

***Evolución de la productividad en la industria mexicana:
una aplicación con el método de Malmquist***

FLOR BROWN GROSSMAN
LILIA DOMÍNGUEZ VILLALOBOS*

INTRODUCCIÓN

La productividad es una variable central en el crecimiento económico y en el logro de mayor bienestar económico. Es frecuente encontrar el incremento de la productividad entre los objetivos de las medidas de política económica. En México, con una integración acelerada al mercado internacional en las últimas dos décadas, esta preocupación ha estado presente tanto entre los diseñadores de la política económica como entre las empresas industriales. De ahí el interés en el tema entre los economis-

Manuscripto recibido en diciembre de 2003; aceptado en febrero de 2004.

* Profesoras del Posgrado de la Facultad de Economía, UNAM. <brown@servidor.unam.mx> <ldv@servidor.unam.mx>. Este trabajo se realizó con el auspicio del proyecto PAPIIT IN300901 “Reestructuración industrial y medio ambiente” de la DGAPA, UNAM y la Cátedra Extraordinaria “Fernando Fajnzylber” en economía industrial. Las autoras agradecen los comentarios de Enrique Hernández Laos, Hugo Fuentes, Abigail Durán, los participantes del Seminario de Economía Aplicada del Posgrado de la Facultad de Economía, así como de los dictaminadores anónimos.

tas que han publicado diversos estudios y mediciones de la productividad para la economía mexicana (Samaniego, 1984; Hernández Laos y Velasco, 1990; Tybot, 1995; Hernández Laos, 1993; Brown y Domínguez, 1994, 1999; Chong-Sup Kim, 1997).

Este trabajo continúa en la línea de las investigaciones anteriores orientadas a medir con rigor la productividad. Nuestro objetivo es utilizar el índice de la productividad total de los factores (PTF) de Malmquist para analizar la evolución de la productividad de la industria manufacturera mexicana. Las medidas tradicionales de la productividad factorial suponen de manera implícita que la producción observada se encuentra sobre la frontera. De este modo se asume que no hay ineficiencia y por tanto la productividad coincide con el cambio técnico. La ventaja del índice de Malmquist sobre otros es que puede descomponerse en cambios en la eficiencia técnica (en el sentido de Farrell, es decir, acercarse a la frontera) y cambios técnicos que resultan de la adopción de nuevas tecnologías. Adicionalmente, el índice no requiere el supuesto de rendimientos constantes a escala.

En nuestra opinión es fundamental distinguir entre la dinámica de la productividad, el cambio técnico, los cambios en la escala y la eficiencia, dado que cada aspecto puede requerir una medida de política económica distinta. Por ejemplo, altas tasas de adopción de nuevas tecnologías pueden coexistir con pérdidas de eficiencia. Lo anterior se refleja en cambios negativos en la productividad total de los factores. En este caso, las políticas para mejorar la tasa de crecimiento de la productividad deben dirigirse hacia la difusión, adiestramiento y asimilación del nuevo proceso productivo y no de manera exclusiva al proceso tecnológico. Lo contrario es también posible: que no esté presente el cambio técnico en los cambios en la productividad total de los factores, sino sólo mejoras de eficiencia. Por tanto, sería necesario aplicar una política de desarrollo tecnológico.

La intención de este trabajo es analizar la dinámica de la PTF y sus componentes en dos períodos con características distintas: el primero de 1984 a 1993 y el segundo de 1994 a 2000. Los cambios en la política económica mexicana del primer período pretendieron pasar del modelo de sustitución

de importaciones a uno de promoción de las exportaciones. Este período se caracteriza por una política de ajuste estructural fundamentalmente orientada a favorecer un comportamiento fluido de los mercados. Ejemplos de ella fueron la eliminación de los subsidios y la desregulación de la economía, en particular, la ocurrida en el sector transporte. Por otra parte, con el fin de atraer un mayor flujo de inversión extranjera directa se flexibilizó su reglamentación, así como la transferencia de tecnología. Las empresas públicas entraron en un proceso de privatización.¹ Finalmente, la economía se abrió al mercado externo. Las reglas del juego comercial cambiaron en un lapso bastante breve y las empresas mexicanas, con un rezago tecnológico significativo, se encontraron en un entorno radicalmente distinto frente a la competencia de las empresas en el exterior. Sus mercados declinaron de manera considerable, en especial los de las pequeñas y medianas empresas. Por su parte, las de mayor tamaño, en particular las ubicadas en el sector exportador, respondieron al reto e iniciaron su proceso de modernización mediante nuevas tecnologías y cambios organizacionales. El proceso fue altamente selectivo.

En el segundo período se consolida la integración de la economía al mercado internacional con la firma de los tratados de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) en 1994 y posteriormente con la Unión Europea. La inversión extranjera directa registra altas tasas anuales de crecimiento (12%) al igual que las exportaciones (20%) y las importaciones (16%). Otro factor que coadyuvó en el mismo sentido fue el auge de la economía estadounidense en el período posdevaluatorio. El proceso de modernización de la economía mexicana continuó su avance, aunque la evidencia apunta hacia una creciente desarticulación de las pequeñas empresas.

La evidencia de estudios anteriores muestra que la productividad es muy sensible al crecimiento del mercado (Casar, 1990; Weiss, 1992; Brown y Domínguez, 1997). A pesar de la crisis de 1995, la economía se

¹ La participación en la producción bruta de la industria manufacturera de las empresas públicas y estatales disminuyó de 16.3% en 1988 a 10% en 1993. Censos Industriales, 1988, 1993, INEGI.

recuperó rápidamente. Por los cambios radicales en el entorno del primer período de apertura comercial, la inversión en nuevas tecnologías y cambios organizacionales se concretó en un avance de cambio técnico en el cual las empresas líderes o influyentes en el mercado avanzaron en la frontera de producción. Así, pretendemos demostrar la hipótesis de que el crecimiento de la productividad total de los factores se explica en mayor medida por un cambio técnico que por una mejora de la eficiencia en el primer período. En contraste, en el segundo las expectativas generadas por el TLCAN y el efecto del auge de la economía norteamericana en la demanda de exportaciones mexicanas, alentaron a un mayor número de empresas a emular (*catching up*) a las innovadoras iniciales, lo que implica un acercamiento a la frontera de producción. Por tanto las mejoras de la eficiencia incrementarán su participación en el crecimiento de la PTF, disminuyendo la ineficiencia propia de la utilización de escalas subóptimas en este período.

