

Determinantes tecnológicos de las decisiones de inversión: un análisis de la industria manufacturera mexicana

Technological determinants and investment decisions:
a Mexican manufacturing industry analysis

Celina López Mateo*, Martha Ríos Manríquez*, Rubén Molina Sánchez*

RESUMEN

En este trabajo se analiza la influencia de determinantes tecnológicos en las decisiones de inversión de las empresas manufactureras mexicanas. Se utilizan estimaciones de eficiencia obtenidas a partir del Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), así como indicadores tecnológicos para las regresiones a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). El análisis se realiza partiendo de datos de corte transversal. La evidencia empírica sugiere que la eficiencia técnica a partir de los factores productivos capital y trabajo puede incentivar los niveles de inversión.

ABSTRACT

The influence of technological determinants on the investment decisions of Mexican manufacturing firms is discussed in this work. Efficiency estimates obtained from the Data Envelopment Analysis (DEA) and technology indicators for the regressions through Ordinary Least Squares (OLS) are used to develop the study. The analysis is based on cross-sectional data. Empirical evidence suggests that the technological efficiency that arises from productive factors (capital and labor) may encourage investment.

INTRODUCCIÓN

Desde una perspectiva microeconómica, la empresa en su toma de decisiones enfrenta límites establecidos por sus clientes, por la competencia y por la naturaleza. En este sentido, las restricciones impuestas por la naturaleza radican en que sólo existen ciertas combinaciones de factores viables para obtener una cantidad dada de producto, por lo que las empresas deben adecuarse a combinaciones que sean factibles desde el punto de vista tecnológico.

De esta forma, en la teoría microeconómica se asume que la relación entre *inputs* y *outputs* puede aproximarse a través de una función de producción que es conocida para la empresa. Por lo general, se consideran como *inputs* el capital y el trabajo.

Los niveles de eficiencia de una empresa dependen de la elección entre las diferentes combinaciones de capital y trabajo para conseguir un determinado nivel de producción. Farrell (1957) fue el pionero en introducir un marco teórico básico para estudiar y medir la eficiencia. Propuso que la eficiencia sea analizada desde una perspectiva real y no ideal, donde cada empresa o unidad de análisis sea evaluada en relación con otras tomadas de un grupo representativo y homogéneo. Así, la medida de la eficiencia será relativa y no absoluta, donde la medida de eficiencia de una unidad determinada corresponde a una expresión de la desviación observada respecto a aquéllas consideradas como eficientes.

Recibido: 30 de noviembre de 2012
Aceptado: 7 de enero de 2014

Palabras clave:

Inversión; tecnología; manufacturas.

Keywords:

Investment; technology; manufacture.

Cómo citar:

López Mateo, C., Ríos Manríquez, M. & Molina Sánchez, R. (2014). Determinantes tecnológicos de las decisiones de inversión: un análisis de la industria manufacturera mexicana. *Acta Universitaria*, 24(NE-1), 3-12. doi: 10.15174/au.2014.705

* Departamento de Finanzas y Administración, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato. Av. Ing. Javier Barros Sierra 201, Ejido Santa María del Refugio, Celaya, Guanajuato, México, C.P. 38110. Tel.: (461) 598 5922, ext.: 1675; fax: (461) 598 5922, ext. 1617. Correos electrónicos: celinalm@gmail.com; mrm200mr@gmail.com; humanaruben@gmail.com

La eficiencia técnica consiste en obtener la máxima producción física factible, dada la tecnología existente, a partir de cierta cantidad de insumos (Sengupta, 2000). Posteriormente, Banker, Charnes & Cooper (1984) dividieron la *eficiencia técnica* (o eficiencia técnica global) en *eficiencia técnica pura* y *eficiencia de escala* al incorporar los rendimientos variables a escala (VRS). Los rendimientos constantes a escala (CRS) son apropiados cuando se supone que todas las empresas producen a una escala óptima. Sin embargo, la competencia imperfecta y otros límites (como pueden ser los financieros) ocasionan que las empresas no se encuentren en la escala óptima.

En este sentido, la eficiencia técnica pura muestra en qué medida la unidad productiva analizada está extrayendo el máximo rendimiento de los recursos físicos a su disposición. Por su parte, la eficiencia de escala es relevante cuando la tecnología de producción presenta rendimientos de escala variables. Este tipo de eficiencia muestra si la unidad productiva analizada ha logrado alcanzar el punto óptimo de escala (Sengupta, 2000).

La metodología del Análisis Envolvente de Datos (DEA)¹ se utiliza para la medición de la eficiencia. La mayoría de los estudios empíricos que analizan la eficiencia a través de dicha metodología se centran en el análisis de grupos de empresas de industrias específicas, como la eléctrica, banca, educación y transportes, por mencionar algunas.

