

**Producción y eficiencia estocástica:  
una aplicación a la industria  
del calzado en Colombia**

---

**Jorge Barrientos Marín, David Tobón  
y Alderid Gutiérrez**

Jorge Barrientos Marín, David Tobón y Alderid Gutiérrez

### ***Producción y eficiencia estocástica: una aplicación a la industria del calzado en Colombia***

**Resumen:** Este artículo caracteriza y estudia la eficiencia de un conjunto representativo de firmas en el sector de calzado y marroquinería de cuero en Bogotá, Bucaramanga, Cúcuta y el Área Metropolitana de Medellín. El análisis se basa en una encuesta sobre múltiples factores de la producción en esta industria (insumos, integración de actividades, gestión administrativa, innovación, exportaciones, etc.). Nuestros resultados indican que una parte razonable de la varianza total es explicada por la varianza asociada al término de ineficiencia. Adicionalmente, en esta muestra existen rendimientos marginales decrecientes en el uso del factor trabajo y, aunque muchas de las empresas son relativamente eficientes, el sector está aún lejos de funcionar en la frontera de posibilidades de producción.

**Palabras clave:** Eficiencia, frontera estocástica, calzado y cuero. Clasificación JEL: C13, C20, D24

### ***Production and stochastic efficiency: An application to the Colombian footwear and leather industry***

**Abstract:** In this paper, we characterize and study the efficiency of a representative set of firms in the leather and footwear sector in Bogotá, Bucaramanga, Cúcuta and the Metropolitan Area of Medellín. This study is based on a survey addressing multiple aspects of production in this industry (inputs, integration of activities, administrative management, innovation, exports, etc). Our results suggest that a reasonable percentage of total variance is accounted for by the variance of the inefficiency term. Additionally, the sample exhibits diminishing returns to labor. Even though many firms seem to be efficient, the leather sector as a whole is not operating near its production possibilities frontier.

**Keywords:** Efficiency, stochastic frontier, footwear and leather products. JEL Classification: C13, C20, D24

### ***Production et efficience stochastique: une application au secteur de la chaussure en Colombie***

**Résumé:** Cet article étudie l'efficience d'un ensemble représentatif d'entreprises associées au secteur de la chaussure et de la maroquinerie établies dans les villes de Bogotá, Bucaramanga, Cúcuta et la Zone Métropolitaine de la ville de Medellín. L'analyse est construite sur une enquête concernant un ensemble de facteurs associés à la production du secteur (moyens de production, intégration des activités, gestion, innovation, exportations, etc.). Nos montrons qu'une partie importante de la variance totale est expliquée par la variance relative à l'inefficacité. Nous montrons également que, même s'il existe des rendements marginaux décroissants dans l'utilisation du facteur travail et même si les entreprises sont relativement efficaces, le secteur de la chaussure est encore loin de se positionner sur la frontière de possibilités de production.

**Mots clé:** Efficience, frontière stochastique, chaussures et cuir. Classification JEL: C13, C20, D24

# Producción y eficiencia estocástica: una aplicación a la industria del calzado en Colombia

Jorge Barrientos Marín, David Tobón y Alderid Gutiérrez\*

–Introducción. –I. Descripción del sector. –II. Metodología.  
–III. Resultados empíricos. –Conclusiones. –Bibliografía.

*Primera versión recibida en agosto de 2008; versión final aceptada en febrero de 2009*

## Introducción

El análisis teórico clásico de la firma nos introduce en un mundo simplificado aunque interesante. La teoría Clásica dice que los ingredientes necesarios para producir, lo que se conoce como factores de producción, se pueden agrupar en dos categorías: el acervo de capital y la mano de obra; los cuales, por lo general, se consideran un flujo de factores. Esto nos lleva directamente a deducir que las firmas enfrentan unas restricciones tecnológicas, porque dado un nivel de producción existen combinaciones viables de factores para obtener dicho nivel de producto.

También podría preguntarse si dada una combinación de factores viable una firma puede producir más que otra; lo anterior implica pensar en términos más generales y preguntarnos sobre la eficiencia en la actividad productiva. En otros términos: ¿es posible obtener más producto con los mismos factores?

---

\* Jorge Barrientos Marín: Profesor del Departamento de Economía. Investigador del Centro de Investigaciones y Consultorías, Universidad de Antioquia. Dirección electrónica: [jbarr@economicas.udea.edu.co](mailto:jbarr@economicas.udea.edu.co). Dirección postal: Ciudad Universitaria, bloque 13, Apartado 1226, Medellín. David Tobón Orozco: Profesor del Departamento de Economía, Investigador del Centro de Investigaciones y Consultorías de la Facultad de Ciencias Económicas y Coordinador del Grupo de Microeconomía Aplicada, Universidad de Antioquia. Dirección electrónica: [davidthobon@udea.edu.co](mailto:davidthobon@udea.edu.co). Dirección postal: Ciudad Universitaria, bloque 13, Apartado 1226, Medellín. Alderid Gutiérrez Loaiza: Profesor Facultad de Ciencias Económicas y Asistente de investigación del centro de Investigaciones y Consultorías, Universidad de Antioquia. Dirección electrónica: [alderid@gmail.com](mailto:alderid@gmail.com). Dirección postal: Ciudad Universitaria, bloque 13, Apartado 1226, Medellín. Este artículo es el resultado de una investigación más extensa en torno a la eficiencia y productividad del sector del cuero en Colombia en 2007, realizado por el Centro de Investigaciones y Consultorías de la Universidad de Antioquia en conjunto con el Centro Nacional del Calzado y Manufactura del Cuero, Servicio Nacional de aprendizaje (SENA), Medellín. Se agradece el apoyo incondicional y las inteligentes sugerencias y observaciones de Oscar Giraldo, Director del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero del SENA. Todas las interpretaciones y errores son exclusivos de los autores.

La respuesta consiste en encontrar las combinaciones de factores y productos tecnológicamente factibles. Desde el punto de vista teórico basta asumir la existencia de una función de producción para caracterizar el conjunto de planes de producción factibles y la eficiencia. La preocupación entonces se traslada al problema de medir empíricamente la eficiencia en la producción de las firmas.

La especificación y estimación de fronteras de producción y la eficiencia asociada al nivel de producción, han sido tema de una creciente literatura desde el trabajo seminal de Farrel (1957) aplicado el sector agrícola de Estados Unidos. Existen dos aproximaciones para estimar el grado de eficiencia de un conjunto de firmas; la primera es determinística, basada en el análisis envolvente de datos (*Data Envelopment Analysis* —DEA—), ampliamente estudiada y difundida por Lowell (1993, 1994) y el enfoque FDH (*Free Disposal Hull*) liderado por Charnes *et al.* (1978) y Deprins *et al.* (1984), respectivamente; el segundo enfoque es el estocástico de Aigner, Lovell y Schmidt (1977), el cual permite la incidencia de choques aleatorios en la producción y luego, a partir de dichos choques, permite determinar la frontera de eficiencia más probable. En esta aplicación la eficiencia técnica<sup>1</sup> se estima usando el algoritmo de Battese y Coelli (1988), el cual es explicado con detalle en la sección II.

El uso de fronteras estocásticas en Colombia no es común y menos para el sector real. Se ha aplicado más en los sectores de servicios de utilidad pública y financieros (Sarmiento, *et al.*, 2004 y Estrada y Osorio, 2004), usando datos agregados de las cuentas nacionales (Acevedo y Ramírez, 2005), o aplicando DEA. Existe una primera aplicación en Tyler y Lee (1979), quienes usan datos de las industrias de alimentos, zapatos de material y cuero, muebles de madera y metales, encontrando una baja productividad de todos ellos en el uso del capital, principalmente en el sector de zapatería de cuero.

Este trabajo establece los principales determinantes de la eficiencia, en el sentido descrito anteriormente, dados unos factores, unas prácticas empresariales o un ambiente determinado. Las variables relevantes fueron obtenidas a través de una encuesta a 79 firmas en cuatro regiones del país, Bogotá, Cúcuta, Bucaramanga y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (en adelante Amva).<sup>2</sup> Estas zonas representan la tradición de grandes productores de artículos de cuero, marroquinería y calzado.