El trabajo consta de cinco secciones además de esta introducción. En la segunda parte se expone la metodología seguida para el cálculo de la PTF, los cambios técnicos y los de eficiencia y las características de la información. En la siguiente sección se muestra la descripción estadística de la información para el cálculo de los índices de productividad. Los resultados de los índices de la productividad factorial y la distinción entre el cambio técnico y el cambio en la eficiencia se presentan en la cuarta parte. Las conclusiones conforman el último apartado.

METODOLOGÍA

El índice Malmquist de la productividad total de los factores

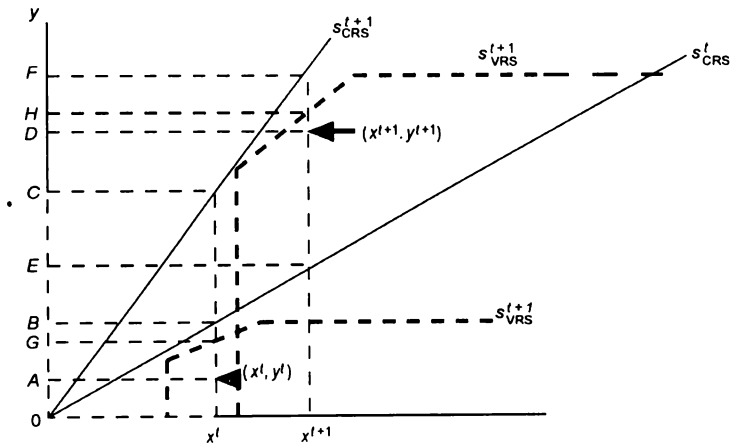
La construcción del índice está basada en el concepto de las funciones distancia del producto.² Para cada uno de los períodos estudiados, la

² Véase: Fare, Grosskopf, Norris y Zhang (1994) y Caves, Christensen y Diewert (1982).

tecnología, (S) ,³ es el conjunto de insumos [$x^t = (x^1, \dots, x^N)$] y productos [$y^t = (y^1, \dots, y^M)$]. La función distancia del producto en el período t , $(D'_0(x^t, y^t))$,⁴ mide la máxima expansión de la producción que es posible alcanzar con un vector dado de insumos⁵ respecto a una función frontera. La función distancia del producto para una industria dada tiene el valor de uno cuando el nivel del producto corresponde al de la frontera de producción; es menor que uno cuando el nivel de la producción está por debajo del de la frontera y viceversa.

Para ilustrar estos conceptos seguimos a Fulginiti y Perrin (1997) con la gráfica 1, que corresponde al caso de un producto (y) y un insumo (x).

GRÁFICA 1



³ S es un conjunto no vacío, cerrado y convexo y se supone además que tanto los insumos como los productos están libremente disponibles.

⁴ La definición formal de las fronteras de producción es: $D'_0(x^t, y^t) = \min \{ \Theta : (x^t, y^t / \Theta) \in S^t \}$, $x^t \in R^N_+$, $t = (1, \dots, T)$. En otras palabras la distancia Θ es la relación entre el producto observado y el máximo posible, dado un nivel de insumos. Véase: R. Fare, (1988).

⁵ Las funciones distancia también se pueden hacer en términos de los insumos. Estas funciones miden la máxima disminución posible en los insumos que puede realizarse para el mismo nivel de producto.

En la gráfica están trazadas las fronteras de producción con rendimientos constantes a escala (CRS) y variables (VRS) para el período t y $t+1$. Los puntos A y D (en el eje del producto Y) son puntos observados en los respectivos períodos. La función distancia $D'_0(x', y')$ es la relación entre el producto alcanzado en el período $t(OA)$ y el máximo posible dada la tecnología del período $t(OB)$, es decir, OA/OB . Esta distancia es menor que uno; por tanto, el punto A no es eficiente. De manera similar, la función distancia $D'_{t+1}(x', y')$ es la relación entre el producto alcanzado en el período $t(OA)$ y el máximo posible dada la tecnología del período $t+1(OC)$, es decir, OA/OC .

De acuerdo con Caves, Christensen y Diewert (1982), el índice Malmquist de la PTF entre dos períodos, por ejemplo t y $t+1$, puede tener como punto de referencia la tecnología de cualquiera de los dos años. Tomando como parámetro la tecnología del año t , el índice es el siguiente:

$$M'_i = \frac{D'_0(x'^{t+1}, y'^{t+1})}{D'_0(x', y')} \quad [1]$$

Cuando se toma como parámetro la tecnología del período $t+1$ el índice se define de la siguiente manera:

$$M'^{t+1}_i = \frac{D'^{t+1}_0(x'^{t+1}, y'^{t+1})}{D'^{t+1}_0(x', y')} \quad [2]$$

Cuando $M > 1$, denota un aumento de la productividad entre el período t y $t+1$. Viceversa en el caso contrario.

