de transporte y fabricación de caucho y plástico. Sin embargo, en los años 2006 y 2007 se observa una clara recuperación de la productividad, es decir, un pequeño aumento en comparación con los anteriores años.

Por otro lado, se observan comportamientos casi constantes, es decir, para el período de estudio la productividad prácticamente no aumentó ni disminuyó. Esto ocurre específicamente en la productividad de alimentos y bebidas, la elaboración de tabaco y en la elaboración de productos minerales no metales, a pesar de que en la última mencionada en el año 2006 existan tres clases de actividad económica que presentan destacada productividad en el año 2005 y una en el año 2006. La fabricación de sustancias y productos químicos en general mantiene también un comportamiento constante, excepto por el año 2005 en donde la productividad aumentó considerablemente con respecto a los demás años. Sin embargo, el crecimiento no ocurre para todas las clases inmersas en esta rama económica sino para una minoría.

Al observar la figura 8 existen ramas de actividad económica que para el período de estudio reflejan fluctuaciones crecientes y

decrecientes, lo que indica que existe crecimiento y decrecimiento productivo a su vez. La fabricación de coque, refinería y combustible nuclear es un caso único, sólo se estudian dos clases de actividad en esta rama y ambas presentan comportamientos distintos. Las dos clases de 2004 a 2005 muestran un notable crecimiento productivo; sin embargo, en 2006 la productividad de una de ellas cae, pero la otra mantiene la tendencia creciente que traía de manera significativa, esta en 2007 disminuye su productividad considerablemente mientras que la que ya venía en disminución vuelve a tener un pequeño aumento en este año. Sería interesante observar qué ocurrió a partir del año 2007 para verificar si el crecimiento productivo de esta rama económica se mantuvo.

Otra rama de actividad que presenta comportamiento único es la fabricación de sustancias y productos químicos, ésta en el año 2005 presenta productividad acelerada con respecto a los demás años. Se considera una rama con productividad constante exceptuando el año 2005 que pareciera haber sido un año atípico para esta rama económica.

*x) Cambios en la productividad total del sector manufacturero venezolano por tipo de estrato*

Los cambios de la productividad por tipo de estratos se muestran reflejados en la figura 9; se aprecia en la misma que las grandes industrias decrecieron en producción desde el año 2004 hasta el 2006. Para el año 2007 se observa un pequeño crecimiento productivo.

Las medianas industrias superiores presentan un crecimiento productivo en el año 2005, y luego la productividad decrece hasta el año 2007. Con respecto a las medianas industrias inferiores se observa un aumento entre el 2004 y 2005, luego disminuye notablemente. Por último, en las pequeñas industrias la productividad muestra un crecimiento con poca variabilidad, en el año 2006 se observa un decrecimiento.

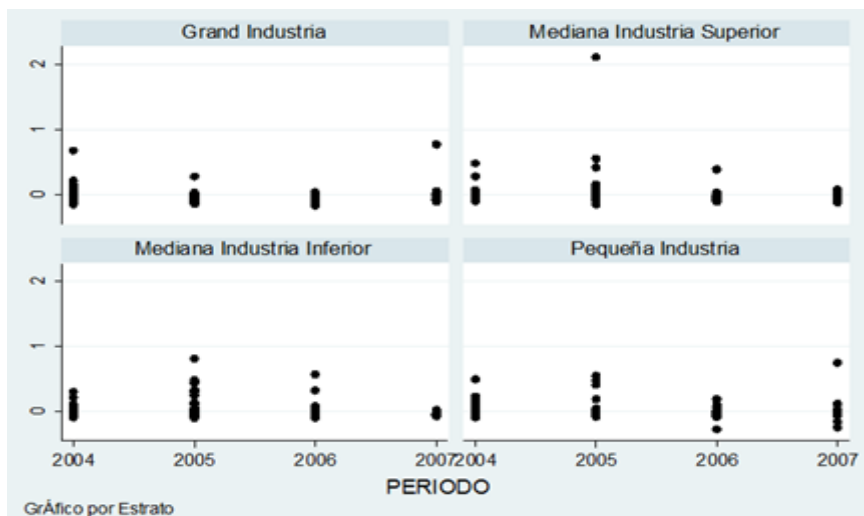


Figura 9. Cambio en la productividad por tipo de estrato.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5. Conclusiones