La eficiencia es un factor esencial para las empresas del sector manufacturero. Asimismo, otro elemento importante de la promoción del desarrollo industrial en economías emergentes es la inversión. Entre los argumentos señalados para el caso específico de México se tiene que un comportamiento dinámico de la inversión es indispensable para modernizar y hacer más eficiente el aparato productivo nacional. Asimismo, se indica que la evolución de la capacidad competitiva del sector manufacturero depende de la pauta de la formación de capital fijo, que para los fines de esta investigación será considerado como un indicador de la inversión (Ul Haque, 2007).

Asimismo, un elemento en discusión en relación con la política industrial en países en desarrollo es el referente a las diferencias de tecnología, es decir, si éstas pueden explicar la elección de los factores de producción. A lo anterior, además, se agrega el tamaño de la empresa, ya que, por lo general, las empresas pequeñas se identifican con tecnologías intensivas en

mano de obra, mientras que las grandes empresas se relacionan con tecnologías intensivas en capital (Söderbom & Teal, 2004).

En el mismo orden de ideas, Lall (2000) hace un análisis de la estructura tecnológica de las empresas manufactureras y su relación con la eficiencia. En este trabajo se desarrolla una clasificación para manufacturas de países en desarrollo (el caso de México) que se basa en la actividad tecnológica y en el uso de los factores productivos capital y trabajo. Se consideran cuatro grupos: *i*) manufacturas a partir de recursos naturales, *ii*) manufacturas de baja tecnología, *iii*) manufacturas de tecnología intermedia y *iv*) manufacturas de alta tecnología.

Para el caso de México, se cuenta con el trabajo de Brown & Domínguez (2004), quienes analizan la evolución de la productividad de la industria manufacturera durante el periodo de 1984 a 2000. Las autoras sugieren que las políticas orientadas a mejorar el rezago tecnológico de las empresas han sido insuficientes. Analizan las características de la marcha del proceso de modernización de la industria mexicana y los aspectos preocupantes que este proceso involucra, como la inestabilidad del desempeño industrial y su carácter selectivo. Bajo esta lógica, Ul Haque (2007) propone replantear la política industrial en economías emergentes.

A una conclusión similar llegan Padilla & Guzmán (2010) en su análisis regional de las manufacturas mexicanas durante el periodo de 1993 a 2007. Señalan que los cambios en la productividad no se han originado por el cambio tecnológico, sino por otros factores como el cambio en la eficiencia técnica y el cambio en las economías de escala.

En el trabajo de Söderbom & Teal (2004) se analizan empresas manufactureras de Ghana durante el periodo de 1991 a 1997. Los autores encuentran que las diferencias en la elección de factores (ser intensivas en capital o trabajo) en las empresas de diferente tamaño no reflejan las diferencias de tecnología, sino que se deben a los precios de los factores de producción.

En síntesis, se tiene que la eficiencia de los factores de producción (capital y trabajo) basada en la estructura tecnológica de las empresas influye en las decisiones de inversión. La tecnología se comporta como una restricción de la naturaleza en la toma de decisiones de la empresa. Asimismo, no se debe dejar de lado en el análisis de los determinantes de las decisiones de inversión

¹ Del inglés *Data Envelopment Analysis*.

tres variables importantes: tamaño, flujo de efectivo y oportunidades de inversión (Adelegan & Ariyo, 2008; Bokpin & Onumah, 2009; Ughetto, 2008).

De esta forma, el objetivo de este trabajo es analizar la tecnología y la eficiencia de los factores productivos (capital y trabajo) como determinantes de las decisiones de inversión en las empresas manufactureras mexicanas. Para ello, se estima un modelo econométrico de variables dicótomas que incluye como variables de control: flujo de efectivo, tamaño y oportunidades de inversión.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se desarrolla el diseño metodológico de la investigación. Particularmente, se presenta el modelo DEA, así como el modelo econométrico utilizado para analizar la relación existente entre la contribución del capital y el trabajo a la eficiencia y las decisiones de inversión en empresas manufactureras mexicanas. Además, se realiza una descripción de la base de datos, al igual que de las variables utilizadas.