En la producción de zapatos de cuero y uso del cuero en Colombia se ha considerado que ha sido constante la regular calidad y la disponibilidad de

---

<sup>1</sup> Según Battese y Coelli (1988) “una empresa es eficiente técnicamente si no puede obtener más de alguno de sus productos sin obtener menos de algún otro, o sin emplear más de alguno de los factores”.

<sup>2</sup> Los municipios que hacen parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Amva) son: Caldas, La Estrella, Sabaneta, Itagüí, Medellín, Bello, Copacabana, Girardota y Barbosa.

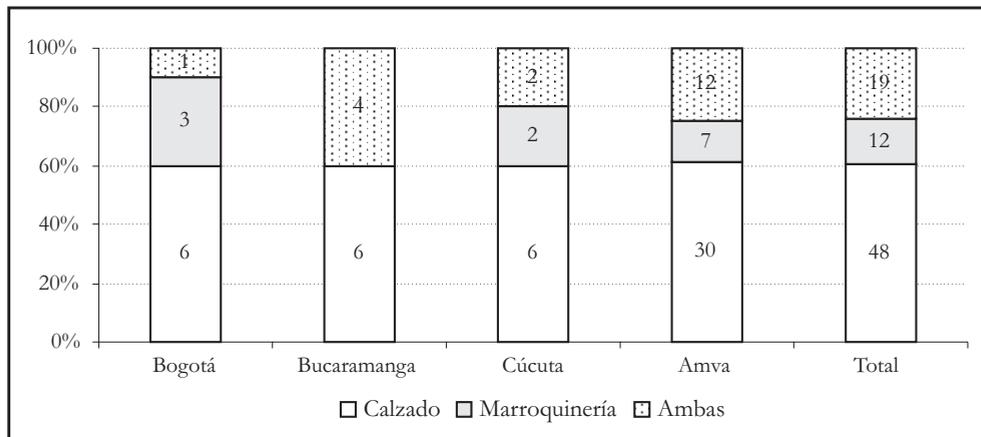
insumos de origen nacional, la gran cantidad de microempresas y el predominio de procesos artesanales de evolución tecnológica lenta. De ahí que se reconozca la necesidad de profundizar en factores diferenciadores como el diseño, el posicionamiento de marca, el cubrimiento geográfico y los procesos y técnicas de manufactura. Asimismo la conformación de redes empresariales, la articulación de la cadena de confecciones y marroquinería, el desarrollo de *clusters* de producción y el aprovechamiento de zonas francas y distritos industriales para generar economías de aglomeración de actividades y ventajas tributarias. Sin embargo, estos análisis se basan en relaciones parciales entre variables y carecen de modelos explicativos que los soporten (Jaramillo, *et al.*, 1995 y Alzate, 2004).

La metodología empírica aplicada en este artículo contribuye a discriminar las firmas de acuerdo con la eficiencia, entendida por los mayores niveles de ventas o de mínimo costo alcanzado, controlando estos resultados por todas las variables que afectan a las empresas, y teniendo en cuenta que hay variables exógenas a la empresa como son: la dinámica de las variables macroeconómicas del país y la demanda foránea, el clima de los negocios, el avance en los tratados comerciales, las ventajas competitivas que cada ciudad ofrece, entre otros.

Este trabajo se divide en tres secciones, la primera sección hace una caracterización del sector en Colombia, en la segunda sección se describe la metodología empírica en el análisis de eficiencia, la tercera sección reporta el análisis estadístico concerniente a varias metodologías aplicadas.

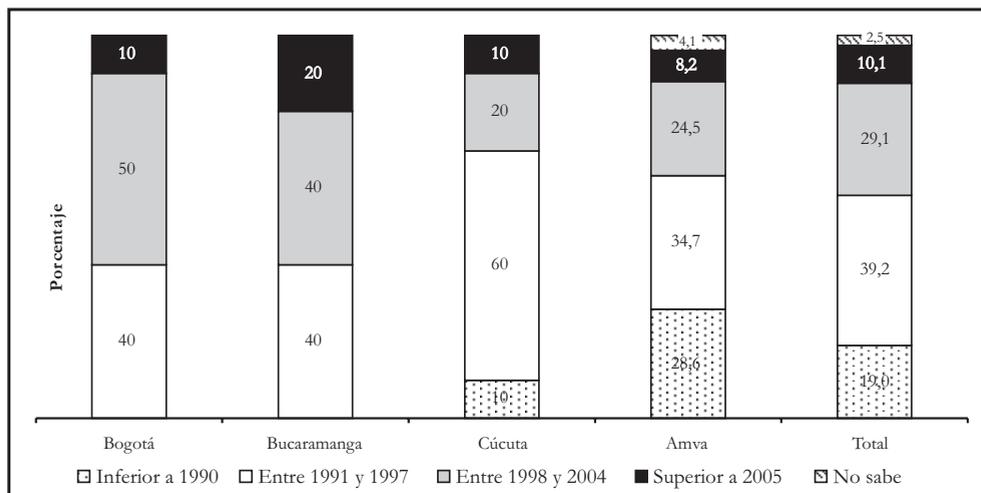
## I. Descripción del sector

Se entrevistaron 79 empresas, 49 en el Amva y 10 en cada una de las otras ciudades señaladas. En promedio, el 60,7% tienen la actividad exclusiva del calzado, el 15,2% se dedican a la marroquinería, y el 24,1% combina ambas actividades. El 54,4% de las empresas son pequeñas (entre 10 y 49 empleados), aunque en Bogotá hay muchas más de tamaño mediano (el 80% tiene entre 50 y 199 empleados). Sólo se tienen tres grandes empresas, es decir aquellas con más de 200 empleados, una en Bogotá y dos en el Amva; éstas producen en promedio casi 219 artículos de marroquinería y 571 pares de zapatos por día, y tienen 18 años de operación. Aunque la varianza es bastante alta, lo que indica que hay muchas firmas jóvenes y de poca trayectoria. En el Amva se presenta la distribución más heterogénea de empresas según esta clasificación. No se incluyeron empresas informales (gráficos 1 y 2 y tabla 1).



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 1. *Distribución de la muestra de empresas marroquineras y de calzado de cuero por ciudad, 2007*



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 2. *Modelo de la maquinaria en las empresas de marroquinería y de calzado, 2007*

Tabla 1. *Clasificación de las empresas encuestadas según el tamaño, 2007*

Clases de empresas según número de empleados						
	Bogotá	Bucaramanga	Cúcuta	Amva	Total	%
Micro o famiempresa	0	0	1	3	4	5,1
Pequeña empresa	1	8	7	27	43	54,4
Mediana empresa	8	2	2	17	29	36,7
Gran empresa	1	0	0	2	3	3,8
<i>Total</i>	10	10	10	49	79	100
Clases de empresas marroquineras según los productos que elaboran						
Pequeña marroquinería	2	0	1	8	11	35,5
Mediana marroquinería		4	3	10	17	54,8
Gran marroquinería	2	0	0	1	3	9,7
<i>Total</i>	4	4	4	19	31	100
Clases de empresas de calzado según pares de zapatos por día						
Microempresa	0	2	1	6	9	13,4
Pequeña empresa	4	8	7	28	47	70,1
Mediana empresa	3	0	0	7	10	14,9
Gran empresa	0	0	0	1	1	1,5
<i>Total</i>	7	10	8	42	67	100

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Respecto a los empleados, el 45,4% son permanentes (en Bogotá llegan a ser sólo el 37,2% y en Medellín el 58%) y casi todos son de tiempo completo (98,7%). Estas empresas emplean en promedio 70 trabajadores. Considerando el tipo de empleo, los operarios son la mayoría y los aprendices tienen menos de tres años de experiencia; los gerentes, directivos y operarios tienen más experiencia. La mayor parte de los aprendices (55,9%) y operarios (57,1) tienen secundaria, de los primeros únicamente el 26,5 tienen educación técnica y de los otros tienen primaria el 40,3%. La mayor cantidad de ejecutivos, directivos y gerentes (47,8%, 45,5% y 43%, respectivamente), cuentan con título universitario, pero sólo se encontraron cuatro casos puntuales de gerentes con maestría o doctorado. Los encuestados afirman que los trabajadores han recibido en los últimos dos años (2006-2007) capacitación en áreas como cursos de gerencia o manejo de maquinaria en Bogotá (100% de las empresas), Bucaramanga (65%), el Amva (60%) y Cúcuta (49%), aproximadamente.