Färe, Grosskopf y Zhang (1994) demostraron que puede considerarse al índice de Malmquist como una media geométrica de las dos ecuaciones anteriores.

$$M_i(y'^{t+1}, x'^{t+1}, y', x') = \left[\frac{D'_0(y'^{t+1}, x'^{t+1})}{D'_0(y', x')} \right] \left[\frac{D'^{t+1}_0(y'^{t+1}, x'^{t+1})}{D'^{t+1}_0(y', x')} \right]^{1/2} \quad [3]$$

El índice así definido puede descomponerse en dos partes: cambio en la eficiencia (acercarse a la frontera) y cambio técnico (innovación). De la siguiente manera:

$$M_0(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \left[\frac{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0^t(y^t, x^t)} x \left[\left(\frac{D_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(y^t, x^t)}{D_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right) \right]^{1/2} \right] \quad [4]$$

De nuevo estas medidas pueden ilustrarse con la ayuda de la gráfica 1. El primer término

$$\left[\frac{D_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0^t(y^t, x^t)} \right]$$

mide el cambio en la eficiencia técnica, es decir, el cambio en la distancia observada entre un punto y la frontera de producción con rendimientos constantes a escala. En la misma gráfica este cálculo se refiere a la relación entre la distancia del punto D con la frontera en el período $t+1$ y la distancia entre el punto A con la frontera del período t , es decir

$$\frac{OD}{OF} \frac{OB}{OA}$$

El segundo término

$$\left[\left(\frac{D_0^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(y^t, x^t)}{D_0^{t+1}(y^t, x^t)} \right) \right]^{1/2}$$

es una medida de los cambios de la tecnología entre dos períodos. En otras palabras, mide la distancia entre las fronteras de producción en el período t y $t+1$. El primer término es una relación entre la distancia del

punto D con la frontera del período t y la distancia del mismo punto con la frontera en $t+1$ es decir

$$\frac{OD}{OE} \div \frac{OD}{OF}$$

De manera similar, el segundo término es una relación entre la distancia del punto A con la frontera en t y con la frontera en $t+1$, es decir

$$\frac{OA}{OB} \div \frac{OA}{OC}$$

Al unir los dos términos anteriores y simplificar se obtiene el cambio técnico:

$$\left[\frac{\frac{OD}{OE} \frac{OA}{OB}}{\frac{OD}{OF} \frac{OA}{OC}} \right]^{1/2} = \left[\frac{OF}{OE} \frac{OC}{OB} \right]^{1/2}$$

El método considera la posibilidad de trabajar con rendimientos constantes a escala y variables. Los rendimientos constantes a escala son apropiados cuando se supone que todas las empresas producen con una escala óptima. Sin embargo, la competencia imperfecta y otros obstáculos, como pueden ser los financieros, ocasionan que las empresas no se encuentren en esa escala óptima. Cuando las empresas no tienen escalas óptimas y se suponen rendimientos constantes a escala el cambio técnico se confunde con eficiencias en la escala. Para separar del cambio técnico el efecto de la escala es necesario calcular el índice del cambio técnico conforme el supuesto de rendimientos constantes y variables a escala. La diferencia entre estos dos índices indica una eficiencia o ineficiencia en la escala. Färe *et al.* (1994) descomponen el índice de eficiencia en cambios

que provienen de la escala y los que se vinculan sólo con la eficiencia. Tomando como punto de partida la ecuación del cambio en la eficiencia técnica el razonamiento es:

$$\frac{D_0^{'+1}(y^{'+1}, x^{'+1})CRS}{D_0'(y^{'+1}, x^{'+1})CRS} = \left[\frac{D_0^{'+1}(y^{'+1}, x^{'+1})VRS}{D_0'(y', x')VRS} \right] \left[\frac{D_0'(y', x')VRS}{D_0'(y', x')CRS} \times \frac{D_0^{'+1}(y^{'+1}, x^{'+1})CRS}{D_0^{'+1}(y^{'+1}, x^{'+1})VRS} \right] \quad [5]$$

El primer término de la ecuación es una medida de la eficiencia pura conforme al supuesto de los rendimientos variables a escala (VRS). Las fronteras de referencia para medir las distancias para los puntos D y A son ahora las que corresponden al supuesto de rendimientos variables a escala representadas por las líneas punteadas en la gráfica, es decir

$$\frac{OD}{OH} \frac{OG}{OA}$$

El segundo término mide los cambios en la productividad que provienen de las modificaciones en la escala. Es decir, aquellos que acercan o alejan a la industria de la escala óptima conforme al supuesto de los rendimientos variables. Por tanto, captura las diferencias entre la tecnología con rendimientos constantes a escala y con rendimientos variables. Así, las distancias con respecto al punto A se evalúan tomando en consideración las dos fronteras, CRS y VRS, de la siguiente manera:

$$\frac{OA}{OG} \div \frac{OA}{OB}$$

De modo similar para el punto D,

$$\frac{OD}{OF} \div \frac{OD}{OH}$$

simplificando:

$$\frac{\frac{OA}{OG} \frac{OD}{OF}}{\frac{OB}{OG} \frac{OH}{OF}} = \frac{OB}{OG} \frac{OH}{OF}$$

Es decir, la distancia entre las fronteras con rendimientos constantes a escala y variables tomando como referencia el eje del producto y .

Para analizar el comportamiento de la productividad en la industria manufacturera en los períodos 1984-1993 y 1994-2000, calculamos cuatro funciones distancia: $D'_0(x', y')$, $D_0^{t+1}(x', y')$, $D'_0(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ para cada rama industrial, las observaciones de cada una son las clases que las integran. Esto implica suponer que dentro de cada clase industrial todos los establecimientos tienen la misma tecnología, lo cual ciertamente es restrictivo. Sin embargo, dada la ausencia de información por establecimiento, es una buena aproximación. La información de las ramas industriales en cada uno de los períodos se agrupó en 17 industrias. Utilizamos el método de programación no paramétrico conocido como Data Envelopment Analysis (DEA)⁶ (véase el anexo).

Fuentes de información

La información utilizada en la investigación proviene de la Encuesta Industrial Anual (EIA),⁷ cuya principal virtud es la posibilidad de estimar sus propios acervos de capital. Esta encuesta ha cambiado de cobertura a lo largo de las tres décadas objeto de este trabajo. La muestra del período 1984-1993 consta de 3 218 establecimientos, clasificados en 129 clases industriales. La del siguiente período, 1994-2000 cuenta con 6 439 establecimientos, agrupados en 205 clases industriales. El valor agregado de

⁶ Coelli y Battese (1997).

