



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

**ESCUELA SUPERIOR DE ECONOMÍA**

**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA ECONÓMICA TOTAL DE LA  
INDUSTRIAL DEL CUERO Y EL CALZADO EN MÉXICO (1998-  
2008)**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS ECONÓMICAS**

**PRESENTA:**

**SANDRA HAYDEÉ TOVAR MONTIEL**



**MÉXICO, D.F.**

**JUNIO DE 2014**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 14:00 horas del día 19 del mes de mayo del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la SEPI ESE-IPN para examinar la tesis titulada:  
ANÁLISIS DE EFICIENCIA ECONÓMICA TOTAL DE LA INDUSTRIA DEL CUERO Y EL CALZADO EN MÉXICO (1988-2008).

Presentada por la alumno:

TOVAR  
Apellido paterno

MONTIEL  
Apellido materno

SANDRA HAYDEÉ  
Nombre(s)

Con registro: 

B	1	0	1	1	5	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

### DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

DR. VICENTE GERMAN SOTO

DR. HUMBERTO RÍOS BOLÍVAR

DRA. ALICIA BAZARTE MARTÍNEZ

DR. OMAR NEME CASTILLO

DR. GERARDO ANGELES CASTRO



SE.P.  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
E.S.E.  
SECCION DE ESTUDIOS DE  
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. ADRIÁN HERNÁNDEZ DEL VALLE



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México, D.F. el día 19 del mes de mayo del año 2014, la que suscribe **SANDRA HAYDEE TOVAR MONTIEL** alumna del Programa de **DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS**, con número de registro **B101155**, adscrito a la **SEPI ESE-IPN**, manifiesta que es el autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del **DR. VICENTE GERMÁN SOTO** y del **DR. HUMBERTO RÍOS BOLIVAR** y cede los derechos del trabajo titulado **ANÁLISIS DE EFICIENCIA ECONÓMICA TOTAL DE LA INDUSTRIA DEL CUERO Y EL CALZADO EN MÉXICO (1988-2008)**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección Nicolás Bravo #309. Colonia San Pedro. Texcoco, Edomex. (C.P. 56150). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**D EN C. (C) SANDRA HAYDEE TOVAR MONTIEL**  
Nombre y firma del alumno(a)

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida. Gracias a mis padres por darme la vida. Muchas gracias a mi hermosa familia Emmanuel y Dante Baruc (Baruckito) siempre serán mi fuente de inspiración.

También gracias a mis directores de tesis por estar al pendiente de mi trabajo, especialmente al Dr. Vicente Germán Soto porque muchas de mis aspiraciones como investigadora son gracias a él y sin importar la distancia siempre tiene un espacio para mí.

Y un agradecimiento especial a mi mamá, mi hermana y mi suegra por ayudarme cuidando a mi enano para poder terminar este proyecto. Sin ustedes no lo hubiera logrado.

## Índice

ÍNDICE DE CUADROS.....	I
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	III
GLOSARIO.....	IV
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XII
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. APERTURA COMERCIAL Y LA NUEVA GEOGRAFÍA ECONÓMICA PREÁMBULO DE LA EFICIENCIA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA MEXICANA .....</b>	<b>4</b>
1.1 Proceso de apertura comercial en México .....	4
1.2 TLCAN y la industria manufacturera mexicana .....	6
1.3 Aspectos teóricos del comercio internacional y la economía regional.....	8
1.3.1 Teorías de localización y urbanización .....	10
1.3.1.1 Modelo de uso del suelo de Von Thünen.....	10
1.3.1.2 Localización industrial de Weber .....	12
1.3.1.3 Teoría del lugar central .....	14
1.3.1.4 Surgimiento de ciudades: sistemas urbanos .....	15
1.4 Tecnología y comercio desde una perspectiva evolutiva .....	17
1.5 Relación apertura comercial y eficiencia productiva.....	19
<b>CAPÍTULO 2. EFICIENCIA TÉCNICA Y SU MEDICIÓN.....</b>	<b>23</b>
2.1 Medida de eficiencia Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	24
2.1.1 Medida de eficiencia orientada a los insumos.....	25
2.1.2 Medida de eficiencia orientada al producto .....	26
2.1.3 DEA bajo rendimientos constantes a escala .....	27
2.1.4 DEA bajo rendimientos variables a escala .....	30
2.2 Otros estimadores no paramétricos y mejoramiento del DEA.....	30
2.3 Función de producción de Frontera Estocástica .....	35
2.3.1 Estimación por Máxima Verosimilitud .....	38
2.3.2 Estimación de la eficiencia técnica media.....	39
2.3.3 Prueba de razón de verosimilitud generalizada de una cola .....	40
2.3.4 Modelo de panel de datos.....	40
2.3.5 Modelo de efectos de ineficiencia .....	41

<b>CAPÍTULO 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA EMPÍRICA DEL ANÁLISIS DE EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA .....</b>	<b>44</b>
3.1 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mediante DEA .....	44
3.2 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mexicana mediante DEA .....	46
3.3 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mediante Frontera Estocástica .	47
3.4 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mexicana mediante Frontera Estocástica.....	52
<b>CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LOS COEFICIENTES DE LOCALIZACIÓN, ESPECIALIZACIÓN Y URBANIZACIÓN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Coeficiente de localización .....	55
4.2 Coeficiente de especialización .....	57
4.3 Coeficiente de urbanización .....	58
4.4 Evolución de la localización de la industria manufacturera mexicana según su estatus tecnológico.....	60
4.5 Evolución de la urbanización en las entidades federativas .....	60
4.6 Evolución del coeficiente de especialización de la industria manufacturera mexicana según su estatus tecnológico.....	64
<b>CAPÍTULO 5. EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA: DEA, ANÁLISIS DE REGRESIÓN, EFECTOS DE INTERACCIÓN Y FRONTERA ESTOCÁSTICA.....</b>	<b>67</b>
5.1 DEA: base de datos y aplicación.....	68
5.2 ¿Aumentaron los niveles de eficiencia técnica en la industria manufacturera mexicana? ¿Qué factores influyeron?.....	77
5.2.1 Resultados del análisis de regresión.....	78
5.3 Efectos de interacción entre las variables .....	81
5.4 Frontera estocástica: base de datos y aplicación.....	84
5.4.1 Modelo de efectos de ineficiencia técnica.....	85
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 4.1 Coeficiente de localización de la industria manufacturera según su estatus tecnológico .....	61
Cuadro 4.2 Evolución de población urbana en México .....	62
Cuadro 4.3 Coeficiente de especialización de la industria manufacturera según su estatus tecnológico .....	63
Cuadro 5.1 Clasificación de la industria manufacturera basada en tecnología (1997) .....	68
Cuadro 5.2 Clasificación de la industria manufacturera de Alta,Media alta, Media baja y Baja tecnología de acuerdo a la estructura de la OECD .....	69
Cuadro 5.3 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Alta tecnología.....	71
Cuadro 5.4 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Media alta tecnología.....	73
Cuadro 5.5 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Media baja tecnología.....	74
Cuadro 5.6 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Baja tecnología.....	75
Cuadro 5.7 Resultados del análisis de regresión según su estatus tecnológico.....	79

Cuadro 5.8 Resultados del análisis de regresión considerando interacción entre las variables, según su estatus tecnológico .....82

Cuadro 5.9 Estimación de la función de producción de Frontera Estocástica de la industria manufacturera, según su status tecnológico, 1988-2008 .....86

Cuadro 5.10 Pruebas de hipótesis para los parámetros del modelo de ineficiencia.....88



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1.1 Curvas de oferta de alquiler y de uso de suelo.....	11
Gráfica 1.2 Teoría de Weber sobre localización industrial.....	13
Gráfica 1.3 Tamaño de la ciudad y utilidad.....	17
Gráfica 2.1 Eficiencia técnica y asignativa orientada al insumo.....	26
Gráfica 2.2 Eficiencia técnica y asignativa orientada al producto .....	27
Gráfica 2.3 Diagrama de isocuanta eficiente.....	29
Gráfica 2.4 Frontera de posibilidades de producción FDH .....	32
Gráfica 2.5 Función de producción de Frontera Estocástica.....	37

## GLOSARIO

**Apertura comercial:** es la capacidad de transar bienes y servicios con el resto del mundo, lo cual depende mucho de los niveles de las barreras arancelarias y parancelarias establecidas por el país. En la literatura económica encontramos aquellos que sostienen que una economía más abierta crecerá rápidamente, mientras otros defienden que medidas proteccionistas pueden contribuir con el buen desempeño económico de los países. Entre los beneficios ligados a la apertura se cuentan el uso más eficiente de los recursos, la mayor competencia, el aumento de flujo de conocimientos y de la productividad (lo cual trae aparejado una tasa de acumulación de capital y progreso técnico más alta el aumento de la variedad de bienes), la reducción de la búsqueda de la renta, y la mejora de las instituciones y políticas gubernamentales. También una mayor apertura es una herramienta útil contra la inflación al estimular la inversión. Por tanto, un mayor grado de apertura aumenta la producción, el intercambio, las posibilidades de consumo, y permite alcanzar un mayor nivel de vida que de cualquier otra forma.

**Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN):** es un conjunto de reglas de acuerdo los países de Estados Unidos, Canadá y México, para vender y comprar productos y servicios de América del Norte. Se denomina "zona de libre comercio", ya que debido a las reglas que disponen definen cómo y cuándo se eliminarán las barreras arancelarias para conseguir el libre acceso de los productos y servicios entre las tres naciones participantes; esto es, cómo y cuándo se eliminarán los permisos, las cuotas y las licencias, y particularmente las tarifas y aranceles, siendo también velar por el cumplimiento de los derechos de propiedad intelectual.

El TLC se basa en principios fundamentales de transparencia, tratamiento nacional y de tratamiento como nación más favorecida, todo ello representa un compromiso firme para la facilidad del movimiento de los bienes y servicios a través de las fronteras, ofrecer la protección y vigilancia adecuadas que garanticen el cumplimiento efectivo de los derechos de propiedad intelectual; adoptar los procedimientos internos efectivos que

permitan la aplicación e implementación del Tratado, establecer una regla de interpretación que exija la aplicación del TLC entre sus miembros y según los principios del Derecho Internacional.

**Eficiencia técnica:** se refiere a la habilidad de obtener el máximo producto posible dados una canasta de factores de producción y un nivel de tecnología determinados. Específicamente, un productor utiliza las mejores prácticas posibles que le significarán el máximo nivel de producción alcanzable, que es superior que el de un productor que no hace lo mismo, dado un conjunto de factores de producción y tecnología relativamente homogéneos. En otros términos, la eficiencia técnica alude a la habilidad de producir en la frontera de posibilidades de producción.

**Análisis envolvente de datos (DEA):** Este enfoque se concentra en las variaciones observadas en el desempeño entre distintas empresas. Al utilizar el DEA, la frontera eficiente es el punto de referencia en función del cual se mide el desempeño relativo de las empresas. Dada una muestra determinada de empresas, todas las compañías deberían poder funcionar en un nivel óptimo de eficiencia que está determinado por las empresas eficientes que integran la muestra. Por lo general, a estas empresas eficientes se las denomina “empresas pares” y son las que determinan la frontera de eficiencia. Las empresas que forman la frontera de eficiencia utilizan una cantidad mínima de insumos para producir la misma cantidad de productos. La distancia hasta la frontera eficiente representa la medida de la eficiencia o la falta de ésta.

**Frontera estocástica:** es una extensión de las típicas estimaciones de funciones de producción microeconómicas, basadas en la premisa de que esta función de producción representa algún tipo de ideal, la máxima cantidad de producto asequible dados los insumos. De esta forma, en la práctica las fronteras de producción no son más que una regresión que se ajusta a los datos reconociendo la restricción de que todas las observaciones deben encontrarse debajo de la frontera y al menos una debe estar sobre ella.

**Análisis de regresión:** es un proceso estadístico para la estimación de las relaciones entre variables. Incluye muchas técnicas para el modelado y análisis de diversas variables, cuando la atención se centra en la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Más específicamente, el análisis de regresión ayuda a entender cómo el valor típico de la variable dependiente cambia cuando cualquiera de las variables independientes es variada, mientras que se mantienen las otras variables independientes fijas. Más comúnmente, el análisis de regresión estima la esperanza condicional variable dependiente dadas las variables independientes, es decir, el valor promedio de la variable dependiente cuando se fijan las variables independientes. Con menor frecuencia, la atención se centra en un cuantil, u otro parámetro de localización de la distribución condicional de la variable dependiente dadas las variables independientes. En todos los casos, el objetivo es la estimación de una función de las variables independientes llamados la función de regresión. En el análisis de regresión, también es de interés para caracterizar la variación de la variable dependiente en torno a la función de regresión que puede ser descrito por una distribución de probabilidad.

**Industria manufacturera:** es la actividad económica que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo. Está constituida por empresas desde muy pequeñas (tortillerías, panaderías y molinos entre otras) hasta grandes conglomerados (armadoras de automóviles, embotelladoras de refresco, empacadoras de alimentos, laboratorios farmacéuticos y fabricas de juguetes). De acuerdo con los productos que se elaboran en ellas, la industria manufacturera se clasifica en 10 tipos de actividad: 1. Productos alimenticios, bebidas y tabaco; 2. Maquinaria y Equipo; 3. Derivados del petróleo y del carbón, industrias químicas del plástico y del hule; 4. Industrias metálicas; 5. Productos a base de minerales no metálicos; 6. Industrias textiles, prendas de vestir e industria del cuero; 7. Papel impresión e industrias relacionadas; 8. Otras industrias manufactureras; 9. Industria de la madera y 10. Fabricación de muebles y productos relacionados.

**Censos económicos:** conjunto de actividades de recolección de datos registrados directamente de los locales con actividades económicas que permite la conformación de un directorio de empresas y locales, a partir del cual se puede conocer la estructura y características generales de la actividad económica que se realiza en el país.

**Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP):** es un clasificador de actividades económicas que contiene todo un sistema de codificación para agrupar datos económicos según categoría de actividad con características análogas, y sirve de base para la aplicación de los censos económicos en nuestro país.

**Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN):** proporciona un marco único, consistente y actualizado para la recopilación, análisis y presentación de estadísticas de tipo económico, que refleje la estructura de la economía mexicana. El SCIAN en México es la base para la generación, presentación y difusión de todas las estadísticas económicas del INEGI. Si adopción por parte de las Unidades de Estado, permitirá homologar la información económica que se produce en el país, y con ello contribuir a la región de América del Norte.

**Valor agregado censal bruto:** es el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo, por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización (factores de la producción), ejercida sobre los materiales que se consumen en la realización de la actividad económica. Aritméticamente, el VACB resulta de restar a la producción bruta total el consumo intermedio, se le llama bruto, porque no se le ha deducido el consumo de capital fijo.

**Remuneraciones:** son todos los pagos y aportaciones normales y extraordinarias en dinero y especie, antes de cualquier deducción, que realizó la unidad económica para retribuir el trabajo del personal dependiente de la razón social en forma de sueldos y salarios, prestaciones sociales y utilidades repartidas a los trabajadores, ya sea que el pago se haya calculado sobre la base de una jornada de trabajo o por la cantidad de trabajo desarrollado (destajo), o mediante un salario base que se complementa con comisiones de ventas u otra actividades.

**Formación bruta de capital:** se construye con el valor de total de las adquisiciones menos disponibles de activos fijos, más las adicionales al valor de los activos no producidos, la variación de existencias y las adquisiciones menos las ventas de objetos valiosos.

**Coefficiente de especialización:** es un indicador en base al cual podemos medir el grado de especialización de entidades federativas, regiones y municipios, obteniendo como resultado la determinación de cuáles son las actividades económicas que emplean una mayor proporción de la mano de obra.

**Coefficiente de localización:** representa el grado de similitud de la distribución interregional de un sector con respecto a la distribución de un patrón de comparación, normalmente el total de la actividad económica. Este indicador se utiliza como medida de concentración geográfica, donde el grado de concentración se asociaría a su ubicación en el rango 0 - 1. En la medida que se acerque a 0 hay un menor grado de concentración y viceversa.

**Coefficiente de urbanización:** es un índice demográfico que expresa la relación porcentual entre la población urbana (habitantes de las ciudades) y la población total de un país. Una cifra alta indica un mayor nivel de desarrollo.

## RESUMEN

La industria manufacturera mexicana ha tenido un rol determinante en el crecimiento económico del país. Inicialmente esta industria se desarrolló en una política proteccionista orientada al mercado interno, mediante restricciones a la importación, tanto de tipo arancelario y no arancelario. Para 1978 y 1983 la elevada protección arancelaria y los regímenes de permisos dificultaron el comercio internacional, a tal grado que la manufactura no contaba con la calidad y los precios que les permitiera competir el mercado internacional.

Dada la crisis energética a principios de los ochenta, donde las exportaciones petroleras dejaron de ser las exportaciones más importantes del total de las ventas externas, fue sustituido por las exportaciones no petroleras tales como la manufactura, es en esta época que se da paso a una estrategia de industrialización orientada a la exportación. Entre 1985 y 1988 se dio un cambio estructural orientado a la apertura comercial, el cual inició con ingreso de México al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) en 1986.

Es así como el proceso de apertura comercial comenzó mediante una liberalización unilateral y multilateral en 1994 tras la firma del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN). Este hecho trajo consigo nuevos patrones de intercambio comercial, diferentes formas de producción, distribución, intercambio y consumo. Dichas formas de producción exigieron personal más calificado y la incorporación de avances tecnológicos en maquinaria y equipo. Existen efectos estáticos y dinámicos sobre la actividad económica tras la liberalización comercial. Los efectos estáticos se ven reflejados en la eficiencia, dándose un ajuste en precios domésticos respecto a los precios internacionales, ofreciendo oportunidades de especialización, por lo que los países realizan una reasignación de recursos que lleva al aprovechamiento de las ventajas comparativas. Y los efectos dinámicos se dan al presentarse la liberalización comercial pues contribuyen al crecimiento económico a través de efectos indirectos o “*spillovers*” (Fragoso, 2003). No obstante dichos cambios no fueron equitativos entre los

sectores productivos manufactureros y, con la apertura, la eficiencia de algunos de ellos aumentó a un ritmo más acelerado que otros.

Existen diversos trabajos dedicados a estudiar y evaluar el impacto que han tenido las reformas estructurales comerciales sobre los niveles de eficiencia de la industria manufacturera en diversos países tales como Kim (1997), Tansini y Triunfo(1998), Ray (2002), Milner y Weyman-Jones (2003), Shafaeddin (2006), Iyer *et al.* (2008) y Hassan *et al.* (2010).

Por ello la presente investigación tiene por objetivo analizar la eficiencia técnica regional de la industria manufacturera, según su estatus tecnológico, en el periodo de 1988-2008, a través de dos metodologías una no paramétrica (Análisis Envolvente de Datos, o DEA) y otra paramétrica (Frontera Estocástica). Con la finalidad de probar la hipótesis de que los niveles de eficiencia técnica se incrementaron después de la apertura comercial al menos en los sectores de Alta y Media alta tecnología, además de determinar si factores como la especialización, la urbanización y el grado de concentración industrial influyen sobre los niveles de eficiencia a través de dos modelos de regresión uno simple y otro con efectos interacción multiplicativos. En este caso se consideró el periodo de 1988-2008 porque nos permite hacer una diferenciación previa y posterior a la entrada en vigor del TLCAN, al cual llamaremos aquí apertura comercial, además por la disponibilidad de la información. Si bien se podría analizar la eficiencia desde 1980 para observar los cambios en la eficiencia desde el ingreso de México al GATT; sin embargo, es de nuestro interés observar su evolución a partir de 1994 que es cuando entra en vigor el TLCAN y trajo consigo una importante entrada de inversiones extranjeras con procesos productivos más tecnológicos.

Se considera la metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA) permite obtener los niveles de eficiencia; pero por ser un método no paramétrico tiene la ventaja de no considerar alguna forma funcional en específico. También se realizan dos modelos de regresión, uno simple para determinar si la eficiencia es mayor después de la apertura comercial y otro que considera posibles efectos interactivos de las economías de



aglomeración. Y un modelo de frontera estocástica que proporciona los factores que regionales que influyen sobre la ineficiencia técnica.

Con la eficiencia obtenida del DEA se estimó un modelo de regresión que permitió determinar que ésta fue mayor después de la apertura comercial en los sectores de alta y media alta tecnología.

Ante la posibilidad de efectos interactivos derivados de las economías de aglomeración se estimó un modelo con estas características. En él se encontró que en los sectores de alta y baja tecnología resultaron más eficientes después de la apertura comercial, pero acompañados de características diversas como a la urbanización, la especialización después de la apertura y los efectos de la urbanización en regiones especializadas.

Y con el modelo de frontera estocástica en los cuatro estatus tecnológicos la variable trabajo contribuye en la eficiencia técnica y la localización o concentración de la actividad económica en la disminución de la ineficiencia en cada estatus tecnológico.

De lo anterior se puede concluir que la eficiencia técnica después de la apertura comercial fue mayor en los sectores de alta y media alta tecnología y factores como localización, urbanización y especialización influye sobre la eficiencia e ineficiencia técnica. Por lo que es necesario la política económica se enfoque en el desarrollo y fortalecimiento de los *clusters* industriales en las regiones tecnológicamente potenciales para efectos de derrama promuevan el conocimiento y el desarrollo tecnológico.

## ABSTRACT

Mexico's manufacturing industry has played a key role in economic growth. Initially this industry was developed in a protectionist policy for the domestic market through import restrictions, both tariff and non-tariff. For 1978 and 1983 the high tariff protection and permit schemes hindered international trade, to the extent that manufacturing did not have the quality and prices that allow them to compete the international market.

Given the energy crisis in the early eighties, where oil exports stopped being the most important exports of total exports, was replaced by non-oil exports such as manufacturing, is at this time that gives way to a strategy of export-oriented industrialization. Between 1985 and 1988 a program aimed at trade liberalization, which started with Mexico joined the General Agreement on Tariffs and Trade (GATT) in 1986 structural change occurred.

Thus the trade liberalization process started by unilateral and multilateral liberalization in 1994 after the signing of the Free Trade Agreement (NAFTA). This brought new patterns of trade, different forms of production, distribution, exchange and consumption. These forms of production demanded more skilled and incorporating technological advances in machinery and equipment. There are static and dynamic effects on economic activity following trade liberalization. The static effects are reflected in the efficiency, giving an adjustment in domestic prices relative to world prices, offering opportunities for specialization, so that countries conduct a reallocation of resources that leads to exploitation of comparative advantages. And the dynamic effects are to be submitted as trade liberalization contributes to economic growth through indirect effects or "spillovers" (Fragoso, 2003). However these changes were not equitable among manufacturing and production sectors, with the opening, the efficiency of some of them increased at a rate faster than others.

There are several works devoted to study and evaluate the impact it has had commercial structural reforms on the efficiency levels of manufacturing in various

countries such as Kim (1997), Tansini and Triumph (1998), Ray (2002), Milner and Weyman - Jones (2003), Shafaeddin (2006), Iyer *et al.* (2008) and Hassan *et al.* (2010).

Therefore this research is to analyze the technical efficiency of regional manufacturing, by technological status in the period 1988-2008, through two methodologies nonparametric (Data Envelopment Analysis, or DEA) and a parametric (Stochastic Frontier). In order to prove that technical efficiency levels increased after trade liberalization, and to determine whether factors such as specialization, urbanization and the degree of industrial concentration affect efficiency levels through two regression models one Simple and one with multiplicative interaction effects. In this case we considered the period 1988-2008 because it allows us to make a before and after the entry into force of NAFTA differentiation, which we will call here trade openness also by the availability of information. While it could analyze the efficiency from 1980 to observe changes in efficiency since Mexico joined the GATT; however, our interest is to observe its evolution since 1994 which is when NAFTA came into force and brought a significant inflow of foreign investment with more technological production processes.

Methodologies such as Data Envelopment Analysis (DEA) allow efficiency levels are considered; but being a nonparametric method has the advantage of not considering any specific functional form. Two regression models, one single was also performed to determine if efficiency higher after trade liberalization and another that considers possible interactive effects of agglomeration economies. And a stochastic frontier model that giving regional factors influencing technical inefficiency.

With the efficiency of the DEA obtained a regression model that allowed us to determine that this was higher after trade liberalization in the areas of high and medium high technology was estimated.

Faced with the possibility of interactive effects arising from economies of agglomeration model with these features was estimated. It was found that in areas of high and low technology were more efficient after trade liberalization, but accompanied by various

characteristics such as urbanization, specialization after opening and the effects of urbanization on specialized regions .

And with the stochastic frontier model in four technological status in the work variable contributes technical efficiency and localization or concentration of economic activity in reducing inefficiency in each technological status.

## **INTRODUCCIÓN**

Inicialmente la presente investigación tenía por objeto analizar la eficiencia técnica del sector del calzado en México mediante los métodos paramétrico y no paramétrico más empleados en la literatura actual; sin embargo, conforme se fue desarrollando y de acuerdo a las observaciones realizadas a lo largo de la investigación se decidió tomar un nuevo rumbo al estudiar la eficiencia técnica del sector de la manufactura mexicana según su estatus tecnológico mediante los mismos métodos y un par de análisis de regresión adicionales, por lo que el nombre de la tesis se ajusta más al título: “Apertura comercial, localización, especialización y urbanización, factores de la eficiencia técnica de la industria manufacturera mexicana: 1988-2008”.

El sector manufacturero en México ha tenido un rol muy importante en el desempeño económico del país a lo largo de los tiempos. Sin embargo, después del periodo de sustitución de importaciones y milagro mexicano, este sector se ha integrado a la liberalización comercial con la finalidad de convertir a México en un país más competitivo y para lograrlo solo la inversión en tecnología es la solución más viable y con perspectiva a largo plazo. Aunque, pensar en beneficios a largo plazo es necesario cambios en los sectores con un alto nivel de tecnológico tales como la industria química o bien equipos de cómputo, debido a que requieren de personal más especializado y con mayor capacitación e instrucción.

Es por ello que la presente investigación tiene por objetivo analizar la eficiencia técnica regional de la industria manufacturera, según su estatus tecnológico, en el periodo de 1988-2008, a través de dos metodologías una no paramétrica (Análisis Envolvente de Datos, o DEA) y otra paramétrica (Frontera Estocástica). Con la finalidad de probar que los niveles de eficiencia técnica se incrementaron después de la apertura comercial, además de determinar si factores como la especialización, la urbanización y los niveles de concentración industrial influyen sobre los niveles de eficiencia. En este caso se consideró el periodo de 1988-2008 porque nos permite hacer una diferenciación previa y posterior a la entrada en vigor del TLCAN, al cual llamaremos aquí apertura

comercial, además por la disponibilidad de la información. Si bien se podría analizar la eficiencia desde 1980 para observar los cambios en la eficiencia desde el ingreso de México al GATT; sin embargo, es de nuestro interés observar su evolución a partir de 1994 que es cuando entra en vigor el TLCAN y trajo consigo una importante entrada de inversiones extranjeras con procesos productivos más tecnológicos.

En nuestro caso es de interés demostrar que la eficiencia de la manufactura mexicana de Alta y Media alta tecnología es mayor después de la apertura comercial. También se consideran los efectos de las economías de aglomeración como la localización, la especialización y urbanización determinan a los niveles de eficiencia. Para lograr este objetivo se toma en cuenta, en primer lugar, la obtención de la eficiencia técnica mediante el método Análisis Envolvente de Datos (DEA), con los resultados de dicho método se estimó un modelo lineal simple que contiene las variables especialización, urbanización y una variable *dummy* que permite determinar si la eficiencia es mayor o menos después de la entrada en vigor del TLCAN. Además, se calcula un modelo que consideró los efectos de interacción. Sin embargo, estimar este tipo de modelos se puede incurrir en sesgo por lo que se considera un modelo de Frontera Estocástica que considerar los factores que determinan la ineficiencia técnica.

La relación eficiencia técnica de la industria manufacturera ante un proceso de liberalización comercial la han realizado Kim (1997) para el caso de México, Tansini y Triunfo (1998) para Uruguay, Ray (2002) en el caso de la India, Milner y Weyman-Jones (2003) para 85 países en desarrollo, Shafaeddin (2006) para un conjunto de países desarrollados, Iyer *et al.* (2008) para países de la OCDE y Hassan *et al.* (2010) de Bangladesh. Y la relación eficiencia técnica de la manufactura y economías de aglomeración está respaldada por los trabajos de Bannister y Stolp (1995), Acevedo y Ramírez (2003), Kim (2008), Chávez y Fonseca (2012) y Charoenrat *et al.* (2013).

De manera inicial en un primer capítulo se da una perspectiva de la apertura comercial que experimenta México así como los aspectos regionales y tecnológicos que envuelven la eficiencia técnica. En el segundo capítulo se describen los orígenes de la

medición de la eficiencia técnica (DEA y Frontera Estocástica). El tercer capítulo contiene la evidencia empírica relacionada al cálculo de la eficiencia técnica mediante de los métodos DEA y Frontera Estocástica de la industria manufacturera de México y el resto del mundo. En el cuarto capítulo se hacer una descripción de los coeficientes de localización, especialización y urbanización, así como su evolución en el periodo de estudio. Un quinto capítulo contiene los niveles de eficiencia y determinantes de ésta. Para finalmente proporcionar una conclusión general de la investigación.