Derivado del planteamiento teórico, se tiene que desde una perspectiva microeconómica la tecnología impone límites al comportamiento de la empresa (Varian, 1993). A partir de este enfoque, la tecnología puede explicar las decisiones de inversión. De acuerdo con lo anterior, en el diseño de la investigación se plantean las siguientes hipótesis específicas:

- i. La contribución de los factores de producción (capital y trabajo) influye en las decisiones de inversión de las empresas manufactureras mexicanas.
- ii. Las diferencias en la estructura tecnológica influyen en las decisiones de inversión de las empresas manufactureras mexicanas.
- iii. Las características de la industria (oportunidades de inversión) explican las decisiones de inversión de las empresas manufactureras mexicanas.
- iv. Las características de las empresas (tamaño y flujo de efectivo) influyen en las decisiones de inversión de las empresas manufactureras mexicanas.

Base de datos

Se utilizan datos de los Censos Económicos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía

(INEGI) a nivel nacional. La información publicada emplea la metodología del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). La información de los Censos Económicos no se encuentra publicada a nivel de establecimiento, sino por grupos de empresas, ello por cuestiones de confidencialidad. Por esta razón se tuvo que procesar la información para obtener empresas representativas por subrama. Se obtuvieron cuatro empresas representativas de acuerdo con la clasificación oficial² (por tamaño) para la industria manufacturera: micro, pequeña, mediana y grande.

Modelos DEA

Los fundamentos de Farrell (1957) han podido trasladarse a su aplicación a través de la metodología DEA. En este método se establece la formulación del modelo, y su solución calcula la frontera de producción como una envolvente a los datos, al tiempo que se determina si cada una de las unidades de análisis (DMU)³ pertenece o no a la frontera. Este método se adapta a contextos multiproductos, e incluso de ausencia de precios.

Este método ubicado dentro de los métodos de frontera no paramétrica (no requiere de una especificación de forma funcional) se sustenta en el concepto de *eficiencia* ofrecido por la teoría microeconómica. El DEA se enfoca en el estudio de la eficiencia desde un punto de vista interno, es decir, desde la utilización de los recursos, pero siempre en relación con la forma en que están siendo utilizados por otras empresas similares.

El desarrollo inicial de los modelos DEA se remonta al modelo propuesto por Charnes, Cooper & Rhodes (1978), respaldados por el trabajo preliminar de Farrell (1957). Este modelo funciona con CRS. Posteriormente, Banker *et al.* (1984) sugirieron una extensión del modelo hacia situaciones de VRS.

Los modelos DEA pueden tener dos orientaciones: hacia la optimización en la combinación de *inputs* (modelo *input*-orientado) para la obtención del *output*, o hacia la optimización en la producción de *outputs* (modelo *output*-orientado).

Variables

Como variable dependiente se tiene la inversión. Para este caso se mide como la razón de los gastos en capital

² Publicada en el *Diario Oficial de la Federación* del 30 de junio de 2009.

³ Del inglés *Decision Making Unit*.

fijo con relación en los activos totales. Esta variable se considera como una razón con la finalidad de que se tenga congruencia con las medidas de otras variables, como la eficiencia, que sólo toman valores entre 0 y 1.

Para estimar la variable eficiencia técnica se utiliza un modelo DEA. En este tipo de modelos se deben definir los *inputs* y los *outputs*. En este caso se consideran los insumos tradicionales de la función de producción: capital y trabajo, y como *output*, el nivel de producción.

Para el análisis realizado a través de la metodología DEA se formaron cuatro grupos que agrupan las 182 subramas del sector manufacturero. Se sigue el trabajo de Lall (2000) para desarrollar esta clasificación, la cual se realizó específicamente para manufacturas de países en desarrollo (el caso de México), y se basa en la actividad tecnológica al interior de cada categoría. De esta forma, se consideran cuatro grupos: manufacturas a partir de recursos naturales, manufacturas de baja tecnología, manufacturas de tecnología intermedia y manufacturas de alta tecnología.

En la tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables empleadas para el modelo DEA y el modelo econométrico. Se incluye su medida, así como el indicador obtenido de la base de datos.

Construcción modelo DEA

En esta sección se presentan los modelos que permiten estimar las puntuaciones de eficiencia. Específicamente, se muestra la forma envolvente de los modelos matemáticos asumiendo rendimientos constantes y variables a escala. Para esto se sigue a Coelli (1996) y a Coelli, Rao, O'Donnell & Battese (2005).

De acuerdo con las reglas del programa DEA, se debe cuidar el número de *inputs* y *outputs* utilizados, dado que la suma de éstos no debe exceder la mitad del número de DMU analizadas. Además debe considerarse que sólo se obtienen valores entre 0 y 1 para evaluar la eficiencia.

Para efectos de modelación, se asume que existen K *inputs* (capital existente y trabajo) y M *outputs* (producción bruta total) en cada una de las N DMU. Para la i -ésima DMU, los *inputs* y *outputs* son representados por los vectores x_i y q_i , respectivamente. La matriz de *inputs* X de orden $(K \times N)$ y la matriz de *output* Q de orden $(M \times N)$ representan el total de datos para las N DMU.