⁷ Damos las gracias a Abigail Durán director de Encuestas Industriales del INEGI por facilitarnos la base de datos por clase industrial.

la producción de la muestra del primer período representa 53% del PIB y 34% del empleo de las Cuentas Nacionales de 1985, y la del segundo período 65% y 40% del empleo de 1998. Nuestro interés ha sido realizar un análisis de largo plazo. Debido al cambio en la cobertura de las dos muestras de la EIA no es posible realizar comparaciones rigurosas. Por tanto, nuestros resultados sólo pueden utilizarse para comparar tendencias entre ambos períodos y apreciar en forma sistemática pautas de comportamiento.

Para el cálculo del índice de la PTF se utilizó como medida del producto el valor agregado de cada clase industrial a precios de 1993. Así se evita el problema de la doble contabilidad que se genera al incluir a los insumos intermedios en la medición del producto. Los insumos que se utilizaron son el trabajo y el capital. Para el trabajo se utilizó el personal ocupado de cada una de las clases industriales. Por último para el capital se calcularon acervos de capital con el método de los inventarios perpetuos (véase la metodología en el anexo).

Los promedios de las tasas de crecimiento del índice de Malmquist son medias geométricas que tienen la virtud de que, a diferencia de la media geométrica, los valores extremos afectan en menor medida (Shao, 1971). Antes de empezar con la presentación de las estimaciones de la productividad y el cambio técnico, presentamos el comportamiento de sus componentes valor agregado, capital y empleo.

CRECIMIENTO DEL PRODUCTO, ACERVOS DE CAPITAL Y NÚMERO DE TRABAJADORES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

La información del valor agregado, el empleo y el capital de los dos períodos, agrupada en 17 industrias, muestra un comportamiento diferenciado (véase el cuadro 1). De 1984 a 1993 el valor agregado registra un crecimiento promedio de 1.1%; el capital un descenso de 3.7% y, en forma similar el número de trabajadores una caída de 2.2%. En el siguiente período estas variables crecen al 4.0, 2.9 y 0.3 por ciento, respectivamente. A pesar de la profunda crisis de 1995, la economía tuvo una

rápida recuperación por el inicio del TLCAN y el auge de la economía estadounidense, por lo que se observa un crecimiento del valor agregado más acelerado en este período que en el anterior. Más notable aún es el comportamiento asimétrico de los acervos de capital de un período al otro. Durante los primeros años, las industrias con mayor crecimiento del valor agregado fueron la automotriz, alimentos, bebidas, metálica básica y minerales no metálicos. La automotriz y la metálica básica permanecen en el grupo de alto crecimiento de valor agregado en el siguiente período. En cambio, aparecen en los primeros lugares otras industrias, productos eléctricos y electrónicos y productos metálicos.

Cuadro 1
Valor agregado, capital y trabajo
Tasas de crecimiento anual
(porcentajes)

	1984-1993			1994-2000		
	Valor Agregado	Capital	Trabajo	Valor Agregado	Capital	Trabajo
Alimentos	4.1	1.2	0.0	2.9	3.4	0.6
Bebidas y tabaco	3.4	-0.8	1.4	3.6	8.0	-0.7
Textiles	-3.0	2.9	-5.5	3.6	-1.6	-0.2
Confección y otros productos	-0.3	-1.7	-2.5	2.2	0.8	0.4
Cuero y calzado	-4.4	3.6	-4.6	-3.0	-9.0	-2.2
Madera y productos de madera	-2.7	-10.8	-4.0	-1.1	0.9	-2.3
Papel, imprenta y editoriales	0.1	-3.2	-2.4	2.2	-2.6	-0.4
Química y productos químicos	0.3	-0.7	-1.5	3.5	2.8	-0.6
Hule y plástico	-1.7	-0.3	-3.5	2.1	-4.2	1.2
Minerales no metálicos	2.2	-0.6	-2.1	1.3	1.7	-1.7
Metálicos básicos	1.2	-8.6	-7.0	4.5	19.7	-1.4
Productos metálicos	0.0	0.4	-2.7	4.5	7.4	-0.3
Maquinaria no eléctrica	1.0	-2.8	-4.9	1.4	-0.3	-0.6
Equipo eléctrico y electrónico	0.9	0.9	-2.6	5.2	-7.6	3.1
Automotriz	8.0	2.8	0.0	9.1	-5.0	2.8
Equipo de transporte	-15.3	-7.7	-13.8	2.6	-15.8	-1.4
Otras industrias	1.1	-3.8	0.9	7.3	-1.0	2.8
Total	1.1	-3.7	-2.2	4.0	2.9	0.3

Fuente: cálculos propios con base en la Encuesta Industrial Anual, INEGI.

Durante los primeros años, las industrias con mayor crecimiento del valor agregado fueron la automotriz, alimentos, bebidas, metálica básica y minerales no metálicos. La automotriz y la metálica básica permanecen en el grupo de alto crecimiento de valor agregado en el siguiente período. En cambio, aparecen en los primeros lugares otras industrias, productos eléctricos y electrónicos y productos metálicos.

Con la excepción de bebidas y otras industrias, el número de trabajadores empleados fue decreciente o se estancó en 16 industrias. En contraste, en el siguiente período hay seis industrias con crecimiento positivo: equipo eléctrico y electrónico, automotriz, otras industrias, alimentos y confección.

Los acervos de capital fueron mayoritariamente decrecientes en el primer período en 12 de 17 industrias. Notables excepciones por sus tasas de crecimiento superiores a 2% fueron: cuero y calzado (3.5%), industria textil (2.9%) y automotriz (2.8%). En el siguiente período la distribución es distinta. Hay un mayor número de industrias con crecimiento positivo de sus acervos, notablemente la industria metálica básica, bebidas, productos metálicos, alimentos e industria química.