La vocación internacional de estas empresas es destacable, las exportadoras son el 76% y las importadoras 43%. Al cruzar las dos actividades, de las 60 exportadoras la mitad también realiza importaciones; mientras que de las 45 empresas no importadoras 30 son exportadoras (66,7%). Las exportaciones pesan un 23% de las ventas y las importaciones 13,8%; las materias primas son las de mayor demanda importadora con un 80,7%, seguida por maquinaria (14%) y bienes finales (5,3%). Se exportan principalmente bienes finales (98,3%) y muy poco de maquilas (1,7%), siendo Venezuela y Ecuador los principales destinos definidos.

En lo que respecta a la maquinaria utilizada, más del 58% de las empresas emplea modelos anteriores al año 1997. En casi todas se utilizan tecnologías convencionales, es decir, que se pueden comprar en ferias industriales con facilidad. Sólo el 10% tienen tecnologías de modelo superior a 2005. De todas maneras, el 56% declara que la inversión en nueva maquinaria ayudó a mejorar ostensiblemente las ventas. Cada empresa dispone de aproximadamente 10 computadores conectados a Internet y seis líneas telefónicas no residenciales.

El 77% de los encuestados reportó utilizar algún tipo de software para el desarrollo de las empresas (software de diseño o de producción). El 96% tiene la opción de venta a crédito a consumidores finales y minoristas. El 68% desarrolla algún tipo de actividad encaminada a investigación y desarrollo (I+D) y el 82% elabora planes de innovación en un sentido amplio, principalmente en el diseño y la imitación y, por último, el 73% admite acudir al sistema financiero por crédito de inversión.

Al preguntarse sobre la participación de nuevos productos en las ventas (aquellos con menos de tres años de creados), 13 empresas encuestadas dicen que no tienen ninguna participación, y para 27 de ellas representan el 80% o más de sus ventas. Las 39 restantes tienen una participación que va desde el mínimo hasta un 80%; de hecho, para el 46% de toda la muestra los nuevos productos representan más del 60% de las ventas.

Tabla 2. *Estadísticas descriptivas de las empresas del sector*

Variable	Media	Desviación estándar	Min	Max
Cantidad de unidades marroquinería	219,79	1004	0	8000
Producción de zapatos	571,1	2036,3	0	18000
Antigüedad de la empresa	18,0	14,5	2	97
Cantidad de empleados	70,6	152,2	1	1304
Ventas a crédito	0,96	-----	0	1
Computadores conectados a Internet	9,7	34,8	0	300
Líneas telefónicas no residenciales	6,3	22,3	0	200
Tipo software	0,77	-----	0	1
I+D	0,68	-----	0	1
Innovación	0,82	-----	0	1
Inversión en maquina aumenta ventas	0,56	-----	0	1
Políticas de mejoramiento calidad	0,46	-----	0	1
Problemas de coordinación	0,11	-----	0	1
Problemas de comunicación	0,17	-----	0	1
Usa crédito	0,73	-----	0	1
Asociado algún gremio	0,82	-----	0	1
Importa	0,43	-----	0	1
Exporta	0,75	-----	0	1
Computadores conectados a Internet <i>per cápita</i>	0,10	0,08	0	0,42
Cantidad de teléfonos <i>per cápita</i>	0,09	0,05	0	0,35
Cantidad de zapatos <i>per cápita</i>	6,4	11,3	0	95,2
Unidades de marroquinería <i>per cápita</i>	2,3	5,7	0	33,3
Número de observaciones			79	

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

¿Qué relación pueden tener los nuevos productos con las principales inversiones que hacen estas empresas? Gran parte de las empresas encuestadas afirma que las principales inversiones se hacen en el mejoramiento de la calidad y el diseño de colecciones y seguidamente en el desarrollo de nuevos productos y nueva maquinaria; pero que la calidad y el diseño se soportan principalmente con el uso intensivo de Internet, catálogos y publicaciones especializadas. Así, estas empresas tienen en general tecnologías maduras convencionales, invierten poco en reconversión tecnológica, y la innovación se soporta principalmente en el diseño y la imitación, no en valor agregado, por ejemplo en el diseño personalizado y la comodidad del producto.

La interiorización o integración de ciertas actividades en la empresa está guiada por los costos de transacción o de uso del mercado. Siguiendo a R. Coase

una empresa tenderá a crecer hasta que los costos de la organización de una transacción adicional dentro de la empresa, se igualen a los costos de la realización de la misma transacción por medio de un intercambio en el mercado abierto, o a los costos de su organización en otra empresa (...) por tanto, una empresa tenderá a ser más grande i) mientras menores sean los costos de organización y menor el aumento de estos costos al aumentar el número de las transacciones organizadas, ii) mientras menos probable sea que el empresario cometa errores y menor sea el incremento de los errores con el aumento en el número de transacciones organizadas y iii) mientras mayor sea la reducción (o menor el incremento) del precio de oferta de los factores de la producción para las empresas de mayor tamaño (Coase, 1937, p. 38-40).

Así, los costos de coordinación dentro de una empresa, los de negociación y los de transacción que ella encara están afectados por su capacidad para comprar insumos de otras firmas; y su habilidad para suministrar estos insumos, depende en parte de sus costos de coordinación y el nivel de costos de transacción que ella enfrenta, los cuales son afectados similarmente por lo que ocurre en otras empresas. De otro lado, la mayoría de los descubrimientos cambian los costos de organización y los costos de uso del mecanismo de los precios (el mercado). El efecto neto sobre el tamaño de la empresa depende de cuales costos se reducen más con la aplicación de los descubrimientos (tecnologías, transporte, telecomunicaciones, técnicas administrativas, etc.).

La no integración en una empresa de actividades, como la provisión de insumos, se hace porque al empresario le resulta más barato adquirirlos en el mercado. Pero cuando se decide en esta industria incorporar actividades de distribución y venta final, o nuevas líneas de producción complementarias a las de zapatos y marroquinería de cuero, es porque resulta más rentable y es fundamental para la supervivencia. Por ello es interesante descubrir qué tipo de actividades se realizan al interior de la empresa y qué otras se le dejan al mercado

(terceros), considerando que las condiciones de mercado, la disponibilidad de insumos y las restricciones institucionales y regulatorias en el país le deriven mejor hacerlo.

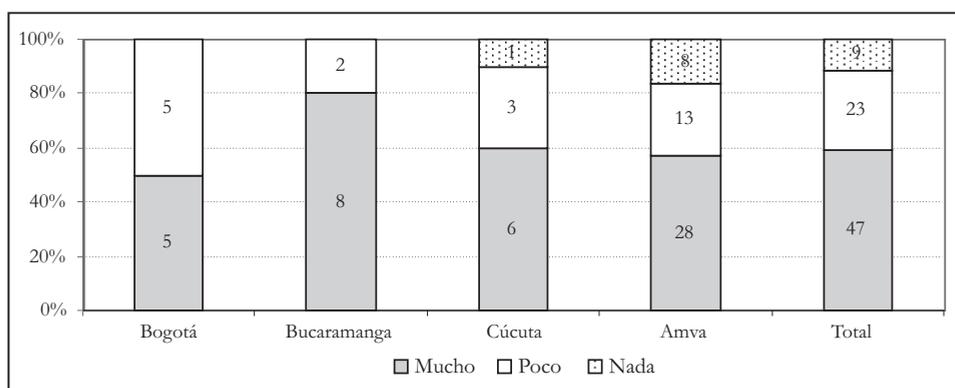
En la cadena de curtiembres muchas actividades son delegadas a terceros. En la marroquinería las que más se delegan son las de armado y costura, seguidas por el modelaje. En calzado las suelas prácticamente se compran en su mayoría (73,3%), y le siguen las actividades de costura, modelaje y diseño. Y en lo que respecta a servicios, sobresalen la delegación de las capacitaciones a sus empleados, seguidas por los puntos de venta —de los productos terminados— y consultorías; en general, todas las empresas adquieren sus insumos de terceros, en la producción de marroquinería y calzado se delega en promedio el 24,5% de las actividades a terceros, y en los servicios se delega el 47% (tabla 3). En la distribución y venta final el 87,3% de sus principales clientes son cadenas de almacenes, almacenes de ventas y comercializadoras, y más del 50% tiene puntos de venta directos.