En el análisis estadístico básico por tipo de estrato se observó que las cuatro variables estudiadas tienen un comportamiento similar. En las grandes industrias, la fábrica de productos de coque representa la mayor productividad, al igual que el mayor activo, consumo intermedio y mano de obra. Esta misma rama de actividad económica destaca también en las medianas industrias junto con las fábricas de sustancias y productos químicos. Las pequeñas industrias reflejan comportamientos distintos en cada variable. Por otro lado, se observó a través de los histogramas que ninguna de las variables en estudio presenta distribución normal.

El modelo de fronteras estocásticas estimado resultó ser el modelo más completo luego de ser comparado con otros modelos tentativos. Los coeficientes y errores estándar de las variables son aceptables. La estimación de la ineficiencia indica que la productividad de las empresas manufactureras venezolanas es técnicamente ineficiente.

Las estimaciones de los cambios tecnológicos y en escala, demostraron que para el progreso productivo hace falta mejoras,



aunque la tecnología en general con los años está en crecimiento, aún no alcanza a tener los valores deseados. Los cambios en escala en general son constantes.

Por último, al estudiar los comportamientos de los cambios en la productividad del sector manufacturero venezolano de las ramas de actividad económica, se observa que en el período de estudio la productividad venezolana ha decaído y trae como consecuencia una fractura económica en el país.

Es de interés hacer un seguimiento a este estudio realizado para conocer cómo se comporta la productividad hasta la actualidad. Además, se recomienda a las instituciones públicas o privadas encargadas de recolectar información, hacer más accesible esa información para los investigadores.

Por otro lado, se recomienda realizar el mismo estudio a partir del año 2007 hasta la actualidad, de esta forma se conocería si los cambios tecnológicos llegaron a tomar valores positivos o si mantuvieron el crecimiento tecnológico que se observa desde el año 2004. Además, es importante verificar si la eficiencia técnica mantuvo la tendencia o mejoró la misma. Conociendo esta información podría visualizarse el comportamiento de la productividad de las empresas manufactureras venezolanas a partir del año 2007.

## 6. Notas

- 1 *Strata in which industries are classified according to the number of workers they have on staff: Large Industry (Stratum I): Manufacturing companies with more than one hundred (100) employed persons. Mid-upper Industry (Stratum II): Manufacturing companies with a number of fifty one (51) up to one hundred (100) employed persons (both inclusive). Mid-lower Industry (Stratum III): Manufacturing companies with a number of twenty one (21) up to fifty (50) employed persons (both inclusive). Small Industry (Stratum IV): Manufacturing companies with a number of five (5) up to twenty (20) employed persons (both inclusive).* Traducción: Estratos de ocupación bajo los cuales se clasifican las industrias de acuerdo al número de trabajadores que posean: Gran industria (Estrato I): comprende a los establecimientos manufactureros con más de 100 personas ocupadas. Mediana industria superior (Estrato II):

comprende a los establecimientos que poseen de 51 a 100 personas ocupadas (ambos inclusive). Mediana industria inferior (Estrato III): comprende a los establecimientos manufactureros que poseen de 21 a 50 personas ocupadas (ambos inclusive). Pequeña industria (Estrato IV): comprende a los establecimientos manufactureros que poseen de 5 a 20 personas ocupadas (ambos inclusive) (Oficina Central de Estadística e Informática, 1978).