Las diferencias en los acervos netos entre los dos períodos se deben al distinto comportamiento de la inversión. La inestabilidad económica del primer período, en particular entre 1984 y 1987, se reflejó en una tasa negativa de la inversión promedio de -3.4%, con la excepción de las tasas positivas de construcción y equipo de oficina y cómputo. En el segundo subperíodo, a pesar de la recesión de 1995, se observa un crecimiento entre 1994 y 1998 de 7.5% y aunque este crecimiento bajó en los años siguientes, la inversión tiene un crecimiento promedio anual de 1.8% entre 1994 y 2000. Indudablemente la firma del TLCAN y el auge de la economía de Estados Unidos generaron expectativas positivas que se vieron reflejadas en el comportamiento de la inversión. Así, la creación de nuevas plantas y la introducción de nuevas tecnologías documentada en distintos estudios de caso (Micheli, 1994; Domínguez y Brown, 1998; Ramírez, 1997) se ven reflejadas en el aumento de la inversión en construcción y maquinaria (véase cuadro 2).

CUADRO 2***Inversión por tipo de acervo*****Tasas de crecimiento medio anual**

(porcentajes)

	1984-1993	1994-1998	1994-2000
Maquinaria	-5.2	7.8	1.1
Construcción	1.0	8.9	3.6
Transporte	-8.8	3.9	2.1
Oficina y cómputo	5.4	5.4	4
Inversión total	-3.4	7.5	1.8

Fuente: cálculos propios con base en la Encuesta Industrial Anual, INEGI.

En resumen, en tanto que el primer período se caracteriza por un crecimiento muy bajo, con crecimiento negativo del capital y el empleo, en el segundo el valor agregado crece junto con los acervos, en tanto que el empleo permanece estancado.

**PRODUCTIVIDAD FACTORIAL, EFICIENCIA
Y CAMBIO TÉCNICO DE LA INDUSTRIA MEXICANA**

Las mediciones de productividad total de los factores se llevaron a cabo con la metodología de Malmquist descrita.⁸ De 1984 a 1993 la PTF creció a una tasa promedio anual de 1.32% en tanto que de 1994 a 2000 fue de 1.96%. Al descomponer el índice se deduce que el incremento del primer período se explica por el cambio técnico, con una tasa de crecimiento de 2.5% y no por mejoras en la eficiencia y la escala, que registraron tasas negativas (véase el cuadro 3). A partir de 1994 el cambio técnico conservó su predominio entre los componentes de la PTF, con una tasa de 1.54%, y, a diferencia del período anterior, se observa un crecimiento positivo en la eficiencia de 0.41%. Este incremento se explica fundamen-

⁸ El índice Malmquist de la PTF es un promedio de los cambios ocurridos cada año en un periodo determinado. Las tasas de crecimiento que presentamos en esta sección se obtuvieron de restar a cada índice obtenido uno .

talmente por una mejora del índice de cambio en la escala (0.42%) que sugiere que las empresas mejoraron en este período la utilización de su capacidad instalada.

CUADRO 3
Índice Malmquist de la PTF, 1984-1993
Tasas de crecimiento anual
(porcentajes)

	PTF	Cambio en el período			
		Técnico	Eficiencia	Eficiencia pura	Escala
Alimentos	2.67	4.02	-1.32	-0.73	-0.60
Bebidas y tabaco	2.92	4.44	-1.46	0.00	-1.46
Textiles	-5.15	-4.41	-0.80	-0.10	-0.70
Confección	2.50	8.20	-5.60	-2.80	-2.70
Cuero y calzado	-6.70	-6.70	0.00	0.00	0.00
Madera y productos	5.50	5.75	-0.20	-0.62	0.40
Papel	2.35	2.45	-0.10	0.00	-0.10
Química	1.06	0.96	0.10	0.01	0.05
Plástico y hule	0.00	0.05	-0.05	0.20	-0.25
Minerales no metálicos	2.92	1.97	0.93	-0.60	1.53
Metálica básica	6.83	8.30	-1.41	0.00	-1.41
Productos metálicos	-0.25	0.18	-0.44	-0.17	-0.27
Maquinaria no eléctrica	5.50	9.80	-4.30	-3.00	-1.30
Equipo eléctrico y electrónico	0.77	0.29	0.49	0.74	-0.25
Automotriz	5.32	5.16	0.15	0.20	-0.05
Transporte	-3.80	0.10	-3.90	-7.20	3.60
Otros	2.60	2.60	0.00	0.00	0.00
Promedio geométrico del índice	1.32	2.48	-1.13	-0.87	-0.26
		1994-2000			
Alimentos	2.02	4.74	-2.70	-0.59	-2.17
Bebidas y tabaco	-1.16	0.30	-1.44	0.64	-2.07
Textiles	3.44	1.09	2.30	0.40	1.90
Confección	1.98	0.35	1.62	-0.06	1.69
Cuero y calzado	0.60	0.60	0.00	-0.10	0.10
Madera y productos	-1.21	-1.12	-0.10	-0.25	0.15
Papel	6.02	2.02	3.95	1.80	2.20

CUADRO 3, continuación

	PTF	Cambio en el período			Escala
		Técnico	Eficiencia	Eficiencia Pura	
Química	-0.56	1.87	-2.42	-0.99	-1.43
Plástico y hule	1.65	-2.55	4.20	0.70	3.50
Minerales no metálicos	4.83	7.00	-2.16	-0.91	-1.25
Metálica básica	0.65	-1.30	1.95	0.60	1.35
Productos metálicos	-0.31	-1.34	1.03	0.56	0.47
Maquinaria no eléctrica	2.90	7.10	-4.20	-1.60	-2.60
Equipo eléctrico y electrónico	4.07	2.18	1.87	0.15	1.71
Automotriz	4.86	6.10	-1.20	-0.75	-0.45
Transporte	1.20	1.90	-0.70	-0.60	-0.10
Otros	2.70	-2.70	5.40	0.90	4.50
Promedio geométrico del índice	1.96	1.54	0.41	-0.01	0.42

Fuente: cálculos propios con base en la Encuesta Industrial Anual, INEGI.