Tabla 3. *Distribución de actividades al interior de las empresas, 2007*

Cadena	Actividades	Interior	Terceros
1. Curtiembre	1. Ribera	0	100
	2. Curtiembre	0	100
	3. Curtido y acabado	1,2	98,8
2. Marroquinería	4. Diseño	85	15
	5. Modelaje	72,6	27,4
	6. Corte	86,8	13,2
	7. Armado	63,5	36,5
	8. Costura	65,7	34,3
	9. Terminado/empaque	80,3	19,7
3. Calzado	10. Fabricación suelas	26,7	73,3
	11. Diseño	79,8	20,2
	12. Modelaje	73,9	26,1
	12. Corte	89,9	10,1
	14. Devaste y armado	81,5	18,5
	15. Costura	65,2	34,8
	16. Montaje	85,2	14,8
	17. Soladura	84,8	15,2
4. Servicios	18. Terminación/empaque	91,9	8,1
	19. Consultoría	51,8	48,2
	20. Marketing	70,4	29,6
	21. Capacitación	43,4	56,6
	22. Puntos de venta	47,9	52,1

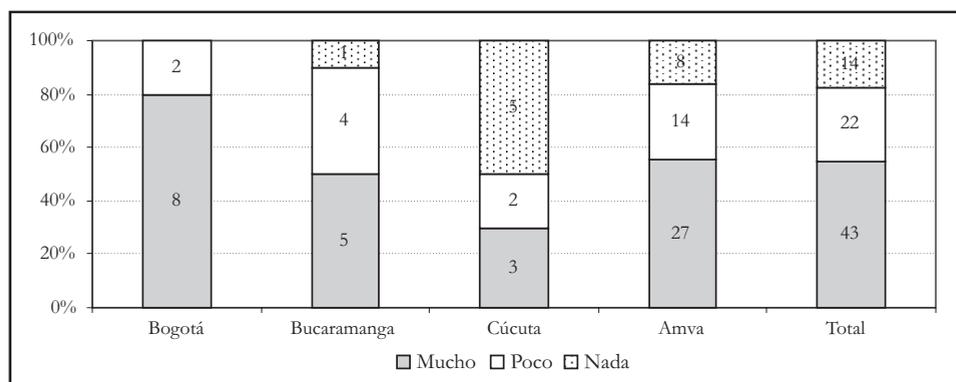
Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Igualmente, la existencia de divisiones o unidades de trabajo especiales, tales como administración, ventas, finanzas, producción, puede dar cuenta de una mayor especialización y productividad en la empresa. Sin embargo, ellas también pueden ser un signo de mayores costos de organización si no ayudan a reducir problemas de coordinación o comunicación. Así, aproximadamente el 60% de las empresas encuestadas respondió que se debe mejorar mucho en la coordinación de actividades, siendo mayor esta respuesta en Bucaramanga. Mientras que el 55% cree que se debe mejorar en la comunicación, siendo mayor esta respuesta en Bogotá (80%) y Medellín (57%) (gráficos 3 y 4).



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 3. Necesidad de mejorar en labores de coordinación en las empresas, 2007



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 4. Necesidad de mejorar en labores de comunicación en las empresas, 2007

Con respecto a las relaciones entre las empresas, casi el 80% están afiliadas a Acicam, el gremio principal que representa institucionalmente esta industria. Respecto a la afiliación en otras agremiaciones se destacan las empresas localizadas en Bucaramanga (más del 90%) y Bogotá (50%), siendo muy bajo en Medellín (18%) y nulo en Cúcuta. Con relación a las posibles sinergias entre las empresas se cree que existe poca capacidad para entrar en arreglos colaborativos de largo plazo en la cadena de valor, con clientes y proveedores, para adelantar conjuntamente proyectos estratégicos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

Por último, cuando se pregunta por las ventajas relativas de cada ciudad, en ninguna se menciona la ayuda estatal o municipal; más bien, las ventajas se explican por la moda en Medellín, tamaño de mercado en Bogotá, reconocimiento y dotación de mano de obra en Bucaramanga, y ser frontera y tener facilidad de obtener materias primas (aunque en menor proporción) en Cúcuta.

## II. Metodología

El análisis de eficiencia de las empresas del sector se llevó a cabo usando la técnica de fronteras estocásticas, que permite estimar fronteras de posibilidades de producción y, por tanto, medir la eficiencia en la producción en el uso de los factores en una firma. El modelo estándar de función de producción está representado por la siguiente especificación lineal:

$$\ln(y_i) = g(X_i\beta) + v_i - u_i \quad (1)$$

donde  $\ln(y_i)$  es el logaritmo de la producción de la firma  $i$ ,  $X_i$  es la matriz de características de la firma  $i$ , de dimensión  $n \times k$  y  $\beta$  el vector de parámetros a estimar de dimensión  $k \times 1$ . Generalmente, se asume que la función  $g(\cdot)$  es una función lineal de un parámetro, esto es:  $g(X\beta) = X\beta$ . El término  $u_i$  es una variable aleatoria no negativa asociada con la eficiencia técnica en la producción de las firmas de un sector económico, con media cero y varianza  $\sigma_u^2$ , igualmente  $u_i$  corresponde a las distribuciones semi-normal y exponencial, el término  $v_i$  es el error clásico con media 0 y varianza finita  $\sigma_v^2$ , que es idénticamente distribuido e independiente de  $u_i$ .

La razón del producto observado respecto al producto potencial de una firma (definido por la frontera de producción) es usada para definir la eficiencia técnica  $ET_i = e^{-u_i}$  (Coelli, Rao y Battese, 1998). Esta cantidad oscila entre 0 y 1 e indica la magnitud del producto de la firma  $i$  relativa al producto que pudo ser generado por una firma plenamente eficiente usando los mismos factores. El valor esperado de la  $ET$  puede ser calculado haciendo los supuestos adecuados sobre distribución del término de eficiencia:

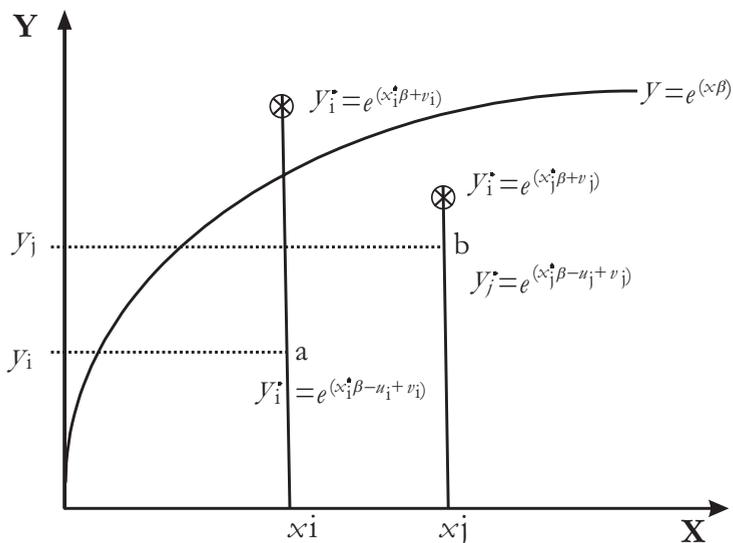
$$\mu = \int e^u dF(u) \quad (2)$$

Se puede mostrar, de acuerdo a Coelli, Rao y Battese (1998), que si los efectos de eficiencia son independientes y *semi*-normalmente distribuidos, una vez obtenidos los parámetros del modelo por máxima verosimilitud ( $L(\beta, \sigma_u^2, \sigma_v^2)$ ), se tiene que  $E(TE_i) = 2[1 - \Phi(\sigma_s \sqrt{\gamma})] e^{\frac{\gamma \sigma_s^2}{2}}$ , donde  $\Phi(\cdot)$  es la función de densidad normal estándar,  $\sigma_s^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$  es la varianza total, además  $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_s^2}$  está entre cero y uno, donde valores cercanos a cero (uno) son niveles bajos (altos) de eficiencia. Las condiciones de identificación en la estimación de  $\sigma_u^2$  y  $\sigma_v^2$  se pueden hallar en Greene (2003).