De esta forma se realiza la estimación de un modelo CRS *output* orientado:

$$\text{Max}_{\phi, \lambda} \phi, \quad (1)$$

Tabla 1.
Operacionalización de variables.

VARIABLES	Medida	Indicador
Variable dependiente		
Inversión	Razón gastos en capital fijo a activos totales	Razón de la formación bruta de capital fijo a activos totales
Variables independientes		
Contribución de los factores productivos a la eficiencia	<i>Inputs:</i>	
	Capital existente	Activos fijos totales menos formación bruta de capital fijo
	Trabajo	Personal ocupado total
	<i>Output:</i>	
	Producción	Producción bruta total
Tecnología	Actividad tecnológica	Manufacturas a partir de recursos naturales
		Manufacturas de baja tecnología
		Manufacturas de tecnología intermedia
		Manufacturas de alta tecnología
Variables de control		
Tamaño	Activos fijos	Valor total de los activos fijos
Flujo de efectivo	Ingresos antes de conceptos extraordinarios	Ventas netas de productos elaborados
Oportunidades de inversión	Razón producto a capital	Razón del valor de la producción al <i>stock</i> de capital fijo

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de literatura y en la información de los Censos Económicos de INEGI.

Sujeto a:

$$-\phi q_i + Q\lambda \geq 0,$$

$$x_i - X\lambda \geq 0,$$

$$\lambda \geq 0.$$

Donde:

$1 \leq \phi \leq \infty$, y $\phi - 1$ representan el incremento proporcional en *outputs* que pudieran ser logrados por la *i*-ésima DMU, manteniendo las cantidades de *inputs* constantes. Matemáticamente ϕ es un escalar que representa el máximo nivel al cual la producción puede ser incrementada sin alterar el nivel de *inputs*. En este contexto, la puntuación de eficiencia en un modelo *output* orientado se encuentra definida por la razón $1/\phi^4$. Además, λ es un vector de constantes de orden $(N \times 1)$.

Para obtener el modelo VRS se agrega una restricción adicional a la especificación anterior (1): $\bar{1}\lambda = 1$. Se denomina *restricción de convexidad*, la cual restringe el rango de valores que pueden tomar las componentes del vector de intensidad de manera que sumen 1. De esta manera, se impone únicamente la propiedad de convexidad, pero no la de rendimientos constantes. Por tanto, el nuevo estimador del conjunto de posibilidades de producción incluye todas las combinaciones lineales convexas de unidades observadas, pero no se permite reescalar arbitrariamente la actividad de ningún proceso observado.

Bajo estas consideraciones, el modelo VRS *output* orientado es el siguiente:

$$\text{Max}_{\phi, \lambda} \phi, \quad (2)$$

Sujeto a:

$$-\phi q_i + Q\lambda \geq 0,$$

$$x_i - X\lambda \geq 0,$$

$$N1'\lambda = 1,$$

$$\lambda \geq 0.$$

Se utiliza el método multietápico debido que a su-
pera algunas limitaciones de los métodos de una y
dos etapas⁵. Si se resuelve el modelo por el método de
una etapa se tiene el problema de que no siempre se
identifican todas las holguras. Asimismo, en el mode-

lo de dos etapas se encuentra como limitante que se
puede identificar el punto eficiente más alejado y no el
más cercano, debido a que las holguras son maximiza-
das. El método multietápico (consta de seis etapas)
supera estas limitaciones al seleccionar combinacio-
nes de *inputs* y *outputs* de la frontera de eficiencia más
cercanos a las unidades ineficientes (Coelli, 1998).

De este modo, se obtiene la eficiencia técnica pura
y la eficiencia de escala. El producto de ambas corres-
ponde a la eficiencia técnica global, la cual coincide
con la medición CRS, mientras que la eficiencia técni-
ca pura coincide con la medición VRS. La eficiencia de
escala se obtiene del cociente de la medición CRS y la
medición VRS.

Diferenciación por categoría de actividad tecnológica

Se busca establecer si los niveles de inversión depen-
den tanto de la contribución de los factores de pro-
ducción (capital y trabajo) a la eficiencia, como de
la categoría de actividad tecnológica de referencia.
Asimismo, se usan como variables de control el flujo
de efectivo, el tamaño de la empresa y las oportuni-
dades de inversión. El modelo de regresión estimado
es el siguiente:

$$\ln I_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln C_{ij} + \alpha_2 D_{2ij} + \alpha_3 D_{3ij} + \alpha_4 D_{4ij} + \\ + \alpha_5 \ln FE_{5ij} + \alpha_6 \ln T_{6ij} + \alpha_7 \ln OI_{7ij} + \varepsilon_{ij}. \quad (3)$$

Donde:

I_{ij} es la inversión representada por la razón de la for-
mación bruta de capital fijo al total de activos de la
subrama "i", tamaño "j".