Al examinar los resultados entre industrias se aprecian divergencias en el crecimiento de la productividad. Así, en el primer período la diferencia entre las industrias de mayor y menor crecimiento es de 15 puntos porcentuales. Entre las primeras se encuentran la automotriz (5.32), la metálica básica (6.83), madera y productos (5.5) y minerales no metálicos (2.92). Todas ellas, con excepción de madera y productos, tienen una alta relación producto a capital. En los tres primeros casos el incremento se explica casi enteramente por el cambio técnico y en el de la industria de minerales no metálicos, además del cambio técnico, hay un acercamiento hacia la escala óptima. Las industrias con menor crecimiento fueron cuero y calzado (-6.7), textiles (-5.1) y transporte (-3.8). Como se observa en el cuadro 3 la eficiencia tuvo un cambio nulo o un deterioro. Del cálculo de sus componentes se deduce que el deterioro fue mayor en la eficiencia pura que en la escala óptima.

Entre 1994 y 2000 la heterogeneidad entre industrias es menor en el crecimiento de la productividad factorial. La diferencia entre tasas de crecimiento entre las industrias de mayor y menor crecimiento es de poco más de seis puntos porcentuales. Las industrias de mayor crecimiento son: papel

(6.1), automotriz (4.86), minerales no metálicos (4.82) y equipo eléctrico y electrónico (4.07), todas ellas también intensivas en capital y con gran importancia en las exportaciones. El cambio técnico es el principal responsable del incremento de la productividad en el caso de los minerales no metálicos y la industria automotriz. El cambio en la eficiencia tiene mayor peso en la industria de papel y equipo eléctrico y electrónico.

Las industrias con menor crecimiento de la productividad fueron madera y productos (-1.2), bebidas y tabaco (1.1), y química (0.5). En la primera, el deterioro se debe al cambio técnico, en tanto que en la de bebidas y tabaco y en la química, al alejamiento de la escala óptima.

En resumen, en los dos períodos se observa un incremento del índice promedio de la productividad factorial, si bien moderado. Hay seis industrias que se mantienen en el grupo con crecimiento de la productividad superior al promedio: alimentos, papel, minerales no metálicos, maquinaria no eléctrica, automotriz y otras industrias. Hay una mejora sensible en textiles, cuero y calzado y plástico y hule, en tanto que el caso inverso se da en bebidas y tabaco, madera y productos, productos metálicos y metálica básica.

La gráfica 2 muestra la distribución de las 17 industrias en términos de los cambios en el cambio técnico y la eficiencia en el período 1984 a 1993. En la primera línea se localizan las industrias con cambio técnico positivo y en la segunda aquellas con este indicador negativo. En términos de las columnas, en la primera se ubican las industrias con eficiencia negativa y en la segunda, con positiva. De esta manera, en el primer cuadrante se localizan las once que registraron cambio técnico positivo y eficiencia negativa. A su derecha se encuentran cuatro industrias con índices positivos en ambos indicadores: química, minerales no metálicos, equipo electrónico y automotriz. En la parte inferior de la gráfica se ubican las dos industrias con tasas negativas: textil y cuero y calzado.

La distribución de las industrias del segundo período difiere de la descrita. Como se observa en la gráfica 3, en el primer cuadrante se localizan nueve industrias con crecimiento positivo en el cambio técnico y negativo en la eficiencia. A su derecha están las cuatro industrias con

índices positivos tanto en eficiencia como en cambio técnico: textiles, confección, papel y productos de papel y equipo eléctrico y electrónico. Esta última es la única industria que mantuvo esta posición en los dos períodos. En la parte inferior derecha de la gráfica se observa que la industria de madera tuvo índices negativos tanto en la eficiencia como en el cambio técnico y por último en el cuadrante inferior izquierdo están tres industrias con índices positivos en la eficiencia y negativos en el cambio técnico.

GRÁFICA 2

Cambio técnico y eficiencia, 1984-1993

C A M B I O T É C N I C O	+	Alimentos	Química**	
		Bebidas y tabaco		
		Confección		
		Madera y productos**		Minerales no metálicos**
		Papel		Equipo eléctrico y electrónico
		Plástico y huele		Automotriz
		Metálica básica		
		Productos metálicos(-)		
		Maquinaria no eléctrica		
		Transporte(-)**		
Otras industrias				
-		Textil (-)		
		Cuero y calzado (-)		
		-	+	
		EFICIENCIA		

(-) Tasa de crecimiento de la PTF negativa.

** Aproximación a la escala óptima.

Fuente: cuadro 3.

GRÁFICA 3
Cambio técnico y eficiencia, 1994-2000

C A M B I O	+	Alimentos	Textiles**
		Bebidas y tabaco(-)	
T É C N I C O	-	Cuero y calzado**	Papel**
		Química(-)	Equipo eléctrico y electrónico
C A M B I O	-	Minerales no metálicos	Plástico y huele**
		Maquinaria no eléctrica	
T É C N I C O	-	Automotriz	Productos metálicos(-)**
		Transporte	
C A M B I O	-	Otros**	
		-	+
EFICIENCIA			

(-) Tasa de crecimiento de la PTF negativa.

** Aproximación a la escala óptima.

Fuente: cuadro 3.

Por último, cabe mencionar que como se observa en las gráficas anteriores de los componentes del índice de eficiencia entre 1984 y 1993 sólo cuatro industrias registraron mejoras en la escala, mientras que en el siguiente período fueron 10. Como se puede ver en la gráfica 3, las cuatro industrias con signos positivos en cambio técnico y eficiencia registraron acercamiento a la escala óptima.