## **CAPÍTULO 1. APERTURA COMERCIAL Y LA NUEVA GEOGRAFÍA ECONÓMICA PREÁMBULO DE LA EFICIENCIA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA MEXICANA**

Este primer capítulo tiene la finalidad de dar un panorama generalizado del proceso de apertura comercial por el cual pasó México desde mediados de los ochentas hasta la firma del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN); así algunas de las consecuencias que trajo dicho acuerdo sobre la industria manufacturera. Además se presenta la base teórica de corte clásico, neoclásico y contemporáneo de la importancia del comercio internacional sobre la industria manufacturera. De igual forma se expone la relación tecnología y comercio internacional la cual da un aliciente a esta investigación para observar de forma separada los efectos del TLCAN sobre la eficiencia técnica de la industria manufacturera en México. A pesar de que la evidencia teórica no tiene un pilar que sustente la relación entre apertura comercial y eficiencia técnica productiva; existe evidencia empírica que permite contrastar dicha relación.

### **1.1 Proceso de apertura comercial en México**

El sector manufacturero en México ha tenido un rol muy importante en el desempeño económico del país a lo largo de los tiempos. Sin embargo entre 1935 fue prioridad en política económica bajo el modelo de sustitución de importaciones<sup>1</sup> jugando un papel estratégico en el crecimiento nacional. No obstante, de 1965 a 1970 la economía comienza a desacelerarse provocando una caída en la producción industrial de bienes duraderos y de capital y con ello la causa de la crisis, además de otros factores económicos como la caída en los precios del petróleo. Es entonces que surge la necesidad de un cambio de modelo económico la industria se abrió y se redujo la presencia del mismo, dando pie un proceso de apertura comercial.

---

<sup>1</sup> El modelo de sustitución de importaciones inició en 1940, en el sexenio de Ávila Camacho en dicho modelo se crearon las bases para un proceso de industrialización en México. Durante este periodo el país creció gracias a la demanda de productos y manufacturas que la segunda guerra mundial demandó, pero los empresarios lejos de reinvertir en sus negocios, mejorar su tecnología e incrementar el valor agregado a sus productos se estabilizaron en una economía garantizada por el gobierno paternalista y no solo los empresarios de la ciudad, también los campesinos se colgaron de este modelo, una vez echada andar la economía de otros países las manufacturas mexicanas resultaron caras y de baja calidad, desde entonces se cuentan con un problema de competitividad.



El proceso de apertura comercial se da mediante 4 pasos. Primero con el ingreso al GATT<sup>2</sup>. Segundo con una introducción al pacto. Tercero inicio del TLCAN y cuarto la introducción de otros tratados de libre comercio.

Inicialmente en 1986 México ingresó al GATT después de una negociación para determinar el ritmo y alcance de los compromisos de apertura comercial frente a los 90 países pertenecientes a dicho acuerdo. México adquirió compromisos importantes de carácter arancelario. Aunque de manera inicial, el ingreso al GATT, dio certidumbre a los agentes económicos de que el gobierno mexicano tenía ciertas limitaciones para hacer cambios drásticos en su política comercial y, por tanto, empezaron a asignar más recursos hacia los sectores de bienes exportables y menos a los importables (Serra, 2010: 177)

Al presentarse una reducción arancelaria se introdujo México al Pacto a finales de 1987, en un segundo paso. El GATT, mandó una señal crucial, fijó un arancel máximo del 20 por ciento en la mayor parte de los sectores. A pesar de que dicho arancel no era un compromiso internacional, la claridad y contundencia de la medida y el compromiso en el seno del Pacto le dieron un importante grado de credibilidad que influyó en las decisiones de los agentes económicos centrándose en la producción de bienes exportables (Serra, 2010: 178).

Dado lo anterior la entrada en vigor, el 1 de enero de 1994, del Tratado de Libre Comercio con América del Norte fue un tercer paso. Sus objetivos son: eliminar obstáculos al comercio y facilitar la circulación trilateral de bienes y servicios entre los territorios de las partes; promover condiciones de competencia leal en la zona de libre comercio; aumentar las oportunidades de inversión en los terrenos de los tres países; proteger y hacer valer, de manera adecuada y efectiva, los derechos de propiedad intelectual en el territorio de cada uno de los países; crear procedimientos eficaces para

---

<sup>2</sup> General Agreement on Tariffs and Trade (GATT) se basa en las reuniones periódicas de los estados miembros en las que se realizan negociaciones tendientes a la reducción de aranceles, según el principio de reciprocidad. Las negociaciones se hacen miembro a miembro y producto a producto, mediante la presentación de peticiones acompañadas de las correspondientes ofertas. Es uno de los más importantes en el mundo.

la aplicación y cumplimiento del tratado, para su administración conjunta y solución de controversias y establecer lineamientos para la ulterior cooperación trilateral, regional y multilateral encaminada a ampliar y mejorar los beneficios del tratado. Es en este momento que el grado de apertura era superior al 50 por ciento.

Y finalmente la firma de otros tratados con otros países, sin embargo, el impacto de dichos acuerdos es menor, debido principalmente al reducido tamaño de flujos comerciales.

Es por ello que consideramos a la firma del TLCAN como el parte aguas de los cambios geográficos y la actividad industrial en México. Debido a que es en este momento de la apertura comercial cuando se presentan los cambios en la actividad económica industrial mexicana y también importante flujo de Inversión Extranjera Directa con significativos flujos y procesos tecnológicos.

## **1.2 TLCAN y la industria manufacturera mexicana**

Con la entrada en vigor del TLCAN la manufactura mexicana sufre un cambio drástico en su estructura industrial. Diversos estudios han demostrado un cambio geográfico derivado de la desconcentración de la industria favoreciendo a entidades fronterizas derivado de economías de aglomeración.

Tal es el caso de Livas y Krugman (1992) quienes desarrollan un modelo aplicado al caso de México donde demuestran la existencia de un vínculo directo entre la política comercial de las naciones en desarrollo y su tendencia a desarrollar centros metropolitanos, procedente de fuerzas centrípetas y centrifugas<sup>3</sup>.

Hanson (1997) se interesó en terminar la relación entre la proximidad de los centros industriales y los salarios regionales antes y después de la apertura comercial en

---

<sup>3</sup> Las fuerzas centrípetas son las responsables de la aglomeración geográfica. Esta fuerza es mayor cuando mayor sea el grado de economías de escala y el gasto de bienes industriales. Se caracteriza por el hecho de que el salario real tiende a ser más elevado ahí donde el tamaño de la economía es mayor, atrayendo consigo a los trabajadores de regiones circundantes. Y las fuerzas centrifugas son las responsables de la dispersión de las actividades económicas provenientes de los efectos de la competencia entre empresas y por la demanda de los bienes industriales del sector agrícola. La mano de obra resulta más barata en la región más pequeña, lo que puede ser un elemento atractivo para las empresas sometidas a una fuerte competencia en la región con elevada densidad industrial.

México. Dentro de sus principales hallazgos fue que los salarios nominales son elevados cerca de los centros industriales de la Ciudad de México y entidades fronterizas y conforme aumenta la distancia hacia ambos centros los salarios disminuyen. Además, bajo el modelo de sustitución de importaciones se observó una mayor concentración industrial en la Ciudad de México y con la apertura comercial hubo una desconcentración de actividad económica.

También está el trabajo de Chamboux-Leroux (2001) quien confronta la teoría con los hechos; es decir comprueba los trabajos empíricos existentes hasta ese momento respecto a la evolución de las regiones mexicanas y la localización industrial desde la apertura del comercio exterior de México y sus hallazgos concuerdan con los trabajos previos; es decir, se presentó una relocalización hacia la región fronteriza como consecuencia de liberalización económica y comercial.

Decuir-Viruez (2003) se plantea la hipótesis de que el crecimiento regional desequilibrado en México se explica por factores institucionales. Dentro de sus resultados destaca una convergencia regional de 1970-1985, la cual se revirtió en 1985, periodo correspondiente al modelo de sustitución de importaciones. Pero el impacto de la crisis y los programas de estabilización durante los años ochenta aumentó las disparidades entre los estados. Y en el periodo de 1994-2000 los estados del norte mostraron niveles más altos de crecimiento.

Corona (2003) pudo distinguir dos periodos que ayudan a explicar cómo la nueva integración económica se fue expandiendo. Inicialmente se presentó un periodo de industrialización, dado por la sustitución de importaciones, el cual fortaleció la industria manufacturera. Para después dar paso a la crisis y apertura de la economía, en esta etapa se optó por un modelo de crecimiento hacia afuera y ante la ausencia de una política industrial, el abandono de los sectores a las fuerzas de mercado internacional provocó una disminución de las principales zonas industriales del país al disminuir el peso de las manufacturas y aumentar el de los servicios.

Sánchez-Reaza y Jordaan (2004) demuestran a través de una regresión y empleando un panel de datos que en el periodo de economía cerrada la producción industrial se relacionó con concentraciones industriales especializadas y diversas, principalmente en la Ciudad de México. Después de la liberalización comercial los numerosos centros industriales ubicados en la periferia se convirtieron en concentraciones especializadas y ubicadas cerca del mercado estadounidense.

La revisión de esta sección permite identificar los elementos teóricos que explican el proceso de apertura comercial del país, a partir de ello se consideran elementos regionales tales como la urbanización, especialización y localización como factores que impulsan y promueven el crecimiento de las regiones trayendo consigo incrementos en la eficiencia técnica de la manufactura en México.

### **1.3 Aspectos teóricos del comercio internacional y la economía regional.**

Teóricamente el pensar en comercio internacional nos remonta a los pensadores clásicos tales como Adam Smith (1776) quien estableció la teoría de ventaja absoluta, en la cual estableció que un determinado país exportará todas aquellas mercancías en las cuales tenga ventajas absolutas en cuanto a los costos de producción, es decir, que cada país exportará las mercancías cuyos costos de producción sean menores en éste que en cualquier otro país. O bien recordamos a David Ricardo (1817) él aseguró que no era necesario que un país tuviera ventajas absolutas en los costos de producción, sino que, bastaba con que éste tuviera ventajas relativas. Esto es un país exportará aquellas mercancías que producen a un relativamente menor en términos del costo de producir otra mercancía.

Posteriormente la teoría neoclásica del comercio internacional, es decir en el modelo Heckscher-Ohlin, la cual establece que los países exportarán aquellos bienes en los que utilizan el factor de producción relativamente abundante en éste e importará los bienes que requieren del uso del factor que escasee. Este modelo: *“permite sustentar la idea de que la integración económica tendería a acentuar las disparidades en las estructuras productivas de los países promoviendo una distribución espacial de la*

*producción en concordancia con las diferencias en las dotaciones factoriales de los países” (Gordo et al., 2003: p9).*

Ante la necesidad de responder a cuestiones como: ¿por qué los productores, consumidores y trabajadores deciden ubicarse en uno u otro lugar? Marshall (1920) dio respuesta a esta pregunta con solo tres elementos: mercado de trabajo, factores intermedios (insumos especializados) y ósmosis tecnológica (*spillovers* de conocimiento)<sup>4</sup>. La conjugación de estas tres fuentes de economías de escala es lo que se denomina economías de localización, que son externas a la empresa pero internas en la industria.

Retomando a Marshall, Krugman (1992) desarrolló la Nueva Geografía Económica (NGE) la cual se dedica a explicar las economías de aglomeración, es decir hace referencia a la proximidad geográfica a un mercado que permita reducir costos de transporte, a las ventajas de comunicación que se pueden lograr con infraestructura adecuada, a los *spillover* de conocimiento, a la cultura empresarial, a la voluntad de proximidad geográfica entre productores y proveedores, y la concentración espacial.

De esta manera, la NGE intenta responder algunas cuestiones tales como ¿Porqué la actividad económica tiende a concentrarse geográficamente? ¿Cómo ha evolucionado la distribución espacial de la actividad económica y cómo puede explicarse dicha evolución? (Simonis, 2002).

La NGE aplica modelos de equilibrio general para explicar los procesos de descentralización de los mercados, tomando en cuenta las economías de escala, la diversidad de productos, mercados competitivos, costos de transporte, movilidad de factores y endogeneidad en la dotación de los factores. El punto central de los modelos de la NGE son los factores que determinan la localización industrial, los cuales, a su vez, determinan la división regional del trabajo y la especialización industrial de las

---

<sup>4</sup> Los *spillovers* de conocimiento se presentan ante una concentración de empresas, dado que el conocimiento fluye más fácilmente a nivel local que a larga distancia, especialmente cuando se trata de conocimiento tácito, incorporado en las personas.

regiones. Los empresarios escogen el lugar en donde se han de localizar de acuerdo a la existencia de fuerzas centrípetas y centrífugas (Krieger-Boder, 2000).

Al ser, los *spillover* de conocimiento una de las mayores aportaciones de la NGE desde la perspectiva regional, es relevante considerar cómo la liberalización comercial ha influido sobre la industria manufacturera con mayor intensidad de tecnología.

### **1.3.1 Teorías de localización y urbanización**

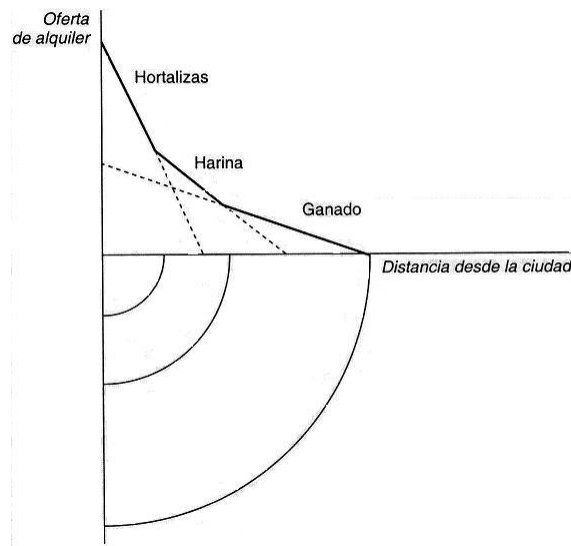
Una de las principales corrientes de pensamiento en la economía regional son las teorías de localización, cuyos orígenes se remontan al siglo XIX. Planteada por la escuela alemana de localización ésta se propuso analizar las causas que regían la distribución espacial de la industria y los servicios. Basándose en la teoría neoclásica se introdujo el espacio a través de dos vías: la incorporación de costos de transporte y la distancia que influye en la formación de preferencias por parte de los consumidores y por lo tanto en la decisión de la localización de los empresarios.

La teoría de la localización tiene tres corrientes: modelo del uso del suelo de Von Thünen (1826), localización industrial de Weber (1909) y la teoría del lugar central de Christaller (1933) y Lösch (1940).

#### **1.3.1.1 Modelo de uso del suelo de Von Thünen**

Von Thünen (1826) se preguntó ¿cómo organizar el uso de la tierra?, por lo que partió de una ciudad aislada abastecida por los agricultores colindantes, en donde sus cultivos, de distinta intensidad, se diferencian en rendimiento por hectárea y costos de transporte. Bajo esa premisa Von Thünen demostró que la competencia entre agricultores conduce a una variación en el alquiler del suelo, de tal manera que mientras mayor sea la distancia menor es la renta de alquiler para los agricultores. Es así como cada agricultor tiene que enfrentarse a una compensación entre los alquileres de suelo y los costos de transporte y, dado que los costos de transporte y los rendimientos difieren de una cosecha a otra, se obtiene un patrón de producción de anillos concéntricos, tal y como se muestra en la gráfica 1.1.

### Gráfica 1.1 Curvas de oferta de alquiler y de uso del suelo



Fuente: Gráfica reproducida desde Fujita *et al.* (1999), p. 26.

El análisis de Von Thünen sobre localización de las actividades agrícolas en las áreas de abastecimiento se basa en un juego de oposición de contrarios. Por un lado, se considera a la renta como un factor que hace presión sobre la decisión de la actividad económica; y por otro, el costo de transporte como factor que presiona la concentración de actividad alrededor del mercado de consumo.

El equilibrio general entre estas fuerzas deriva en una distribución de uso de la tierra, cuyo estudio es el propósito central de esta teoría. Una característica importante del modelo es el nivel de agregación de análisis propuesto, el cual conduce a definir la distribución global de un conjunto de actividades competitivas en un área geográfica determinada.

*“Una de las limitaciones de este modelo es que se asume la existencia de la propia ciudad o distrito comercial, por lo que el modelo no tiende a ser útil cuando una investigación se limita exclusivamente a determinar el uso del suelo en una ciudad preexistente, pero sí sirve para saber cómo se determina el uso del suelo cuando la localización de la ciudad es endógena”* (Fujita *et al.*, 1999, pp. 25-28).

Aunque el modelo ha sido criticado con cierta frecuencia, tal cual fue concebido por Von Thünen, fue aplicable durante un largo periodo de tiempo, pero la evidencia empírica de la segunda mitad del siglo XX no se ajusta a él. Pero lo que debe quedar bien claro es que existe una lógica y consistencia interna inherente al modelo; y si los datos empíricos recogidos cambian, es la lógica inherente del modelo la que en todo caso puede y debe variar en función de la nueva realidad (García Ramon, 1976, pp.20).

### 1.3.1.2 Localización industrial de Weber

Cuando la revolución industrial llegó a difundirse por toda Europa algunos geógrafos y economistas se preguntaron ¿Cuál era el mejor lugar para construir una planta industrial? Fue así que a inicios del siglo XIX Alfred Weber (1909) desarrolló una teoría sobre la localización industrial en el espacio, en la cual ésta se asocia a cuatro factores: la distancia de los recursos naturales, la distancia al mercado, los costos de la mano de obra y las economías de aglomeración.

Esta teoría asume un espacio isotrópico<sup>5</sup> con recursos localizados en un punto y un mercado en el otro punto. Su teoría trata fundamentalmente con la distancia de la industria hacia los recursos y al mercado. Además, considera que los costos de producción son los mismos en todas partes, por lo que sólo es posible una variación del precio unitario debido a los costos de transporte, por lo que la localización de la industria será en aquel en donde los costos de transporte sean mínimos.

La teoría estudia cuatro factores fundamentales: la distancia a los recursos naturales, la distancia al mercado, los costos de mano de obra y las economías de aglomeración, es decir, el ahorro que se produce por instalarse donde hay otras industrias y compartir servicios.

De manera inicial Weber considera que los costos de producción son iguales en todas partes, por lo que el precio del producto sólo puede variar en función de los costos de transporte. La planta se instalará allí donde los precios de transporte sean mínimos.

---

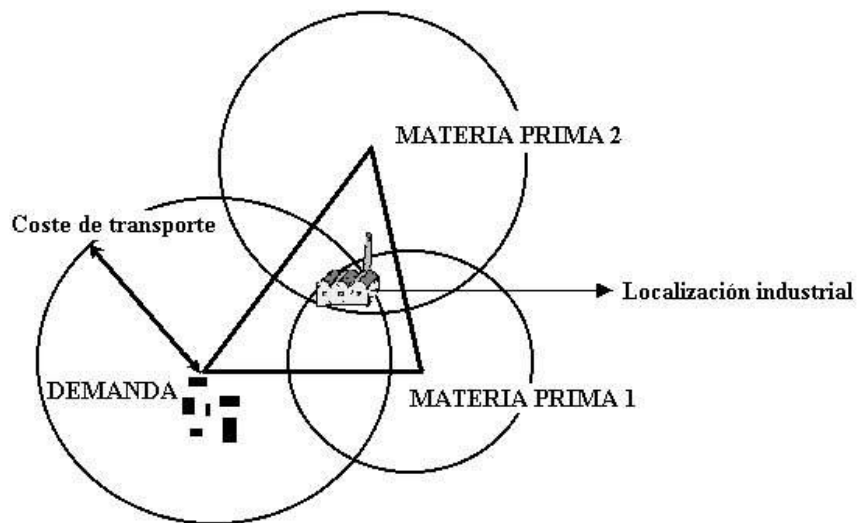
<sup>5</sup> Un espacio isotrópico es aquel en el cual se presentan las mismas características en todas direcciones y desde cualquier punto.



Para lo que hay que considerar la cantidad de recursos que se pierde en el proceso de elaboración, los cuidados especiales para el transporte y el aumento del valor añadido.

Como se muestra en la gráfica 1.2 si una industria emplea dos fuentes de materias primas 1 y 2 y le vende a un único mercado (donde se encuentra la demanda), el interés de la industria será localizarse en el centro del triángulo. Por lo que a medida que nos alejamos de las materias primas 1 y 2 o del lugar del mercado, se incrementan los costos de transporte, formándose una serie de isodapanas<sup>6</sup> concéntricas. Entonces la localización óptima de la industria es aquel en el que la suma de costos es la más pequeña posible, es decir, donde al cruzarse las isodapanas dan como resultado el costo más bajo.

**Gráfica 1.2 Teoría de Weber sobre localización industrial**



En el momento en el que Weber considera economías de aglomeración se observan beneficios en cuanto a la accesibilidad al mercado, vías de comunicación, mano de obra especializada, servicios comunales y proveedores. No obstante, estos ahorros pueden ocasionar una competencia de la tierra e incrementar su precio anulando dichos beneficios.

<sup>6</sup> Isodapana es la línea que une puntos de igual costo.

La crítica más grave que se le puede hacer a este modelo es que no tiene en cuenta los costos de extracción de recursos, ni las limitaciones y costos de almacenamiento; factores que pueden hacer que subir el precio unitario del producto. Tampoco tiene en cuenta que cuanto mayor sea el valor añadido a un producto depende menos del transporte para generar plusvalías y crear beneficios.

### 1.3.1.3 Teoría del lugar central

La teoría del lugar central fue desarrollada por Christaller (1933) y retomada por Lösch (1940).

Inicialmente, Christaller se planteó el problema de la localización óptima de actividades comerciales y de servicios en una región cualquiera. Por lo que partió de dos conceptos clave: el alcance físico del mercado y el umbral de demanda. El alcance físico lo definió como la distancia más larga que tiene que recorrer el consumidor para adquirir una mercancía o servicio. Mientras que el umbral de demanda la concibió como el monto de ventas mínimas que le permite a las empresas permanecer en el mercado.

Entonces, al situarse una empresa en un lugar ésta tenderá a concentrar población sirviendo de lugar central a los habitantes. Si el alcance físico es mayor al umbral habrá un área no cubierta por la empresa, ya que la población más alejada no se desplazará para adquirir ese servicio a menos que se acumulen consumos de servicios y en esa área surjan otras empresas del mismo tipo. El área de alcance de una empresa tendrá una forma hexagonal que garantiza la prestación del servicio a todo el espacio isotrópico.

El precio del producto determina el umbral que requiere la empresa. Es así como en cuanto más alto sea el precio mayor será el umbral mínimo, sin embargo, mayor será el alcance. Lo anterior permite establecer jerarquías de lugares centrales. Los lugares centrales de primer orden son más pequeños y numerosos, caso contrario ocurre con los de orden mayor, cuanto mayor es el lugar central este cuenta con más población.

Por su parte, Lösch (1940) fue el primero en presentar un sistema completo de equilibrio general. Él definió cuatro modelos de aglomeración empresarial:

1. Existe una única empresa cuyo mercado está representado por diversas regiones.
2. Existen empresas de un mismo ramo localizada en un mismo territorio.
3. Existen empresas cuya fuente de materias primas está próxima formando cinturones.
4. Existen pequeñas empresas próximas al consumidor, denominadas redes auténticas.

La teoría de lugares centrales de Lösch parte de los supuestos siguientes: (1) los insumos están distribuidos aleatoriamente en un plano abierto; (2) el área donde se encuentran es isotrópico; (3) los consumidores están distribuidos uniformemente y (4) las funciones de demanda son idénticas.

De acuerdo con este modelo, la demanda de un producto depende del precio y la distancia a la que se encuentra el consumidor. También considera los efectos de las economías de escala en la ubicación de las empresas y la comercialización de los productos.

Las economías de escala hacen que el productor soporte un precio mayor por arriba del costo promedio para obtener beneficios. Esto provoca que nuevas empresas se ubiquen en la misma área de mercado delimitada por los costos de transporte ocasionando que las ganancias de los competidores se reduzcan. Al final, el resultado es la conformación de áreas de mercado hexagonales.

#### 1.3.1.4 Surgimiento de ciudades: sistemas urbanos

Alfred Marshall (1920) es el primero en introducir el concepto de economías externas para explicar la concentración espacial, considerada pieza clave en la teoría urbana al menos desde el trabajo de Hoover (1948).

Además, Marshall dio tres razones por las que un productor tiende a situarse cerca de otros productores de la misma industria. Primero, una industria concentrada geográficamente puede mantener a los proveedores locales de factores de producción. Segundo, al estar concentrada la industria los trabajadores tienen la misma

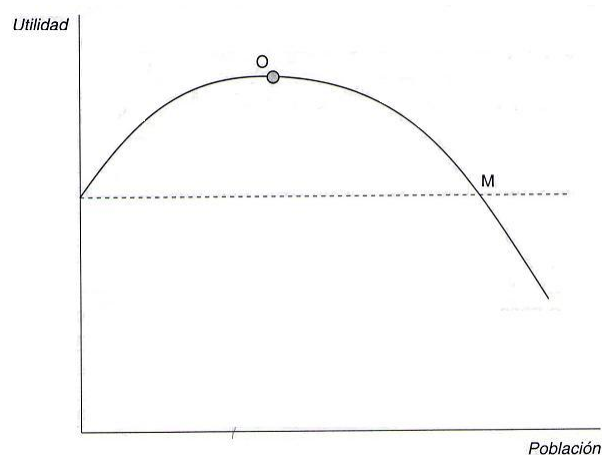
especialidad permitiendo que las oportunidades de empleo no se agoten. Y, tercero, la proximidad geográfica permite la propagación del conocimiento y la información.

La actividad industrial ha cambiado drásticamente a lo largo del tiempo. Pero ¿qué factores han dado pie a estos cambios en la actividad industrial? Por ejemplo, Mills (1967) y Henderson (1974) analizan la formación de sistemas urbanos en donde las economías externas y deseconomías están vinculadas en la concentración geográfica de la industria de una ciudad.

La idea básica de Henderson (1974) parte de la existencia de una tensión entre las economías externas vinculadas a la concentración geográfica de la industria de una ciudad y las deseconomías tales como los costos de transportes hacia las grandes ciudades. El efecto neto de dicha tensión se muestra en forma de una U invertida en la gráfica 1.3.

Supongamos que en determinado momento hubiera muy pocas ciudades y la ciudad principal fuera demasiado grande y se extendiera a lo largo del arco entre O y M. El resultado lógico sería que los residentes carecen de un estímulo para trasladarse por sí mismos a una nueva localización. Ello provoca tamaños de ciudades sustancialmente grandes y equilibrios múltiples tanto en la distribución del tamaño de las ciudades como en su localización. Sin embargo, para Henderson el tamaño óptimo de las ciudades sigue un comportamiento más sencillo pues la conducta progresiva de los grandes agentes, en donde, si hubiese pocas ciudades no permitirían que los beneficios se vean reducidos. De ahí que todas las ciudades tendrán un tamaño óptimo en el punto O. Entonces, *“La pregunta que surge a continuación es por qué las ciudades son tan dispares en tamaño unas de otras. El argumento que da Henderson es el siguiente: las economías externas tienden a especializarse respecto a cada tipo de industria, aunque las deseconomías suelen depender del tamaño global de una ciudad, con independencia de lo que ésta produzca.”* (Fujita et al., 1999, p. 30)

**Gráfica1.3 Tamaño de la ciudad y utilidad**



Fuente: Gráfica reproducida desde Fujita *et al.*, (1999), p. 29.

Actualmente escasos los estudios empíricos de fronteras de producción orientados al análisis del vínculo entre aglomeración, eficiencia y productividad. Y en la presente investigación se pretende cumplir con este objetivo.

#### **1.4 Tecnología y comercio desde una perspectiva evolutiva**

La teoría del comercio es una corriente de pensamiento, dentro de las líneas evolutivas, relativamente de reciente aparición. Los principales antecedentes evolutivos nos remonta a autores como: List (1841), Kaldor (1970), Posner (1961), Vernon (1966), Hufbauer (1966) y Pasinetti (1981) quienes contribuyen en la relación cambio tecnológico y comercio.

Por su parte, List (1841) cuestiona la validez universal del principio de que el libre comercio es benéfico haciendo énfasis en las diferencias en el desarrollo tecnológico relativo de los países y hacia la importancia de la producción doméstica y del comercio en la acumulación de las capacidades tecnológicas esenciales para el desarrollo económico.

Kaldor (1970) avanzó en el análisis de la interacción del progreso tecnológico con la producción y el comercio, incorporando las ideas de causación acumulativa de Myrdal<sup>7</sup>.

En lo que respecta a Posner (1961) y Hufbauer (1966) basan sus teorías del comercio en “brechas tecnológicas” ofreciendo uno de los argumentos más lúcidos sobre el papel de la innovación y la difusión de ésta como fuentes del comercio internacional. En el mismo sentido, la teoría del ciclo de la vida del producto de Vernon (1966) postula las diferentes etapas en el desarrollo de los productos y su relación con la especialización comercial. Como resultados de estos cambios, el peso relativo de los factores que afectan a las decisiones sobre la localización de la producción en distintos países también cambia, afectando los patrones de comercio.

Finalmente, el esfuerzo de Pasinetti (1981) por incorporar el tiempo histórico y cambio estructural en el análisis del comercio es muy importante antecedente con elementos afines a los del enfoque evolutivo.

Otros autores han profundizado en algunas propiedades o en sujetos clave de la innovación tecnológica. Por ejemplo, Rosenberg (1976), puso de relieve la importancia de los bienes de capital como depositarios y transmisores del progreso tecnológico. O Nelson y Winter (1977) y Dosi (1982) postularon la vigencia de los paradigmas científicos y tecnológicos como guías de las trayectorias de la innovación y el desarrollo tecnológico.