C_{ij} representa la contribución de los *inputs* a la eficien-
cia de la subrama i, tamaño j.

$D_{2ij} = 1$ si la subrama "i", tamaño "j" pertenece al gru-
po manufacturas de baja tecnología.

= 0 si pertenece a otro subsector.

$D_{3ij} = 1$ si la subrama "i", tamaño "j" pertenece al gru-
po manufacturas de tecnología intermedia.

= 0 si pertenece a otro subsector.

$D_{4ij} = 1$ si la subrama "i", tamaño "j" pertenece al gru-
po manufacturas de alta tecnología.

= 0 si pertenece a otro subsector.

⁴ Considérese que por construcción, $0 \leq 1/\phi \leq 1$, las DMU eficientes tienen puntuaciones de 1.

⁵ El software utilizado para las estimaciones de eficiencia es el *Data Envelopment Analysis Program* (DEAP) versión 2.1.

FE_{ij} es el flujo de efectivo.

T_{ij} es el tamaño de la empresa.

OI_{ij} representa las oportunidades de inversión.

ε_{ij} es el término de error aleatorio.

Para evitar la trampa de la variable dicótoma se hace uso de una categoría de referencia. Para este caso, la categoría de referencia corresponde al grupo de manufacturas a partir de recursos naturales.

La estimación del modelo (3) contempla el uso de la eficiencia técnica global (modelo DEA-CRS), eficiencia técnica pura (modelo DEA-VRS) y eficiencia de escala (cociente DEA-CRS y DEA-VRS). Además, cada uno de estos modelos es estimado para cada tamaño de empresa: micro, pequeña, mediana y grande.

RESULTADOS

En esta sección se describen, en primera instancia, los niveles de eficiencia derivados de la aplicación de la metodología DEA. Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos mediante la estimación del modelo econométrico.

Niveles de eficiencia

En primer lugar, se muestran los niveles de eficiencia obtenidos con la aplicación de la metodología DEA. En la tabla 2 se presenta la eficiencia promedio obtenida en cada uno de los cuatro grupos en que se dividieron las subramas. Se encuentran niveles de eficiencia promedio superiores a 0.8 en el contexto de la medición de Eficiencia de Escala (EE) para los casos de la pequeña, mediana y gran empresa basada en recursos naturales, de la pequeña y gran manufactura de baja

y alta tecnología, y de la micro y gran empresa de tecnología intermedia.

Para la Eficiencia Técnica Pura (ETP) se encuentra que las manufacturas de baja tecnología presentan niveles superiores a 0.70, con excepción de la gran empresa. En este caso se encuentran niveles similares para empresas de alta tecnología. Una situación similar se encuentra para la Eficiencia Técnica Global (ETG) con puntuaciones de eficiencia que oscilan entre 0.56 y 0.65.

Inversión y categorías de actividad tecnológica

El análisis posterior se centra en la contribución de los factores de producción a la eficiencia. De esta forma, las tablas 3 y 4 presentan los principales resultados obtenidos a partir de la estimación del modelo (3).

En las tablas 3 y 4 se presentan los resultados para las regresiones que utilizan la contribución conjunta del capital y el trabajo a la eficiencia como variable explicativa de la inversión. Los coeficientes asociados a esta variable son positivos y significativos para la mediana y gran empresa en el contexto de ETG. El coeficiente asociado a las variables dicótomas sólo es positivo y significativo para la microempresa de alta tecnología.

El tamaño de la empresa mantiene una relación directa y significativa con las decisiones de inversión en la mayoría de los casos, excepto para la pequeña empresa (ETG y EE). El coeficiente asociado a las oportunidades de inversión es positivo y relevante para todos los tipos de empresa, con excepción de la mediana (ETG y ETP). Por su parte, el flujo de efectivo y los niveles de inversión tienen una relación positiva y significativa en el contexto de la gran empresa. Una situación opuesta se encuentra en la micro y mediana empresa.

Tabla 2.
Eficiencia promedio por grupo de actividad tecnológica (metodología DEA).