CONCLUSIONES

El estudio cubre 16 años críticos de profundos cambios en la política económica en los que se modificó el modelo basado en el mercado interno a otro predominantemente exportador. La fuente de información es la Encuesta Industrial Anual en dos períodos: de 1984 a 1993 y de 1994 a 2000. Debido a que esta encuesta incrementó su cobertura a partir de 1994, los resultados sólo muestran tendencias entre ambos períodos, ya que las muestras no son del todo compatibles. A pesar de este inconveniente para un estudio de largo plazo, se consideró necesario apearse a esta fuente de información debido a que es la única por clase industrial que permite calcular los acervos de capital para este nivel de agregación.

Nuestras estimaciones del crecimiento de la productividad y sus componentes confirman las hipótesis planteadas al inicio. En conjunto el sector manufacturero mejoró su posición en el crecimiento de la productividad, más acentuado en el segundo período y con menor grado de dispersión. En relación con los componentes del crecimiento de la productividad, los resultados de este estudio muestran un incremento de los índices de progreso técnico en los dos períodos, pero con diferencias entre períodos. En el primero no ocurrieron cambios en la eficiencia. En contraste en el subsecuente, el incremento de la productividad se explica tanto por el progreso técnico como por la mejora de la eficiencia como consecuencia del acercamiento a la escala óptima en seis industrias. En nuestra opinión, el crecimiento acelerado de las exportaciones puede explicar este resultado. En suma, el segundo período sobresale por su crecimiento más elevado de la productividad, menor heterogeneidad en el índice de PTF y un mayor número de industrias aproximándose a la frontera de producción.

En relación con la distribución de las industrias, tomando como referencia el cambio técnico y la eficiencia, nuestros resultados muestran un desempeño inestable de las industrias. De las cuatro industrias con cambio positivo en progreso técnico y eficiencia entre 1984 y 1993, sólo la de aparatos eléctricos y electrónicos mantiene esta característica en los dos

períodos. En tanto, la industria automotriz y la de minerales no metálicos y la química pierden en eficiencia en el siguiente período; esta última incluso muestra un decrecimiento de la productividad. Por otra parte, destaca la mejora de la industria textil, que pasa de una tasa negativa de crecimiento de la productividad a una positiva con cambio técnico y eficiencia positivas. La industria de madera y productos pasa de tener un crecimiento de la productividad y cambio técnico positivos a la posición contraria. En cualquier forma, debe señalarse que el incremento del índice de eficiencia es muy bajo tanto en promedio como por el número de industrias que permanecen debajo de la frontera. Esto sugiere que hasta ahora las políticas orientadas a mejorar el rezago tecnológico de las empresas han sido insuficientes. Deben reforzarse los programas de difusión tecnológica, capacitación laboral y de mejores prácticas gerenciales.

Por último, cabe mencionar algunas limitaciones de los cálculos de la PTF. En primer lugar, el cálculo de los acervos de capital tiene mayores dificultades en el segundo período. Por una parte, como se menciona en la metodología de los acervos de capital, la utilización de la depreciación que se reporta en la encuesta en lugar de la vida útil de los acervos. Por otra parte, la diferencia en los índices de precios utilizados con respecto al primer período. Sin embargo, los cálculos efectuados con distintas opciones mostraron que la metodología elegida era la mejor opción. Mas aún, nuestros resultados son compatibles con el desempeño de las industrias señalado en distintos estudios y con la evolución de la economía mexicana a partir de 1994.

En segundo lugar, el índice de Malmquist es más eficiente cuando se calcula por empresa o establecimiento. En este trabajo utilizamos las clases industriales como unidad de observación. Esto implica suponer que todos los establecimientos tienen la misma tecnología. De ahí que el efecto de la agregación tienda a disminuir la heterogeneidad entre las ramas, pero no es posible anticipar si el efecto sobre los índices calculados sea de sobre o subestimación, ya que puede ser en cualquier sentido.

A pesar de las limitaciones mencionadas, en nuestra opinión los resultados de este trabajo permiten analizar 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. Abre nuevas líneas de investigación en análisis más específicos sobre estos temas.

ANEXO

Cálculo de los acervos de capital

La encuesta industrial anual no proporciona datos del acervo de capital de los establecimientos, por lo cual las estimaciones correspondientes se efectuaron con el método de los inventarios perpetuos. La encuesta incluye datos de los activos fijos a costo de reposición; asimismo, la cuantía anual de las inversiones brutas en cada uno de los siguientes activos: *a)* construcciones e instalaciones, *b)* maquinaria y equipo, *c)* equipo de transportes y *d)* mobiliario y equipo de oficina.

- 1) Para cada uno de los establecimientos se calculó el acervo inicial en 1984 con el valor señalado en la encuesta de los activos fijos brutos para cada tipo de bien. Para calcular el acervo neto inicial se requiere de la depreciación acumulada. Como no se contaba con esta información se tomó de la Encuesta de Acervos de Capital del Banco de México la relación acervos netos/acervos brutos para cada tipo de bien de cada rama industrial y se multiplicaron los acervos brutos de la EIA con esta relación, de la siguiente manera:

$$AN_{84} = (AB_{84})(AN/AB)$$

- 2) Para los años siguientes se calculó la inversión fija bruta o formación bruta de capital para cada establecimiento y tipo de activo, como sigue: compra de activos (*AF*), más activos producidos por la empresa para su propio uso (*AP*), más mejoras realizadas a los activos (*AM*), menos ventas de activos fijos (*AV*) deflactando cada activo por su correspondiente índice de precio incluido en la encuesta del Banco de México en el período 1984 a 1993. Para el segundo período no existe esta información, por lo que se

deflactaron los componentes de los activos con sus correspondientes índices implícitos del PIB:

$$FB_t = AF_t + AP_t + AM_t - AV_t$$

- 3) Para la depreciación de la inversión se estimó la cuantía de la depreciación anual (d) tomando como base la vida útil de cada tipo de activo en cada una de las ramas industriales estimados por el Banco de México. Para su cálculo se supuso que el consumo de capital anual es igual al inverso de la vida útil de cada tipo de activo, conforme al supuesto de la depreciación lineal. La inversión fija neta anual se calculó deduciendo la depreciación anual así estimada a la cuantía de la inversión bruta:

$$IN_t = IB_t (1-d)$$

Para el período 1994 a 2000 no se siguió el procedimiento anterior para el cálculo de la depreciación debido a que se consideró que los cálculos de la vida útil de los acervos de capital no estaban actualizados, lo cual traía como resultado importantes sesgos en los cálculos de los acervos de capital. Por esta razón se optó por utilizar el cálculo de la depreciación para cada uno de los activos que se informa en la EIA