---

<sup>7</sup> La teoría de causación acumulativa de Myrdal parte de la hipótesis de que las inversiones se producen en función de la dimensión y crecimiento esperado de la demanda, tanto local como externa, más que en función de la tasa de beneficios que puedan producir. Con base en esta teoría las regiones avanzadas y dinámicas se aprovechan de un doble proceso: por un lado, el crecimiento inicial de una determinada zona que generará un flujo de inmigración que creará un mercado interno más amplio y dinámico, lo que estimulará el proceso inversor como consecuencia del aumento de demanda y el potencial de crecimiento; por otro lado, la existencia de economías de escala, economías de aglomeración y la adopción de innovaciones de procesos que acompañan a las nuevas inversiones y bienes de capital provocarán un aumento en la productividad y competitividad de la economía local, lo que hará aumentar la demanda externa, que producirá, a su vez, un aumento del empleo, nuevos flujos de inmigración y más desarrollo. Por su parte, las regiones atrasadas registrarán salida de emigrantes, disminuyendo la demanda interna y la reducción del proceso de acumulación de inversión. La conclusión de dicho modelo es que la región próspera, con mayor nivel de renta y especialización, se ve favorecida por rendimientos mayores que impiden el desarrollo de la región atrasada.

La teoría evolutiva de la tecnología tiene dos efectos importantes: primero, la transmisión de conocimientos tecnológicos de generación en generación se realiza a través de procesos de enseñanza a aprendices, estudiantes y descendientes. Este proceso tiene una trayectoria dependiente con respecto al aprendizaje que los maestros y padres han tenido durante su vida y segundo, los cambios en la tecnología no solo ocurren de manera intergeneracional, sino por la adquisición de conocimientos en forma lateral, es decir, aprendizaje de otros.

Dado lo anterior se decide hacer una diferenciación entre los sectores de la manufactura mexicana de acuerdo a su intensidad tecnológica en aras de determinar si la entrada en vigor del TLCAN influencia la eficiencia técnica de la industria manufacturera de Alta y Media alta tecnología.

### **1.5 Relación apertura comercial y eficiencia productiva**

Una de las principales ventajas, ante la entrada en vigor del TLCAN, es el incremento o amplitud de los mercados para los productos mexicanos. La integración de los mercados a la apertura comercial agudiza la competencia entre los productores, de aquí que se desprende que los productores mexicanos deben buscar una mayor eficiencia en la producción y comercialización, lo que traería consigo una mayor productividad y competitividad.

De acuerdo con Rodrik (1992) no existen teorías sistemáticas que prueben la relación entre apertura comercial y eficiencia técnica productiva.

Sin embargo, existen diversas investigaciones interesadas en demostrar dicha relación. Los primeros trabajos empíricos que argumentan que el proceso de apertura comercial conduce a la realización de economías de escala y a la disminución de las ineficiencias en la producción, sobre todo en aquellas que tienen procesos productivos con un grado mayor de tecnología, son los trabajos de Kim (1997) para el caso de México y Tansini y Triunfo (1998) para el caso Uruguayo.

Posteriormente, la investigación de Lall *et al.* (2000) permitió analizar la eficiencia productiva económica y los factores que la afectan en países del Caribe entre 1983 y

1992. Uno de sus principales hallazgos, empleando programación no paramétrica, fue que tanto la eficiencia pura, asignativa y económica son bajas y más variables en estos países en comparación con otros tales como los de América del Norte y América Latina. Además, con un análisis de regresión Tobit<sup>8</sup> encontraron que las inversiones extranjeras, privadas, la infraestructura productiva, la disponibilidad de crédito, el nivel educativo y el consumo de bienes productivos de cada país tuvo un efecto positivo; mientras que un aumento en el gasto público, los impuestos sobre la renta, los impuestos a la importación y un aumento en la inflación influyeron de manera negativa. Con lo anterior concluyeron que es necesaria la promoción de economías más abiertas y alentar a los gobiernos a estimular la infraestructura y la proporción de educación.

En el caso de la India, Ray (2002) calculó la eficiencia técnica de la industria manufacturera de ese país mediante un DEA y la productividad a través de los índices de Malmquist y Tornqvist en los periodos 1986-1987 y 1995-1996 con la finalidad de observar el impacto de la liberalización comercial de 1991 sobre la eficiencia y la productividad. Los resultados de su investigación demostraron que en promedio el crecimiento de la tasa anual de productividad aumentó después de la reforma de tal manera que en algunos estados de la India se alentó el crecimiento de la productividad. Además, observó un crecimiento de la eficiencia técnica.

Por otro lado está la investigación de Milner y Weymna-Jones (2003) quienes analizaron el impacto del tamaño del país en la eficiencia agregada nacional de un grupo de 85 países durante el periodo de 1980 a 1989. Mediante un Análisis Envoltente de Datos (DEA) calcularon las eficiencias de cada país, para posteriormente identificar los factores que influyen sobre éstas mediante un modelo Tobit, sus resultados mostraron una relación positiva y fuerte entre la eficiencia y algunos elementos como la educación o salud, los cuales afectaron la capacidad de la sociedad para alcanzar su

---

<sup>8</sup> El modelo Tobit supone que existe una variable latente (no observable por ejemplo)  $y_i^*$ . Esta variable dependiente linealmente de  $x_i$  a través de un parámetro  $\beta$  que determina la relación entre las variables independiente  $x_i$  y la variable latente  $y_i^*$ . Además hay un término de error  $u_i$  con una distribución normal para captar las influencias aleatorias en esta relación. La variable observable  $y_i$  se define como igual a la variable latente cuando la variable latente es superior a cero o caso contrario.  $y_i^* = \beta x_i + u_i$   $u_i \sim N(0, \sigma^2)$



potencial productivo con la tecnología disponible. Además de encontrar un impacto positivo de la apertura de la política comercial en los niveles de eficiencia.

Mediante argumentos teóricos y evidencia empírica e histórica Shafaeddin (2006) afirmó que el régimen comercial ayuda u obstaculiza el proceso de industrialización dependiendo de la protección prolongada o la capacidad de competir en el mercado internacional de cada país.

Por su parte, Iyer *et al.* (2008) empleando un modelo de frontera estocástica midieron la eficiencia de las externalidades del comercio y diversas formas de inversión extranjera para 20 países de la OCDE entre 1982 y 2000. Los resultados más sobresalientes de su investigación fue que el comercio y todos los flujos de inversión mejoran los niveles de eficiencia.

Hassan *et al.* (2010) analizaron el impacto en el desempeño del sector manufacturero de Bangladesh tras la liberalización comercial. Empleando información a nivel de empresa y usando DEA calcularon la eficiencia técnica y asignativa para una muestra de 82 empresas para los años 1993 y 1998. Después calcularon la productividad total de factores, mediante el Índice de Malmquist, obteniendo el cambio tecnológico, la eficiencia técnica y la eficiencia en escala. Sus resultados mostraron que la mayoría de las manufacturas de Bangladesh experimentaron un crecimiento del 19% en la productividad total de factores entre 1993 y 1998. Además, encontraron que la manufactura de exportación tuvo un mejor desempeño en su eficiencia técnica que la manufactura de importación, lo cual permitió concluir a los autores que la liberalización comercial de la década de los noventa afectó de manera positiva la industria manufacturera de Bangladesh.

Como se puede apreciar, a pesar de que la relación teórica entre apertura comercial y eficiencia productiva no existe, las investigaciones demuestran lo contrario que dicha relación existe y que tiene efectos positivos sobre la eficiencia de los sectores; sin embargo, esta investigación es pionera al probar dicha relación, pero considerando una diferenciación entre sectores, es decir, de acuerdo a su intensidad tecnológica.

En resumen, en este primer capítulo se presentó un brevemente el proceso apertura comercial que ha vivido México. Además el cambio que ha sufrido la industria manufacturera tras la entrada en vigor del TLCAN. También se expusieron los aspectos teóricos vinculados con el comercio internacional su la relación con la Nueva Geográfica Económica. Se consideró además la relación entre tecnología y comercio internacional, motivando a hacer una diferenciación de los sectores industriales de acuerdo a su intensidad tecnológica con la finalidad de probar si la eficiencia técnica productiva es mayor en los sectores tecnológicos más avanzados después de la firma del TLCAN, pero considerando que factores de aglomeración (especialización y urbanización) que pueden afectar los niveles de eficiencia productiva.

En el siguiente capítulo se exponen los métodos más empleados para el cálculo de la eficiencia técnica, además de hacer mención sobre algunas nuevas contribuciones y mejoramientos al método. Se presentan los métodos Análisis Envoltente de Datos, método no paramétrico y Frontera Estocástica, paramétrico; empleados en la presente investigación, para la obtención de la eficiencia técnica de la manufactura mexicana.

## **CAPÍTULO 2. EFICIENCIA TÉCNICA Y SU MEDICIÓN**

La eficiencia es un concepto de posee diversas interpretaciones. Sin embargo, Koopmans (1951) fue quien dio por primera vez una definición de eficiencia productiva. Centrándose en la eficiencia técnica, afirmó que una combinación factible de insumos y productos es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente posible aumentar algún producto o reducir algún insumo sin reducir simultáneamente al menos otro producto o aumentar al menos otro insumo.

En términos generales, la eficiencia técnica se refiere a la habilidad de obtener el máximo producto posible dados una canasta de factores de producción y un nivel de tecnología determinado.

Desde la perspectiva microeconómica la teoría del productor tiene entre otros objetivos, buscar una adecuada descripción formal de la tecnología y las posibles medidas de eficiencia. Surgiendo así métodos tradicionales que miden la eficiencia técnica a través del cálculo de la productividad parcial y la productividad total de factores.

Sin embargo, los indicadores de productividad parcial presentan la limitación de que pueden obtenerse dos indicadores iguales con niveles de insumo y producto totalmente diferente o clasificar unidades eficientes en peor posición que otras.

Y por su parte, la productividad total de factores tiene la limitación de ser un indicador construido con ponderaciones arbitrarias, además de compararse con unidades de producción heterogéneas.

Es por ello que en este capítulo 2 se expone el surgimiento, características e importancia de los métodos: Análisis Envolvente de Datos (DEA) y Frontera Estocástica, lo cuales son métodos de frontera, con la finalidad de proporcionar una comprensión amplia del funcionamiento y aprovechamiento de cada uno de ellos en la obtención de la eficiencia técnica de la industria manufacturera según su estatus tecnológico.

## 2.1 Medida de eficiencia Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Los primeros intentos por medir la eficiencia productiva son conocidos por su aplicación de una función de distancia, por ejemplo, Debreu (1951) emplea dicha función en un contexto de equilibrio general; mientras que, Shephard (1953) y Malmquist (1953) la emplean en un contexto de producción y consumo, respectivamente.

Otra aproximación fue el trabajo de Farrell (1957), el cual midió la inversa de la razón de función de distancia directamente sobre una estructura estática. Este enfoque requiere la estimación de isocuantas proveniente de un conjunto de observaciones de insumos y productos de sección cruzada para entonces calcular la razón de eficiencia, lo cual implica minimizar los insumos requeridos para producir a un nivel dado de productos contra los insumos actuales. Estas medidas son propiamente conocidas como eficiencia relativa.

Farrell (1957) asegura que la eficiencia de una firma consiste en dos componentes:

- Eficiencia técnica, la cual refleja la habilidad de una empresa para obtener el producto máximo dado un conjunto de insumos.
- Eficiencia asignativa, la cual refleja la habilidad de una empresa al emplear los insumos en proporciones óptimas dado sus respectivos precios y producción tecnológica.

Combinados estos dos componentes proveen una medida de eficiencia económica total (Coelli *et al.*, 1998, p.134).

Por su parte, Charnes *et al.* (1978) y Banker *et al.* (1984) extendieron la formulación de Farrell dando origen al Análisis Envolvente de Datos (DEA), la cual permite medir la efectividad y/o eficiencia de un conjunto de datos.

Hay que tener presente que, en nuestro caso, las empresas manufactureras deben ser vistas como maximizadoras de ganancias, capaces de variar libremente sus insumos y sus productos, por lo que el DEA permite analizar la eficiencia en insumos o enfoque de minimización de insumos. Este enfoque busca conocer cómo reducir las cantidades de insumos para lograr un cierto nivel de producción, mientras que el enfoque de eficiencia

del producto o enfoque de maximización del producto indica en cuánto se debe aumentar la cantidad de producto sin modificar el nivel de insumos.

El método DEA, permite analizar la eficiencia mediante la minimización de insumo o maximización del producto, mejor conocidas como medidas orientadas a insumos y productos, respectivamente.

Además, “*construye una frontera eficiente no-paramétrica sobre los datos mediante un método de programación lineal, para posteriormente calcular las medidas de eficiencia relativas a la frontera*” (Coelli et al. 1998, p. 140).

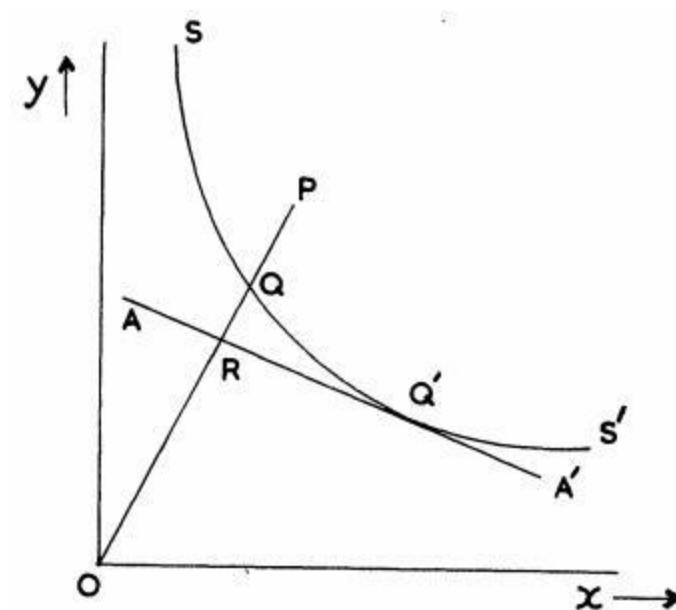
El principal inconveniente que presenta esta metodología es que la función de producción que modeliza el DEA no tiene en cuenta el carácter estocástico de la producción ya que el modelo carece de un término aleatorio que incorpore posibles *stocks* exógenos que puedan afectar a las empresas. Siendo así una frontera de tipo determinística.

### **2.1.1 Medida de eficiencia orientada a los insumos**

La medida de eficiencia orientada al insumo es ilustrada por Farrell (1957) en la gráfica 2.1, en la cual se muestra la eficiencia técnica y asignativa, dados dos insumos y un producto, bajo rendimientos constantes a escala. La isocuanta del total de firmas eficientes está representada por  $SS'$ , la cual permite medir la eficiencia técnica.

En este caso la ineficiencia técnica de la firma puede ser representada por la distancia del segmento QP en la gráfica 2.1, la cual es la cantidad por la que todos los insumos pueden reducirse proporcionalmente sin una reducción en el producto. Esto es expresado en términos de porcentaje por la relación  $QP/OP$ . En tanto, la eficiencia técnica de una firma es medida por la proporción  $OQ/OP$

**Gráfica 2.1 Eficiencia técnica y asignativa orientada al insumo**



Fuente: Farrell, 1957, p. 254.

Por otra parte, la eficiencia asignativa de una firma está definida por la relación  $OR/OQ$ , entonces la distancia  $RQ$  representa la reducción en los costos de producción.

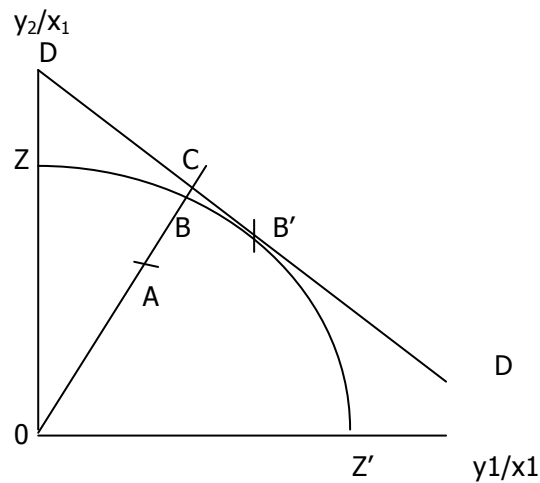
Y la eficiencia económica está representada por la relación  $OR/OP$  donde la distancia de  $RP$  puede ser interpretada en términos de una reducción de costo. Note que el producto de la eficiencia técnica y asignativa provee una medida de eficiencia económica general.

### **2.1.2 Medida de eficiencia orientada al producto**

Para ilustrar el caso de una medida orientada al producto Farrell (1957) considera el caso donde la producción involucra dos productos ( $y_1$  y  $y_2$ ) y un insumo ( $x_1$ ), el cual, se expone de manera explícita en la gráfica 2.2.

La línea  $ZZ'$  es la producción probable y el punto  $A$  corresponde a una firma ineficiente.

**Gráfica 2.2 Eficiencia técnica y asignativa orientada al producto**



Fuente: Coelli *et al.*, 1998, p. 138.

En esta misma gráfica se muestra que la distancia de AB representa ineficiencia técnica. Además, muestra que la eficiencia técnica está representada por la relación de  $OA/OB$ ; la eficiencia asignativa por la relación de  $OB/OC$  y la eficiencia económica general por el producto de estas dos últimas.

### **2.1.3 DEA bajo rendimientos constantes a escala**

El trabajo de Charnes *et al.* (1978) propuso un modelo en donde se asumen rendimientos constantes a escala y orientación hacia los insumos. El modelo parte de la existencia de  $K$  insumos y  $M$  productos para cada una de la  $N$  firmas. Cada firma está representada por la vector columna  $x_i$ , el cual es una matriz de insumo  $X$  de dimensión  $K \times N$ ; y el vector  $y_i$ , matriz de insumo  $Y$  de dimensión  $M \times N$ .

Una forma de introducir al DEA es a través de ratios o razones. Entonces, para cada firma, se obtiene una razón de todos los productos sobre los insumos, es decir,  $\frac{u' y_i}{v' x_i}$  donde  $u$  es un vector de productos ponderados de  $M \times 1$  y  $v$  es vector de insumos ponderados de  $K \times 1$ . Las ponderaciones óptimas se obtienen resolviendo el problema de programación matemática:

$$\begin{aligned}
& \max_{u,v} \left( \frac{u' y_i}{v' x_i} \right), \\
& \text{s. a.} \quad u' y_j / v' x_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, N, \\
& \quad \quad u, v \geq 0
\end{aligned} \tag{2.1}$$

Así la medida de eficiencia para cada firma es maximizada, sujeta a que las medidas de eficiencia sean menores o iguales a uno. Un problema que se observa con esta medición es que se obtiene un número infinito de soluciones por lo que es necesario restringirlo a  $v' x_i = 1$ :

$$\begin{aligned}
& \max_{\mu,v} (\mu' y_i), \\
& \text{s. a.} \quad v' x_i = 1, \\
& \quad \quad \mu' y_j - v' x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, N, \\
& \quad \quad \mu, v \geq 0,
\end{aligned} \tag{2.2}$$

Siguiendo a Charnes *et al.* (1978) a la ecuación 2.2 se le conoce como el multiplicador del problema de programación lineal DEA.

Usando la dualidad en programación lineal, se deriva una forma *envolvente* de este problema:

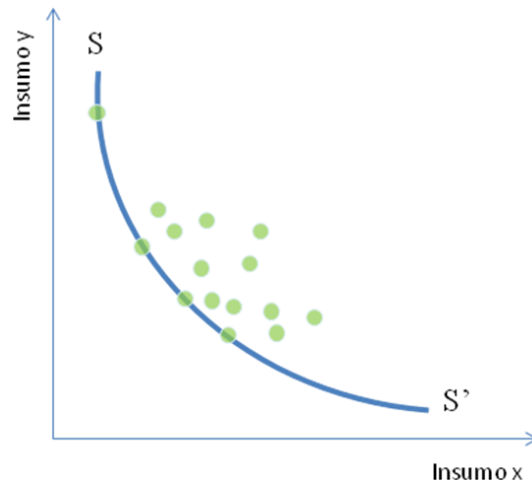
$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} \theta, \\
& \text{s. a.} \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
& \quad \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
& \quad \quad \lambda \geq 0,
\end{aligned} \tag{2.3}$$

donde  $\theta$  es un escalar y  $\lambda$  es un vector  $N \times 1$  de constantes. De esta manera se consideran menos restricciones que en la ecuación 2 ( $K+M < N+1$ ), por lo que es preferida. El valor de  $\theta$  será el indicador de eficiencia para la firma y será menor o igual a 1, con valor igual a 1 nos indica que se encuentra en la frontera de eficiencia (véase Charnes *et al.* 1978). El problema se resuelve una vez para cada firma, por lo que se obtiene un valor de  $\theta$  para cada una de ellas.



El problema toma la  $i$ -ésima firma tratando de contraer del vector de insumos  $x_i$  tanto como sea posible, mientras permanece dentro del conjunto factible de insumos. La frontera inferior de este conjunto es una línea isocuenta eficiente (véase gráfica 2.3).

**Gráfica 2.3 Diagrama de isocuenta eficiente**



Fuente: Coelli *et al.* 1998, p.136.

La contracción radial del vector de insumos  $x_i$ , produce un punto proyectado  $(X\lambda, Y\lambda)$  sobre la superficie de tecnología, el cual es una combinación lineal de los puntos de datos observados. Las restricciones en la ecuación 2.3 aseguran que el punto proyectado no caiga por fuera del conjunto factible.

El DEA permite una mayor flexibilidad para modelar la tecnología de producción, debido a que la función se construye a partir de las observaciones entre entradas y salidas, además de incorporarse al análisis de economías de escala (Gómez y Mancebón, 2005; Raffo y Ruiz, 2005; Zhu, 2002). Además, puede analizar unidades con múltiples insumos y obtener resultados con requerimientos mínimos de información. Dado a que las unidades de análisis se comparan con otro similar, o una combinación de ellas, no es necesario especificar los pesos ni de los insumos ni de los productos, además permite determinar la cantidad de insumo o productos necesarios para alcanzar un nivel de eficiencia.

### 2.1.4 DEA bajo rendimientos variables a escala

El supuesto de rendimientos constantes a escala es apropiada únicamente cuando las empresas operan bajo una escala óptima, es decir, que el incremento porcentual del producto es igual al incremento porcentual experimentado en los insumos. Sin embargo, ante competencia imperfecta las empresas o nuestro caso industrias pueden no operar bajo una escala óptima.

Por lo que en el trabajo de Banker *et al.* (1984) se realizó una extensión del modelo DEA bajo rendimientos variables, dicha modificación se agregó mediante la restricción de convexidad en la ecuación 2.3:  $N1'\lambda = 1$ , donde  $N1$  es un vector de  $N \times 1$  de unos, de tal manera que el problema de programación lineal con rendimientos variables toma la forma de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & \text{s. a.} \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \quad \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \quad \quad N1'\lambda = 1, \\ & \quad \quad \lambda \geq 0, \end{aligned} \tag{2.4}$$

A diferencia del DEA bajo rendimientos constantes, esta nueva restricción asegura que una firma ineficiente se compare únicamente con las firmas de tamaño similar, por lo que, el punto proyectado en la frontera será una combinación convexa de la muestra de firmas. Por lo que se presenta una medida de eficiencia técnica mayor o igual a la obtenida mediante el modelo bajo rendimientos constantes, siendo esta una ventaja sobre el modelo anterior.

## 2.2 Otros estimadores no paramétricos y mejoramiento del DEA.

El análisis de Free Disposal Hull (FDH), propuesto por Deprins, Simar y Tulkens (1984), estima la eficiencia relativa de unidades de producción homogéneas en un contexto de mercado. Establece únicamente una restricción sobre la referencia tecnológica, vinculando una libre disponibilidad de factores (empleo, insumos y/o productos), lo cual garantiza la existencia de una frontera de posibilidades de producción continua para

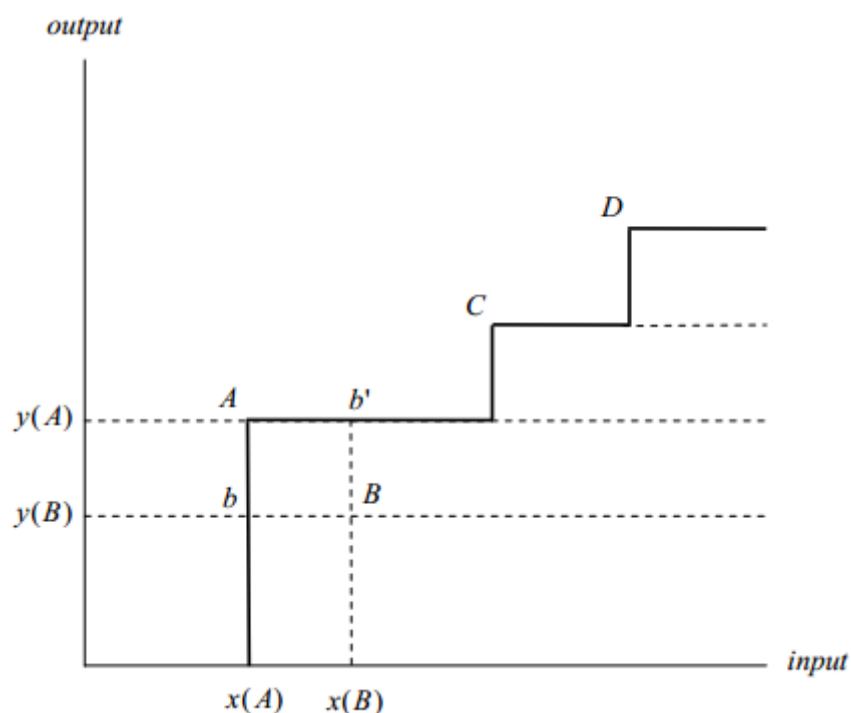
una determinada muestra de observaciones. La aproximación FDH muestra que un productor es relativamente ineficiente si existe otro producto que emplea menos cantidad de insumos para generar un igual o mayor nivel de producto. Por otro lado, un productor es considerado relativamente eficiente si no existe otro productor que emplee una menor cantidad de insumos para generar un igual o mayor producto. En la gráfica 2.4, se ilustra la frontera de posibilidades de producción para el caso de un insumo y un producto. El productor B utiliza una mayor cantidad de insumo para producir un nivel menor de producto en relación al productor A, y es por tanto considerado relativamente ineficiente en comparación con este último. El productor C es relativamente eficiente, dado que no existe ningún productor que emplee una menor cantidad de insumos para generar un mayor nivel de producto. Los productores A y B emplean menores cantidades de insumos pero también obtienen menores niveles de producto que el productor C. Por su parte, el productor D tiene cantidades de insumos y de producto más altos que el productor C, por tanto, el productor D es considerado también relativamente eficiente.

Para establecer el nivel de eficiencia se realizan los siguientes dos pasos. El primero consiste en identificar a los productores relativamente eficientes, dada una muestra de observaciones. En la gráfica 2.4, los productores relativamente eficientes son A, C y D, los cuales se ubican sobre la frontera de posibilidades de producción. Por otro lado, los productores que utilizan al menos igual cantidad de insumos para generar el mismo nivel de producto, o un nivel menor, son considerados ineficientes. Esta ineficiencia puede identificarse por el área rectangular hacia la derecha y hacia abajo del productor A. De manera similar, el área rectangular hacia la derecha y hacia abajo de los productores C y D identifican, en términos relativos, las posibilidades de producción ineficientes. La frontera de posibilidades de producción FDH, que envuelve el área hacia el lado derecho hacia abajo de las observaciones relativamente eficientes, viene dado por la línea que une a los puntos A, C y D en la gráfica. El segundo paso para establecer el grado de eficiencia consiste en comparar los resultados de los productores relativamente eficientes (es decir, los productores ubicados sobre la frontera de

posibilidades de producción) y de los productores relativamente ineficientes (ubicados en el interior de dicha frontera), con el objetivo de clasificar las unidades de gestión acorde a un ranking de eficiencia obtenido de la distancia de un productor ineficiente a la frontera de posibilidades de producción.

El cálculo del porcentaje de eficiencia puede ilustrarse utilizando la gráfica 2.4. Considerando al productor B como el único productor relativamente ineficiente, el análisis FDH establece dos formas alternativas para medir la distancia de la ubicación del productor B a la frontera de posibilidades de producción, ambos en términos de insumos y productos.

**Gráfica 2.4 Frontera de posibilidades de producción FDH**



En términos de insumos, dicha distancia viene dada por la línea bB, la cual representa la cantidad de insumos empleados por el productor A respecto a los insumos usados por el productor B,  $x(A)/x(B)$ . Esta medida de eficiencia es referida a un puntaje de eficiencia en términos de insumos. Para todas las observaciones al interior de la

frontera de posibilidades de producción, el puntaje de eficiencia es menor que 1. Para todas las observaciones sobre la frontera de posibilidades de producción (productores A, C y D), el puntaje de eficiencia es igual a 1. El puntaje de eficiencia en términos de insumos indica el exceso de uso de insumos de un productor ineficiente y por tanto la magnitud a la cual este productor asigna estos recursos en una manera ineficiente.

Por otro lado en términos de producto, el puntaje de eficiencia de B viene dado por la línea  $b'B$ , la cual representa la cantidad de producto  $y(B)/y(A)$ . Este puntaje indica la pérdida de producto relativo al productor más eficiente con un igual o menor nivel de insumos. Como en el caso del puntaje de eficiencia en términos de insumos, el puntaje de eficiencia en términos de producto es menor que 1 para las observaciones al interior del conjunto de posibilidades de producción (productor B) e igual a 1 para observaciones sobre la frontera de posibilidades de producción (productores A, C y D).