Tipo de empresa	Micro			Pequeña			Mediana			Grande		
	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE
M. a partir de recursos naturales	0.17	0.50	0.34	0.44	0.49	0.93	0.55	0.61	0.93	0.42	0.52	0.83
M. de baja tecnología	0.56	0.75	0.75	0.67	0.76	0.90	0.58	0.74	0.79	0.44	0.57	0.80
M. de tecnología intermedia	0.42	0.53	0.83	0.30	0.41	0.74	0.30	0.43	0.76	0.44	0.52	0.88
M. de alta tecnología	0.39	0.61	0.69	0.55	0.57	0.98	0.55	0.67	0.84	0.65	0.71	0.92

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.
 Eficiencia e inversión en micro y pequeñas empresas (contribución del trabajo-capital).

Tipo de empresa	Micro			Pequeña		
	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE
Contribución del trabajo-capital	-0.01 (-0.01)	0.03 (0.05)	-0.04 (-0.06)	0.02 (0.8)	-0.78 (-0.57)	0.01 (0.31)
M. de baja tecnología	-0.52 (-0.49)	-0.55 (-0.67)	-0.49 (-0.51)	-0.02 (-1.19)	-0.21 (-0.23)	-0.01 (-0.93)
M. de tecnología intermedia	-0.22 (-0.24)	-0.24 (-0.31)	-0.19 (-0.21)	0.0003 (0.02)	-0.60 (-0.77)	-0.0002 (-0.02)
M. de alta tecnología	1.90* (1.72)	1.88* (1.79)	1.91* (1.82)	0.01 (0.63)	-0.24 (-0.23)	0.01 (0.75)
Flujo de efectivo	-0.86*** (-4.45)	-0.86*** (-4.42)	-0.86*** (-4.40)	-0.0003 (-0.27)	-0.09 (-1.2)	-0.0004 (-0.3)
Tamaño	0.62*** (2.86)	0.62*** (2.82)	0.62*** (2.76)	0.001 (0.33)	1.11*** (10.63)	0.001 (0.39)
Oportunidades de inversión	0.81*** (3.52)	0.81*** (3.16)	0.81*** (3.47)	0.01* (1.76)	0.63*** (3.27)	0.01** (2.2)
Constante	-2.79* (-1.81)	-2.75* (-1.78)	-2.80** (-2.00)	0.06** (2.41)	-12.09*** (-7.26)	0.06* (1.67)
Observaciones	174	174	174	178	178	178
F	13.15***	13.15***	13.15***	22.21***	91.8***	25.39***
Prob > F	0	0	0	0	0	0
R ²	0.36	0.36	0.36	0.48	0.79	0.51
Jarque-Bera	2.98	2.98	3.02	1.6	2.58	1.95
Prob > χ^2	0.2258	0.225	0.2214	0.4492	0.2754	0.3768
Breusch-Pagan	1.27	1.55	2.17	0.32	2.48	1.3
Prob > χ^2	0.2598	0.2126	0.1403	0.5729	0.1154	0.2547

Nota: La variable dependiente es la inversión. Los estadísticos *t* se encuentran entre paréntesis. Uno, dos y tres asteriscos indican niveles de significancia del 10%, 5% y 1%, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.
 Eficiencia e inversión en medianas y grandes empresas (contribución del trabajo-capital).

Tipo de empresa	Mediana			Grande		
	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE
Contribución del trabajo-capital	0.11** (2.34)	0.05 (1.34)	0.05 (1.1)	1.09* (1.66)	0.76 (1.21)	0.58 (0.58)
M. de baja tecnología	0.002 (0.09)	-0.002 (-0.07)	0.01 (0.6)	-0.71 (-0.8)	-0.65 (-0.73)	-0.47 (-0.54)
M. de tecnología intermedia	0.01 (0.6)	-0.003 (-0.16)	-0.003 (-0.15)	-1.25 (-1.47)	-1.11 (-1.32)	-1.09 (-1.29)
M. de alta tecnología	-0.02 (-0.63)	-0.02 (-0.67)	-0.01 (-0.21)	-0.87 (-0.74)	-0.55 (-0.49)	-0.30 (-0.27)
Flujo de efectivo	-0.01** (-2.04)	-0.01** (-2.18)	-0.01** (-2.51)	0.09* (1.68)	0.09* (1.79)	0.10* (1.94)
Tamaño	0.01* (1.88)	0.01** (2.00)	0.01*** (2.59)	0.73*** (10.56)	0.73*** (10.55)	0.73*** (10.61)
Oportunidades de inversión	0.003 (0.32)	0.01 (0.94)	0.02* (1.88)	0.46* (1.91)	0.54** (2.26)	0.64*** (2.97)
Constante	-0.03 (-0.53)	-0.01 (-0.17)	-0.07 (-0.84)	-1.37 (-0.86)	-2.12 (-1.45)	-2.94** (-2.36)
Observaciones	175	175	175	171	171	171
F	7.18***	8.49***	8.56***	89.64***	88.76***	88***
Prob > F	0	0	0	0	0	0
R ²	0.23	0.26	0.26	0.79	0.79	0.79
Jarque-Bera	3.91	4.5	4.55	4.43	4.43	3.84
Prob > χ^2	0.1419	0.1052	0.1025	0.1096	0.1097	0.1539
Breusch-Pagan	1.37	0	0.14	2.61	2.07	1.67
Prob > χ^2	0.2416	0.9904	0.705	0.1062	0.1498	0.1968