La prueba de hipótesis de eficiencia técnica, para el modelo dado por (1), puede ser llevada a cabo definiendo  $H_0: \sigma_u^2 = 0$  contra la alternativa  $H_1: \sigma_u^2 > 0$  o, equivalentemente,  $H_0: \gamma = 0$  contra  $H_1: \gamma > 0$ , usualmente usando el criterio de Wald. El primer contraste planteado es interesante porque si no se rechaza la hipótesis  $H_0: \sigma_u^2 = 0$ , el modelo se reduce a mínimos cuadrados ordinarios (OLS) con errores normales. Cuando  $H_0$  es cierta  $\gamma = 0$  se está en la frontera del espacio del parámetro, entonces:  $LR \sim \frac{1}{2} \chi_0^2 + \frac{1}{2} \chi_1^2 \neq LR \sim \chi_1^2$ . Para solucionar este inconveniente se suele usar la regla de decisión, comparando valores críticos para un tamaño  $\alpha$  con  $\chi_1^2(2\alpha)$ , en lugar de  $\chi_1^2(\alpha)$ . No obstante, en este trabajo usamos el  $p$ -valor como regla de decisión.

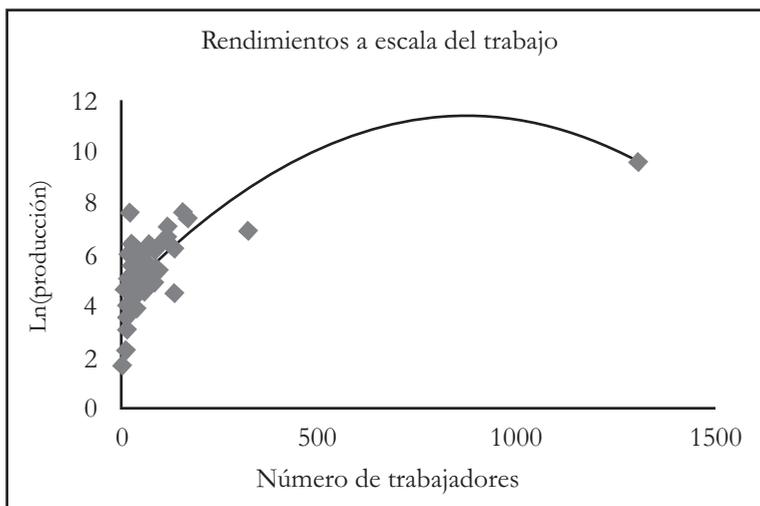
Como es de esperarse, en todo ejercicio econométrico de estimación existen problemas, en este caso el error compuesto *vi-iii* causa problemas de estimación. Sabemos que OLS es el mejor estimador lineal insesgado, pero cuando se trata de especificaciones como la (1) el intercepto no es consistente. Es por eso que en la práctica se elige un estimador que sea asintóticamente eficiente como Máxima Verosimilitud, que además calcula la varianza de *vi-iii* consistentemente.

El gráfico 5 ilustra las características básicas de la idea detrás de la metodología de la frontera estocástica. Los factores de producción (mano de obra, capital, ambiente empresarial, etc.) son representados en el eje horizontal, y la producción en el eje vertical. El componente determinístico de la frontera se asume con rendimientos marginales decrecientes en el uso del factor  $x$ ; en nuestro caso particular, para la mano de obra es un supuesto acertado (gráfico 6).



Fuente: Coelli, T; Rao, P y Battese, G (1998).

Gráfico 5. *Frontera de producción estocástica*



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 6. *Relación entre el número de trabajadores y la producción de zapatos/día*

El producto observado y los factores para las dos firmas representativas  $j$  e  $i$ , son expresados en este gráfico, donde la primera firma usa  $x_i$  y produce  $y_i$ , lo propio hace la firma  $j$ . Los pares  $(x, y)$  observados están marcados con las

letras a y b respectivamente. El valor de la producción de frontera estocástica  $y_i^* = e^{(x_i^* \beta + v_i)}$ , está marcado con el símbolo  $\otimes$  por encima de la frontera de producción debido al error  $v_i$ , el cual es positivo en este caso. De manera similar para la firma  $j$ . No obstante, la producción  $y_j^* = e^{(x_j^* \beta + v_j)}$  está por debajo, debido al término de error que es negativo. Los valores del producto en la frontera estocástica  $Y_j^*$  y  $y_j^*$  no son observables puesto que los errores  $v_i$  y  $v_j$ , tampoco lo son. Sin embargo, nótese que la parte determinista de la frontera estocástica está entre unos límites superiores e inferiores que son las fronteras de producciones estocásticas.

Para estimar la frontera se tuvieron en cuenta los factores relevantes en la producción como el trabajo (mano de obra), la antigüedad de la empresa, las líneas telefónicas no residenciales y la cantidad de computadores conectados a Internet. Otras variables fueron consideradas inicialmente, pero al causar problemas de estimación de la eficiencia se dejaron de lado; la razón principal es que muchas de ellas eran variables binarias y, eventualmente, la discontinuidad propia de este tipo de variables impide aplicar el método correctamente (dificultad en el algoritmo que calcula la verosimilitud). En este trabajo presentaremos la estimación del modelo clásico y, adicionalmente, la estimación de la varianza de los errores que mide el grado de eficiencia, denotada por  $\sigma_u^2$ .

### III. Resultados empíricos

#### A. El análisis empírico y modelos a estimar

##### 1. Análisis de regresión lineal

Llamando  $Y$  la producción y  $X$  la matriz de insumos, la función de producción que representa el sector se escribe como:

$$Y = F(X_1, \dots, X_K) \quad (3)$$

Para estimar la relación estadística entre  $Y$  y  $X$ , basamos en principio el análisis en el siguiente modelo estándar microeconómico:

$$Y_{ij} = A \left( \prod_{k=1}^K X_{ijk}^{\alpha_k} \right) e^{\sum_{k=K+1}^{K'} \beta_k X_{ikj}} e^{v_{ij} - u_{ij}} \quad (4)$$

Donde  $k=K+1, \dots, K+K'$ ,  $i=1, \dots, N$  y  $j=1, \dots, J$ . De modo que con una muestra de  $N$  empresas,  $K$  factores entran multiplicativamente y  $K'$  factores entran aditivamente en  $J$  regiones, adicionando el respectivo error en la estimación. En el modelo (4),  $Y_{ij}$  es el bien producido por la firma  $i$  en la región  $j$  usando el factor  $k$ , denotado por  $X_{ijk}$ , y  $v_{ij}$  es el término de error clásico, con media 0 y varianza constante, esto es:  $E(v_{ij} | X) = 0$ ; y  $E(v_{ij}^2 | X) = \sigma_v^2$ ; y  $u_{ij}$  es el

término de ineficiencia con las propiedades  $E(u_{ij} | X) = 0$  y  $E(u_{ij}^2 | X) = \sigma_u^2$  y adicionalmente  $E(u_{ij} v_{ij}) = 0$  para todo  $i, j$ .

Un aspecto a resaltar es la relación existente entre la producción de zapatos por día y el número de trabajadores, que presenta rendimientos marginales decrecientes en esta muestra (de acuerdo con lo mencionado en la sección II el supuesto se satisface), siempre que conjeturemos que las empresas sean ligeramente similares, al menos un gran número de ellas (gráfico 6).

La tabla 4 muestra la estimación del modelo (4), cuya variable dependiente es la producción de zapatos (en logaritmo) en función de variables como el número de empleados, la antigüedad, el número de líneas no residenciales, el número de computadores *per cápita* conectados a la red, la inversión en maquinaria, si vende a crédito o si acude al sistema financiero por crédito. Estas regresiones controlan por el tipo de empresa (si es pequeña, mediana y gran empresa)<sup>3</sup> y por la región donde se ubica cada una. No se realiza el ejercicio con la producción de marroquinería como variable dependiente, debido a una reducción importante en el tamaño de muestra; intentamos incluso generar una variable dependiente basada en ambos tipos de producto, pero requeríamos homogeneizarla usando el índice de precios al productor (IPP), pero infortunadamente, el IPP no está desagregado en Colombia para bienes en el sector de cuero.