Sin embargo, la propiedad de ser empresa dominante no necesariamente la convierte en unidades técnicamente eficientes. El FDH es un método similar al DEA cuya principal diferencia es que no cuenta con un conjunto de posibilidades de producción convexo. Por lo que, el conjunto de posibilidades de producción estimado por el DEA siempre va a incluir el conjunto de posibilidades estimado por el FDH.

Los intentos por introducir el ruido blanco tanto en la especificación del modelo que estima la metodología DEA, así como el que estima FDH, para transformar su típica frontera determinística en una frontera estocástica, han derivado siempre en estimadores inconsistentes de la eficiencia. La estimación no paramétrica tradicional, aunque permite especificar el modelo con un error compuesto de ineficiencia y de ruido, no permite diferenciar entre qué parte de la perturbación estimada corresponde a la ineficiencia y qué parte al ruido.

Debido a los problemas de identificación de la ineficiencia en la estimación no paramétrica, Fan, Li y Weersink (1996) diseñaron un estimador semiparamétrico donde

la función de producción es estimada mediante un kernel<sup>9</sup> y el término de error, sin embargo, se considera distribuido paramétricamente.

Sin embargo, Hall y Simar (2000) desarrollaron un estimador no paramétrico de la frontera de producción que resuelve el problema de inconsistencia y es capaz de diferenciar entre la ineficiencia y el ruido. Para su estimación, en lugar de centrar el análisis en toda la frontera, se focaliza la estimación, en un borde o límite superior.

Ante la pregunta ¿cómo llegar a ser eficiente? González y Álvarez (2001) propusieron capturar los procesos de aprendizaje como principal factor de ineficiencia técnica; es decir, los mejoramientos en la eficiencia pueden ser alcanzados si las empresas ineficientes son capaces de aprender mejor de sus rutinas de producción. Entonces para ello los autores emplearon el *benchmarking* en un DEA. Así por cada insumo  $k$  calcularon la contracción a la isocuanta a lo largo del eje de los insumos añadiendo los *slacks* que conducen a un subconjunto eficiente. Es así como lograron demostrar como la menor contracción de un insumo específico demuestra el conjunto empresas eficiente más semejante el cual sirve de referencia para el conjunto de empresas ineficientes.

Por otro lado, se encuentra el trabajo de Soares de Mello *et al.* (2004) el cual propone una nueva forma de selección de variables con la finalidad de obtener una buena discriminación entre las variables de eficientes e ineficientes trayendo consigo una frontera que se ajusta de mejor forma a los datos ajustados.

Otro trabajo orientado en el mejoramiento de la estimación DEA es el realizado por González-Araya y Valdés (2009) quienes proponen un método secuencial de selección de variables de entrada y salida, especialmente en los casos en el que el número de observaciones, o unidades de decisión, es mayor que el número de variables potenciales para realizar el análisis de eficiencia. El algoritmo propuesto por los autores selecciona variables independientemente del número de unidades de decisión observadas, pues no todas las unidades aportan de igual manera en el análisis de

---

<sup>9</sup> El kernel o núcleo de una función es una forma de medir qué tan lejos se encuentra una función de ser uno a uno.

eficiencia. Permitiendo establecer las variables necesarias para alcanzar un mejor ajuste a la frontera y la máxima discriminación de las unidades de decisión evaluadas.

### 2.3 Función de producción de Frontera Estocástica

DEA y frontera estocástica son dos metodologías alternativas para estimar la función frontera y medir la eficiencia de producción. Por su parte, el DEA involucra el uso de programación lineal, mientras que la frontera estocástica comprende el uso de modelos econométricos (Coelli, *et al.*, 1998).

Las medidas de eficiencia asumen que la función de producción de las empresas totalmente eficientes es conocida. Por lo cual Farrell (1957) sugiere que la función puede estimarse a partir de una muestra de los datos obtenidos utilizando un enfoque no paramétrico o bien considerando funciones paramétricas tales como la Cobb-Douglas. Con la primera sugerencia Charnes *et al.* (1978) desarrollaron el Análisis Envolverte de Datos (DEA); mientras que Aigner *et al.* (1977) desarrollaron el modelo de Frontera Estocástica con la segunda sugerencia.

Los orígenes de la función de producción de Frontera Estocástica se remontan al trabajo de Aigner y Chu (1968) quienes consideraron la estimación de una función de producción de frontera paramétrica tipo Cobb-Douglas empleando una muestra de N empresas. El modelo lo definieron como:

$$\ln(y_i) = x_i\beta - u_i \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (2.5)$$

donde  $\ln(y_i)$  es el logaritmo del producto de la i-ésima empresa;  $x_i$  es un vector fila de (K+1), en el cual el primer elemento son "1" y los elementos restantes son el logaritmo de las k cantidades de insumos empleados por la i-ésima empresa;  $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)'$  es un vector columna (K+1) de parámetros desconocidos los cuales deben ser estimados y  $u_i$  es una variable aleatoria positiva asociada con la ineficiencia técnica en la producción de las empresas en la industria involucrada.

La razón de los productos observados para la  $i$ -ésima empresa referente al producto potencial, definido por la función frontera, dando un vector de insumos, empleado para definir la eficiencia técnica de la  $i$ -ésima empresa es:

$$ET = \frac{y_i}{\exp(x_i\beta)} = \frac{\exp(x_i\beta - u_i)}{\exp(x_i\beta)} = \exp(-u_i) \quad (2.6)$$

De acuerdo con Farrell esta es una medida de eficiencia técnica orientada a los insumos la cual toma un valor entre cero y uno. Esta indica la magnitud de los productos en la  $i$ -ésima empresa que puede producir eficientemente dado un conjunto de insumos. La eficiencia definida en la ecuación 2.6 también puede ser estimada por la razón de productos observados,  $y_i$ , para el valor estimado de la producción frontera,  $\exp(x_i\beta)$ , obtenida para estimar  $\beta$  empleando programación lineal donde  $\sum_{i=1}^N u_i$  son minimizadas sujetas a la restricción  $u_i \geq 0, 1 = 1, 2, \dots, N$ <sup>10</sup>

Por su parte, Afriat (1972) realizó un modelo similar al de la ecuación 2.5 asumiendo que las  $u_i$ 's tienen una distribución gamma<sup>11</sup>, estimando los parámetros mediante máxima verosimilitud. Pero Richmond (1974) se dio cuenta que los parámetros del modelo de Afriat también pueden ser estimados usando Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos.

En tanto, Schmidt (1976) señaló que los estimadores programados lineal y cuadráticamente propuestos por Aigner y Chu (1968) son estimadores de máxima verosimilitud si las  $u_i$ 's se distribuyen como variables exponencial y medio normal, respectivamente.

Tanto Aigner, Lovell y Schmidt (1977) como Meeusen y van den Broeck (1977) propusieron, de manera independiente, una función de producción de frontera estocástica en la cual se agregara un error aleatorio  $v_i$  a la variable aleatoria positiva  $u_i$ :

---

<sup>10</sup> Aigner y Chu (1968) también sugieren el uso de programación cuadrática para estimar  $\beta$ .

<sup>11</sup> La distribución Gamma, es una generalización de la distribución exponencial, es apropiada para modelizar el comportamiento de las variables aleatorias continuas con asimetría positiva, ya que en su expresión los parámetros ( $\alpha$ ) y ( $\beta$ ) son siempre positivos.

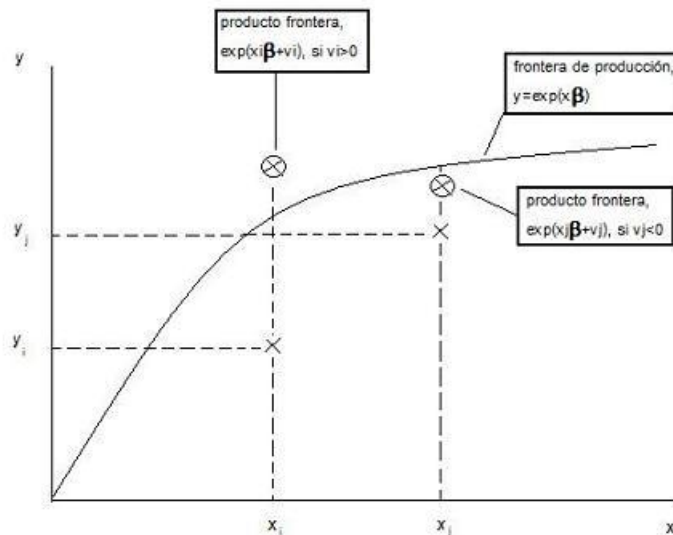


$$\ln(y_i) = x_i\beta + v_i - u_i \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (2.7)$$

Este último modelo es denominado función de producción de Frontera Estocástica porque los valores del producto están acotados por arriba por la variable estocástica,  $\exp(x_i\beta + v_i)$ . Mientras el error aleatorio,  $v_i$ , puede ser positivo o negativo y así los productos de frontera estocástica varían aproximadamente a la parte determinista del modelo de frontera,  $\exp(x_i\beta)$ . En este caso, el error aleatorio,  $v_i$ , es tomado en cuenta para medir errores y factores aleatorios tales como los efectos del clima, golpes, suerte, etc. En los valores de la variable producto junto con los efectos combinados de la variable insumo no especificada en la función de producción. Particularmente, Aigner, Lovell y Schmidt (1977) asumieron que las  $v_i$ 's se distribuían como una variable aleatoria normal con media cero y varianza  $\sigma_v^2$ , independientes de las  $u_i$ 's, las cuales se asumió serían idénticamente distribuidas como una variable aleatoria exponencial o *half-normal distribution*.

Para ilustrar cómo trabaja esta función de producción tenemos la siguiente gráfica.

**Gráfica 2.5 Función de producción de frontera estocástica**



Fuente: Coelli *et al.*, 1998

En esta gráfica los insumos están representados en el eje horizontal y el producto en el eje vertical. El componente determinista del modelo de frontera,  $y = \exp(x\beta)$ , está dibujado asumiendo que presenta rendimientos decrecientes. Los insumos y productos observados de dos empresas,  $i$  y  $j$ , están representados en la gráfica. La  $i$ -ésima empresa usa el nivel de insumos,  $x_i$ , para producir el producto,  $y_i$ . El valor de la producción de frontera estocástica,  $y_i^* \equiv \exp(x_i\beta + v_i)$  está marcado con el punto  $\otimes$  por arriba de la función de producción porque el error aleatorio  $v_i$  es positivo. De manera similar, la  $j$ -ésima empresa usa el nivel insumos,  $x_j$  y produce el producto  $y_j$ . Sin embargo, la producción frontera,  $y_j^* \equiv \exp(x_j\beta + v_j)$ , está por debajo de la función de producción porque el error aleatorio,  $v_j$ , es negativo. Recuérdese que los productos de frontera estocástica,  $y_i^*$  y  $y_j^*$ , no se muestran en la gráfica porque contienen errores aleatorios que no son observables.

### **2.3.1 Estimación por Máxima Verosimilitud**

Los parámetros de la función de producción de Frontera Estocástica, definida en la ecuación 2.7 pueden ser estimados empleando el método de máxima verosimilitud o Mínimos Cuadrados Corregidos, éste último sugerido por Richmond (1974). Este enfoque no es tan demandado como el método de Máxima Verosimilitud, sin embargo en años recientes se han desarrollado programas que los estiman tales como LIMDEP<sup>12</sup> (Greene, 1992) y Frontier (Coelli, 1992).

El programa computacional Frontier 4.1 obtiene los estimadores del modelo de Frontera Estocástica usando un procedimiento de tres pasos:

1. El primer paso involucra el cálculo de los estimadores de  $\beta$  y  $\sigma_\varepsilon^2$  mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Estos estimadores son insesgados de los parámetros de la ecuación 7, exceptuando  $\beta_0$  y  $\sigma_\varepsilon^2$ .

---

<sup>12</sup> LIMDEP es un software estadístico y econométrico con una gran variedad de herramientas de estimación. Además de las herramientas básicas econométricas para el análisis de secciones transversales y de series de tiempo. Este paquete computacional soporta métodos para la estimación de análisis de panel de datos, la frontera y eficiencia de modelos de elección discreta. LIMDEP también proporciona un lenguaje de programación para permitir al usuario especificar, estimar y analizar los modelos que no están contenidas en el menú de los modelos de formularios.

2. En el segundo paso, la función de verosimilitud es evaluada por un número de valores de  $\gamma$  entre cero y uno. En estos cálculos los estimadores de MCO de  $\sigma_S^2$  y  $\beta_0$  son ajustados por  $\sigma_S^2 = \sigma_{MCO}^2 [\pi(T - K)] / [T(\pi - 2\hat{\gamma})]$  y  $\hat{\beta}_0 = \hat{\beta}_{0\ MCO} + \sqrt{\frac{2\hat{\gamma}\hat{\sigma}_S^2}{\pi}}$ , respectivamente.
3. El último paso emplea el mejor estimador (es decir, toma a aquellos con un valor log-verosimilitud más alto), a partir del segundo paso como valores iniciales en una rutina de maximización iterativa de Davidson-Fletcher-Powell (DFP) la cual obtiene las estimaciones por Máxima Verosimilitud cuando la función de verosimilitud consigue su nivel máximo global.

El error estándar del estimador de máxima verosimilitud es calculado mediante la obtención de las raíces cuadradas de los elementos de la diagonal de la matriz de la dirección de la última iteración de la rutina DFP. La matriz de la dirección de la iteración final es usada como una buena aproximación de la inversa del Hessiano de la función de log-verosimilitud, a menos que la rutina del DFP termine después de unas pocas iteraciones.

El estimador de máxima verosimilitud es asintóticamente más eficiente que el estimador de mínimos cuadrados, pero las propiedades de los dos estimadores en una muestra finita no pueden ser analíticamente determinados.

### **2.3.2 Estimación de la eficiencia técnica media**

La esperanza matemática (media) de la eficiencia técnica,  $ET = \exp(-u_i)$ , puede ser calculada dado los supuestos de la distribución de los efectos de ineficiencia técnica. Se puede demostrar que si las  $u_i$ 's son idénticamente distribuidas como una variable aleatoria semi-normal, como se asumió anteriormente, entonces:

$$E[\exp(-u_1)] = 2[1 - \Phi(\sigma_S\sqrt{\gamma})]\exp(-\gamma\sigma_S^2/2) \quad (2.8)$$

El estimador de máxima verosimilitud de la eficiencia técnica media se obtiene sustituyendo los estimadores de máxima verosimilitud para los parámetros relevantes de la ecuación 2.8.

Debido a que la eficiencia técnica individual de las empresas de la muestra se puede predecir. Un estimador alternativo de la eficiencia técnica media es la media aritmética de los predictores de la eficiencia técnica individual de las empresas de la muestra. Es así como lo calcula Frontier 4.1. Sin embargo, la media aritmética puede no ser el mejor estimador cuando la muestra de empresas tiene un tamaño muy diferente de las operaciones o no se obtiene de un muestreo aleatorio simple de la población de empresas involucradas.

### **2.3.3 Prueba de razón de verosimilitud generalizada de una cola**

La prueba de razón de verosimilitud generalizada de una cola es una prueba asintótica que sirve para probar la existencia de efectos de ineficiencia en una función de producción de Frontera Estocástica. Esta prueba requiere de la estimación del modelo bajo la hipótesis nula y alternativa. Bajo la hipótesis nula,  $H_0: \gamma = 0$ , el modelo es equivalente a la función tradicional promedio, sin efectos de ineficiencia,  $u_i$ . Dicho estadístico se expresa de la siguiente manera:

$$LR = -2\{\ln[L(H_0)/L(H_1)]\} = -2\{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\} \quad (2.9)$$

Donde  $L(H_0)$  y  $L(H_1)$  son los valores de función de verosimilitud bajo la hipótesis nula y alternativa, respectivamente.

Si  $H_0$  es cierta, este estadístico de prueba generalmente se distribuye asintóticamente como una variable aleatoria con distribución chi-cuadrada con grados de libertad igual el número de parámetros (Coelli *et al.* 1998).

### **2.3.4 Modelo de panel de datos**

Si una cantidad de sectores son observados a lo largo del tiempo entonces podemos hacer un análisis de panel de datos. Un panel de datos permite investigar cambios en la eficiencia técnica en el tiempo.

Pitt y Lee (1981) especificaron la versión de panel de datos del modelo con distribución medio-normal de Aigner, Lovell y Schmidt (1977):

$$\ln(y_{it}) = x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (2.10)$$

donde  $y_{it}$  denota el producto de la  $i$ -ésima empresa en el periodo  $t$ ;  $x_{it}$  denota el vector de dimensión  $1 \times K$  de insumos y otras variables asociadas con un modelo de producción, como la función de producción Cobb-Douglas;  $\beta$  es un vector de  $K \times 1$  de parámetros desconocidos que tienen que ser estimados;  $v_{it}$  son errores aleatorios independientes e idénticamente distribuidos como una normal con media cero y varianza  $\sigma^2$ , independientes de  $u_{it}$ , y estos últimos son los efectos de ineficiencia técnica en el modelo.

Para el modelo de panel de datos primero se asumió que los  $u_{it}$  son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, lo cual no aportaba alguna ventaja en particular. Después se asumió que los efectos de ineficiencia técnica no variaran en el tiempo, es decir, de  $u_{it} = u_i$ . También, Battese y Coelli (1988) asumieron que los  $u_i$  se distribuyeran bajo una distribución normal truncada. Battese, Coelli y Colby (1989) extendieron el modelo para permitir paneles desbalanceados. Además, Kumbhakar (1990) sugirió para este modelo variación sistemática con el tiempo.

### **2.3.5 Modelo de efectos de ineficiencia**

Una gran parte de los estudios empíricos no ha podido construir un modelo para explicar los efectos de las variables relacionadas con la ineficiencia. Estos trabajos por lo regular lo abordan mediante un modelo “en dos etapas”. En la primera se estima la frontera y sus correspondientes niveles de ineficiencia, para que en la segunda sean retomados para la obtención de los factores que pueden afectar los niveles de eficiencia técnica. Sin embargo, al realizar esto se cumple con el supuesto de que los efectos de ineficiencia estén idénticamente distribuidos.

Ante este problema, Battese y Coelli (1995) propusieron un modelo que hiciera ambas cosas, en este modelo se asume variables aleatorias no negativas independientes, aunque no sea idénticamente distribuidas. Para la  $i$ -ésima empresa en el periodo  $t$ , los efectos de ineficiencia técnica,  $u_{it}$ , provienen de un truncamiento de la distribución  $N(\mu_{it}, \sigma^2)$  donde:

$$\mu_{it} = z_{it}\delta + w_{it} \quad (2.11)$$

donde  $z_{it}$  es un vector de variables explicativas,  $\delta$  es un vector de parámetros desconocidos que tienen que ser estimados y  $w_{it}$  es una variable aleatoria definida por el truncamiento de una distribución  $N(0, \sigma^2)$ , siempre y cuando el punto de truncamiento sean en  $-z_{it}\delta$ . Lo cual resulta consistente con el hecho de que se distribuya como una normal truncada no negativa  $N(z_{it}\delta, \sigma^2)$ .

Además, la eficiencia técnica para la  $i$ -ésima empresa en el periodo  $t$  está definida por:

$$ET_{it} = \exp(u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - w_{it}) \quad (2.12)$$

Recientemente, Kumbhakar y Tsionas (2006) estimaron la eficiencia técnica orientada a los insumos empleando una función de producción no homogénea. Dado que no pueden expresar función de log-verosimilitud en una forma cerrada los autores proponen aplicarlo de dos formas: primero, la ineficiencia se distribuye como una exponencial y el ruido blanco como una normal-exponencial y segundo, la ineficiencia se distribuye como una *half-normal* y el ruido blanco como una *normal-half-normal*. Aplicaron tanto una sección cruzada como un panel de datos. Este nuevo método fue comprobado mediante información de granjas españolas. Los resultados de dicho experimento sugirieron que tanto en sección cruzada como en panel de datos, la tecnología estimada, la eficiencia técnica, los rendimientos a escala, el cambio técnico, etcétera son un tanto positivos al elegir los modelos orientados al insumo o el producto.

En este capítulo se presentan dos de las metodologías más usadas para la obtención de la eficiencia técnica productiva de las unidades de análisis. Adicionalmente se exponen algunos trabajos dedicados al mejoramiento o eliminación de las insuficiencias en la estimación de la eficiencia mediante métodos no paramétricos.

El método de Análisis Envolvente de Datos, por ser un método no paramétrico permite obtener los niveles de eficiencia de las unidades de análisis sin la necesidad de una forma determinada, además de obtener los niveles de eficiencia maximizando la producción o minimizando los insumos. Por su parte, el análisis paramétrico de Frontera Estocástica además de proporcionar los niveles de eficiencia también aporta las fuentes

de la ineficiencia técnica. Con ambas metodologías se calcula la eficiencia técnica de la manufactura mexicana. Con la eficiencia obtenida por DEA se estima dos modelos econométricos para determinar si ésta es mayor después del TLCAN y si factores regionales como la especialización y la urbanización la delimitan. Lo anterior se detalla en el capítulo 5 de esta investigación

En el siguiente capítulo se presenta una revisión bibliográfica que permite observar las contribuciones existentes en el análisis de la eficiencia técnica en la industria manufacturera en México y diversos países.

## **CAPÍTULO 3. REVISIÓN DE LA LITERATURA EMPÍRICA DEL ANÁLISIS DE EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA**

En este tercer capítulo se presenta la revisión bibliográfica de aquellos trabajos empíricos que aplican tanto la metodología de Análisis Envolvente de Datos como de Frontera estocástica para el cálculo de la eficiencia de la manufactura en diversos países del mundo, incluyendo México.

Sin duda, el mejoramiento de la productividad es reflejo del uso eficiente de los recursos por parte de las industrias, siendo ésta una de las medidas más empleadas para medir el desempeño de la actividad industrial, no obstante, proporciona una visión parcial. Aunque en la actualidad, la literatura es extensa en cuanto a los métodos existentes para observar el comportamiento de la productividad, en esta investigación se presenta una revisión bibliográfica que emplean tanto la metodología DEA como de Frontera Estocástica para el caso de la industria manufacturera en varios países incluyendo México.

Un aspecto curioso de esta revisión de la literatura es que a pesar de ser amplia la evidencia empírica que aplica este par de metodologías son pocos los trabajos enfocados en el cálculo de la eficiencia para la industria manufacturera en México.

### **3.1 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mediante DEA**

La mayor parte de la literatura que emplea la metodología DEA es usada para evaluar la eficiencia de escuelas, hospitales o servicios bancarios. Sin embargo, en este apartado se realiza una revisión bibliográfica en la cual se emplea dicha metodología para obtener la eficiencia de diferentes sectores de la manufactura alrededor del mundo.

En el estudio de Wu (2005) se analiza la eficiencia productiva del sector siderúrgico en Taiwán mediante un panel de datos de 1970-1996 mediante un análisis envolvente de datos. Sus resultados demostraron que la eficiencia técnica es influenciada por la liberalización del mercado y la adaptación y dominio de tecnología avanzada.



Al ser la manufactura un sector dinámico en Malasia Jajri e Ismail (2007) analizan la productividad total de factores con base de los datos de la Encuesta de Manufactura Industrial de 1985-2000, mediante un Análisis Envolvente de Datos. Su principal hallazgo fue que el incremento de la productividad total de factores es debido a la eficiencia técnica. Es así como los sectores de alimentos, madera, químicos y hierro presentaron altos niveles de eficiencia.

Por su parte, Perdomo y Mendieta (2007) analizaron la eficiencia técnica y asignativa del sector cafetero de tres provincias de Colombia mediante un Análisis Envolvente de Datos. Dentro de sus principales hallazgos se cuentan que la eficiencia técnica promedio de los pequeños caficultores fue de 3.76 por ciento, de los medianos de 51.71 por ciento, de los grandes de 60.15 por ciento y de todo el sector de 42.38 por ciento. En tanto, la eficiencia asignativa media fue de 36.13, 42.98, 18.86 y 36.5 por ciento, respectivamente. En lo general estos resultados presumen que las grandes unidades empresariales emplean muy bien la cantidad de insumos para maximizar su producto pero no logran producir a un costo mínimo, dada la ineficiencia asignativa. Mientras que los minifundistas, campesinos y el sector en general no explotan sus insumos y tampoco llegan a producir a un costo mínimo dada su ineficiencia técnica y asignativa.

Coll-Serrano *et al.* (2011) analizaron el efecto de la liberalización del sector textil español sobre la eficiencia de empresas pequeñas y medianas entre 2004 y 2006 a través de un Análisis Envolvente de Datos. Dentro de sus principales hallazgos se tiene que la industria textil española presenta elevados niveles de ineficiencia. A lo largo del periodo de estudio se observa una pérdida de eficiencia alrededor de 12.45 por ciento. Además, las empresas medianas fueron más eficientes que las de menor dimensión.

Recientemente está el caso de la industria del *software* en la India en el cual Sahoo y Nauriyal (2014) analizaron las tendencias y determinantes de la eficiencia en dicho sector durante 1999-2008, aplicando el modelo DEA orientado a los insumos. Su análisis demostró que la eficiencia técnica media global de la industria del *software*

durante el periodo de análisis fue bajo lo cual sugiere que las empresas, en promedio, se desperdician el 35 por ciento de sus insumos.

### **3.2 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mexicana mediante DEA**

La evidencia empírica relacionada con el análisis de la eficiencia técnica en la industria manufacturera en México mediante una DEA es de reciente aparición.

Bannister y Stolp (1995) analizaron el vínculo entre la localización industrial, la concentración y la eficiencia económica para la manufactura mexicana de 1985. Los autores emplearon programación lineal mediante el programa GAMS para calcular los niveles de eficiencia técnica, asignativa, total y de escala. Dentro de sus principales hallazgos están que las regiones de Distrito Federal, Estado de México y Nuevo León estuvieron más concentradas, además, el proceso de concentración industrial pudo conducir a deseconomías de escala. Adicionalmente, mediante un análisis econométrico los autores encontraron que la eficiencia técnica a nivel regional estuvo asociada positivamente con las economías de urbanización y aglomeración. Gran parte de la presente investigación se centra en seguir la metodología empleada por estos autores.

Otro estudio es el de Fuentes y Armenta (2006) quienes con información de 133 empresas del sector del calzado del municipio de San Mateo Atenco, Estado de México, en el periodo 1990-2000, midieron los cambios en la productividad originados por las transformaciones tecnológicas derivados de las transformaciones de la eficiencia técnica y la escala de producción. Para ello construyeron el Índice de Malmquist así como una Análisis Envolvente de Datos. Uno de sus principales hallazgos fue que se presentó un incremento del 1.2 por ciento de la productividad en este sector del calzado, además en las empresas no se presentó un cambio tecnológico en el periodo de estudio y por lo consiguiente los cambios en la productividad se debieron a la eficiencia técnica.

En tanto, Álvarez *et al.* (2008) estimaron la eficiencia técnica de la producción privada en las entidades federativas de México en el periodo de 1970-2003, mediante fronteras

de producción eficientes no paramétricas a través del método Análisis Envolvente de Datos (DEA). Los autores encontraron un aumento sostenido en los niveles de eficiencia, pero con enormes disparidades regionales derivadas de las diferencias estructurales de las mismas. En su análisis por entidad federativa encontraron que los niveles de eficiencia, al inicio del periodo, se presentaban mayormente en los estados del Sureste del país; pero al finalizar el periodo se presentaba en las entidades del Centro. Por lo que concluyen que las políticas públicas deben centrarse en la reducción de las desigualdades regiones en términos de ingreso.

En un análisis a nivel sectorial Becerril-Torres *et al.* (2011) determinaron la eficiencia técnica y la frontera tecnológica mediante un DEA. Ellos encontraron que los sectores de agricultura, minería, manufacturas y servicios financieros profesionales y corporativos son eficientes bajo rendimientos variables. Además, al ser la eficiencia media de 0.71 bajo rendimientos variables y 0.64 bajo rendimientos constantes existe la posibilidad de mejorar la producción en un 30 por ciento haciendo un mejor uso del capital y el trabajo mediante mecanismos o acciones de política pública.

Recientemente, Herrera (2012) con la finalidad de construir criterios de elección relativa al progreso técnico, donde calcula la eficiencia técnica y el empleo del sector manufacturero mexicano de 2003-2007 empleando un Análisis Envolvente de Datos y midiendo el empleo mediante la mano de obra requerida demuestra que se puede alcanzar la eficiencia técnica y empleo al mismo tiempo. Además, encontró que es posible mejorar la eficiencia técnica y el empleo, ya que el 28.3 por ciento de las empresas analizadas cumplen con ambas condiciones.

### **3.3 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mediante Frontera Estocástica**

Internacionalmente existen diversos trabajos que se han dedicado en estudiar y analizar el comportamiento de la eficiencia técnica de la manufactura en diversos países mediante el enfoque de Frontera Estocástica. A continuación se realiza una revisión de dichas investigaciones en años recientes.

Uno de los primeros trabajos fue el realizado por Kumbhakar *et al.* (1991), quienes analizaron la eficiencia de granjas lecheras en Estados Unidos, encontraron que las variaciones en la eficiencia se explican tanto por componentes determinísticos como aleatorios; además de que la educación de los granjeros determina la eficiencia técnica y que las granjas más grandes son más eficientes que las de menor tamaño.