## 7. Referencias

- Alvarado, Mizar; Carvallo, Oscar y Verdú, Luis (2012). *Eficiencia, economías de escala y economías de alcance en el sistema bancario venezolano 2004-2012*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, pp. 79.
- Aigner, Denys; Lovell, Knox y Schmidt, Peter (1977). "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models". *Journal of Econometrics*, 6, 1, pp. 21-37. DOI: 10.1016/0304-4076(77)90052-5
- Battese, George y Corra, Greg (1977). "Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia". *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21, 3, pp. 169 -179.
- Carvallo, Oscar; Contreras, José y Santeliz, Andrés (2012). "Patrones de eficiencia técnica en el sector manufacturero venezolano (2007)". *Economía*, XXXVII, 34 (julio – diciembre, 2012), pp. 121-137.
- Franco, Mercedes; Ramos, Lucrecia y Hernández, Yunieski (2010). "Combinación de datos de corte transversal y de series temporales: la utilización de datos de panel". *Contribuciones a la Economía*. Consultado: 25/06/2017. Disponible (online): <http://www.eumed.net/ce/2010b/>
- Gumbau, Mercedes y Maudos, Joaquín (1996). *Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación fronterera*. Consultado el: 25/06/2017. Disponible (online): <http://www.ivie.es/downloads/docs/wpasec/wpasec-1996-10.pdf>.
- Harmath, Pedro y Ramoni, Josefa (2012). "Fronteras estocásticas e ineficiencia salarial en Venezuela". *Economía*, XXXVII, 33 (enero-junio, 2012), pp. 107-142.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2002). *Encuesta Industrial Anual. Ficha técnica*. Caracas: Gerencia General de Estadísticas Económicas del INE.

- Kim, Taegi y Park, Changsuh (2006). "Productivity growth in Korea: efficiency improvement or technical progress?". *Applied Economics* 38, 8, pp. 943-954. DOI: 10.1080/00036840600639006.
- Kumbhakar, Subal (1990). "Production frontiers, panel data, and time varying technical inefficiency". *Journal of Econometrics*, 46, 1-2, pp. 201-211.
- Kumbhakar, Subal y Lovell, Knox (2000). *Stochastics frontier analysis*. New York: Cambridge University Press, 333 pp.
- Lora, Juan (2006). *Propuesta para la estimación del salario de reserva de los empleados en Colombia con el análisis de fronteras estocásticas*. Colombia: Departamento Nacional de Planeación, 41 pp.
- Meeusen, Wim y Van den Broeck, Julien (1977). "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error". *International Economic Review*, 18, 2, pp. 435 – 444.
- Melo, Ligia y Espinoza, Néstor (2005). *Ineficiencia en la distribución de energía eléctrica: una aplicación de las funciones de distancia estocástica*. Consultado el: 24/06/2017. Disponible (online): <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra321.pdf>
- Oficina Central de Estadística e Informática (1978). *VIII Encuesta Industrial Región de los Llanos Centrales. Región Guayana y Sur. Región Centro Norte y Costera*. República de Venezuela: Presidencia de la República.
- Peña, Julio; Basch, Michael y Vergara, Sebastián (2003). "Eficiencia técnica y escalas de operación en pesca pelágica: un análisis de fronteras estocásticas". *Cuadernos de economía*, 40, 119, pp. 47-87. DOI: 10.4067/S0717-68212003011900002.
- Salvador, Manuel y Gargallo, Pilar (2003). *Análisis exploratorio de datos*. Consultado: 07/05/2017. Disponible (online): <http://www.5campus.com/leccion/aed>
- Velázquez, Guacimara y Vásquez, Maura (2007). "La clasificación de la industria manufacturera en Venezuela: una aproximación desde la perspectiva multivariante de costos". *Gestión y Gerencia*, 1, 1, pp. 36-50.
- Vergara, Marcos (2006). "Nota técnica para estimar fronteras estocásticas: una aplicación a la banca chilena". *Estudios de Administración*, 13, 2, pp. 47-66.