- 4) Por último se estimaron los acervos netos (AN) con el acervo neto del año anterior más la formación neta del año en curso:

$$AN_t = AN_{t-1} + IN_t$$

Rutina del programa DEA

La rutina del programa para el caso de los rendimientos constantes a escala es la siguiente:

$$\left[D_0'(x'_k, y'_k) \right]^{-1} = \max \lambda^k \quad [1]$$

donde:

k = clase industrial
 x = trabajo y capital
 y = valor agregado

$$\text{s.t. } \lambda^k y'_{k',m} \leq \sum_{k=1}^K z'_k y'_{k,m} \quad [2]$$

$$\sum_{k=1}^K z'_k y'_{k,n} \leq x'_{k',n} \quad [3]$$

$$z'_k \geq 0 \quad [4]$$

donde z'_k son los ponderadores para cada una de las observaciones. Siguiendo a Afriat (1972) para el caso de rendimientos variables se incluye la siguiente restricción:

$$\sum_{k=1}^K z'_k = 1 \quad [5]$$

BIBLIOGRAFÍA

- Brown, F., y L. Domínguez, *Productividad, desafío de la industria mexicana*; México, UNAM-JUS, 1999.
- , y L. Domínguez, “The Dynamics of Productivity Performance in Mexican Manufacturing 1984-1990”, *The Developing Economies*, vol. XXXII, núm. 3, 1994, pp. 279-298.
- , *Productividad y cambio técnico: un análisis metodológico*, México, UNAM-CETEI, 1997.
- Casar, J. et al., *Organización industrial en México*, México, Siglo XXI, 1990.
- Caves, D.W., L. Christensen y W. Diewert, “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity”, *Econometrica*, 50(6), 1994, pp. 1393-1414.
- Charnes, W. Cooper, A.Y. Lewin y L.M. Seiford (eds.), *Data Envelopment Analysis: Theory and Applications*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1994.

- Chong-Sup, Kim, "Los efectos de la apertura comercial y de la inversión extranjera directa en la productividad del sector manufacturero mexicano", *El Trimestre económico*, México, Fondo de Cultura Económica, 1997.
- Coelli, T., P. Rao y G. Battese, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- Coelli, T.J., D.S. Prasada Rao y G.E. Battese, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Domínguez, L. y F. Brown, *Transición hacia tecnologías flexibles y competitividad internacional en la industria mexicana*, México, Miguel Ángel Porrúa, 1998.
- Färe, R. y S. Grosskopf, *Fundamentals of Production Theory*, Springer-Verlag, Berlin, 1988.
- Färe, R., S. Grosskopf y C.A.K. Lovell, *The Measurement of Efficiency of Production*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 1985.
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris y Z. Zhang, "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialised Countries", *American Economic Review*, 64, 1994, pp. 66-83.
- Färe, R., S. Grosskopf y W.F. Lee, "Productivity in Taiwanese Manufacturing Industry", *Applied Economics*, 27, 1995, pp. 259-265.
- Farrell, M.J., "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, cxx. 1957, pp. 253-290.
- Fulginiti, L.E. y R.K. Perrin, "LDC Agriculture Nonparametric Malmquist Productivity Indexes", *Journal of Development Economics*, 53, 1997, pp. 373-390.
- Grosskopf, S., "Efficiency and Productivity", en H. Freid, O. Lovell y K. Schmidt, *The Measurement of Productivity Efficiency, Techniques and Applications*, Nueva York, Oxford University Press, 1993.
- Hernández Laos, E. y E. Velasco, "Productividad y competitividad en las manufacturas mexicanas, 1960-1985", en: J. Wilkie y J. Reyes Heróles (eds.), *Industria y trabajo en México*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Atzacapozalco, 1990.
- , *Evolución de la productividad total de los factores en la economía mexicana 1970-1989*, México, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Dirección General de Empleo, 1993.

- Kendrick, J., *Productivity Trends in the United States*, Nueva Jersey, Princeton University Press, 1961.
- Micheli, J., *Globalización y producción de automóviles en México*, México, UNAM, 1994.
- Murillo-Zamorano, Luis R. y Juan A. Vega-Cervera, "The Use of Parametric and Non-parametric Frontier Methods to Measure the Productive Efficiency in the Industrial Sector: A Comparative Study", *International Journal of Production Economics*, 69, 2001, pp. 265-275.
- Oaks, D., "Mexico, Reform and Productivity Growth", World Bank, 1994.
- Ramírez, J., "La organización justo a tiempo en la industria automotriz del norte de México. nuevos patrones de localización y eficiencia", México, CIDE, 1997.
- Shao, P., *Estadística para economistas y administradores*, México, Herrero Hermanos, 1971.
- Talan., I., "Trade liberalization and productivity: a panel study of the mexican manufacturing industry", Nova Scotia, Department of Economics Dalhousie University, 1997.
- Ten Kate, A. y F. de Mateo, "Apertura comercial y estructura de protección en México: estimaciones cuantitativas de los ochentas", *Comercio Exterior*, vol. 39, núm. 4, 1989.
- Tybout, J. y D. Westbrook, "Trade Liberalization and the Dimensions of Efficiency Change in Mexican Manufacturing Industries", *Journal of International Economics*, vol. 39, núm. 12, 1995, pp. 53-78.
- Weiss, J., "Trade Policy Reform and Performance in Manufacturing: Mexico 1975-1988", *The Journal of Development Studies*, vol. 29, núm.1, 1993, pp. 1-23.