Después, Jaforullah (1996) estimó una función de producción mediante un análisis de Frontera Estocástica para 19 industrias del sector manufacturero de Bangladesh. Para ello consideró tres distribuciones para el término de error o efectos ineficiencia: *half-normal*, normal truncada y exponencial. Como resultado de su investigación encontró que la eficiencia de las 19 industrias varía entre 29.2 y 86.8 por ciento. Lo cual le permitió concluir al autor la existencia de una gran posibilidad de que el sector manufacturero de Bangladesh mejorara su eficiencia técnica y competitividad internacional.

Posteriormente, Gumbau (1998) analizó la eficiencia técnica de los sectores industriales españoles durante 1991-1994 mediante el enfoque de Frontera Estocástica, logrando encontrar que existió una eficiencia media del 76 al 83 por ciento dada la cantidad de insumos utilizados; aunque también se presentaron diferencias intrasectoriales, dado lo anterior se sugiere la incorporación de progreso técnico para incrementar la productividad.

Más adelante, Kim (2003) estimó funciones de producción de Frontera Estocástica translogarítmica mediante un panel desbalanceado de sectores manufactureros estratégicos de Corea y encuentra que el tamaño de la empresa, exportaciones y las actividades de investigación y desarrollo tienen un efecto positivo y significativo sobre todos los sectores, mientras que el capital extranjero sugiere no afectar los niveles de eficiencia.

Al mismo tiempo, Önder *et al.* (2003) midieron la eficiencia técnica, cambio técnico y la productividad total de factores a través de una función translogarítmica de Frontera Estocástica para la industria manufacturera de una selección de provincias de Turquía.

La función de Frontera Estocástica fue estimada con un panel de datos de 1990-1998 del sector manufacturero Turco. De sus resultados resaltan las empresas grandes de las pequeñas al ser más eficientes, mientras que las provincias metropolitanas fueron las que obtuvieron niveles de eficiencia por encima de la media. Además la industria manufacturera privada resultó más eficiente en la mayoría de las provincias.

Al realizar un análisis de la manufactura italiana mediante Frontera Estocástica, Schmidt y Champion (2004) encontraron que existe diversidad estructural intersectorial, la cual forma parte del sector manufacturero italiano y que la ineficiencia técnica explica la mayor parte de la brecha entre los niveles individuales de eficiencia y las fronteras óptimas.

También se encuentra el trabajo de Acevedo y Ramírez (2005) el cual exploraron el vínculo entre aglomeración y eficiencia técnica de la industria de confecciones colombiana mediante el modelo de Frontera Estocástica. Uno de sus principales resultados fue que la concentración industrial estuvo relacionada con la eficiencia técnica de dicha industria.

En tanto, Margono y Sharma (2006) estimaron la eficiencia técnica de cuatro industrias: alimentos, textil, química y productos metálicos durante 1993-2000 en Indonesia empleando el modelo de Frontera Estocástica. Los resultados revelaron que la industria de los alimentos es más eficiente en promedio en un 50.79 por ciento, la industria textil en un 47.89 por ciento; la industria química en un 68.65 por ciento y la industria de productos metálicos en un 68.91 por ciento. Además, la propiedad contribuye en la ineficiencia técnica de la industria textil; mientras que el tamaño, la propiedad y el tiempo de operar generan ineficiencias en la industria química y los productos metálicos.

Madheswaran *et al.* (2007) por medio de una función de producción traslogaritmica empleada en un análisis de Frontera Estocástica examinaron la productividad total de los factores de la industria manufacturera india durante los periodos de 1979-1980 y 1997-1998 separando los efectos del progreso técnico y los cambios en la eficiencia

técnica. Dentro de sus resultados se destacó un incremento en la productividad total de los factores de 1997-1998 en comparación con 1980-1981, incremento derivado del progreso técnico y de cambios en la eficiencia técnica. Por lo que los autores recomendaron eliminar las restricciones financieras y fiscales que enfrentan las empresas para ubicarse en zonas industrialmente atrasadas con la finalidad de mejorar la eficiencia productiva de la manufactura india.

A la par Din *et al.* (2007) empleando ambas metodologías, DEA y frontera estocástica los autores estimaron la eficiencia de la manufactura a gran escala de Pakistán en los periodos 1995-1996 y 2000-2001 las cuales en su mayoría resultaron ser eficientes. Dichos resultados afirman los autores se debió principalmente a las reformas económicas, de 1980, orientadas a mejorar la competencia, además de aumento del papel de las fuerzas de mercado en la asignación de recursos que permitieron mejoras en la eficiencia de mayor parte del sector.

En el trabajo de Kim (2008) se analiza la convergencia regional y la eficiencia de 13 regiones de Corea en el periodo de 1985-2002 a través de un modelo de Frontera Estocástica que captura la ineficiencia técnica y la heterogeneidad regional. Con este trabajo se confirmó la existencia de ineficiencia regional; además las mejoras en la educación y las reformas gubernamentales aumentaron los niveles de eficiencia.

También se encuentra la investigación de Fu y Gong (2009) la cual estudia las derramas de conocimiento inter e intra internacional derivados de la Inversión Extranjera Directa (IED) como origen de la eficiencia técnica industrial en China en el periodo de 2001-2005; en este trabajo se demostró que el *stock* de investigación y desarrollo estuvo relacionado con los niveles de eficiencia.

Recientemente, Charoenrat *et al.* (2013) realizaron un estudio en el cual analizaron la eficiencia técnica de PyMES tailandesas mediante un análisis de Frontera Estocástica a través un modelo de efecto de ineficiencia técnica. Empleando información, de corte transversal, del censo industrial de PyMES tailandesas del 2007. Dentro de sus principales hallazgos fue que el tamaño de la empresa, la edad de la empresa, la mano

de obra especializada, las características de la propiedad y la ubicación de la misma influyen sobre los niveles de ineficiencia técnica. Sin embargo, la producción de las PyMES manufactureras dependió en gran medida del factor trabajo, el cual es no calificado, principalmente en empresas pequeñas. Aseguran los autores lo anterior implica la necesidad de una mayor participación en actividades basadas en innovación y tecnología. Por lo que propusieron una actualización de las habilidades laborales, invitando al gobierno a mejorar los programas de formación, fomentando la modernización tecnológica de las PyMES y el fomento de la actividad innovadora. Además la necesidad de hacer frente a las desventajas regionales fuera de Bangkok y sus alrededores. Así que propusieron la política estuviera enfocada en: aumentar el tamaño de la empresa, a través de un mayor acceso a insumos como mano de obra calificada, crédito y tecnología; aumentar las habilidades de los trabajadores a través de la educación y programas de capacitación; mejoramiento de la infraestructura para aminorar las diferencias regionales. Igualmente, tales políticas deberían ser diferenciadas entre subsectores manufactureros y tamaño de PyMES.

Por otro lado, Yang *et al.* (2013) realizaron una investigación sobre el impacto de la Inversión Extranjera Directa al exterior en la eficiencia técnica en la industria manufacturera en Taiwan, a través de un panel de datos de 1987 a 2000, un modelo de frontera estocástica y un *metafrontier* para obtener las eficiencias de la industria diferenciada por grupos (Inversión Extranjera Directa al Exterior (IEDX) y No Inversión Extranjera Directa al exterior (NIED)). Los resultados obtenidos por los autores demostraron que la eficiencia técnica de la industria manufacturera taiwanesa aumentó a lo largo del periodo de estudio. Sin embargo, se presentaron diferencias, la industria con IEDX presentó mejoras en sus niveles de eficiencia técnica debido a cambios tecnológicos. Es decir, los avances tecnológicos y la eficiencia técnica de la industria manufacturera taiwanesa estuvieron correlacionados positivamente con la IEDX.

### 3.4 Eficiencia técnica de la industria manufacturera mexicana mediante Frontera Estocástica

La evidencia empírica relacionada al cálculo de la eficiencia técnica, mediante el modelo de Frontera Estocástica, en la industria manufacturera en México es de reciente aparición.

Comenzamos con el trabajo de Batra y Tan (2003) quienes estudiaron el vínculo entre habilidades, tecnología y productividad en pequeñas empresas manufactureras así como la diferencia entre ellas, por lo que con datos a nivel firma de seis países en desarrollo, entre ellos México, estimaron los niveles de eficiencia mediante una función de producción. Dentro de sus principales resultados fueron que la eficiencia técnica depende del tamaño de la empresa, por lo que las empresas más pequeñas operan con menores niveles de eficiencia que las grandes. Además, ellos encontraron que factores como educación y capacitación, inversión en nuevas tecnologías, automatización y control de calidad influyen sobre los niveles de eficiencia de las firmas, razón por la cual sugirieron la necesidad de una política orientada a mejorar la eficiencia de las pequeñas empresas.

Por su parte, Becerril *et al.* (2009) estudiaron la disparidad en los niveles de eficiencia técnica y la influencia de la infraestructura para la convergencia en términos de eficiencia del Producto Interno Bruto per cápita en las entidades federativas. Entonces, empleando el modelo de Battese y Coelli (1995) los autores desarrollaron un modelo de Frontera Estocástica estimando la eficiencia técnica por entidad demostrando que la inversión pública ayuda a incrementar la eficiencia. Sin embargo, los niveles de eficiencia están limitados por la heterogeneidad estructural del país. Por lo que concluyen recomendando incrementar la inversión pública en infraestructura especialmente en las entidades económicamente más atrasadas.

Con la finalidad de identificar la forma funcional que mejor representa la estructura del sector manufacturero mexicano, obtener la eficiencia técnica y encontrar si el tiempo afecta los niveles de eficiencia, Bernal (2009) encontró, mediante un modelo de Frontera Estocástica, que un modelo translogarítmico es el que mejor identifica la



estructura de la producción manufacturera con datos panel. La eficiencia técnica osciló entre 0.70 y 0.78 y la utilización de capital humano, capital físico e intensidad del uso de electricidad y transporte influyeron sobre los niveles de eficiencia.

Recientemente, Aguilar (2011) analizó la eficiencia técnica de empresas industriales de 91 municipios de México, mediante la metodología de función de producción de Frontera Estocástica para el periodo de 2006-2008. Dentro de sus principales resultados encontró que la frontera estocástica se contrajo en la rama minerales no metálicos, se estabilizó en la rama de calzado, confección y textil y tuvo ligeros desplazamientos expansivos en el sector mueblero, además en todos los sectores se observó una tendencia creciente de los niveles promedio de ineficiencia técnica, así como la concentración industrial, incentivos salariales y los niveles de escolaridad resultaron ser factores decisivos en el desempeño industrial.

También está el trabajo de Braun y Cullmann (2011) en donde a través de un panel de datos a nivel de municipio estimaron la eficiencia técnica en la industria manufacturera mexicana en los años 1989, 1999 y 2004. A través de un modelo de efectos aleatorios encontraron diferencias en la eficiencia en el sur con respecto a las regiones del centro y norte y una pronunciada variación de la eficiencia dentro de las entidades federativas.

Chávez y Fonseca (2012) analizaron la evolución de la eficiencia técnica de la industria manufacturera mexicana como fuente de crecimiento económico regional durante el periodo de 1988-2008. Dentro de sus principales hallazgos destacan tres aspectos: la eficiencia técnica mostró un patrón de crecimiento en todas las regiones en el periodo de estudio, la cual actuó como un mecanismo que redujo la brecha de la productividad laboral entre los estados; las economías regionales pueden incrementar su producción en un 30 por ciento, utilizando su mismo nivel de insumos y existen considerables diferencias en el nivel de desarrollo tecnológico de las regiones norte y centro con respecto al sur, situación que explica parcialmente la brecha de productividad laboral entre las regiones del país.

En este tercer capítulo se expone la evidencia empírica relacionada con la obtención de la eficiencia técnica de la manufactura mexicana y diversos países del mundo mediante los métodos de Análisis Envolvente de Datos y Frontera Estocástica. Como se pudo observar son mayores las investigaciones internacionales con ambas metodologías y de reciente aparición en el caso de México.

Un punto a resaltar es que hecha la revisión literaria ninguno de los trabajos aquí expuestos hace lo que aquí se propone. En la mayoría de los casos se trata los efectos de liberalización comercial sobre la eficiencia, pero no consideran su intensidad tecnológica o bien se toman en cuenta aspectos regionales que determinan los niveles de eficiencia de la manufactura para hacer diferenciación entre los sectores como aquí se propone.

En el siguiente capítulo se describen los coeficientes empleados como variables explicativas de los niveles de eficiencia de la industria manufacturera mexicana.

## **CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LOS COEFICIENTES DE LOCALIZACIÓN, ESPECIALIZACIÓN Y URBANIZACIÓN**

En el presente capítulo se describen los coeficientes de localización, especialización y urbanización, los cuales son empleados como variables explicativas de la eficiencia técnica de la industria manufacturera de acuerdo a su estatus tecnológico.

Cada uno de los coeficientes ha sido empleado para diversos análisis regionales. En este caso son empleados tanto para determinar si factores regionales como la localización industrial, la especialización de la industria y la urbanización influyen sobre los niveles de eficiencia e ineficiencia productiva.

En el caso del coeficiente de localización éste presenta el grado de concentración de la actividad económica industrial en una determinada región. El coeficiente de especialización, como su nombre lo indica, determina el nivel de especialización y productividad regional, ya que identifica el tipo de actividad que absorbe una mayor proporción de mano de obra calificada. Si ésta es mayor a la unidad indica que el empleo de una industria determinada en una región en específico sobrepasa a la misma relación a escala nacional. En tanto el coeficiente de urbanización permite identificar a aquellas entidades con mayor nivel de urbanización a lo largo del periodo de estudio. Veamos a continuación cada uno de ellos a detalle y su evolución en el tiempo.

### **4.1 Coeficiente de localización**

En el momento en que la revolución industrial llegó a difundirse por toda Europa algunos geógrafos y economistas se preguntaron cuál era el mejor sitio para ubicar una planta industrial. Es en ese momento cuando Alfred Weber (1909) desarrolló la teoría de localización industrial, aun vigente.

Dada su importancia en la determinación de la ubicación industrial a continuación se presenta un coeficiente que mide dicha localización.

El coeficiente de localización, también conocido como índice de concentración relativa, es una medida de la importancia relativa del número de establecimientos, personal ocupado o valor agregado en una rama de actividad económica de una ciudad o región. El cual está representado por la siguiente forma:

$$QL_{ij} = \frac{x_{ij}/\sum_i x_{ij}}{\sum_j x_{ij}/\sum_i \sum_j x_{ij}} = \frac{x_{ij}}{\sum_i x_{ij}} * \frac{\sum_i \sum_j x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} \quad (4.1)$$

donde  $x_{ij}$  es el número de establecimientos, personal ocupado o valor agregado de la producción en el sector  $j$  y la región o estado  $i$ ;  $\sum_j x_{ij}$  es el número total de establecimientos, personal ocupado o valor agregado de la producción de la región o estado  $i$ ; en tanto,  $\sum_i x_{ij}$  representa el número total de establecimientos del sector  $j$ ; y  $\sum_i \sum_j x_{ij}$  es el número total de establecimientos, personal ocupado o valor agregado en todos los sectores y regiones de la economía. Este coeficiente puede tomar valores entre 0 e infinito<sup>13</sup>.

La interpretación del coeficiente de localización puede hacerse de dos maneras:

1. Si  $QL_{ij} > 1$ , se dice que el sector  $j$  está relativamente concentrado en la región  $i$ , la expresión “relativamente” se refiere en comparación con otros sectores, esto porque la proporción de los establecimientos en la región  $i$  es más importante para el sector  $j$  que para el resto de los sectores.

O bien, si  $QL_{ij} > 1$ , indica que la región  $i$  está relativamente especializada en el sector  $j$ , se dice “relativamente” en comparación con las otras regiones porque, en ésta en particular, el sector  $j$  ocupa un lugar más importante que las otras regiones.

---

<sup>13</sup> Algunos autores normalizan este coeficiente mediante la transformación  $\frac{QL_{ij}-1}{QL_{ij}+1}$ , la razón es porque con esta modificación el coeficiente varía entre -1 y +1.

2. Pero si  $QL_{ij} < 1$ , entonces el sector j muestra relativamente menor presencia en esa región en comparación con otras (Lemelin, 2004).

Una de las principales ventajas que tiene el considerar el coeficiente de localización es el beneficio derivado de la diseminación de la información, tanto de lado de la producción como de la demanda. Mejor conocidos como *spillovers* de conocimiento, considerado por Krugman en sus estudios sobre economías de aglomeración.

Sin embargo, una de las principales desventaja que cuenta el análisis del impacto de la aglomeración en la productividad es el dilema de la endogeneidad, debido a que las economías de aglomeración incrementan la productividad de la planta pero industrias exitosas se encuentran siempre en la búsqueda de localizaciones más productivas.

Por lo que es importante considerar los efectos de localización sobre la eficiencia industrial debido a que puede generar sesgo en su obtención si no se contemplan.

## 4.2 Coeficiente de especialización

En la última década del siglo XIX se conformó una organización capitalista global, donde las actividades económicas, además de internacionalizarse, se organizaron fundamentalmente a partir de una división del trabajo, por lo que se dio pie a la especialización.

El coeficiente de especialización, como su nombre lo indica, es un indicador para determinar el grado de especialización, en nuestro caso, de las entidades federativas del sector manufacturero. Por lo cual analiza la productividad y especialización de las regiones identificando el tipo de actividad que absorbe mayor proporción de mano de obra calificada.

Algunos autores como Messner (1996), Ruiz Durán (1997) y Meyer-Stamer (2000) analizan la eficiencia productiva y competitiva de las empresas considerando un conjunto de actividades de las cuales dispone una región, como la educación y la capacitación del personal.

Entonces buscando una alternativa para medir los niveles de especialización de los subsectores de la industria manufacturera se encontró que Gleaser *et al.* (1992) proponen el siguiente coeficiente de especialización:

$$QE_{ijt} = \left( \frac{L_{ijt}}{L_{it}} \right) / \left( \frac{L_{it}}{L_{nt}} \right) \quad (4.2)$$

donde  $L_{ijt}$  es el nivel de empleo, en este caso personal ocupado, en el subsector  $i$ , de la entidad  $j$  en el tiempo  $t$ ;  $L_{it}$  es el nivel de empleo total del subsector  $i$  en el tiempo  $t$  y  $L_{nt}$  el nivel de empleo a nivel nacional en el tiempo  $t$ .

Puesto que el coeficiente contrasta la relación local y nacional, puede presentar valores menores, iguales o mayores a la unidad. En el primer caso el peso relativo del empleo de una industria en una determinada región es menor que la relación prevaleciente en el ámbito nacional. Un índice igual a la unidad, por su parte, muestra idénticas proporciones de empleo industrial entre la región y el promedio nacional. Finalmente, un índice cuyo valor exceda a la unidad, indica que el empleo en la actividad productiva  $i$  de la región  $j$  sobrepasa a la misma relación a escala nacional.

### 4.3 Coeficiente de urbanización

A partir de la Segunda Guerra Mundial, Latinoamérica es considerada como una región con grandes extensiones urbanas en comparación con los países del tercer mundo.

Particularmente el crecimiento urbano regional en México se desarrolló en la década de los cuarentas con el modelo de sustitución de importaciones. Este modelo implicó una importante industrialización y, con ello, una concentración poblacional.

Por lo que es de interés incorporar esta variable a esta investigación, entonces siguiendo el trabajo de Bannister y Stolp (1995) quienes proponen un coeficiente de urbanización que permite observar los efectos de economías de urbanización:

$$QU_{jt} = \left( \frac{U_{jt}}{T_{jt}} \right) \left( \frac{\sum_j T_{jt}}{\sum_j U_{jt}} \right) \quad (4.3)$$

donde  $U_{jt}$  es la población urbana en la entidad  $j$  en el tiempo  $t$ ,  $T_{jt}$  es el total de la población en la entidad  $j$  en el periodo  $t$ ,  $\sum_j T_{jt}$  es el total de la población a nivel nacional en el tiempo  $t$  y  $\sum_j U_{jt}$  es el total de la población urbana a nivel nacional en el periodo  $t$ .

De manera similar al coeficiente de localización, un valor mayor a la unidad en el coeficiente de urbanización implica mayores niveles de urbanización en la región o entidad  $j$  y un valor menor a la unidad implica regiones no urbanizadas.

Un número amplio de estudios ha tratado de identificar el impacto de las economías de urbanización en la productividad. Shefer (1973) concluye que duplicar el tamaño de una ciudad incrementaría la productividad entre 14 y 27 por ciento, considerando datos de sección cruzada de áreas metropolitanas y grupos de industrias. Para Sveikauskas (1975), el aumento alcanza un 6 y 7 por ciento, que se encuentra más en línea con el trabajo posterior en esta área.

Segal (1976) logró mejorar la medición del *stock* de capital de los estudios anteriores, para deducir que la productividad es superior en un 8 por ciento en las ciudades con dos millones de habitantes o más. Fogarty y Garofalo (1978) encuentran un incremento en la productividad de cerca de 10 por ciento, cuando la población de una ciudad se duplica. Mientras que, para Moomaw (1981), este aumento es de 2.7 por ciento y para Tabuchi (1986) es de 4.3 por ciento. En resumen, el tamaño de una ciudad parece aumentar la productividad en una cantidad que varía entre 3 y 8 por ciento.

Considerar elementos como localización, especialización y urbanización como factores que inciden sobre la eficiencia permite probar como las economías de aglomeración influyen sobre la decisión de localización de la industria, tal y como la establece la Nueva Geografía Económica, y les permite ser más eficientes. El no considerarlos se incurriría en sesgos de estimación, al ser una variable omitida.

#### **4.4 Evolución de la localización de la industria manufacturera mexicana según su estatus tecnológico**

En el cuadro 4.1 se muestran los coeficientes de localización, que obtuvieron de la ecuación 4.1, de la industria manufacturera mexicana conforme a su estatus tecnológico.

En el sector de alta tecnología el Distrito Federal resultó relativamente más concentrado en comparación con otros sectores de 1988 a 2003. No obstante, en 1993 Jalisco, México y Veracruz también resultaron relativamente más concentradas.

En el caso del sector de media alta tecnología únicamente en 1993 el Distrito Federal, México y Nuevo León resultaron relativamente más concentrados en comparación con otros sectores.

Algo similar al anterior sector ocurrió en el sector de media baja tecnología. En 1993 las entidades Distrito Federal, México y Nuevo León resultaron relativamente más concentrados en comparación con otros sectores.

Por su parte en el sector de baja tecnología no muestra entidades concentradas a través del periodo de análisis.

#### **4.5 Evolución de la urbanización en las entidades federativas**

El cuadro 4.2 muestra la evolución de la urbanización en las 32 entidades federativas a lo largo del periodo de estudio. El cálculo que se presenta en el cuadro corresponde al obtenido mediante la ecuación 4.3.



**Cuadro 4.1 Coeficiente de localización de la industria manufacturera según su estatus tecnológico**

Entidad Federativa	Alta tecnología					Media alta tecnología					Media baja tecnología					Baja tecnología				
	1988	1993	1998	2003	2008	1988	1993	1998	2003	2008	1988	1993	1998	2003	2008	1988	1993	1998	2003	2008
AGS	0.0250	0.0369	0.0184	0.0997	0.0374	0.0368	0.3744	0.2207	0.1652	0.2710	0.0091	0.0471	0.0156	0.0480	0.0203	0.0283	0.0043	0.0481	0.0428	0.0389
BC	0.1750	0.4199	0.3089	0.3294	0.1919	0.0748	0.3240	0.1418	0.1064	0.1784	0.0841	0.2630	0.1900	0.1971	0.1629	0.0459	0.0260	0.1310	0.1347	0.1547
BCS	0.0006	0.0032	0.0001	0.0000	0.0000	0.0004	0.0008	0.0001	0.0000	0.0005	0.0050	0.0065	0.0027	0.0048	0.0030	0.0039	0.0009	0.0087	0.0046	0.0064
CAM	0.0023	0.0001	0.0005	0.0028	0.0003	0.0004	0.0012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0070	0.0007	0.0026	0.0012	0.0048	0.0006	0.0036	0.0065	0.0073
COA	0.0469	0.2037	0.0903	0.0799	0.0408	0.7081	0.6540	0.4605	0.4239	0.6134	0.3413	0.7427	0.4209	0.2658	0.3517	0.0474	0.0145	0.0924	0.1005	0.0882
COL	0.0005	0.0158	0.0046	0.0030	0.0011	0.0001	0.0003	0.0001	0.0007	0.0018	0.0016	0.0168	0.0233	0.0493	0.4303	0.0032	0.0011	0.0091	0.0097	0.0069
CHIA	0.1345	0.0469	0.0000	0.2722	0.1661	0.0001	0.0032	0.0023	0.0030	0.0098	0.0027	0.0529	0.0037	0.0047	0.0042	0.0211	0.0017	0.0255	0.0219	0.0224
CHIH	0.2383	0.4878	0.2945	0.4074	0.2868	0.4133	0.8831	0.4968	0.8145	0.4592	0.0559	0.2259	0.1058	0.2102	0.1184	0.0793	0.0354	0.0998	0.0684	0.1025
DF	0.9082	3.0167	1.0762	1.0037	0.7783	0.5349	1.6419	0.0266	0.0737	0.1224	0.7710	1.1099	0.1730	0.0899	0.1681	0.5640	0.2605	0.4086	0.2515	0.2923
DGO	0.0118	0.0391	0.0036	0.0155	0.0061	0.0134	0.0860	0.0184	0.0151	0.0308	0.0119	0.0372	0.0193	0.0165	0.0203	0.0424	0.0053	0.0713	0.0530	0.0502
GTO	0.1578	0.2900	0.1232	0.0474	0.1543	0.0811	0.1609	0.5986	0.4401	0.2496	0.2477	0.3477	0.0873	0.2470	0.1939	0.1035	0.1048	0.1398	0.1500	0.1653
GRO	0.0006	0.0009	0.0006	0.0003	0.0006	0.0000	0.0003	0.0013	0.0001	0.0000	0.0022	0.0273	0.0065	0.0200	0.0039	0.0118	0.1034	0.0138	0.0155	0.0097
HGO	0.0423	0.0300	0.0130	0.0131	0.0101	0.0669	0.1507	0.0274	0.0099	0.0303	0.1028	0.2495	0.1394	0.2775	0.1182	0.0291	0.0212	0.0319	0.0356	0.0510
JAL	0.5846	1.1171	0.6750	0.3704	0.2802	0.0651	0.3966	0.1053	0.1081	0.1044	0.2565	0.8560	0.3555	0.2845	0.2166	0.2318	0.2065	0.1904	0.3075	0.3655
MEX	1.5822	2.9165	0.7772	0.6262	0.5654	0.8979	2.6359	0.7494	0.4120	0.4730	0.7354	1.8218	0.9622	0.5986	0.4487	0.5033	0.1845	0.4668	0.4656	0.5183
MICH	0.0646	0.1180	0.0295	0.0076	0.0282	0.0043	0.0213	0.0028	0.0029	0.0047	0.0714	0.2622	0.1291	0.0630	0.1664	0.0373	0.0112	0.0379	0.0449	0.0308
MOR	0.1193	0.3402	0.1483	0.3359	0.0926	0.4973	0.8216	0.0964	0.0561	0.0522	0.0442	0.0965	0.0631	0.0660	0.0602	0.0306	0.0208	0.0323	0.0239	0.0227
NAY	0.0027	0.0033	0.0002	0.0010	0.0008	0.0002	0.0009	0.0004	0.0001	0.0000	0.0023	0.0070	0.0015	0.0028	0.0603	0.0157	0.0023	0.0190	0.0105	0.0121
NL	0.3914	0.5951	0.2850	0.1989	0.1630	0.4023	1.0852	0.4939	0.4597	0.5616	0.6372	1.3665	0.6577	0.8014	0.5425	0.2163	0.0562	0.1618	0.1578	0.2015
OAX	0.0013	0.0007	0.0000	0.0000	0.0002	0.0005	0.0049	0.0014	0.0001	0.0004	0.0624	0.2531	0.0472	0.2248	0.0463	0.0149	0.0000	0.0202	0.1876	0.0177
PUE	0.2516	0.2582	0.1146	0.0851	0.0595	0.2268	0.4849	0.3882	0.6328	0.5095	0.1126	0.2903	0.1463	0.1504	0.1472	0.0907	0.0189	0.1321	0.1434	0.1144
QRO	0.1579	0.2816	0.1858	0.0768	0.0786	0.1610	0.3641	0.2201	0.1942	0.2337	0.0701	0.1418	0.0927	0.0774	0.0987	0.0569	0.1511	0.1077	0.0712	0.1096
QROO	0.0000	0.0003	0.0002	0.0006	0.0008	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0052	0.0113	0.0062	0.0059	0.0042	0.0035	0.0016	0.0060	0.0067	0.0159
SLP	0.0204	0.0495	0.0290	0.0115	0.0215	0.0639	0.2184	0.0977	0.1215	0.1413	0.1209	0.2299	0.1467	0.1330	0.1551	0.0701	0.0230	0.0841	0.0519	0.0569
SIN	0.0086	0.0406	0.0147	0.0036	0.0017	0.0027	0.0144	0.0086	0.0088	0.0097	0.0088	0.0516	0.0091	0.0155	0.0114	0.0295	0.0088	0.0445	0.0399	0.0538
SON	0.0761	0.1798	0.1212	0.0857	0.0792	0.0922	0.3362	0.2564	0.0805	0.2436	0.0902	0.2360	0.1399	0.0893	0.1681	0.0533	0.0143	0.0715	0.0970	0.0848
TAB	0.3834	0.1937	0.2170	0.4048	0.2634	0.0003	0.0021	0.0002	0.0004	0.0003	0.0138	0.0435	0.0213	0.0300	0.0140	0.0105	0.0021	0.0176	0.0224	0.0218
TAM	0.4639	0.7892	0.3131	0.2849	0.4334	0.1129	0.3773	0.1591	0.2134	0.2650	0.0556	0.2065	0.1273	0.2024	0.0000	0.0264	0.0522	0.0394	0.0412	0.0433
TLAX	0.1298	0.0850	0.0422	0.0283	0.0307	0.0243	0.0806	0.0501	0.0150	0.0174	0.0236	0.0843	0.0528	0.0531	0.0640	0.0205	0.0136	0.0360	0.0500	0.0331
VER	0.8967	1.2660	0.4103	0.3242	0.8763	0.0095	0.0188	0.0086	0.0096	0.0199	0.1916	0.5019	0.2044	0.2130	0.2508	0.1076	0.0161	0.0907	0.1152	0.1127
YUC	0.0038	0.0079	0.0075	0.0040	0.0040	0.0015	0.0126	0.0032	0.0032	0.0057	0.0323	0.0849	0.0325	0.0465	0.0313	0.0386	0.0059	0.0427	0.0489	0.0446
ZAC	0.0000	0.0348	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0254	0.0083	0.0065	0.0093	0.0031	0.0196	0.0125	0.0161	0.3896	0.0055	0.0014	0.0274	0.0403	0.0436

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos Económicos 1989, 1999, 2004, 2009.