## Anexo 1

**Cuadro 5.** Sectores con los mínimos y máximos valores de producción

Mínimos				
Año	Gran Industria	Mediana Industria	Mediana Industria	Pequeña Industria
2003	Fabricación de productos no metálicos.	Elaboración de azúcar.		
2004				
2005	Corte tallado y acabado de piedra.	Elaboración de cacao, chocolate y de productos de confitería.	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural.	Elaboración y conservación de pescado y derivados.
2006	Elaboración y conservación de pescado y derivados.	Elaboración de azúcar.	Fabricación de productos de tabaco.	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y componentes electrónicos.
2007	Construcción y reparación de buques.			Fabricación de productos de tabaco.
Máximos				
2003	La coquización.	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos.		Elaboración de productos de panadería y destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas.
2004	La coquización.	Fabricación de hilos y cables aislados.	Fabricación de acumuladores de pilas y baterías primarias.	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y componentes electrónicos.
2005	Fundición de hierro y acero.	Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético.	Elaboración, conservación de pescado y derivados.	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario.
2006	Fundición de hierro y acero.		Fabricación de productos de cerámica refractaria.	Elaboración de aceites, grasas de origen vegetal y animal.
2007	Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal.			Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y otros componentes electrónicos.

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 6. Sectores con los mínimos y máximos niveles de Consumo Intermedio**

<b>Mínimos</b>				
<b>Año</b>	<b>Gran Industria</b>	<b>Mediana Industria</b>	<b>Mediana Industria</b>	<b>Pequeña Industria</b>
2003	Fábrica de otros productos minerales no metálicos	Elaboración de azúcar		
2004		Elaboración de azúcar		
2005	Corte, tallado y acabado de la piedra.	Elaboración de macarrones, fideos y productos farináceos similares	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural	Elaboración y conservación de pescado y derivados
2006	Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado	Elaboración de azúcar		Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos
2007	Construcción y reparación de buques	Fabricación de productos de tabaco		Elaboración y conservación de pescado y derivados
<b>Máximos</b>				
2003	Coquización (fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear)	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cármicos		
2004	Coquización	Fabricación de hilos y cables aislados	Fabrica pilas y baterías primarias	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos
2005		Fabricación de plásticos en formas primarias y de caucho sintético	Elaboración, conservación de pescado y derivados	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario
2006	Fundición de hierro y acero		Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos	Fabricación de productos de cerámica refractaria
2007				

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 7. Sectores con mínimos y máximos niveles de Activo Total**

<b>Mínimos</b>				
<b>Año</b>	<b>Gran Industria</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mediana Industria</b>	<b>Pequeña Industria</b>
2003	Fabricación de productos no metálicos	Elaboración de azúcar		
2004	Fabricación de productos no metálicos	Elaboración de azúcar		
2005	Corte tallado y acabado de piedra	Elaboración de cacao, chocolate y de productos de confitería	Fabricación de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural	Elaboración y conservación de pescado y derivados
2006	Elaboración y conservación de pescado y derivados	Elaboración de azúcar	Fabricación de productos de tabaco	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y de otros componentes electrónicos
2007	Construcción y reparación de buques	Fabricación de productos de tabaco		Elaboración y conservación de pescado y derivados
<b>Máximos</b>				
2003	Fabricación de productos de hornos de coque	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos		
2004	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de joyas y artículos conexos	Fabricación de acumuladores, de pilas y baterías primarias	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y de componentes electrónicos
2005	Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal	Fabricación de productos de cerámica refractaria		Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos de nitrógeno
2006	Fabricación de hojas de madera para enchapado; tableros contrachapados, laminados y otros tableros y paneles	Elaboración, conservación de frutas, legumbres y hortalizas	Fabricación de productos de cerámica refractaria	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal
2007	Aserrado y acepilladura de madera	Fabricación de máquinas herramienta	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de equipo de elevación y manipulación.

Fuente: elaboración propia.