Nota: La variable dependiente es la inversión. Los estadísticos *t* se encuentran entre paréntesis. Uno, dos y tres asteriscos indican niveles de significancia del 10%, 5% y 1%, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

En todos los casos se encuentran valores aceptables de R^2 , lo cual sugiere que las variables independientes explican los cambios en las decisiones de inversión. Además, la prueba F permite concluir que las variables independientes incorporadas al modelo son relevantes para explicar las decisiones de inversión. Por su parte, las hipótesis de normalidad y homocedasticidad de los residuos no son rechazadas por las pruebas Jarque-Bera y Breusch-Pagan.

La prueba de Ramsey facilita detectar variables omitidas y formas funcionales incorrectas, por lo que esta prueba permite sustentar los resultados obtenidos con las regresiones realizadas. Se utilizan dos versiones de esta prueba. La hipótesis nula en las dos versiones es que el modelo está bien especificado y no tiene variables omitidas (tabla 5).

La prueba de Ramsey muestra que las regresiones utilizadas para modelar los determinantes de la inversión en todos los tipos de empresa no tienen errores de especificación y/o variables omitidas, dado que en to-

dos los casos no se rechaza la hipótesis nula en al menos una de las dos variantes de la prueba de Ramsey.

El aspecto central de este trabajo es analizar si la contribución de los factores productivos (capital y trabajo) a la eficiencia, así como la tecnología, influyen en las decisiones de inversión. De esta forma, se realizó la prueba de Mínimos Cuadrados Restringidos (MCR). La hipótesis nula para esta prueba es que la contribución de los factores y la tecnología no son necesarias para explicar las decisiones de inversión. De acuerdo con los resultados obtenidos (tabla 6), se encuentra que no se acepta la hipótesis nula, por lo tanto dichas variables son necesarias para el modelo de determinantes de la inversión.

Por su parte, la contribución conjunta del trabajo y capital a la eficiencia es significativa para la mediana y gran empresa. Asimismo, mediante la prueba de MCR se sustenta estadísticamente que existe significancia conjunta de los factores (capital y trabajo) y de la actividad tecnológica. Por lo tanto, sus efectos sobre las decisiones de inversión son indirectos y no directamente medibles de manera individual.

Tabla 5.
Validación del modelo (pruebas de especificación).

Tipo de empresa	Micro			Pequeña			Mediana			Grande		
	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE
Prueba de Ramsey	0.76	1.01	0.72	1.51	2.2*	2.14*	2.93**	4.71***	1.16	1.12	1.25	2.08
Prob > F	0.52	0.39	0.54	0.21	0.09	0.10	0.04	0.00	0.33	0.34	0.29	0.10
Prueba de Ramsey, rhs	0.99	1.83**	0.78	1.42	1.21	1.3	0.58	0.72	0.43	1.25	1.18	1.34
Prob > F	0.46	0.05	0.67	0.16	0.28	0.22	0.86	0.73	0.95	0.26	0.30	0.20

Nota: Uno, dos y tres asteriscos indican niveles de significancia del 10%, 5% y 1%, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.
Análisis de diseño de especificación (prueba de variables omitidas MCR).

Tipo de empresa	Micro			Pequeña		
	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE
F	3.70***	3.70***	3.70***	3.47***	3.35**	6.62***
Tipo de empresa	Micro			Pequeña		
	ETG	ETP	EE	ETG	ETP	EE
F	4.31***	2.84**	2.92**	3.90***	4.09***	2.13*

Nota: El modelo restringido sólo incluye las variables de control: flujo de efectivo, tamaño y oportunidades de inversión. Uno, dos y tres asteriscos indican niveles de significancia del 10%, 5% y 1%, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

En primer lugar, es conveniente analizar los niveles de eficiencia obtenidos mediante la metodología DEA, donde cabe destacar a la mediana y gran empresa, dado que éstas presentaron el mayor número de subramas eficientes (ETG, ETP y EE). Esta situación se encontró en las manufacturas a partir de recursos naturales y de tecnología intermedia para la mediana y gran empresa, respectivamente.