**Cuadro 4.2 Evolución de la población urbana en México, 1988-2008**

<b>Entidad</b>	<b>1988</b>	<b>1993</b>	<b>1998</b>	<b>2003</b>	<b>2008</b>
Aguascalientes	1.2666	1.2449	1.2131	1.1871	1.1606
Baja California	1.3489	1.3215	1.2872	1.2602	1.2310
Baja California Sur	1.0026	1.0262	0.9683	0.9695	1.0141
Campeche	0.8130	0.8334	0.8046	0.7874	0.7727
Coahuila	1.3731	1.3375	1.3197	1.3105	1.2830
Colima	1.1229	1.1322	1.1536	1.1731	1.1679
Chiapas	0.3764	0.4469	0.4609	0.4597	0.5070
Chihuahua	1.0967	1.0966	1.1218	1.1336	1.1268
Distrito Federal	1.6088	1.5340	1.4793	1.4478	1.4085
Durango	0.8142	0.8275	0.8592	0.8901	0.8776
Guanajuato	0.9076	0.9167	0.9523	0.9770	0.9751
Guerrero	0.5524	0.5986	0.6429	0.6556	0.6382
Hidalgo	0.5294	0.5908	0.6597	0.6855	0.6713
Jalisco	1.1365	1.1261	1.1184	1.1248	1.1258
México	1.3386	1.3074	1.2867	1.2639	1.2232
Michoacán	0.6737	0.7011	0.7225	0.7294	0.7403
Morelos	1.1706	1.1726	1.1592	1.1460	1.1210
Nayarit	0.7027	0.7438	0.7944	0.8226	0.8521
Nuevo León	1.4257	1.3815	1.3489	1.3370	1.3172
Oaxaca	0.3515	0.4025	0.4092	0.3961	0.3903
Puebla	0.7554	0.7806	0.7714	0.7528	0.7552
Querétaro	0.9595	0.9817	0.9692	0.9490	0.9361
Quintana Roo	0.9471	1.0006	1.0918	1.1312	1.1259
San Luis Potosí	0.7507	0.7807	0.7718	0.7717	0.7844
Sinaloa	0.7578	0.7647	0.7706	0.7966	0.8263
Sonora	1.1024	1.0963	1.0887	1.0940	1.0961
Tabasco	0.6753	0.7397	0.7255	0.6936	0.6724
Tamaulipas	1.1834	1.1683	1.1917	1.2134	1.2063
Tlaxcala	1.0377	1.0682	1.0352	1.0065	0.9861
Veracruz	0.7749	0.7895	0.8077	0.8123	0.7924
Yucatán	0.9604	0.9609	0.9425	0.9253	0.9099
Zacatecas	0.4518	0.4809	0.5175	0.5554	0.5832

Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO

**Cuadro 4.3 Coeficiente de especialización de la industria manufacturera según su estatus tecnológico**

Entidad Federativa	Alta tecnología					Media alta tecnología					Media baja tecnología					Baja tecnología				
	1988	1993	1998	2003	2008	1988	1993	1998	2003	2008	1988	1993	1998	2003	2008	1988	1993	1998	2003	2008
AGS	0.0198	0.0976	0.0398	0.1078	0.1022	0.0672	0.2765	0.1325	0.0957	0.1136	0.0348	0.1201	0.0542	0.0530	0.0358	0.0348	0.0048	0.0392	0.0300	0.0351
BC	0.4785	2.4114	1.3366	0.0000	1.1791	0.2509	0.7158	0.3106	0.2317	0.2420	0.1218	0.4444	0.2551	0.3061	0.2321	0.0512	0.0210	0.0920	0.0725	0.0946
BCS	0.0043	0.0184	0.0022	1.3961	0.0008	0.0008	0.0019	0.0007	0.0002	0.0007	0.0064	0.0206	0.0081	0.0085	0.0092	0.0053	0.0012	0.0094	0.0047	0.0076
CAM	0.0026	0.0008	0.0024	0.0047	0.0009	0.0015	0.0045	0.0003	0.0000	0.0001	0.0079	0.0284	0.0074	0.0078	0.0079	0.0072	0.0013	0.0063	0.0095	0.0138
COA	0.3257	0.6128	0.1940	0.1304	0.0953	0.2472	0.9085	0.5209	0.6446	0.5835	0.4149	0.8031	0.2529	0.2443	0.1779	0.0457	0.0123	0.0709	0.0581	0.0539
COL	0.0055	0.0337	0.0045	0.0054	0.0025	0.0004	0.0014	0.0007	0.0011	0.0116	0.0063	0.0309	0.0115	0.0147	0.1874	0.0043	0.0015	0.0061	0.0060	0.0073
CHIA	0.1674	0.0960	0.0318	0.0338	0.0305	0.0011	0.0066	0.0014	0.0110	0.0285	0.0228	0.1464	0.0322	0.0376	0.0321	0.0194	0.0030	0.0214	0.0183	0.0288
CHIH	1.0852	3.0897	1.2504	1.0783	1.2197	1.0125	2.7799	1.4571	1.3860	0.9668	0.0908	0.3727	0.2283	0.1920	0.1454	0.0780	0.0350	0.0686	0.0398	0.0722
DF	1.3455	4.2864	1.3437	1.3429	1.1163	0.7899	1.5640	0.3491	0.2468	0.2276	0.8133	1.7683	0.5820	0.5747	0.2970	0.3775	0.1970	0.2535	0.1872	0.1920
DGO	0.0230	0.0687	0.0101	0.0471	0.0165	0.0357	0.0831	0.0258	0.0304	0.0509	0.0483	0.1232	0.0501	0.0604	0.0492	0.0558	0.0068	0.0536	0.0411	0.0328
GTO	0.2016	0.3137	0.1370	0.1146	0.1407	0.1044	0.2962	0.1639	0.1683	0.2109	0.1892	0.5333	0.2544	0.2645	0.1952	0.1118	0.1177	0.1509	0.1121	0.1536
GRO	0.0028	0.0065	0.0046	0.0030	0.0047	0.0003	0.0015	0.0005	0.0008	0.0004	0.0169	0.0614	0.0264	0.0329	0.0266	0.0167	0.1217	0.0292	0.0257	0.0431
HGO	0.0480	0.1077	0.0353	0.0408	0.0452	0.1410	0.2008	0.0438	0.0173	0.0371	0.0828	0.2481	0.1018	0.1156	0.0938	0.0276	0.0137	0.0464	0.0362	0.0468
JAL	0.6064	1.8044	0.7652	1.0322	1.0909	0.1489	0.3740	0.1642	0.1580	0.1362	0.3529	0.9872	0.4848	0.4618	0.3216	0.1537	0.1392	0.1118	0.1316	0.1783
MEX	1.6113	3.3494	0.8188	0.8530	0.7150	1.0435	2.2505	0.6478	0.4670	0.4739	0.8639	2.1855	0.7705	0.7270	0.5105	0.2414	0.1205	0.2264	0.1708	0.2431
MICH	0.1622	0.1947	0.0575	0.0321	0.0630	0.0153	0.0525	0.0087	0.0077	0.0116	0.1679	0.3041	0.1235	0.1318	0.1096	0.0504	0.0187	0.0541	0.0446	0.0673
MOR	0.1048	0.2794	0.0853	0.1110	0.0883	0.0579	0.1670	0.0285	0.0322	0.0308	0.0569	0.1632	0.0667	0.0730	0.0500	0.0183	0.0170	0.0206	0.0169	0.0250
NAY	0.0253	0.0210	0.0013	0.0025	0.0026	0.0012	0.0026	0.0005	0.0011	0.0003	0.0134	0.0309	0.0111	0.0125	0.0617	0.0120	0.0017	0.0094	0.0072	0.0112
NL	0.4808	1.5978	0.5783	0.5228	0.4783	0.5611	1.4876	0.6010	0.6082	0.6702	0.6359	1.5608	0.6768	0.6717	0.4582	0.1137	0.0436	0.1039	0.0809	0.0954
OAX	0.0055	0.0189	0.0087	0.0070	0.0064	0.0041	0.0274	0.0111	0.0005	0.0014	0.0553	0.1371	0.0649	0.0750	0.0518	0.0291	0.0061	0.0370	0.2103	0.0469
PUE	0.1861	0.3747	0.1064	0.1320	0.1015	0.2068	0.6021	0.2530	0.2018	0.2592	0.1910	0.6074	0.2163	0.2179	0.1875	0.1001	0.0179	0.1432	0.1043	0.1218
QRO	0.1719	0.5221	0.1762	0.1403	0.1530	0.1663	0.3725	0.1709	0.1922	0.2510	0.0885	0.2563	0.1098	0.1162	0.1084	0.0314	0.0314	0.0401	0.0310	0.0379
QROO	0.0003	0.0007	0.0016	0.0014	0.0032	0.0001	0.0006	0.0005	0.0002	0.0005	0.0082	0.0312	0.0121	0.0124	0.0126	0.0053	0.0016	0.0064	0.0058	0.0099
SLP	0.0555	0.1031	0.0401	0.0434	0.0378	0.1148	0.3285	0.1122	0.1546	0.2377	0.1309	0.3110	0.1213	0.1431	0.1114	0.0414	0.0247	0.0362	0.0302	0.0355
SIN	0.0259	0.0599	0.0220	0.0173	0.0106	0.0141	0.0303	0.0199	0.0264	0.0436	0.0277	0.1073	0.0408	0.0430	0.0401	0.0289	0.0107	0.0270	0.0264	0.0354
SON	0.3458	0.9709	0.6124	0.4910	0.3789	0.2464	0.5503	0.2476	0.1649	0.3120	0.0574	0.2151	0.0914	0.0998	0.0913	0.0486	0.0124	0.0546	0.0463	0.0564
TAB	0.2092	0.1508	0.0600	0.0593	0.0639	0.0006	0.0057	0.0012	0.0021	0.0010	0.0142	0.0497	0.0172	0.0212	0.0158	0.0124	0.0016	0.0134	0.0116	0.0146
TAM	1.1398	2.7125	0.7015	0.7985	1.0351	0.3237	1.0313	0.4942	0.5295	0.5065	0.1172	0.3420	0.1945	0.2594	0.1448	0.0370	0.0322	0.0565	0.0415	0.0468
TLAX	0.0454	0.1970	0.0329	0.0418	0.0281	0.0564	0.1277	0.0632	0.0298	0.0400	0.0306	0.1131	0.0552	0.0681	0.0483	0.0245	0.0112	0.0354	0.0246	0.0324
VER	1.3570	0.9549	0.4207	0.3869	0.3021	0.0489	0.0581	0.0143	0.0156	0.0236	0.1916	0.3504	0.1550	0.1435	0.1172	0.0862	0.0154	0.0758	0.0587	0.0761
YUC	0.0149	0.0291	0.0314	0.0283	0.0214	0.0065	0.0439	0.0086	0.0102	0.0149	0.0494	0.1630	0.0506	0.0669	0.0515	0.0348	0.0077	0.0538	0.0516	0.0625
ZAC	0.0002	0.0850	0.0013	0.0018	0.0005	0.0033	0.0716	0.0278	0.0271	0.0366	0.0197	0.0785	0.0326	0.0274	0.3619	0.0062	0.0018	0.0152	0.0127	0.0154

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos Económicos 1989, 1999, 2004, 2009.

El coeficiente de urbanización permite identificar aquellas entidades federativas que tienen una población urbana mayor. La única condición es que el coeficiente sea superior a la unidad. En nuestro caso a lo largo del tiempo las entidades con mayores niveles de población urbana fueron: Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Colima, Chihuahua, Distrito Federal, Jalisco, México, Morelos, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas, es decir, el 37.5 por ciento de la población urbana se encuentra concentrada en estas entidades. En la mayoría de las entidades el coeficiente disminuye con el paso del tiempo. Sin embargo, vale la pena mencionar que Quintana Roo no presenta una población urbana a partir de 1993 hasta 2008 y con una tendencia creciente. Y lo mismo ocurre con Tamaulipas, donde a lo largo del periodo de análisis la población urbana va en ascenso.

#### **4.6 Evolución del coeficiente de especialización de la industria manufacturera mexicana según su estatus tecnológico**

El cuadro 4.3 muestra el comportamiento del coeficiente de especialización en las 32 entidades federativas de 1988-2008 según su estatus tecnológico. El cálculo de dicho coeficiente se realizó de acuerdo a la ecuación 4.2.

En este cuadro se identificaron a todas aquellas observaciones en las cuales el coeficiente fuera mayor a la unidad tal es el caso de Baja California el cual resultó más especializado en el sector de Alta tecnología en los años 1993, 1998 y 2008. Baja California Sur fue más especializado en este sector en 2003. En el caso de Chihuahua y el Distrito Federal resultaron más especializados en dicho sector a lo largo del periodo de análisis; sin embargo la especialización en el Distrito Federal disminuye con el tiempo. Jalisco se especializa en el sector de alta tecnología en 1993, 2003 y 2008. El Estado de México se especializó en este sector en 1988 y 1993, Nuevo León en 1993, Tamaulipas en 1988, 1993 y 2008, y Veracruz en 1988.

En el caso del sector de Media alta tecnológica la entidad que se especializó en este sector por más tiempo fue Chihuahua, 1988-2003, esto debido a la importante inversión en la fabricación de televisores y aparatos electrónicos, así como en la elaboración de productos generadores de energía (Pérez y Vela, 2008). El Distrito

Federal se especializó en el sector de media alta tecnología en 1993. El Estado de México en 1988 y 1993, mientras que Nuevo León y Tamaulipas en 1993.

El año 1993 fue relevante para el Distrito Federal, el Estado de México y Nuevo León debido a que fue el único año en donde se presentó especialización en el sector de Media baja tecnología.

Dato curioso resultó el coeficiente de especialización en el sector de Baja tecnología, ya que ninguna entidad presentó un valor mayor a la unidad, por lo que el personal ocupado de este sector en todas las entidades es menor que la prevaleciente a nivel nacional.

Aspectos como la localización, especialización y urbanización son factores regionales que influyen en las decisiones de las grandes industrias. Es por ello que en este capítulo se especifican y delimitan los coeficientes de localización, especialización y urbanización; los cuales serán empleados en lo sucesivo para explicar los niveles de eficiencia e ineficiencia.

En el análisis realizado en esta investigación los resultados del coeficiente de localización muestran que el sector de alta tecnología se encontró concentrado a lo largo de todo el periodo de estudio únicamente en el Distrito Federal. En tanto los sectores de media alta y media baja tecnología se concentraron más en el Distrito Federal, Nuevo León y México, únicamente en 1993. Y el sector de baja tecnología no muestra presencia de la industria de ninguna entidad en todo el periodo de análisis.

En lo referente a los resultados del coeficiente de especialización en la industria de alta tecnología Baja California se especializó en 1993, 1998 y 2008 y Jalisco en 1993, 2003 y 2008. En el sector de media alta tecnología Chihuahua mostró una mayor concentración del empleo de 1988-2003. Mientras que entidades como Distrito Federal, México y Nuevo León fueron más especializados en 1993. Y curiosamente el sector de baja tecnología no presentó ninguna entidad especializada a lo largo del periodo de análisis.

El principal hallazgo encontrado mediante el coeficiente de urbanización es que entidad como Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Colima, Chihuahua, Distrito Federal, Jalisco, México, Morelos, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas concentran el 37.5 por ciento de la población urbana.

En el siguiente capítulo se especifica la base de datos empleada y los modelos a estimar para determinar aquellos factores que inciden sobre los niveles de eficiencia e ineficiencia de la industria manufacturera mexicana de acuerdo a su nivel tecnológico.

## **CAPÍTULO 5. EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA: DEA, ANÁLISIS DE REGRESIÓN, EFECTOS DE INTERACCIÓN Y FRONTERA ESTOCÁSTICA**

En este quinto capítulo se especifica detalladamente la base de datos y la clasificación tecnológica de los sectores industriales para el cálculo de la eficiencia técnica mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA). También se delimitan las ecuaciones para la obtención de la eficiencia e ineficiencia productiva a través del método de Frontera Estocástica.

Además, se presentan los resultados de ambas metodologías. Dentro de los principales resultados resalta la diferencia que existe entre un método y otro, tanto en la obtención de los niveles de eficiencia como en los factores que influyen sobre los niveles de eficiencia e ineficiencia. En el caso de la aplicación del DEA se observan conductas diferenciadas de acuerdo al estatus tecnológico, inclusive se presentan niveles de eficiencia elevados en entidades del sur del país pero también en entidades de la frontera norte. Éstas últimas se vieron más beneficiadas ante el proceso de liberalización comercial, pues presentaron una relocalización industrial. Por su parte el modelo de regresión revela que tanto la urbanización como la especialización explican la eficiencia técnica, pero depende del tipo de estatus tecnológico de la industria manufacturera mexicana. También permite probar la hipótesis planteada inicialmente en donde la eficiencia es mayor después de la apertura comercial, tal cual lo menciona la literatura. Ahora bien el método de Frontera Estocástica permite comprobar que el capital es importante en la determinación de la eficiencia de los cuatro sectores tecnológicos. No obstante, el único factor que provoca menos niveles de ineficiencia es la localización en los cuatro sectores y la especialización en el sector de baja tecnología. Pero también se puede comprobar que la ineficiencia productiva es menor en el periodo posterior a la apertura comercial en al menos tres de los cuatros sectores tecnológicos.

## 5.1 DEA: base de datos y aplicación

Para realizar el análisis de eficiencia técnica de la industria manufacturera, según su estatus tecnológico, mediante el DEA, se consideró la información de 21 subsectores para cada entidad federativa contenida en los Censos Económicos emitidos por INEGI de los años 1989, 1994, 1999, 2004, 2009.<sup>14</sup>

Además se consideró la siguiente clasificación para establecer el estatus tecnológico de cada subsector, de acuerdo al documento de la OECD, 2001.

**Cuadro 5.1. Clasificación de la industria manufacturera basada en tecnología (1997)**

Clasificación	Sectores
Industria de alta tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aviones y naves espaciales</li> <li>• Farmacéutica</li> <li>• Oficina, contabilidad e informática</li> <li>• Radio, televisión y equipo de comunicaciones</li> <li>• Instrumentos médicos, ópticos y de precisión</li> </ul>
Industrias de media alta tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria y equipos eléctricos</li> <li>• Vehículos de motor, remolques y semirremolques</li> <li>• Productos químicos excepto farmacéuticos</li> <li>• Equipos de ferrocarril y material de transporte</li> <li>• Maquinaria y equipo</li> </ul>
Industrias de media baja tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coque, productos refinados del petróleo y combustible nuclear</li> <li>• Productos de plástico y caucho</li> <li>• Otros productos minerales no metálicos</li> <li>• Construcción y reparación de buques y embarcaciones</li> <li>• Metales básicos</li> <li>• Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo</li> </ul>
Industrias de baja tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufactura y reciclaje</li> <li>• Madera, pulpa, papel, productos de papel, imprenta y editoriales</li> <li>• Productos alimenticios, bebidas y tabaco</li> <li>• Textiles, productos textiles, cuero y calzado</li> </ul>

Fuente: OECD, 2001.

<sup>14</sup> Tómese en cuenta que se realizó la reclasificación de CMAP a SCIAN de los Censos Económicos de 1989 y 1994.



**Cuadro 5.2 Clasificación de la industria manufacturera de Alta, Media alta, Media baja y Baja tecnología de acuerdo a la estructura de la OECD**

<b>Clasificación</b>	<b>Subsectores</b>
Alta tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 334 Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos</li> <li>• 325 Industria química</li> </ul>
Media alta tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 333 Fabricación de maquinaria y equipo</li> <li>• 335 Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica</li> <li>• 336 Fabricación de equipo de transporte</li> </ul>
Media baja tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 324 Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón</li> <li>• 326 Industria del plástico y del hule</li> <li>• 327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos</li> <li>• 331 Industrias metálicas básicas</li> <li>• 332 Fabricación de productos metálicos</li> </ul>
Baja tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 311 Industria alimentaria</li> <li>• 312 Industria de las bebidas y del tabaco</li> <li>• 313 Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles</li> <li>• 314 Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir</li> <li>• 315 Fabricación de prendas de vestir</li> <li>• 316 Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos</li> <li>• 321 Industria de la madera</li> <li>• 322 Industria del papel</li> <li>• 323 Impresión e industrias conexas</li> <li>• 337 Fabricación de muebles, colchones y persianas</li> <li>• 339 Otras industrias manufactureras</li> </ul>

Fuente: reclasificación propia con base a documento de la OECD, 2001.

Es así como el análisis de eficiencia de la industria manufacturera, de acuerdo a su estatus tecnológico, se lleva a cabo mediante un Análisis Envoltante de Datos (DEA) bajo rendimientos variables a escala orientado al producto, es decir, conforme a la ecuación 16, donde  $\mu' y_i$  es un vector de productos ponderados a nivel de subsector (i), en este caso se considera como producto al valor agregado censal bruto, a precios de 2003, de las 32 entidades federativas:

$$\begin{aligned}
 & \max_{\mu, v} (\mu' y_i), \\
 & \text{s. a.} \quad v' x_i = 1, \\
 & \quad \mu' y_j - v' x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, N, \\
 & \quad \mu, v \geq 0,
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Y orientado a los insumos  $x_i$ , en este caso, se tiene en cuenta sólo dos insumos formación bruta de capital (capital) y remuneraciones per cápita<sup>15</sup> (trabajo) a nivel de subsector (i) para cada una de las 32 entidades, de acuerdo a la ecuación 17:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\
 & \text{s. a.} \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
 & \quad \quad \theta x_i + X\lambda \geq 0, \\
 & \quad \quad \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

En los cuadros subsecuentes se describe el comportamiento y evolución de los niveles de eficiencia promedio obtenidos con el método DEA, a través del paquete DEAP 2.1<sup>16</sup> para sector tecnológico dividido en dos periodos antes de la apertura comercial (1988-1993) y posterior a la apertura (1998-2008).

En el cuadro 5.3 se muestran los resultados de los niveles de eficiencia promedio de la industria manufacturera de Alta tecnología por entidad federativa.

En el periodo 1988-1993 las entidades que maximizan en un 100 por ciento su producción con el conjunto de insumos dado son Aguascalientes y Campeche. En este periodo Campeche presenta un mayor nivel de eficiencia debido a la explotación de yacimientos de petróleo incorporados en la industria química. La eficiencia media en este periodo fue de 0.3289, es decir, para 1988 las entidades aprovecharon sus insumos para la producción industrial de alta tecnología en un 29.4 por ciento.

Continuando con el análisis en el periodo posterior a la apertura comercial, 1998-2008 las entidades que maximizaron su producción en un 64, 67 y 70 por ciento son los casos de Chihuahua, Sonora y Tabasco. En el caso de Chihuahua desde 1998 la expansión de las actividades maquiladoras resultó en la inclusión del ensamble de equipo electrónico, radio y televisión localizado en Tijuana y Ciudad Juárez, dentro del grupo de las 10 primeras industrias urbanas con altos niveles de empleo, (Mendoza, 2002: 170). Desde 1998 la capital de Sonora, Hermosillo,

---

<sup>15</sup> Esta variable se construyó considerando la inflación de acuerdo con el año censal en la parte de remuneraciones y se dividió entre el personal ocupado.

<sup>16</sup> Paquete computacional creado por Coelli en 1997 disponible de forma libre en internet.

se ha caracterizado por la formación de conglomeraciones industriales dedicados a la metalmecánica y automotriz así como aquellos enfocados a la química básica y fertilizantes (Sánchez y Bracamonte, 2006: 100). Y, por último, Tabasco muestra un importante nivel de eficiencia tal y como lo señalan Pérez y Vela (2008: 238) ya que esta entidad ha concentrado la producción de petroquímicos básicos desde 1980 hasta 2003 en un 88 a 89 por ciento. Además, todas las entidades en su conjunto aprovecharon sus insumos en un 37 por ciento.

**Cuadro 5.3 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Alta tecnología**

<b>Entidades Federativas</b>	<b>1988-1993</b>	<b>1998-2008</b>	<b>Entidades Federativas</b>	<b>1988-1993</b>	<b>1998-2008</b>
Aguascalientes	0.624	0.353	Morelos	0.146	0.341
Baja California	0.447	0.522	Nayarit	0.229	0.371
Baja California Sur	0.539	0.404	Nuevo León	0.207	0.238
Campeche	1.000	0.247	Oaxaca	0.149	0.035
Coahuila	0.207	0.222	Puebla	0.127	0.299
Colima	0.105	0.200	Querétaro	0.473	0.334
Chiapas	0.162	0.588	Quintana Roo	0.277	0.264
Chihuahua	0.219	0.649	San Luis Potosí	0.104	0.237
Distrito Federal	0.413	0.610	Sinaloa	0.206	0.231
Durango	0.127	0.180	Sonora	0.305	0.674
Guanajuato	0.184	0.303	Tabasco	0.197	0.706
Guerrero	0.549	0.572	Tamaulipas	0.464	0.400
Hidalgo	0.157	0.179	Tlaxcala	0.275	0.233
Jalisco	0.223	0.346	Veracruz	0.119	0.358
México	0.426	0.585	Yucatán	0.319	0.310
Michoacán	0.249	0.265	Zacatecas	0.189	0.594

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados obtenidos del DEA.

Desde aquí se demuestra que en la etapa de apertura comercial los sectores de alta tecnología presentaron una eficiencia media menor en comparación con el periodo posterior.

Por otra parte la eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera mexicana de Media alta tecnología se muestra en el cuadro 5.4. En términos generales los niveles de eficiencia son variantes en el tiempo; en promedio se

observa un incremento en la eficiencia a la mitad del periodo, sin embargo, ésta disminuye conforme pasa el tiempo.

En el periodo inicial, 1988-1993, las entidades que maximizaron en un 93, 70 y 61 por ciento su producción en el sector de media alta tecnología son Morelos, Quintana Roo y Coahuila, respectivamente. A pesar de que Morelos y Quintana Roo aprovecharon mejor sus insumos, la entidad que sobresale en estos resultados es Coahuila; ya que desde 1985 se observó una concentración del 83 por ciento de la fabricación de partes para el sistema de suspensión de automóviles y camiones en Coahuila y Jalisco (Pérez y Vela, 2008: 242). Además, las 32 entidades en su conjunto aprovecharon en dicho periodo sus insumos en un 33.9 por ciento.

En el periodo posterior a la apertura comercial Chiapas maximizó su producción en un 100 por ciento, Quintana Roo en un 81 por ciento y Chihuahua en un 78 por ciento. En el caso de Chiapas, de acuerdo con información de los Censos Económicos, se registra una importante producción de partes para vehículos automotores desde 2003; sin embargo no es tan representativo a nivel nacional. Una explicación al elevado nivel de eficiencia de Quintana Roo es porque junto a Aguascalientes en 1998 concentraron el 61 por ciento a nivel nacional de la fabricación, ensamble y reparación de tractores, maquinaria e implementos agrícolas (Pérez y Vela, 2008: 240). En cambio, aunque Chihuahua no aprovecha al máximo sus insumos en su producción ha tenido la característica de concentrar la fabricación de partes y piezas metálicas sueltas para maquinaria y equipo en general en un 40 por ciento entre 1998-2003. También, ha concentrado la fabricación, ensamble y reparación de motores eléctricos y equipo para la generación, transformación y utilización de la energía eléctrica, solar o geotérmica en un 56 y 66 por ciento entre 1985-2003. De igual forma ha capturado la producción de focos, tubos y bombillas para iluminación desde 1985-2003 en un 90 por ciento, aproximadamente (Pérez y Vela, 2008: 240). Además de pertenecer a la frontera norte Chihuahua se vio beneficiada de la relocalización industrial dada por la apertura comercial; esto debido a factores como la aglomeración, la especialización y el tamaño medio de la empresa que lograron incrementar la

demanda de trabajo de la industria manufacturera en las entidades de la frontera norte (Mendoza y Martínez, 1999; Calderón y Mendoza, 2000). En este periodo las entidades en su conjunto maximizaron su producción en un 45 por ciento.

De esta manera, en el caso de los sectores de media alta tecnología se puede apreciar que en promedio la eficiencia de las 32 entidades es mayor tras la apertura comercial.