**Cuadro 8. Sectores con mínimos y máximos niveles de mano de obra**

<b>Mínimos</b>				
<b>Año</b>	<b>Gran Industria</b>	<b>Mediana Industria</b>	<b>Mediana Industria</b>	<b>Pequeña Industria</b>
2003	Actividad productora, procesadora, conservadora de carne y derivados	Fábrica productos metálicos para uso estructural	Elaboración de azúcar	
2004	Corte, tallado y acabado de la piedra	La fabricación de máquinas herramienta	Elaboración de azúcar	
2005	Fabricación de máquinas herramienta	Pulvimetalurgia	Productos de cerámica no refractaria para uso no estructural	Elaboración, conservación de pescado y derivados
2006	Elaboración, conservación de pescado y derivados	Elaboración de azúcar	Fabricación de productos de tabaco	Fabricación de tubos, válvulas electrónicas y de componentes electrónicos
2007	Edición de libros, folletos, partituras y otras publicaciones	Fabricación de productos de tabaco		Elaboración, conservación de pescado y derivados
<b>Máximos</b>				
2003	Fabricación de productos de hornos de coque	Producción, procesamiento, conservación de carne y productos cárnicos		
2004	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de joyas y artículos conexos	Fabricación de acumuladores, de pilas y baterías primarias	Fabricación de tubos y válvulas electrónicas y componentes electrónicos
2005	Fabricación de maquinaria agropecuaria y forestal	Fabricación de productos de cerámica refractaria		Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y componentes de nitrógeno
2006	Fabricación de hojas de madera para enchapado; tableros contrachapados, laminados y otros tableros y paneles	Elaboración, conservación de frutas, legumbres y hortalizas	Fabricación de productos de cerámica refractaria	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal
2007	Aserrado y acepilladura de madera	Fabricación de máquinas herramienta	Fabricación de armas y municiones	Fabricación de equipo de elevación y manipulación.

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 2

**Cuadro 9.** Ramas y clases de actividad económica

Ramas de actividad económica	Clases de actividad económica
15. Elaboración de productos alimenticios y bebidas	1511. Producción, procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos 1512. Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado 1513. Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas 1514. Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal 1520. Elaboración de productos lácteos 1531. Elaboración de productos de molinería 1533. Elaboración de alimentos preparados para animales 1541. Elaboración de productos de panadería 1542. Elaboración de azúcar 1543. Elaboración de cacao y chocolate y de productos de confitería 1544. Elaboración de macarrones, fideos, alucuzcuz y productos farináceos similares 1549. Elaboración de otros productos alimenticios N.C.P. 1551. Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas 1553. Elaboración de bebidas malteadas y de malta
16. Fabricación de productos de tabaco	1600. Fab. de productos de tabaco
17. Fab. de productos textiles	1711. Preparación e hilatura de fibras textiles; tejedura de productos textiles 1721. Fab. de artículos confeccionados de materiales textiles, excepto prendas de vestir 1729. Fab. de otros productos textiles N.C.P. 1730. Fab. de tejidos y artículos de punto y ganchillo
18. Fab. de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles	1820. Adobo y teñido de pieles; Fab. de artículos de piel
19. Curtido y preparado de cuero, fabricación de calzado, artículos de viaje, maletas, bolso de mano y similares	1911. Curtido y adobo de cueros 1920. Fab. de calzado