Las subramas eficientes en su mayoría se encontraron bajo el análisis de la ETP. Sin embargo, sólo se encontró EE en la microempresa basada en recursos naturales, en la pequeña manufactura basada en recursos naturales, de baja y alta tecnología, en la mediana manufactura a partir de recursos naturales y tecnología intermedia. Asimismo, la gran empresa concentró la mayoría de las subramas con EE en la categoría de tecnología intermedia.

En el análisis de la relación entre inversión y contribución de los factores productivos a la eficiencia se encuentra que la contribución conjunta del capital y el trabajo es relevante de manera positiva para la inversión de la mediana y gran empresa. Se presentan diferencias entre las categorías de manufacturas sólo cuando se trata de la microempresa de alta tecnología.

En lo referente a las variables de control, en la mayoría de los casos el tamaño y las oportunidades de inversión se relacionan de manera directa con las decisiones de inversión. El flujo de efectivo mantiene un comportamiento heterogéneo dependiendo del tipo de empresa analizada.

CONCLUSIONES

Se ha analizado cómo la contribución del capital y trabajo a la eficiencia pueden explicar las decisiones de inversión de las empresas manufactureras mexicanas. Se han considerado las 182 subramas del sector manufacturero. El análisis se ha realizado a través de la metodología DEA y un modelo de regresión de MCO con variables dicótomas.

La evidencia sugiere que la contribución conjunta de capital y trabajo a la eficiencia es un determinante positivo de las decisiones de inversión para la mediana y gran empresa. De acuerdo con la clasificación de manufacturas propuesta por Lall (2000), de manera general no se encontraron diferencias significativas según el tipo de actividad tecnológica de cada categoría, con excepción de las manufacturas de alta tecnología de tamaño micro.

Los resultados obtenidos indican que la estructura tecnológica de las empresas, así como la contribución a la eficiencia de los factores productivos de manera conjunta, explican las decisiones de inversión en las empresas manufactureras mexicanas. La evidencia empírica sugiere, desde el punto de vista de la política industrial, que una forma de estimular la inversión es mejorando la eficiencia de los factores productivos (capital y trabajo). A esto se debe agregar que las características de la industria y de la empresa explican las decisiones de inversión.

REFERENCIAS

- Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas. (2009, junio 30). *Diario Oficial de la Federación*. Secretaría de economía.
- Adelegan, O. J. & Ariyo, A. (2008). Capital market imperfections and corporate investment behavior: A switching regression approach using panel data for Nigerian manufacturing firms. *Journal of Money, Investment and Banking*, 1(2), 16-38.
- Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Bokpin, G. A. & Onumah, J. M. (2009). An empirical analysis of the determinants of corporate investment decisions: Evidence from emerging market firms. *International Research Journal of Finance and Economics*, 4(33), 134-141.
- Brown Grossman, F. & Domínguez Villalobos, L. (2004). Evolución de la productividad en la industria mexicana: una aplicación con el método de Malmquist. *Investigación Económica*, 63(249), 75-100.
- Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Coelli, T. (1996). *A guide to DEAP version 2.1: A Data Envelopment Analysis (computer) program*. CEPA Working Paper 96/08. Armidale, Australia: Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England.
- Coelli, T. (1998). A multi-stage methodology for the solution of oriented DEA models. *Operations Research Letters*, 23(3-5), 143-149.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis* (Second edition). New York: Springer.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-281.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2008). *Censos Económicos (CE)*. México: Instituto Nacional de Geografía y Estadística.
- Lall, S. (2000). The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98. *Oxford Development Studies*, 28(3), 337-369.
- Padilla, R. & Guzmán, M. P. (2010). Productividad total de los factores y crecimiento manufacturero en México: un análisis regional, 1993-2007. *Análisis Económico*, 59(25), 155-178.
- Sengupta, J. R. (2000). Efficiency analysis by stochastic Data Envelopment Analysis. *Applied Economics Letters*, 7(6), 379-383.

Söderbom, M. & Teal, F. (2004). Size and efficiency in African manufacturing firms: Evidence from firm-level panel data. *Journal of Development Economics*, 73(1), 369-394.

Ughetto, E. (2008). Does internal finance matter for R&D? New evidence from a panel of Italian firms. *Cambridge Journal of Economics*, 32(6), 907-909.

Ul Haque, I. (2007). *Rethinking Industrial Policy* (Discussion Paper 183). Geneva: United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Recuperado de http://unctad.org/en/docs/osgdp20072_en.pdf

Varian, H. R. (1993). *Microeconomic analysis* (Third edition). New York: W. W. Norton & Company.