**Cuadro 5.4 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Media alta tecnología**

<b>Entidades Federativas</b>	<b>1988-1993</b>	<b>1998-2008</b>	<b>Entidades Federativas</b>	<b>1988-1993</b>	<b>1998-2008</b>
Aguascalientes	0.239	0.347	Morelos	0.937	0.294
Baja California	0.393	0.445	Nayarit	0.228	0.449
Baja California Sur	0.238	0.546	Nuevo León	0.275	0.492
Campeche	0.107	1.000	Oaxaca	0.308	0.369
Coahuila	0.610	0.542	Puebla	0.163	0.386
Colima	0.601	0.692	Querétaro	0.245	0.284
Chiapas	0.294	1.000	Quintana Roo	0.705	0.812
Chihuahua	0.467	0.784	San Luis Potosí	0.211	0.215
Distrito Federal	0.407	0.221	Sinaloa	0.223	0.472
Durango	0.246	0.253	Sonora	0.352	0.460
Guanajuato	0.312	0.663	Tabasco	0.244	0.249
Guerrero	0.420	0.683	Tamaulipas	0.424	0.517
Hidalgo	0.248	0.172	Tlaxcala	0.191	0.318
Jalisco	0.225	0.253	Veracruz	0.252	0.190
México	0.533	0.506	Yucatán	0.257	0.249
Michoacán	0.114	0.210	Zacatecas	0.384	0.380

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados obtenidos del DEA.

En el cuadro 5.5 se presenta la eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Media baja tecnología para cada entidad federativa en el periodo de estudio. La eficiencia de este sector tecnológico muestra un menor aprovechamiento de sus recursos.

Entre 1988-1993 en el sector de media baja tecnología la entidad de Sonora resultó que maximizó su producción en un 61 por ciento. Esta entidad resultó eficiente en este sector porque Hermosillo, la capital de Sonora, experimentó en

los ochenta un importante desarrollo tanto de la industria automotriz como maquiladora, además de las ramas de la agroindustria y la industria eléctrica, la textil y la cementera (Sánchez y Bracamontes, 2006: 97). En este periodo las entidades en promedio aprovecharon sus insumos y maximizaron su producción en un 31.2 por ciento.

**Cuadro 5.5 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Media baja tecnología**

<b>Entidades Federativas</b>	<b>1988-1993</b>	<b>1998-2008</b>	<b>Entidades Federativas</b>	<b>1988-1993</b>	<b>1998-2008</b>
Aguascalientes	0.216	0.324	Morelos	0.387	0.236
Baja California	0.343	0.378	Nayarit	0.519	0.548
Baja California Sur	0.426	0.291	Nuevo León	0.255	0.511
Campeche	0.343	0.279	Oaxaca	0.260	0.174
Coahuila	0.302	0.534	Puebla	0.413	0.596
Colima	0.286	0.491	Querétaro	0.233	0.233
Chiapas	0.338	0.607	Quintana Roo	0.215	0.399
Chihuahua	0.234	0.363	San Luis Potosí	0.226	0.286
Distrito Federal	0.578	0.187	Sinaloa	0.186	0.278
Durango	0.261	0.318	Sonora	0.619	0.290
Guanajuato	0.503	0.277	Tabasco	0.226	0.331
Guerrero	0.273	0.437	Tamaulipas	0.195	0.265
Hidalgo	0.117	0.179	Tlaxcala	0.172	0.372
Jalisco	0.366	0.451	Veracruz	0.193	0.236
México	0.550	0.593	Yucatán	0.248	0.247
Michoacán	0.182	0.676	Zacatecas	0.331	0.410

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados obtenidos del DEA.

Más recientemente, entre 1998-2008, en los sectores de Media baja tecnología las entidades que presentaron el nivel de eficiencia más alto fueron Michoacán y Chiapas con un 67 y 60 por ciento, respectivamente. Michoacán en 1998 concentró la producción de coque y otros derivados del carbón mineral en un 99 por ciento; de igual forma se caracterizó por concentrar la producción de alfarería y cerámica en un 62 y 67 entre 1998 y 2003. En cambio, Chiapas se caracterizó por concentrar un 22 y 28 por ciento la revitalización de llantas y cámaras entre 1998 y 2003; así como la fabricación de ladrillos, tabiques y otros productos de arcilla refractaria en un 50 por ciento en 1998 (Pérez y Vela, 2008: 239). En este

sector de media baja tecnología las entidades aprovecharon sus insumos en un 36.9 por ciento.

Es claro que en los sectores de Media baja tecnología es mayor la eficiencia después de la apertura comercial.

El cuadro 5.6 contiene la eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Baja tecnología en las 32 entidades federativas en el periodo de análisis. A excepción de las otras tres industrias tecnológicas ésta tiene un comportamiento más homogéneo a lo largo del periodo.

**Cuadro 5.6 Eficiencia técnica promedio de la industria manufacturera de Baja tecnología**

Entidades Federativas	1988-1993	1998-2008	Entidades Federativas	1988-1993	1998-2008
Aguascalientes	0.294	0.400	Morelos	0.419	0.394
Baja California	0.371	0.769	Nayarit	0.376	0.425
Baja California Sur	0.344	0.257	Nuevo León	0.589	0.483
Campeche	0.519	0.504	Oaxaca	0.197	0.417
Coahuila	0.421	0.525	Puebla	0.423	0.692
Colima	0.529	0.381	Querétaro	0.496	0.456
Chiapas	0.494	0.481	Quintana Roo	0.321	0.460
Chihuahua	0.366	0.467	San Luis Potosí	0.397	0.368
Distrito Federal	1.000	0.854	Sinaloa	0.370	0.383
Durango	0.398	0.554	Sonora	0.478	0.490
Guanajuato	0.600	0.766	Tabasco	0.304	0.544
Guerrero	0.496	0.818	Tamaulipas	0.659	0.457
Hidalgo	0.210	0.347	Tlaxcala	0.310	0.409
Jalisco	0.838	0.952	Veracruz	0.393	0.563
México	0.827	1.000	Yucatán	0.482	0.504
Michoacán	0.422	0.514	Zacatecas	0.492	0.465

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados obtenidos del DEA.

Entre 1988-1993 las entidades con mayor densidad población produjeron bienes de baja tecnología, es decir, Distrito Federal, Jalisco y México presentaron niveles de eficiencia entre 100 y 83 por ciento. En el caso del Distrito Federal y Jalisco entre 1985-1993 concentraron la producción de almidones, féculas y levaduras en un 89 y 91 por ciento. En el mismo periodo el Distrito Federal y México concentraron el 92 y 84 por ciento de la producción de gelatinas, flanes y postres

en polvo para preparar en casa; de igual forma concentraron la producción de textiles recubiertos con baño en un 96 y 95 por ciento (Pérez y Vela, 2008: 238-239). Adicionalmente, este sector de baja tecnología en sus 32 entidades maximizó su producción en un 46.3 por ciento.

En el periodo posterior a la apertura comercial, 1998-2008, se presentó una eficiencia del 100 por ciento por parte de México, 95.2 por ciento en Jalisco y 85.4 por ciento en el Distrito Federal. Aunque en este periodo es muy similar al previo aquí sobresale la producción de bebidas destiladas de agave en la cual Jalisco junto a Oaxaca concentran su producción en un 96 y 91 por ciento, en dicho periodo. Y en esta época México continúa concentrando la producción de gelatinas, flanes y postres en polvo para preparar en casa en un 87 y 97 por ciento; añadiendo también la producción de ropa interior de punto, concentrándose en un 85 por ciento y la fabricación de colchones en un 70 por ciento (Pérez y Vela, 2008: 238-239). Para este periodo, en el sector de baja tecnología las entidades maximizaron su producción en promedio en un 53.4 por ciento.

De igual forma, se puede apreciar que la eficiencia es mayor en el periodo posterior a la liberalización del comercio en este sector.

La razón por la que se observa un comportamiento más homogéneo en el tiempo en este sector de baja tecnología es debido a que tras la liberalización del comercio internacional se presentó una relocalización industrial hacia los estados de la frontera norte; sin embargo, dicha relocalización fue de industrias de exportación tales como la fabricación de maquinaria y equipo, la industria automotriz y la fabricación de televisores y reproductores de sonido.

En términos generales podemos concluir que el comportamiento de los niveles de eficiencia técnica heterogéneos en la industria con mayor intensidad tecnológica y un tanto homogéneos en aquella industria con menor nivel tecnológico.

De igual forma, por irónico que parezca las entidades del sur y algunas del norte resultan ser más eficientes en sectores altamente tecnológico. Sin embargo, estos resultados son similares a los hallados por Álvarez *et al.* (2008).



Además las entidades del centro fueron más eficientes en el sector de baja intensidad tecnológica con un comportamiento un tanto homogéneo, en comparación con el observado en los otros sectores.

También se observa un incremento promedio en la eficiencia en las cuatro industrias. Aunque el aprovechamiento mayor se da en el sector de Baja tecnología.

## 5.2 ¿Aumentaron los niveles de eficiencia técnica en la industria manufacturera mexicana? ¿Qué factores influyeron?

Hechos los cálculos de los niveles de eficiencia técnica, según su estatus tecnológico de la industria manufacturera, surgen algunas preguntas tales como si ¿los niveles de eficiencia técnica, al menos en los de Alta y Media alta tecnología incrementaron después de la apertura comercial? y ¿qué factores influyen sobre ésta?. Para dar respuesta a estas preguntas se propone un modelo econométrico que incorpora una variable *dummy* o dicotómicas el cual permitan evaluar si la manufactura de Alta y Media alta tecnología muestran un mayor nivel de eficiencia después de la apertura comercial, es decir, en los años 1998, 2003 y 2008, además de agregar las variables especialización y urbanización, de forma similar al trabajo de Bannister y Stolp (1995) para tal efecto se propone la estimación del siguiente modelo para cada uno de los estatus tecnológicos de la manufactura:

$$ET_{it} = \beta_0 + \beta_1 ESP_{it} + \beta_2 URB_{it} + \beta_3 DD_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2) \quad (5.3)$$

donde:

$ET^{17}$  = logaritmo de los niveles de eficiencia, obtenidos con la técnica no paramétrica DEA.

$ESP^{18}$  = logaritmo del coeficiente de especialización.

$URB^{19}$  = logaritmo del coeficiente de urbanización.

---

<sup>17</sup> Se decidió tomar el logaritmo natural de la eficiencia técnica por que los valores que arroja el método DEA oscila entre 0 y 1 la cual por definición no presenta una distribución normal.

<sup>18</sup> Coeficiente desarrollado en la ecuación 14.

$DD^{20} = 1$  si la observación pertenece al año de 1998, 2003 o 2008 y 0 en otro caso.

$i =$  sectores de alta, media alta, media baja y baja tecnología

$t =$  1988, 1993, 1998, 2003 y 2008.

Es importante resaltar que al resultar entidades como Campeche y Tabasco con altos niveles de eficiencia en el sector de alta tecnología se decidió eliminarlas junto con Chiapas, debido a que nuestra intención es revisar la producción manufacturera y estas presentan altos niveles de eficiencia provocado por la extracción de petróleo.

### **5.2.1 Resultados del análisis de regresión**

Con los resultados obtenidos en el modelo DEA se estimó la ecuación 5.3, para cada estatus tecnológico, es decir se estimaron cuatro *pool*, mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), los resultados se muestran a continuación en el cuadro 5.7.

Se consideró la prueba Jarque-Bera para probar que los errores de cada estimación siguen una distribución normal. Mediante el estadístico F se puede establecer que las variables en su conjunto explican los niveles de eficiencia de la industria a lo largo del periodo. Y debido a que su  $R^2$  oscila entre 0.03 y 0.16 el conjunto de variables explica a la eficiencia de cada una de las industrias tecnológicas entre un 3 y 16 por ciento. Los resultados para cada una de las regresiones resultó ser muy particular para cada sector tecnológico. En el caso de la eficiencia de los sectores de Alta tecnología se ve influenciada por la urbanización, es decir, por cada incremento porcentual de esta variable en este sector la eficiencia aumenta en 48 por ciento con un nivel de significancia del 0.05. Además se encontraron los resultados deseados al estimarse que la eficiencia fue mayor en el periodo posterior a la apertura comercial, con un nivel de significancia

---

<sup>19</sup> Coeficiente desarrollado en la ecuación 15.

<sup>20</sup> La variable *dummy* DD permite cuantificar el atributo periodo anterior y posterior a la entrada en vigor del TLCAN, en este caso, la variable adquiere el valor 1 en el caso de los años posteriores al TLCAN, es decir, 1998, 2003 y 2008; y adopta el valor de 0 en el caso de los años previos al TLCAN esto es 1988 y 1993. Así la variable nos permitirá cuantificar el efecto de la apertura comercial sobre los niveles de ineficiencia.

de 0.05. Este resultado comprueba que las economías de aglomeración fomentan la eficiencia de la industria manufacturera.

**Cuadro 5.7 Resultados del análisis de regresión según su estatus tecnológico**

<b>Variable</b>	<b>Alta</b>	<b>Media alta</b>	<b>Media baja</b>	<b>Baja</b>
C	-1.3714*** (0.1093)	-1.2984*** (0.1177)	-1.1338*** (0.1021)	-0.3506*** (0.1226)
ESP	0.0467 (0.0325)	-0.0201 (0.0269)	0.0843** (0.0365)	0.1240*** (0.0293)
URB	0.4845** (0.2482)	0.4660** (0.2061)	0.1235 (0.1463)	0.2113** (0.1058)
DD	0.2405** (0.1242)	0.2040* (0.1213)	0.2251*** (0.0904)	0.0579 (0.0694)
R <sup>2</sup>	0.0844	0.0364	0.0655	0.1608
F-estadístico	5.1500**	2.9185**	4.6715***	10.9668
Jarque-Bera	0.3435 (0.8421)	3.4991 (0.1738)	0.6924 (0.7073)	3.9568 (0.1382)
Observaciones	136	153	158	157

Fuente: Elaboración propia

Nota: entre paréntesis se encuentra el error estándar y niveles de significancia 1%\*\*\*, 05%\*\* y 10%\*

Por su parte, en el sector de Media alta tecnología la eficiencia de la industria afectada de manera positiva por la urbanización y con un nivel de significancia de 0.05, a medida que surgen centros urbanos en las entidades la eficiencia de este sector se incrementa en 46 por ciento, concordando con la visión de Mills (1967) y Henderson (1974) en la formación sistemas urbanos dada la concentración geográfica de la industria en las ciudades. Además de coincidir con los resultados de Bannister y Stolp (1995). También se prueba que, después de la apertura comercial, la eficiencia fue mayor entre 1998-2008, con un nivel de significancia de 0.1.

En el sector de Media baja tecnología la eficiencia se ve positivamente influenciada por la especialización, es decir, ante un incremento del uno por ciento de esta variable la eficiencia se incrementa en un 8 por ciento, aproximadamente.

También este sector se presente una eficiencia mayor después del proceso de apertura comercial, al resultar positiva y significativa en un 0.05 la variable DD.

En el caso del sector de Baja tecnología se ve influenciado tanto por la especialización (la cual resultó positiva y significativa provocando que un incremento de un uno por ciento de la especialización en este sector provoque se incremente la eficiencia en un 12.4 por ciento de la eficiencia) como por la urbanización. Esta última variable resultó positiva y significativa a un nivel de 0.05 de significancia, es decir a medida que aumenta la urbanización la eficiencia del sector de baja tecnología se incrementa en un 21 por ciento, aproximadamente. No obstante, en este sector no se pudo probar que la eficiencia incrementara después de la apertura comercial Este resultado se debe en gran medida al comportamiento homogéneo de las eficiencias que se obtuvieron con DEA, el cual se describió con anterioridad.

Los resultados de este análisis permiten concluir que en los sectores de Alta, Media alta y Media baja tecnología la eficiencia resultó mayor después de la apertura comercial, tal cual lo sugiere Kim (1997); Tansini y Triunfo (1998); Lall *et al.* (2000); Milner y Weymna-Jones (2003) y Iyer *et al.* (2008). Asimismo, el nivel de especialización de las entidades depende del tipo de sector tecnológico porque el impacto es mayor en el sector de Baja tecnología que en el de media baja tecnología y se debe a que el sector de baja intensidad tecnológica concentra más de la mitad de la producción manufacturera. Y los sectores de Alta y Media alta tecnología se ven influenciados por el grado de urbanización de las entidades federativas y dicha influencia tiene un impacto importante en los niveles de eficiencia.

Este análisis permite reflexionar respecto a la necesidad de impulsar el surgimiento de ciudades a raíz de la concentración de actividad industrial de alta y media alta tecnología, las cuales son necesario identificar e impulsar mediante alguna política económica que permita su fortalecimiento en la optimización de sus factores productivos. Además de la importancia que tiene el nivel de especialización en las entidades con sectores de media baja y baja tecnología.

### 5.3 Efectos de interacción entre las variables

Con el modelo anterior se pudo comprobar cómo la eficiencia fue mayor en los sectores de Alta y Media alta tecnología y qué factores influyen sobre ésta. Sin embargo, surge la duda derivada ante la entrada en vigor del TLCAN si factores de economías de aglomeración como la especialización y urbanización afectan los niveles de eficiencia técnica. Tal como asegura Goodall (1977): urbanización por ser un proceso económico con una dimensión espacial, en la que los factores de producción, las empresas y las localidades adquieren niveles de especialización cada día mayores. Esta afirmación permite contrastar lo analizado por la Nueva Geografía Económica, es decir, al presentarse especialización y urbanización hace se den economías de escala que deriven en las decisiones de localización de las industrias. Además, se comprueba la teoría evolutiva de la relación comercio internacional y tecnología, revisados en el primer capítulo.

Algunos trabajos a nivel nacional refieren como la urbanización y especialización regional están íntimamente ligadas, tal es el caso Mendoza (2003) en los cuales han demostrado como la dinámica del crecimiento de las manufacturas han cambiado con el tiempo después de la apertura comercial.

Con el modelo obtenido anteriormente se supone independencia entre las variables predictoras; sin embargo, pueden existir efectos interactivos entre las variables de carácter multiplicativo, es decir, se sospecha la existencia de una relación entre urbanización y especialización y el periodo de apertura comercial. Entonces la nueva relación que se examinaría en esta ocasión es la siguiente:

$$ET_{it} = \beta_0 + \beta_1 ESP_{it} + \beta_2 URB_{it} + \beta_3 DD_{it} + \beta_4 ESP_{it} * DD_{it} + \beta_5 URB_{it} * DD_{it} + \beta_6 URB_{it} * ESP_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$\varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2) \quad (5.4)$$

donde:

$ET^{21}$  = logaritmo de los niveles de eficiencia, obtenidos con la técnica no paramétrica DEA.

---

<sup>21</sup> Se decidió tomar el logaritmo natural de la eficiencia técnica por que los valores que arroja el método DEA oscila entre 0 y 1 la cual por definición no presenta una distribución normal.

ESP<sup>22</sup>= logaritmo del coeficiente de especialización.

URB<sup>23</sup>= logaritmo del coeficiente de urbanización.

DD= 1 si la observación pertenece al año de 1998, 2003 o 2008 y 0 en otro caso.

i= sectores de alta, media alta, media baja y baja tecnología

t= 1988, 1993, 1998, 2003 y 2008.

Es así como en el cuadro 5.8 se presentan los resultados de dicha relación.

**Cuadro 5.8 Resultados del análisis de regresión considerando interacción entre las variables, según su estatus tecnológico**

Variable	Alta	Media alta	Media baja	Baja
C	-1.6233*** (0.1306)	-1.2291*** (0.1470)	-1.1411*** (0.1318)	-0.6065*** (0.1454)
ESP	-0.0556 (0.0505)	0.0052 (0.0418)	0.0783 (0.0528)	0.0675* (0.0365)
URB	1.4579*** (0.4229)	0.7496* (0.4190)	0.4652 (0.3569)	1.6999*** (0.3597)
DD	0.5654** (0.1800)	0.0607 (0.1990)	0.2183 (0.1866)	0.5988*** (0.2007)
ESP*DD	0.1591** (0.0647)	-0.0399 (0.0547)	0.0105 (0.0733)	0.1563*** (0.0553)
URB*DD	-0.3947 (0.4891)	-0.1926 (0.4175)	-0.3017 (0.2960)	-0.5164** (0.2080)
URB*ESP	0.2455** (0.0990)	0.0494 (0.0814)	0.0751 (0.1240)	0.3484*** (0.0851)
R <sup>2</sup>	0.1468	0.0292	0.0573	0.2701
F-estadístico	4.8717***	1.7623*	2.5929**	10.6250***
Observaciones	136	153	158	157

Fuente: Elaboración propia

Nota: entre paréntesis se encuentra el error estándar y los niveles de significancia son 1%\*\*\*, 05%\*\* y 10%\*

Dentro de los principales hallazgos se tienen que para los sectores pertenecientes al estatus tecnológico de Alta tecnología, la eficiencia media antes de la apertura

<sup>22</sup> Coeficiente desarrollado en la ecuación 14.

<sup>23</sup> Coeficiente desarrollado en la ecuación 15.

comercial es menor 1.62 por ciento, esto con un nivel de significancia de 0.01. Asimismo por cada incremento en una unidad porcentual de los niveles de urbanización la eficiencia aumenta en un 1.45 por ciento, con un nivel de significancia de 0.01. De igual forma la eficiencia media en el periodo de apertura es mayor en un 0.56 por ciento, al ser menor el nivel de significancia a 0.05. La interacción entre los niveles de especialización después de la apertura comercial incrementan los niveles de eficiencia en un 0.15 por ciento. Al respecto Mendoza (2003) menciona: *“...es importante mencionar que durante 1998 se experimentaron varios cambios en la composición de las ramas más importantes. En este año aparecieron dos ramas caracterizadas por estar orientadas a la exportación: la fabricación de maquinaria de oficina, cálculo y procesamiento informático y la fabricación de equipo eléctrico, de radio, televisión, comunicaciones y científico...”* (Mendoza, 2003: 110). Además, la interacción entre los niveles de especialización y urbanización aumentan la eficiencia de dicho sector de alta tecnología en un 0.24 por ciento. Este último efecto es de considerable impacto ya la conjunción de entidades con características de especialización y altos niveles de urbanización conducirán a mayores niveles de eficiencia técnica. Este resultado coincide con los hallazgos de Mendoza (2003): *“...Guadalajara, de 1988 a 1998, la industria de las computadoras tuvo un crecimiento muy dinámico, vinculado con un elevado grado de especialización en dicha área urbana...”* (Mendoza, 2003: 111).

Los modelos para los sectores de Media alta y Media baja tecnología no presentan efectos en la eficiencia dado el conjunto de variables elegidas.

Sin embargo, de manera estadísticamente significativa, en los sectores de Baja tecnología la especialización antes de la apertura comercial incrementa los niveles de eficiencia en un 0.06 por ciento, los niveles de urbanización incrementa la eficiencia en un 1.69 por ciento, la eficiencia media es mayor en un 0.59 por ciento; la interacción entre la especialización después de la apertura comercial incrementa los niveles de eficiencia en un 0.15 por ciento. Por su parte la interacción entre urbanización después de la apertura comercial reducen los

niveles de eficiencia en un 0.51 por ciento. Aunque la interacción entre urbanización y especialización incrementan los niveles de eficiencia en un 0.34 por ciento.

Al parecer los resultados obtenidos para la industria manufacturera de Baja tecnología son más favorecedores tal y como lo demuestra Mendoza (2003) quien asegura que el área metropolitana de León, Guanajuato vio incrementado su nivel de empleo manufacturero de 1988 a 1998 en un 113 por ciento, en la industria del calzado, cuero y pieles, hule, vestido, plástico, celulosa, papel, imprenta y editoriales; industria clasificada aquí como de baja tecnología.

#### 5.4 Frontera estocástica: base de datos y aplicación

En esta parte de la investigación se busca obtener los niveles de eficiencia técnica de la industria manufacturera, según su estatus tecnológico, pero ahora con una Función de Producción de Frontera Estocástica siguiendo el modelo de Battese y Coelli (1995) con la finalidad de determinar las variables que influyen sobre la ineficiencia.

El modelo a estimar es el siguiente, el cual adopta una función Cobb-Douglas<sup>24</sup>:

$$y_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 K_{ijt} + \beta_2 L_{ijt} + v_{ijt} - u_{ijt} \quad (5.5)$$

donde  $i$  son los sectores de la industria manufacturera clasificados como de alta, media alta, media baja y baja tecnología,  $j$  representa las entidades federativas y  $t$  año de estudio,  $K$ <sup>25</sup> es el capital,  $L$ <sup>26</sup> es el factor trabajo,  $v_{ijt}$  y  $u_{ijt}$  representan el shock estocástico.

No obstante, la magnitud  $u_{ijt}$  determina la brecha de eficiencia, es decir, qué tan lejos está el producto de una industria de su potencial producción. Por lo que  $u_{ijt}$  y  $v_{ijt}$  son independientes de los regresores. Entonces, los efectos de ineficiencia técnica son estimados por:

---

<sup>24</sup> Al adoptar una función de producción tipo Cobb-Douglas, por su característica no lineal, requirió de la aplicación de logaritmos a todas las variables involucradas.

<sup>25</sup> La información que se consideró para aproximar la variable capital fue Activos Fijos Netos.

<sup>26</sup> Para el caso la variable trabajo se consideró información del Personal Ocupado.



$$u_{ijt} = \delta_0 + \delta_0 ESP_{ijt} + \delta_0 URB_{ijt} + \delta_0 LOC_{ijt} + w_{ijt} \quad (5.6)$$

donde  $ESP^{27}$  es el coeficiente de especialización especificado en la ecuación 4.2,  $URB^{28}$  es el coeficiente de urbanización delimitado en la ecuación 4.3 y  $LOC^{29}$  es el coeficiente de localización determinado por la ecuación 4.1.

El conjunto de datos utilizados para el cálculo de la eficiencia técnica, bajo Frontera Estocástica, fue obtenido de los Censo Económicos, 1989, 1994, 1999, 2004 y 2009 de INEGI<sup>30</sup> a nivel de subsector.

El *software* empleado fue Frontier 4.1<sup>31</sup> con el cual se estimaron 4 paneles de datos altamente desbalanceado, correspondientes a cada estatus tecnológico. El panel correspondiente a los sectores de Alta tecnología se consideró 140 observaciones para la industria de Media alta tecnología se contemplaron 140 observaciones. En tanto, para el panel de los subsectores de Media baja tecnología se tomaron 155 subsectores observaciones. Y la industria de Baja tecnología se consideró 150 observaciones.

#### **5.4.1 Modelo de efectos de ineficiencia técnica**

En el cuadro 5.9 se muestran los resultados de la función de producción de Frontera Estocástica para la industria manufacturera mexicana de la ecuación 5.5 y el modelo de ineficiencia técnica, ecuación 5.6, según su estatus tecnológico, en el periodo de 1988-2008.

---

<sup>27</sup> El coeficiente de especialización se obtuvo con información de Personal Ocupado de cada subsector para cada entidad federativa, así como el Personal Ocupado de cada subsector a nivel nacional.

<sup>28</sup> El coeficiente de urbanización se calculó con el total de población urbana en cada entidad federativa y el total de dicha población a nivel nacional.

<sup>29</sup> El coeficiente de localización se obtuvo considerando información del Valor agregado en cada subsector y entidad federativa, así como éste a nivel nacional.

<sup>30</sup> Para este nuevo cálculo también se tuvo que considerar reclasificación de la información de CMAP a SCIAN para los años 1988 y 1993.

<sup>31</sup> Software disponible de forma gratuita en <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier.htm>

**Cuadro 5.9 Estimación de la función de producción de Frontera Estocástica de la industria manufacturera, según su estatus tecnológico, 1988-2008**

Variable	Alta	Media alta	Media baja	Baja
<b>Ecuación de eficiencia</b>				
<b>Constatae</b>	10.2229 (0.9120)	15.8503 (0.2213)	16.4293 (0.7076)	9.6935 (61.9996)
<b>Capital</b>	0.1045 (0.0695)	0.0520*** (0.0190)	-0.0080 (0.0347)	0.3635*** (0.0402)
<b>Trabajo</b>	1.4830*** (0.1053)	0.1591*** (0.0355)	0.1851*** (0.0471)	0.9919*** (0.0714)
<b>Ecuación de ineficiencia</b>				
<b>Constatae</b>	2.1926 (1.6482)	2.2730*** (0.2272)	1.9045*** (0.4820)	0.1365 (61.9332)
<b>LOC</b>	-0.2875*** (0.0977)	-0.9244*** (0.0403)	-0.9596*** (0.0529)	-0.3487*** (0.0685)
<b>URB</b>	-0.5630 (0.3569)	0.0802 (0.0738)	0.0504 (0.0945)	0.1224 (0.0872)
<b>ESP</b>	-0.4007 (0.1888)	-0.0109 (0.0427)	-0.0161 (0.0584)	-0.1515* (0.0843)
<b>DD</b>	-1.5097*** (0.2750)	-2.2703*** (0.1035)	-2.1638*** (0.1393)	0.9804*** (0.1102)
<b>Sigma cuadrada</b>	0.2700***	0.0798***	0.1183***	0.0950***
<b>Gamma</b>	0.9999***	0.9999***	0.3999	0.0988
<b>Log-verosimilitud</b>	-106.1556	-21.0475	-54.1341	-36.3133
<b>Test LR</b>	201.6536	345.5867	255.8865	128.2425
<b>No. Restricciones</b>	5	5	5	5
<b>No. De sección cruzada</b>	28	28	31	30
<b>No. De periodos</b>	5	5	5	5
<b>Total de observaciones</b>	140	140	155	150

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI en base a los resultados obtenidos del programa FRONTIER 4.1 Nota: entre paréntesis se encuentra el error estándar y los niveles de significancia son 0.001\*\*\*, 0.05\*\* y 0.1\*

Con estos resultados de la ecuación de eficiencia demuestran la importancia de la variable trabajo para cada uno de los estatus tecnológicos y en menor media la variable capital, al ser significativa para el sector de Media alta y Baja tecnología.