Tabla 4. *Estimación del modelo (4)*

Variable dependiente: Producción de zapatos por día	Coficiente	t-valor(*)	p-valor
Cantidad de empleados	0,0027	3,1	0,003
Antigüedad de la empresa	0,33	1,8	0,070
Líneas telefónicas no residenciales	0,47	1,8	0,07
Computadores conectados a Internet	-2,3	1,4	0,16
Innovación	-0,23	1,10	0,27
I+D	0,15	0,62	0,53
Inversión en maquina aumenta ventas	0,20	0,9	0,37
Exporta	0,61	2,91	0,005
Vende a crédito	-0,76	1,5	0,12
Usa crédito de inversión	0,52	2,2	0,02
Constante	4,8	5,5	0,0
Número de observaciones		66	
R <sup>2</sup>		0,61	

\* Valor absoluto de t-valor

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

<sup>3</sup> Definimos el tamaño de la empresa por número de trabajadores, es decir: pequeña, entre 10 y 49 empleados; mediana, entre 50 y 199 empleados y grande, con más de 200 empleados.

La evidencia empírica indica, como es de esperar, que el factor trabajo (o la mano de obra) es importante en la producción de zapatos. Más aún, de acuerdo con la pendiente estimada, un incremento marginal y absoluto en el factor trabajo en una unidad (1 empleado) implica un incremento proporcional en la producción de aproximadamente 0,0027 por día.<sup>4</sup> Teniendo en cuenta esta estimación y que en promedio se producen 496 pares de zapatos por día en el sector, un trabajador adicional produce marginalmente un par de zapatos. Esto es aparentemente bajo, pero si realizamos el mismo cálculo teniendo en cuenta las 25 empresas que más producen, es decir  $dy/d(\text{Empleados}_{25})=0,0027*\bar{Y}_{25}$ , las cuales generan por día, en promedio, 1371 pares, la producción adicional por trabajador/día es de casi 3 pares de zapatos.

La antigüedad de la firma indica que un incremento en 1% en el número de años implica un incremento de 0,33% en la producción, mostrando que la experiencia, la reputación y el conocimiento del sector son activos determinantes. Una interpretación similar se tiene al analizar la variable: líneas telefónicas no residenciales. Lo que queda claro es que aunque la magnitud del coeficiente estimado no sea demasiado grande, las variables son significativas. Por su parte, el número de computadores conectados a Internet proporciona un signo negativo, que ciertamente no es el esperado; sin embargo, esto puede interpretarse de dos maneras, o no están siendo utilizados para lo que inicialmente se planearon, incrementar la productividad, o definitivamente no existe ninguna relación, al menos estadística, con la producción.

Respecto a las ventas a crédito, estas tienen un efecto negativo; en particular, quienes reportaron vender a crédito venden menos (casi un par de zapatos menos al día) que aquellas que no usan ese sistema. Puede ser que la cartera vencida de las empresas vuelve pesimistas a los productores haciendo contraer la producción. De otro lado, aquellas empresas que afirmaron acudir al sistema financiero por crédito para inversión tuvieron una mejora en su producción, al menos mejor que aquellas que no acuden al sistema; esto podría deberse a que las tasas de interés de principios del año 2007 fueron relativamente bajas.

A pesar de los problemas de revaluación de la moneda local en la economía colombiana en los últimos años, y a la consecuente pérdida de competitividad

---

<sup>4</sup> Esto también puede expresarse diciendo que, de acuerdo con la pendiente estimada, un incremento marginal y absoluto en un empleado implica un incremento en la producción de aproximadamente  $0,0027*100$  ó 0,27% por día.

del sector exportador, aquellas empresas que reportaron exportar tuvieron una producción ligeramente más alta que aquellas empresas que no exportan. En cuanto a innovación e investigación y desarrollo (I+D), o sea aquellas empresas que aseguraron llevar a cabo políticas en esa dirección, las variables fueron estadísticamente poco significativas, de modo que en esta muestra no tienen relevancia. Para confirmar que no es un efecto estadístico, se llevo a cabo el mismo ejercicio pero sin incluir I+D e innovación y el resultado fue bastante similar (tabla 5), ni siquiera el coeficiente de determinación  $R^2$  estimado se incrementa. El modelo (4) fue estimado agrupando los errores por firma sin cambios significativos en las conclusiones.

Tabla 5. *Reestimación del modelo (4)*

Variable dependiente: Producción de zapatos por día	Coefficiente	t-valor(*)	p-valor
Cantidad de empleados	0,002	3,0	0,003
Antigüedad de la empresa	0,29	1,6	0,1
Líneas telefónicas no residenciales	0,47	1,9	0,06
Computadores conectados a Internet	-2,0	1,3	0,18
Inversión en maquina aumenta ventas	0,21	0,9	0,36
Exporta	0,61	2,9	0,004
Vende a crédito	-0,81	1,6	0,11
Usa crédito de inversión	0,47	2,2	0,02
Constante	4,7	6,5	0,0
Número de observaciones		66	
$R^2$		0,60	

\* Valor absoluto del estadístico *t-student*.

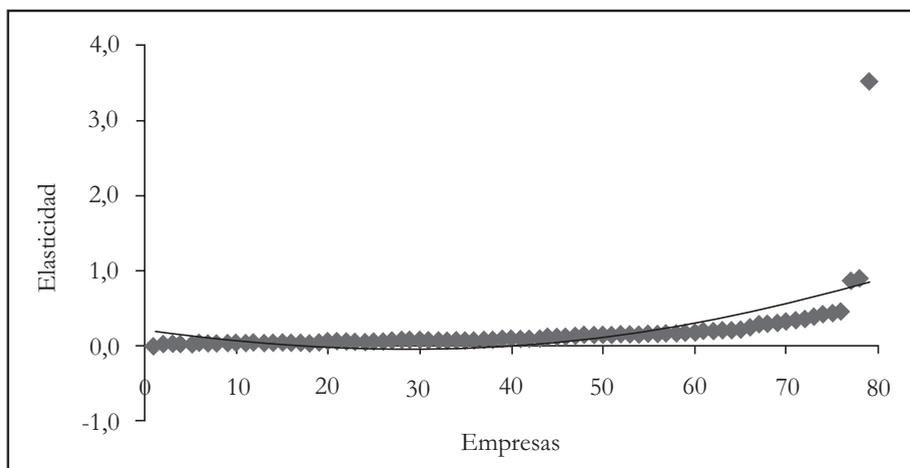
Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

## 2. *La elasticidad producto del trabajo en el sector*

El gráfico 7 muestra la elasticidad de la producción de zapatos respecto al factor trabajo, estimada por medio de la expresión:

$$\epsilon_{\frac{y}{\bar{x}}} = \frac{y}{\bar{x}} \frac{dy}{d\bar{x}} = \bar{\beta}_x \quad (5)$$

Donde  $\bar{\beta}$  es el estimador del parámetro asociado al factor trabajo. A partir de la cantidad (5) se puede calcular la elasticidad promedio del sector como  $\bar{\epsilon}_{\frac{y}{\bar{x}}} = \bar{\beta}_x$ , la cual indicó que un incremento de 1% en el factor trabajo incrementa en promedio casi 0,19% la producción del sector, aunque con una varianza estimada de 0,168.



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 7. *Elasticidad del producto respecto al trabajo*

De acuerdo con lo anterior, el incremento por firma depende en gran medida del tamaño de la misma. Más aún, hay algunas firmas cuya elasticidad está por debajo de uno y otras que estadísticamente no difieren de la unidad, esto indica que el incremento porcentual en una unidad en el factor trabajo produce un incremento en la producción menos que proporcional, en tanto que en las más grandes (exactamente una empresa) esta proporción es de más del 1%. Lo anterior significa que para la mayoría de las empresas una baja elasticidad de la producción respecto al trabajo y un trabajador más o menos no generan diferencias significativas, en tanto que en las grandes empresas la producción es más sensible al factor trabajo.

### 3. *El impacto de la características de la empresa sobre las exportaciones*

En cuanto a la tendencia exportadora del sector, el análisis se realiza inspeccionando cómo una variable determinada afecta la probabilidad de exportar. En términos formales, el modelo estimado está dado por la expresión:

$$D = X\beta + u \quad (6)$$

Donde  $X$  es una matriz de características individuales,  $D$  es una variable binaria que toma el valor 1 si la empresa  $i$  exportó y 0 en otro caso,  $\beta$  es el vector de parámetros a estimar y  $u$  es el término de error que satisface  $E(u|X) = 0$ . Se obtiene, entonces, la media de  $D$  condicionada a  $X$  por medio de:

$$E(D|X_{ik}) = F \left[ \sum_{k=1}^K X_{ik} B_k \right]; \text{ donde } i = 1, \dots, n \quad k = 1, \dots, K \quad (7)$$

La tabla 6 presenta las estimaciones del modelo (6), las variables estadísticamente significativas son el empleo, la producción, el número de líneas residenciales, los computadores (con conexión a Internet) y ser catalogada como gran empresa.