<p>20. Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; Fab. de artículos de cestería</p>	<p>2010. Aserrado y acepilladura de madera 2021. Fab. de hojas de madera para enchapado; Fab. de tableros contrachapados, tableros laminados, tableros de partículas y otros tableros y paneles</p>
<p>21. Fab. de papel, cartón y productos de papel y cartón</p>	<p>2101. Fab. de pasta de madera, papel y cartón 2102. Fab. de papel y cartón ondulado y de envases de papel y cartón 2109. Fab. de otros artículos de papel y cartón</p>
<p>22. Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones</p>	<p>2211. Edición de libros, folletos, partituras y otras publicaciones 2212. Edición de periódicos, revistas y publicaciones periódicas 2219. Otras actividades de edición 2221. Actividades de impresión</p>
<p>23. Coquización, Fab. de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear</p>	<p>2310. Fab. de productos de hornos de coque 2330. Elaboración de combustible nuclear</p>
<p>24. Fab. de sustancias y productos químicos</p>	<p>2411. Fab. de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos de nitrógeno 2413. Fab. de plásticos en formas primarias y de caucho sintético 2421. Fab. de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario 2423. Fab. de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos 2424. Fab. de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes 2429. Fab. de otros productos químicos N.C.P. 2430. Fab. de fibras manufacturadas</p>
<p>25. Fab. de productos de caucho y de plástico</p>	<p>2511. Fab. de cubiertas y cámaras de caucho; recauchado y renovación de cubiertas de caucho 2519. Fab. de otros productos de caucho 2520. Fab. de productos de plástico</p>
<p>26. Fab. de otros productos minerales no metálicos de vidrio</p>	<p>2610. Fab. de vidrio y productos 2691. Fab. de productos de cerámica no refractaria para uso no estructural 2692. Fab. de productos de cerámica refractaria 2694. Fab. de cemento, cal y yeso 2695. Fab. de artículos de hormigón, cemento y yeso 2696. Corte, tallado y acabado de la piedra 2699. Fab. de otros productos minerales no metálicos n.c.p.</p>

27. Fab. de productos metalúrgicos básicos	2710. Industrias básicas de hierro y acero 2720. Fab. de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos 2731. Fundición de hierro y acero
28. Fab. de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	2811. Fab. de productos metálicos para uso estructural 2812. Fab. de tanques, depósitos y recipientes de metal 2813. Fab. de generadores de vapor, excepto calderas de agua caliente para calefacción central 2891. Forja, prensado, estampado y laminado de metal; pulvimetalurgia 2893. Fab. de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería 2899. Fab. de otros productos elaborados de metal N.C.P.
29. Fab. de maquinaria y equipo N.C.P.	2911. Fab. de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas 2915. Fab. de equipo de elevación y manipulación 2919. Fab. de otros tipos de maquinaria de uso general 2921. Fab. de maquinaria agropecuaria y forestal 2922. Fab. de máquinas herramienta 2924. Fab. de maquinaria para la explotación de minas y canteras y para obras de construcción 2925. Fab. de maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco 2.927 Fab. de armas y municiones 2.930 Fab. de aparatos de uso doméstico N.C.P.
31. Fab. de maquinaria y aparatos eléctricos N.C.P.	3.110 Fab. de motores, generadores y transformadores eléctricos 3.120 Fab. de aparatos de distribución y control 3.130 Fab. de hilos y cables aislados 3.140 Fab. de acumuladores y de pilas y baterías primarias  3.150 Fab. de lámparas eléctricas y equipo de iluminación
32. Fabricación de equipos y aparatos de radio, tv y comunicaciones	3.210 Fab. de tubos y válvulas electrónicos y de otros componentes electrónicos
33. Fab. de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y Fab. de relojes	3.311 Fab. de equipo médico y quirúrgico y de aparatos ortopédicos 3.330 Fab. de relojes

34. Fab. de vehículos automotores, remolques y semirremolques	3.410 Fabricación de vehículos automotores 3.420 Fabricación de carrocerías para vehículos automotores; Fab. de remolques y semirremolque 3.430 Fab. de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores y sus motores
35. Fab. de otros tipos de equipos de transporte	3.511 Construcción y reparación de buques 3.520 Fab. de locomotoras materiales rodantes 3.530 Fab. de aeronaves y naves espaciales 3.591 Fab. de motocicletas 3.592 Fab. de bicicletas y de sillones de ruedas para inválidos
36. Fab. de muebles, industrias manufactureras N.C.P.	3.610 Fab. de muebles 3.691 Fab. de joyas y artículos conexos 3.699 Otras industrias manufactureras N.C.P.

Fuente: Elaboración propia.