No obstante los resultados son un tanto variantes en la ecuación de ineficiencia. La localización o concentración de la actividad económica contribuye en la disminución de la ineficiencia en cada estatus tecnológico. Por su parte la especialización es un factor relevante para la disminución de la ineficiencia en los sectores baja tecnología. En este punto se puede ratificar los resultados obtenidos

con el comportamiento del coeficiente de especialización en el periodo de estudio. Como se mostró en el cuadro 4.3 no hubo entidad federativa que se especializara en el sector de baja tecnología, por lo que dado el resultado de la regresión es de interés de política económica el fomento de la especialización en este sector, ya que ésta disminuye la ineficiencia técnica. Y la variable urbanización en esta ecuación no tiene efecto alguno sobre los niveles de ineficiencia de la manufactura.

De igual forma se prueba la hipótesis planteada inicialmente, al menos en los estatus de Alta, Media alta y Media baja tecnología en la cual la eficiencia incrementó después de la apertura comercial, contribuyendo así a la evidencia empírica en la comprobación de dicha hipótesis.

Con estos resultados se llegan a conclusiones similares a las encontradas por Kim (1997), Bannister y Stolp (1995), Aguilar (2011).

Sin embargo a diferencia del método DEA con esta otra metodología no se puede diferenciar los efectos año con año de la apertura comercial sobre la eficiencia de la industria manufacturera, no obstante se puede comprar la hipótesis planteada. Es necesario destacar que la variable  $\gamma$  mide la importancia relativa del componente de ineficiencia en el ajuste del modelo. Éste parámetro tiene la característica de asumir valores entre 0 y 1. Cuando  $\gamma \rightarrow 0$  los efectos de ineficiencia no tienen relevancia sobre los procesos productivos de los subsectores de la muestra y cuando  $\gamma \rightarrow 1$  los efectos de ineficiencia son relevantes en el análisis. En cada uno de los modelos el valor de  $\gamma$  es cercano a 1 solo en la industria de Alta y Media alta tecnología y estadísticamente significativos pero no de igual forma la industria de Media baja y Baja tecnología.

Hasta el momento se ha hecho una descripción de los resultados obtenidos tanto en las ecuaciones de Frontera Estocástica y de ineficiencia, sin embargo es necesario realizar pruebas de hipótesis para los parámetros del modelo de ineficiencia, dichas pruebas se presentan en el cuadro 5.10.

**Cuadro 5.10 Pruebas de hipótesis para los parámetros del modelo de ineficiencia**

Hipótesis nula	Log-verosimilitud	$X^2_6$	Test LR	Decisión
<b>Alta tecnología</b>				
$\gamma=\delta_0=\delta_1=\delta_2=\delta_3=\delta_4=0$	-106.1556	12.59	201.6536	Rechazar $H_0$
<b>Media-alta tecnología</b>				
$\gamma=\delta_0=\delta_1=\delta_2=\delta_3=\delta_4=0$	-21.0475	12.59	345.5867	Rechazar $H_0$
<b>Media-baja tecnología</b>				
$\gamma=\delta_0=\delta_1=\delta_2=\delta_3=\delta_4=0$	-54.1341	12.59	255.8865	Rechazar $H_0$
<b>Baja tecnología</b>				
$\gamma=\delta_0=\delta_1=\delta_2=\delta_3=\delta_4=0$	-36.3133	12.59	128.2425	Rechazar $H_0$

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados del programa Frontier 4.1.

Como se mencionó con anterioridad el valor de  $\gamma$  en cada modelo no es cercano a la unidad, pero los resultados obtenidos de las pruebas asintóticas de razón de verosimilitud permiten rechazar la hipótesis nula, con un nivel de significancia del 5 por ciento, para cada modelo de acuerdo a su estatus tecnológico, dando evidencia de la existencia de efectos de ineficiencia de manera global en cada modelo, es decir, que la mayor parte del error aleatorio se explica por la varianza en la ineficiencia técnica de los subsectores. En consecuencia, la ineficiencia técnica es una parte importante para la explicación de las variaciones en los niveles de producción de la industria manufacturera.

En este último capítulo se presentan los datos, los métodos y los resultados que se obtuvieron con ambas metodologías, así como la incorporación de dos modelos de regresión que permiten revisar qué factores influyen sobre los niveles de eficiencia técnica. Dentro de los resultados, éstos discrepan entre una metodología y otra. No obstante, terminan siendo un buen ejercicio para la diferenciación entre cada método aplicado.

Uno de los resultados en los que sí concuerdan ambas metodologías es que la eficiencia técnica es mayor en el periodo posterior al TLCAN y los niveles de ineficiencia son menores, en la mayoría de los sectores industriales.

A continuación se da las conclusiones generales de la investigación.

## CONCLUSIONES

La producción manufacturera en México en su momento fue pieza clave en el crecimiento económico regional o nacional; pero tras la apertura comercial ésta ha presentado cambios trascendentales en sus niveles de eficiencia en función de la intensidad tecnológica, debido a la competencia que trajo consigo esta medida.

Con la finalidad de probar que los niveles de eficiencia se incrementaron tras la apertura comercial, al menos en los sectores con un nivel tecnológico más alto, y si elementos como la urbanización y la especialización influyen sobre los niveles de eficiencia de la manufactura mexicana, se estimaron los niveles de eficiencia mediante el método no paramétrico denominado Análisis Envolvente de Datos (DEA) para posteriormente emplear estos resultados y verificar la hipótesis aquí planteada mediante una análisis de regresión.

Los resultados sugieren que las entidades que presentaron mayores niveles de eficiencia fueron aquellas pertenecientes a la región del sur del país y su grado tecnológico está entre alta, media alta y media baja. Sin embargo, existen entidades de la frontera norte que a pesar de no presentar altos niveles de eficiencia reflejan el surgimiento de centros industriales a raíz de la liberalización comercial, tal cual lo plantean varios autores. Pero la eficiencia en el sector de baja tecnológica presentó un comportamiento más heterogéneo a lo largo del periodo principalmente en las zonas urbanas más grandes del país (Distrito Federal, México y Jalisco).

Asimismo, con el análisis de regresión se confirmó que los niveles de eficiencia fueron mayores después de la apertura comercial en los sectores de Alta, Media alta y Media baja tecnología. También se encontró que la eficiencia de los sectores de Media baja y Baja tecnología está influenciada por el grado de especialización con que cuente cada sector. Y la eficiencia de los sectores de Alta y Media alta tecnología están asociadas con el nivel de urbanización de las entidades federativas.

Al considerar la interacción entre las variables en el primer modelo de regresión se encontró que los sectores de Alta y Baja tecnología presentan dicho comportamiento, es decir se presenta una relación positiva entre los niveles de eficiencia y la interacción urbanización después de la apertura comercial, la especialización después de la liberalización y la interacción urbanización y especialización. Comprobando que existen efectos de economías de aglomeración derivados de una relocalización de la industria después de la apertura comercial, lo cual concuerda con la Nueva Geografía Económica y la evidencia empírica a favor de la relocalización industrial.

Por su parte la estimación de la función de producción de Frontera Estocástica con el modelo de efectos de ineficiencia permite determinar otros factores de influencia sobre la eficiencia como es la localización y la especialización. No nos permite hacer la misma conclusión que con el análisis de regresión en el cual se observa un incremento en la eficiencia técnica después de la apertura comercial, pero sólo en los primeros años de incorporarse el país a la economía global, ya que sólo se observa una disminución de la eficiencia en la industria de Alta, Media alta y Media baja tecnología

Es necesario anticipar medida de política industrial y tecnología que tomen en cuenta la naturaleza evolutiva de las industrias y la situación de avance o rezago tecnológico por el que atraviesa cada una.

La política industrial debe enfocarse en desarrollar *clusters* competitivos, partiendo de sus diferentes potencialidades. Tales como: la trayectoria de los cambios técnicos y la fase de ciclo en la que se encuentran sus tecnologías principales; la importancia de las economías de escala; las ventajas de integración derivadas de posibilidad de recursos naturales y las de integración que impulsen el desarrollo de ciertas líneas de oferentes especializados y de industrias basadas en ciencia; las economías de aglomeración y alcance de las cadenas productivas que integran el *cluster* y la aportación potencial de las alianzas estratégicas entre empresas en el *cluster*.

## BIBLIOGRAFÍA

Acevedo Villalobos, M. C. y Ramírez Vallejo, J., (2005), Diferencias regionales en la eficiencia técnica del sector confecciones en Colombia: un análisis de frontera estocástica, *Innovar*, Vol. 15, Núm. 26, pp. 90-105.

Afriat, S.N., (1972), Efficiency Estimation of Production Functions, *International Economic Review*, Vol. 13, No. 3, pp. 568-598.

Aguilar, G., (2011), Eficiencia industrial en las regiones de México, *EconoQuantum*, Vol. 7, Núm. 2, pp. 93-113.

Aigner, D.J. y Chu, S.F., (1968), On Estimation the Industry Production Function, *American Economic Review*, Vol. 58, No. 4, pp. 826-839.

Aigner, D.J., Lovell, C.A.K y Schmidt, P., (1977), Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics*, Vol. 6, Núm. 1, pp. 21-37.

Álvarez, I., Becerril, O., Del Moral, L. y Vergara, R., (2008), Aplicación del Data Envelopment Analysis a la delimitación de la frontera tecnológica en México (1970-2003), Enlaces: *revisa del CES Felipe II*, Núm. 8, ISSN 1695-8543.

Banker, R. D., Charnes, A. y Cooper, W. W., (1984), Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, Vol. 30, Núm. 9, pp. 1078-1092.

Bannister, G.J.; Stolp, C., (1995), Regional concentration and efficiency in Mexican manufacturing, *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, pp. 672-690.

Batra, G. y Tan, H., (2003), *SME Technical Efficiency and its Correlates: Cross National Evidence and Policy Implications*, World Bank Institute, Washington.

Battese, G.E. y Coelli, T.J., (1988), Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies With a Generalized Frontier Production Function and Panel Data, *Journal of Econometrics*, Vol. 38, Núm. 3, pp. 387-399.

Battese, G.E. y Coelli, T.J., (1995), A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data, *Empirical Economics*, Vol. 20, Núm. 2, pp.325-332.

Battese, G.E., Coelli, T.J. y Colby, T.C., (1989), Estimation of Frontier Production Functions and the Efficiencies of Indian Farms Using Panel Data From ICRISAT's Village Level Studies, *Journal of Quantitative Economics*, Vol. 46, Núm. 33, pp. 39-56.

Becerril, O., Álvarez, I., Del Moral, L., (2009), Do infrastructures influence the convergence of efficiency in Mexico?, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 32, Núm. 1, pp. 120-137.

Becerril-Torres, O, Álvarez, I., Vergara, R. y Del Moral, L., (2011), Frontera tecnológica y eficiencia técnica sectorial en México: un análisis envolvente de datos, *Ciencias Económicas*, Vol. 30, Núm. 1, pp. 135-146.

Bernal Verdugo, L. E., (2009), Frontera de Producción Estocástica y eficiencia técnica en la industria manufacturera mexicana, *Gaceta de Economía*, Vol. 15, Núm. 26, pp. 53-94.

Braun, F., y Cullmann, A., (2011), Regional differences of production and efficiency of Mexican manufacturing: an application of nested and stochastic frontier panel Models, *The Journal of Developing Areas*, Vol. 45, pp. 291-311.

Calderón, C. y Mendoza, J.E., (2000), Demanda regional de trabajo en el industria maquiladora de exportación en los estados de la frontera norte, *Frontera Norte*, Vol. 13, Núm. 24, pp. 59-83.

Chamboux-Leroux, J. I., (2001), Efectos de la Apertura Comercial en las Regiones y la Localización Industrial en México, *Comercio Exterior*, Núm. 7, pp. 600-609.



Coelli, T.J., (1992), A computer Program for Frontier Production Function Estimation: FRONTIER, Version 2.0, *Economics Letters*, Vol. 39, Núm. 1, pp. 29-32.

Coelli, T.; Prasada, D.; Battese, G., (1998), *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Kluwer Academic Publishers.

Coll- Serrano, V. y Blasco-Blasco, O., (2011), Análisis comparativo de la eficiencia de la PYME textil española: una aproximación al efecto de la liberalización en el periodo 2004-2006, *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, Vol. 12, pp. 33-52.

Corona Jiménez, M. A., (2003), Efectos de la globalización en la Distribución Espacial de las Actividades Económicas, *Comercio Exterior*, Núm. 53, pp. 48-56.

Charoenrat, T., Harvie, C. y Amornkitvikai, Y., (2013), Thai manufacturing small and medium sized enterprise technical efficiency: Evidence from firm-level industrial census data, *Journal of Asian Economics*, Vol. 27, pp. 42-56.

Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E., (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, Vol. 3, Núm.4, pp. 429-444.

Chávez, J. C. y Fonseca, F. J., (2012), Eficiencia Técnica y Estructural de la Industria Manufacturera en México: un enfoque regional, *Working Paper*, N° 2012-03, Banco de México.

Christaller, W., (1933), *Central Places in Southern Germany*, Jena (Alemania), Fischer, Trad. Inglesa de C. W. Baskin, Londres, Prince Gall, 1966.

Debreu, G., (1951), The coefficient of resource utilization, *Econometrica*, Vol. 19, Núm. 3, pp. 273-292.

Decuir-Viruez, L., (2003), Institutional Factors in the Economic Growth of Mexico. *43<sup>rd</sup> ERSA Congress 2003 on Peripheries, Centres, and Spatial Development in the New Europe*, University of Jyvaskyla, Finland.

Deprins, D., Simar, L. y Tulkens, H., (1984), Measuring labor inefficiency in post offices, *The performance of public enterprises: Concepts and Measurements*, M. Marchand, P. Pestieau y H. Iblkens (eds), Amsterdam, North Holland, pp. 243-267.

Din, M., Ghani, E. y Mahmood, T., (2007), Technical Efficiency of Pakistan's Manufacturing Sector: A Stochastic Frontier and Data Envelopment Analysis, *The Pakistan Development Review*, Vol. 46, Núm. 1, pp. 1-18.

Dosi, G., (1982), Technological paradigms and Technological Trajectories, *Research Policy*, Vol. 11, Núm.3, pp. 147-162.

Fan, Y., Li, Q. y Weersink, A., (1996), Semiparametric estimation of stochastic production frontier models, *Journal of Business Economic Statistics*, Vol. 14, Núm. 4, pp. 460-68.

Farrell, M. J., (1957), The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A*, Vol.20, Núm. 3, pp. 253-290.

Fogarty, M. S y Garofalo, G.A., (1978), Urban spatial structure and productivity growth in the manufacturing sector of cities, *Journal of Urban Economics*, Vol. 23, pp. 60-70.

Fu, X. y Gong, Y., (2000), International and Intranational Technological Spillover and Productivity Growth in China, *Asian Economic Papers*, Vol. 8, Núm. 2, pp. 1-23.

Fuentes, H.J. y Armenta, L., (2006), Las políticas públicas y la productividad: del diagnóstico a la solución efectiva. El caso de San Mateo Atenco, *Análisis Económico*, Vol. 21, Núm. 47, pp. 281-306.

Fujita, M., Krugman, P., Venables, A.J., (1999), *Economía espacial. Las ciudades, las regiones y el comercio internacional*, Ariel Economía, España.

Garcia Ramon, M. D. (1976), Valor actual del modelo de Von Thünen y dos comprobaciones empíricas, *Revista de Geografía*, Núm. 10(1-2), pp. 11-33.

González, E. y Álvarez, A., (2001), From efficiency measurement to efficiency improvement: The choice of a relevant benchmark, *European Journal of Operational Research*, Vol. 133, Núm. , pp. 512-520.

González-Araya, M. y Valdés, N., (2009), Método de selección de variables para mejorar la discriminación en el análisis de eficiencia aplicando modelos DEA, *Ingeniería Industrial*, Año 8, Núm. 2, pp. 45-56.

Gómez, J. M., Mancebón, M. J. (2005), Algunas reflexiones metodológicas sobre la evaluación de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior. *Ekonomiaz*, Vol I, Núm. 60, pp.141-166.

Gordo, E., Gil, M. y Pérez, M., (2003), Los efectos de la integración económica sobre la especialización y distribución geográfica de la actividad industrial en los países de la UE, *Banco de España, Documentos Ocasionales*, Núm. 303.

Glaeser, E., Kallal, H., Scheinkman, J. and Shleifer, A., (1992), Growth in Cities, *Journal of Political Economy*, Vol. 100, Núm. 6, pp. 1126-1152.

Goodall, B. 1977. *La economía de las zonas urbanas*, Instituto de Estudios de Administración Local Colección Nuevo Urbanismo, Madrid

Greene, W.H., (1992), *LIMDEP Version 6.0 User's Manual and Reference Guide*, Econometric Software Inc., New York.

Gumbau, M., (1998), La eficiencia técnica de la industria española, *Revista Española de Economía*, Vol. 15, Núm.1, pp. 67-84.

Hall, P. y Simar, L., (2000), Estimating a change point, boundary or frontier in the presence of observation errors, Discussion Paper, n 0012, Institute de Statische, UCL, Louvaine-la-Neuve, Belgium.

Hanson, G., (1997), Increasing returns, trade and the regional structure of wages, *The Economic Journal*, Vol.,107, Núm. 404, pp. 113-133.

Hassan, M., Isik, I. y Mamun, A., (2010), Trade liberalization and industry performance in Bangladesh, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 32, pp. 399-417.

Henderson, J., (1974), The sizes and types of cities, *American Economic Review*, Vol. 64, Núm. 4, pp. 640-656.

Herrera, M.T., (2012), Eficiencia técnica y empleo: criterios de elección de progreso técnico en el sector manufacturero de México, *Análisis económico*, Vol. 27, Núm. 66, pp.150-196.

Hoover, E., (1948), *The Location of Economic Activity*, Mc. Graw Hill, Nueva York.

Hufbauer, G.C., (1966), *Synthetic Material and the Theory of International Trade*, London Gerald Duckworth&Co.LTD.

Iyer, K., Rambaldi, A, Ki Tag, K., (2008), Efficiency externalities of trade and alternative form of foreign investment in OECD countries, *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 23, No. 6, pp. 749-766.

Jaforullah, M., (1996), Technical Efficiencies of Some Manufacturing Industries of Bangladesh: An Application of the Stochastic Frontier Production Function Approach, *The Bangladesh Development Studies*, Vol. 24, Núm. ½, pp. 131-149.

Jajri, I y Ismail, R., (2007), Technical efficiency, technological change and total factor productivity growth in Malaysian manufacturing sector, University of Malaya, MPRA Paper No. 1956, posted 28, February 2007.

Kaldor, N., (1970), *The case for regional policies*, Scottish Journal of Politician Economy, Vol. 17, pp. 337-348.

Kim, C.S., (1997), Los efectos de la apertura comercial y de la inversión extranjera directa en la productividad del sector manufacturero mexicano, *El Trimestre Económico*, Vol. 64, No.3, pp. 265-290.

Kim, S., (2003), Identifying and Estimating Sources of Technical Inefficiency in Korean Manufacturing Industries, *Contemporary Economic Policy*, Vol. 21, Núm. 1, pp.132-144.

Kim, J., (2008), Regional Convergence and Efficiency in Korea, *Applied Economics Letters*, Vol. 15, Núm. , pp.57-60.

Koopmans, T. C., (1951), Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, *Activities Analysis*, pp. 33-97.

Krieger-Boden, C., (2000), Globalization, Integration and Regional Specialization, *Kiel Institute of World Economics*, Working paper Núm. 1009. Germany.

Krugman, P., (1992), *Geografía y Comercio*, Ed. Antoni Bosh, España.

Kumbhakar, S.C., (1990), Production Frontier, Panel Data and Time-Varying Technical Inefficiency, *Journal of Econometrics*, Vol. 46, Núm. 1-2, pp. 201-211.

Kumbhakar, S., Ghosh, S. y McGuckin, J., (1991), A generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms, *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 9, Núm.3 , pp. 279-286.

Kumbhakar, S. y Tsionas, E., (2006), Estimation of stochastic frontier production functions with input-oriented technical efficiency, *Journal of Econometrics*, Vol. 133, pp. 71-96

Lall, P., Featherstone, A., Norman, D., (2000), Productive Efficiency and Growth Policies for the Caribbean, *Applied Economics*, Vol. 32, No.11, pp. 1483-1493.

Lemelin, A., (2004), *Métodos cuantitativos de las ciencias sociales aplicados a los estudios urbanos y regionales*, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Dirección General de Fomento Editorial, México.

List, F., (1841), National System of Politician Economy, Philadelphia, J.B. Lippincott and Co., 1856.

Livas, R. y Krugman, P., (1992), Trade Policy and The Third World Metropolis, NBER working paper series (4238).

Lösch, A., (1940), *The Economics of Location*, Jena Fischer, Trad. Ingresá: New Haven (CT), Yale University Press, 1954.

Madheswaran, S., Liao, Gh. y Narayan, B., (2007), Productivity Growth of Indian Manufacturing Sector: Panel Estimation of Stochastic Production Frontier and

Technical Inefficiency, *The Journal of Developing Areas*, Vol. 40, Núm. 2, pp. 35-50.

Malmquist, S., (1953), Index numbers and indifference surfaces, *Trabajos de Estadística*, Vol. 4, pp.209-242.

Marshall, J., (1920), *Principles of Economics*, Londres, Macmillan.

Margono, H. y Sharma, S. (2006), Efficiency and Productivity Analyses of Indonesian Manufacturing Industries, *Journal of Asian Economics*, Vol. 17, Núm. 6, pp. 979-995.

Meeusen, W. y van den Broeck, J., (1977), Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error, *International Economic Review*, Vol. 18, Núm. 2, pp.435-444.

Mendoza, E. y Martínez, G., (1999), Un modelo de externalidades para el crecimiento manufacturero regional, *Estudios Económicos*, Vol. 14, Núm. 2, pp.231-263.

Mendoza, J.E., (2002), Agglomeration Economies and Urban Manufacturing Growth in Northern Border Cities of Mexico, *Economía Mexicana*, Vol. 11, pp. 163-190.

Mendoza, E., (2003), Especialización manufacturera y aglomeración urbana en las grandes ciudades de México, *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. 4, Núm. 13, pp. 95-126.

Messner, D., (1996), Dimensiones espaciales de la competitividad internacional, *Revista Latinoamericana de Estudios de Trabajo*, Vol. 2, Núm. 3, pp. 13-40.

Meyer–Stamer, J., (2000), Estrategias de desarrollo local y regional: clusters, política de localización y competitividad sistémica, *El Mercado de Valores*, Vol. 9, Núm. , pp. 18–31.

Mills, E. (1967), An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area, *American Economic Review*, Vol. 57, Núm. 2, pp. 192-210.

Milner, C. y Weymna-Jones, T., (2003), Relative National Efficiency and Country Size: Evidence for Developing Countries, *Review of Development Economics*, Vol. 7, No.1, pp.1-14.

Moomaw, R. L., (1981), Productivity and city size: a critique of the evidence, *Quartely Journal of Economics*, Vol. 96, pp. 675-688.

Nelson, R. y Winter, S., (1977), In Search of a Useful Theory of Innovation, *Research Policy*, Vol. 6, Núm. 1, pp. 36-77.

OECD, (2001), *OECD Science, technology and industry scoreboard: towards a knowledge-based economy*, Organization for economic co-operation and development, Paris, France.

Önder, Ö., Deliktas, E. y Lenger, A., (2003), Efficiency in the Manufacturing Industry of Selected Provinces in Turkey: A Stochastic Frontier Analysis, *Emerging Markets Financie & Trade*, Vol. 39, Núm. 2, pp. 98-113.

Pasinetti, L.L., (1981), *Structural Change and Economic Growth. A theoretical essay on the dynamics of the wealth of nations*. Cambrigde University Press.

Perdomo, J. A. y Mendieta, J. C., (2007), Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos, *Desarrollo y Sociedad*, Vol. 60, pp.1-45.

Pérez, J.A. y Vela F., (2008), Cambio en la concentración industrial manufacturera en el contexto de apertura comercial de México, 1980-2003, *Análisis Económico*, Vol. 32, Núm. 52, pp. 220-242.

Pitt, M. M. y Lee, L.F., (1981), Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry, *Journal of Development Economics*, Vol. 3, Núm. 1, pp.43-64.

Posner, M. V., (1961), International trade and technical change, *Oxford Economics Papers*, Vol. 13, Núm. 3, pp. 323-341.

Raffo, E. y Ruiz, E., (2005), Fronteras de Eficiencia para operadores de decisiones. *Industrial Data*, Vol. 8, Núm. 2, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Ray, S., (2002), Did India's Economic Reform improve Efficiency and Productivity? A Nonparametric Analysis of the Initial Evidence from Manufacturing, *Indian Economic Review, New Series*, Vol. 37, Núm. 1, pp. 23-57.

Ricardo, D., (1817), *On the Principles of Political Economy and Taxation*, Reprinted 1948. London: J.M. Dent & Sons.

Richmond, J., (1974), Estimating the Efficiency of Productions, *International Economic Review*, Vol. 15, No.2, pp. 515-521.

Rodrik, D., (1992), Closing the Productivity Gap. Does Trade Liberalization Really Help? En *Trade Policy, Industrialization and Development: New Prospectives* (Gerarld K. Helleiner, Editor). Oxford, England: Clarendon Press, pp. 155-175.

Rosenberg, N., (1976), *Perspective of Technology*, Cambridge University Press.

Ruiz Durán, C., (1997), Lo territorial como estrategia de cambio. En *Pensar globalmente y actuar regionalmente. Hacia un nuevo paradigma industrial para el siglo XXI*, editado por Enrique Dussel Peters, Michael Piore y Clemente Ruiz Durán, 433–463. México: Universidad Autónoma de México, Fundación Friedrich Ebert, Editorial Jus.

Sánchez Gamboa, J. M. y Bracamontes Sierra, A., (2006), Aglomeraciones industriales y desarrollo económico en el caso de Hermosillo, 1998, *Frontera Norte*, Vol. 18, Núm. 36, pp. 87-124.

Sánchez-Reaza, J. y Jordaan, J., (2004), Industrial Diversity and Specialisation in Mexican Regions under Free Trade, *Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE)*, pp. 1-15.

Schmidt, P., (1976), On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 58, No.2, pp.238-239



Schmidt, G y Champion, P., (2004), Análisis de la eficiencia en el sector manufacturero italiano, el enfoque de la frontera estocástica, II Congreso Nacional de Estudiantes de Postgrado en Economía, Bahía Blanca, Argentina, 26 y 27 de mayo.

Serra, J., (2010), La apertura comercial en *Los grandes problemas de México* Coord. Alejandro Castañeda Sabido, Colegio de México: 175-211.

Segal, D., (1976), Are There Returns to Scale in City Size?, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 58, pp. 339-350.

Simonis, D., (2002), The New Economic Geography: a survey of the literature, *Federal Planning Bureau*, Working paper 16-02.

Shafaeddin, M., (2006) Does Trade Openness Favour or Hinder Industrialization and Development, *Paper prepared for the Intergovernmental Group of Twenty Four International Monetary Affairs*, Technical Group meeting, Geneva, 16-17 March.

Sahoo, B. K. y Nauriyal, D.K., (2014), Trends in and determinations of technical efficiency of software companies in India, *Journal of Policy Modeling*, por publicarse.

Shefer, D., (1973), Localization economies in SMSAs: A production function analysis, *Journal of Regional Science*, Vol. 13, pp. 55-64.

Shephard, R.W., (1953), *Cost and Production Functions*, Princeton University Press

Smith, A., (1776), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, University of Chicago Press.

Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E., Meza, L.A., y Lins, M.P.E., (2004), Selección de variables para el incremento del poder de discriminación de los modelos DEA. *Revista Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, Vol. 24, pp. 40-52.

Sveikauskas, L., (1975), The productivity of cities, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 89, pp. 393-413.

Tabuchi, T., (1986), Urban agglomeration, capital augmenting technology, and labor market equilibrium, *Journal of Urban Economics*, Vol. 20, pp. 211-228.

Tansini, R. y Triunfo, P., (1998), Eficiencia técnica y apertura externa en el sector manufacturero Uruguayo, Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Sociales, Documento de Trabajo N° 4/98. Montevideo.

Vernon, R., (1966), International investment and international trade in the product cycle, *Quarterly Journal Economics*, Vol. 80, Núm. 2, pp.190-207.

Von Thünen, J.H., (1826), *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landschaft und Nationalökonomie*, Hamburgo, Trad. Inglesa de C.M. Wartenberg, Von Thünen's Isolated State, Oxford, Pergamon Press, 1966.

Weber, A., (1909), *Urber don Standort der Industrien*, Tübingen, J.C. B. Monhr.

Wu, H-L., (2005), A DEA Approach to Understanding the Performance of Taiwan's steel industries 1970-1996, *Asia Pacific Management Review*, Vol. 10, Núm. 6, pp. 349-356.

Yang, S., Chen, K. y Huang, T., (2013), Outward foreign direct investment and technical efficiency: Evidence from Taiwan's manufacturing firms, *Journal of Asian Economics*, Vol. 27, pp. 7-17.

Zhu, J., (2002), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets and DEA Excel Solver*, Kluwer Academic Publishers, Boston.