Tabla 6. *Estimación del modelo (6)*

Variable dependiente: naturaleza exportadora	Coficiente	Z-valor(*)	p-valor
Producción	0,65	2,0	0,05
Cantidad de empleados	0,04	1,6	0,09
Antigüedad de la empresa	-0,04	1,2	0,2
Líneas telefónicas no residenciales	-0,28	1,7	0,08
Computadores conectados a Internet	5,8	1,96	0,05
Inversión en maquina aumenta ventas	0,04	0,09	0,93
Usa crédito de inversión	-0,50	0,93	0,35
Gran empresa	1,23	1,54	0,12
Cúcuta	0,36	0,46	0,64
Número de observaciones		48	
Modelo Logístico			
Matriz de varianzas estimada robusta			

\* Valor absoluto del t-valor

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Las demás variables como los años de antigüedad, la inversión en maquinaria, acudir al sistema financiero y estar ubicado en Cúcuta no son estadísticamente relevantes (las demás ciudades no se incluyen puesto que presentaron una relación exactamente lineal con algunas variables explicativas).

En cuanto a aquellas variables que son relevantes, parece natural que el nivel de producción y el número de empleados incrementen la probabilidad de exportar, pero esto se encuentra mediado por el tamaño de la empresa: las más grandes tienen una mayor posibilidad de exportar, las medianas y las pequeñas ocasionalmente pueden exportar, en general abastecen el mercado local. Las líneas no residenciales y los computadores en red, tienen un efecto ambivalente, las primeras tienen un efecto negativo, disminuyendo tal probabilidad, pero eso se compensa con la adquisición de computadores con Internet. Esto se comprende si tenemos en cuenta que la telefonía fija es costosa, la Internet ofrece más posibilidades de comunicación a muchos sitios y a más bajo costo.

La tabla 7 reporta resultados de regresión del modelo (6) controlando sólo por el tipo de ciudad y el tamaño de la firma. La conclusión a la cual se llega es que una firma ubicada en Bogotá tiene más probabilidad de exportar, incluso si es pequeña. Por su parte, el cálculo de los efectos marginales indica que una firma en Bogotá tiene 27% más probabilidades de exportar, y la probabilidad de una firma grande es del 21%. En conjunto una firma grande en Bogotá tiene 48% más probabilidades de exportar.

Tabla 7. *Estimación del modelo (6)*

Variable dependiente: naturaleza exportadora	Coefficiente	Z-valor(*)	p-valor
Mediana empresa	0,55	1,3	0,19
Gran empresa	0,80	1,5	0,13
Medellín	0,26	0,62	0,53
Bogotá	1,19	1,8	0,06
Cálculo de efectos marginales			
Mediana empresa	0,18	1,25	0,21
Gran empresa	0,21	1,83	0,068
Medellín	0,08	0,61	0,054
Bogotá	0,27	3,0	0,003
Número de observaciones		69	
Modelo Logístico			
Matriz de varianzas estimada robusta			

\* Valor absoluto del *t*-valor

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

## B. Análisis de eficiencia

La metodología usada en el cálculo de los parámetros de interés se realizó con base en un método iterativo (Máxima Verosimilitud), asumiendo que los errores tienen una distribución semi-normal (*half-normal*) en la tabla 8 y exponenciales en la tabla 9. Es importante destacar que la estimación de la eficiencia es sensible a la distribución de los errores, por tanto es pertinente llevarla a cabo con ambas distribuciones. Nótese que la estimación con errores exponenciales produce un rechazo de la hipótesis nula (ausencia de ineficiencia técnica) al 3% de significancia, lo que estadísticamente permitiría concluir que hay poca evidencia contra la hipótesis de ausencia de ineficiencia. En este caso la eficiencia promedio de las firmas está cercana a 0,63 (con un mínimo 0,06 y un máximo de 0,86).

Tabla 8. *Eficiencia estimada (1)*

Variable dependiente: Producción de zapatos por día	Coefficiente	Z-valor(*)	p-valor
Antigüedad de la empresa	0,35	2,2	0,02
Cantidad de empleados	0,004	5,2	0,00
Líneas telefónicas <i>per cápita</i> (no residenciales)	-4,8	1,8	0,07
Computadores con Internet <i>per cápita</i>	1,5	0,87	0,38
Constante	4,8	9,9	0,00
Desv. est de v	0,75	----	----
Desv. est de u	0,58	----	----
Sigma <sub>2</sub>	0,91	----	----
Número de observaciones	68		
Errores Exponenciales. Test de verosimilitud de ausencia de ineficiencia técnica, Ho: $\sigma_u^2=0$			
Valor de la Chi <sup>2</sup> = 3,4 y el P-valor= 0,03			

(\*) Valor absoluto del z-valor

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Tabla 9. *Eficiencia estimada (2)*

Variable dependiente: Producción de zapatos por día	Coefficiente	Z-valor(*)	p-valor
Antigüedad de la empresa	0,38	2,2	0,02
Cantidad de empleados	0,004	4,8	0,00
Líneas telefónicas <i>per cápita</i> (no residenciales)	-3,5	1,3	0,11
Computadores con Internet <i>per cápita</i>	1,3	0,70	0,45
Constante	4,9	9,3	0,00
Desv.est de v	0,75	----	----
Desv.est de u	0,99	----	----
Sigma_2	1,56	----	----
Número de observaciones	68		

Errores Semi-normales. Test de verosimilitud de ausencia de ineficiencia técnica, Ho:  $\sigma_u^2 = 0$   
 Valor de la Chi2= 1 ,47 y el P -valor= 0,11

(\*) Valor absoluto del z-valor

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Con los errores semi-normales el nivel de rechazo de la hipótesis nula se eleva al 11%, lo cual permite concluir que existe evidencia contra la hipótesis nula, la eficiencia promedio de las firmas es de 0,52 (mínimo de 0,08 y un máximo de 0,81). En cualquier caso, y esto es lo relevante, cerca de un 37% del total de la varianza es explicado por la varianza de  $u$ . Entre las posibles causas para el rechazo de la hipótesis nula puede ser que el contraste está basado en una distribución cuya especificación es válida en grandes muestras (asintóticamente).

La tabla 10 muestra la distribución de la eficiencia promedio por tipo de ciudad. La eficiencia respecto al ideal no es despreciable. Las empresas en Bogotá, en promedio, parecen ser más eficientes y aquellas en el Amva parecen no serlo tanto. Ahora bien, cuando se eliminan las diez empresas menos eficientes del sector en el Amva se obtiene una mejora en las estadísticas de eficiencia relativa, pasando de una media de 0,62 a 0,69, superando la eficiencia de las demás. Nótese, además, que la dispersión disminuye drásticamente, lo que indica que se tienen empresas más homogéneas al hacer esta comparación.

Tabla 10. *Eficiencia pro-técnica estimada en las empresas de estudio*

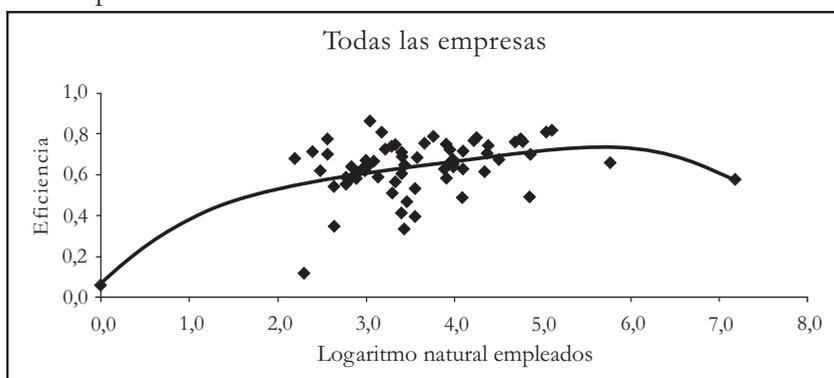
Ciudad	Media	Desv. Est	Mínimo	Máximo
Amva	0,62	0,163	0,059	0,86
Amva*	0,69	0,077	0,57	0,86
Bogotá	0,67	0,067	0,58	0,76
Bucaramanga	0,64	0,12	0,33	0,77
Cúcuta	0,63	0,12	0,39	0,78

Descartando las diez empresas menos eficientes en el Amva.

Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

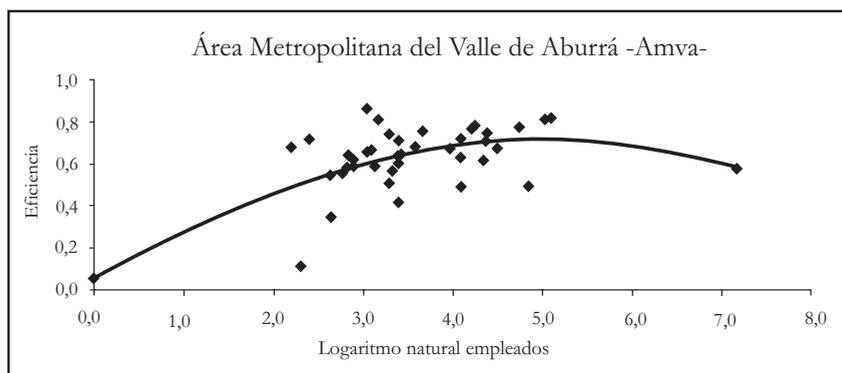
En cuanto a la inferencia sobre el parámetro de eficiencia, podemos rechazar la hipótesis nula de ausencia de eficiencia técnica, con una probabilidad de cometer un error tipo I cercana al 3%. Esto significa que las empresas del sector de calzado operan con cierto grado de eficiencia. Además, que existen empresas con un uso más eficiente de los factores que otras, pero ninguna está operando en la frontera ideal.

Las estimaciones en esta sección muestran un comportamiento que permite concluir que la eficiencia de las empresas, como un todo, está relacionada con las escalas de los rendimientos del factor trabajo. Es de anotar que, de acuerdo con la evidencia, a nivel de empresa, las menos eficientes son las más pequeñas, en particular, la más pequeña en la muestra tiene un solo empleado que se encarga de todos los procesos.



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 8. *Eficiencia y número de empleados en todas las empresas de estudio, 2007*



Fuente: Encuesta SENA 2007 y cálculos propios.

Gráfico 9. *Eficiencia y número de empleados en las empresas de estudio del AMVA, 2007*

Las industrias modernas se caracterizan por tener grados de especialización y rigurosa división del trabajo, por tanto, una firma de un trabajador no satisface estos requerimientos, pues debería tener más empleados para dividir el trabajo. Vale anotar que las cinco empresas de menor eficiencia cuentan en promedio con 18,2 trabajadores, mientras que las cinco empresas más eficientes tienen en promedio 81,4 empleados, los cuales tienen diferentes actividades (directivas, administrativas, de producción, distribución, etc.).

Reiteramos, de acuerdo con lo que muestran los gráficos 8 y 9, que existe una relación positiva entre la eficiencia de una empresa y la escala en la cual varía el factor trabajo. Ésta es una característica común tanto para el AMVA como para el total de firmas al considerar todas las regiones. Lo que indica que la relación no depende exclusivamente de la región, sino que parece ser un rasgo del sector, al menos en la muestra analizada.

### **Conclusiones**

Este artículo hace un aporte al estudio de la eficiencia de los sectores productivos en Colombia, los cuales cada vez están más expuestos a la competencia internacional. También considera la incidencia de los factores organizacionales en la producción.

Si bien los empresarios del sector de calzado y marroquinería de cuero consideran vital invertir en nueva maquinaria para aumentar las ventas, en la práctica se presentan pocas barreras a la entrada, las tecnologías son convencionales y existe un letargo en las prácticas de innovación e investigación y desarrollo, al tenerse como estrategias principales la imitación y las diferencias marginales en los productos. Asimismo, se encuentran problemas de sinergias entre las empresas, y de coordinación y comunicación al interior de ellas.

En relación con la naturaleza exportadora de las firmas, es importante notar que el nivel de producción y el número de empleados incrementan la probabilidad de exportar, pero esto se haya mediado por el tamaño de la empresa, en particular, una firma ubicada en Bogotá tiene más probabilidad de exportar incluso si es pequeña, que una ubicada en otra de las regiones incluidas en el estudio.

Al calcular la eficiencia, las empresas están alejadas aproximadamente un 33% de sus posibilidades de producción, y el Amva (descartando las diez empresas menos eficientes) está relativamente más cerca de la frontera ideal. Además, se encuentra una relación de esta eficiencia con el número de trabajadores, indicando la existencia de una división del trabajo óptima para el sector, principalmente en las empresas de gran tamaño. Faltaría incorporar en este tipo de análisis a las empresas informales, pero eso se encuentra por fuera de los objetivos y alcances de este trabajo.

## Bibliografía

- ACEVEDO, María Cecilia y RAMÍREZ, Jorge (2005). “Diferencias regionales en la eficiencia técnica del sector de confecciones en Colombia: un análisis de fronteras estocásticas”, *Innovar*, No. 15, Vol. 26, pp. 90 – 105.
- AIGNER, Dennis; LOVELL, CA KNOX and SCHMIDT, Peter (1977). “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”, *Journal of Econometrics*, Vol. 6, No. 1, pp. 21-37.
- ALZATE, Adriana (2004). *Proyecto gestión ambiental en la Industria de curtiembre en Colombia. Diagnóstico y estrategias*, Bogotá D. C., Centro Nacional de producción más limpia y tecnologías ambientales, Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA-.
- BATTESE, George and COELLI, Timothy (1988). “Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data”, *Journal of Econometrics*, Vol. 38, pp. 387-399.
- COELLI, Timothy; RAO, DS Prasada; O’DONNELL, Christopher and BATTESE, George (1998). *And Introduction to Efficiency and productivity Analysis*, Second edition, London, Kluwer Academic Publishers.
- COASE, Ronald (1937). “La naturaleza de la empresa”, en *La naturaleza de la empresa, orígenes, evolución y desarrollo* (Williamson, O. y Winter, S., editores), México, Fondo de Cultura Económica.
- COASE, Ronald (1998). “The New Institutional Economics”, *American Economic Review*, Vol. 88, No. 2, pp. 72-74.
- CHARNES, Abraham; Cooper, WILLIAM and RHODES Edward (1978) “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444.
- DEPRINS, Dominique; SIMAR, Léopold and TULKENS, Henry (1984). Measuring labor inefficiency in post offices. Amsterdam, In M. Marchand, P. Pestieau, and H. Tulkens, editors, *The Performance of Public Enterprises: Concepts and measurements*, pp. 243–267.
- ESTRADA, Darío y OSORIO, Poldy (2004). “Effects of Financial Capital on Colombian Banking Efficiency”, *Revista ESPE*, No. 47, pp. 162-201.
- FARRELL M.J. (1957). “The measurement of productive efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-290.
- GREENE, William (2003). *Econometrics Analysis*, Fifth Edition, Prentice Hall N.J.
- JARAMILLO, Alberto; MONTOYA, Carlos y RAMÍREZ, Mauricio (1995). “Apertura e industria en el Valle de Aburrá: alimentos, textiles, confecciones, cuero, calzado y metalmecánicas”, *Mimeo*, Universidad Eafit.

- LOVELL, CA KNOX (1993). "Production Frontier and Productive Efficiency", in *The Measurement of productive efficiency. Techniques and Applications*, (Fried, H. O, C.A.K Lovell and S.S Schmidt, editors), New York, Oxford University Press, pp. 3-67.
- LOVELL, CA KNOX (1994). "Linear Programming Approaches to the Measurement and Analysis of Productive Efficiency", *Top*, Vol. 2, pp. 175-248.
- SARMIENTO, Alfredo; BECERRA, Lida y GONZÁLEZ, Jorge Iván (2004). "La incidencia del plantel en el logro educativo del alumno y su relación con el nivel socioeconómico", *Departamento Nacional de Planeación*, Documento.
- TYLER, William and LEE, Lung -Fei (1979). "On Estimating Stochastic Frontier Production Functions and Average Efficiency: An Empirical Analysis with Columbian Micro Data", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 61, No. 3, pp. 436-438.