

## **Un enfoque no paramétrico para la descomposición de la productividad del trabajo en la industria manufacturera regional**

Juan Carlos Chávez Martín del Campo\*

Luis Fernando López Ornelas\*\*

Fecha de recepción: 19 VI 2013

Fecha de aceptación: 09 V 2014

### **Resumen**

Esta investigación descompone la brecha regional y la variación intertemporal de la productividad del trabajo de la industria manufacturera en las contribuciones de la eficiencia técnica y la intensidad de capital, así como en la contribución del cambio tecnológico en el caso intertemporal. Los resultados indican que las diferencias interregionales en la productividad del trabajo en México se deben, principalmente, a la eficiencia técnica con la que opera la industria en las distintas regiones del país y, en menor medida, a las diferencias regionales en el acervo de capital físico por trabajador. Por otro lado, el crecimiento de la productividad del trabajo distó de ser homogéneo en el nivel regional durante el periodo 1998-2008. En el norte y el sur, el incremento en la productividad laboral tuvo como motor principal a la eficiencia técnica; mientras que en las regiones centrales el cambio tecnológico fue el factor de mayor influencia.

**JEL Classification:** J24, L60, R1.

**Palabras Clave:** Intensidad de capital, Productividad del trabajo, Eficiencia técnica, Cambio tecnológico, Manufacturas, Valor de Shapley.

---

\* Banco de México. Dirección General de Investigación Económica. Dirección: Av. de las Américas 1612-2, Col. Country Club 44637, Guadalajara, Jalisco. Tel: +52 33 3284 8224, Fax: +52 33 3817 5973. Correo electrónico: jchavez@banxico.org.mx.

\*\* Banco de México. Dirección General de Investigación Económica. Dirección: Av. de las Américas 1612-2, Col. Country Club 44637, Guadalajara, Jalisco. Correo electrónico: luis.lopez@banxico.org.mx.

El contenido de este artículo, así como las conclusiones que de él se derivan, son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan las del Banco de México.

## Abstract

This study decomposes both the labor productivity gap and the labor productivity growth into the contributions of technical efficiency, capital deepening and technological change for Mexican manufacturing at the regional level. The results indicate that regional differences in labor productivity are mainly attributed to technical efficiency, and, to a lesser extent, to regional differences in capital deepening. Moreover, labor productivity growth was not homogeneous across regions over the period 1998-2008. In both the north and the south, the increase in labor productivity was mainly driven by technical efficiency, while technological change was the most influential factor on labor productivity growth in the central regions.

**JEL Classification:** J24, L60, R1.

**Keywords:** Capital intensity, Labor productivity, Technical efficiency, Technological change, Manufacturing, Shapley value.

## Introducción

La productividad del trabajo está vinculada estrechamente con el ingreso *per cápita*, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2001). Por ejemplo, el valor agregado por hora trabajada en la industria manufacturera del norte del país<sup>1</sup> es 55% superior a la observada en el sur<sup>2</sup>, mientras que el ingreso promedio de los hogares localizados en la primera región es mayor en 67% al de los hogares ubicados en la segunda<sup>3</sup>. En este sentido, el análisis de la productividad del trabajo en el nivel regional es indispensable para lograr una mejor comprensión de las razones fundamentales que se encuentran detrás de las disparidades económicas regionales.

En términos generales, la dinámica de la productividad del trabajo depende de la evolución de tres variables: i) la eficiencia con la que se utilizan los factores de la producción; ii) la cantidad de capital por trabajador y iii) la tecnología. Por lo tanto, es prioritario conocer la contribución de cada una de estas

---

<sup>1</sup> En esta investigación se utilizó la regionalización propuesta por el Banco de México (Banxico, 2011). **Norte:** Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas; **Centro Norte:** Aguascalientes, Baja California Sur, Colima, Durango, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa y Zacatecas; **Centro:** Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala; **Sur:** Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

<sup>2</sup> Cálculos propios con información del Censo Económico 2009 (INEGI).

<sup>3</sup> Estimaciones propias con información de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2010.

variables a la productividad del trabajo, para entender los factores que explican las disparidades regionales. Además, las medidas de política orientadas a disminuir estas disparidades y optimizar la productividad podrían estar mejor focalizadas, una vez que se identifica el peso relativo de dichas contribuciones, lo cual es básico en un contexto de bajo crecimiento en la productividad y donde los recursos públicos no son ilimitados<sup>4</sup>.

El objetivo de esta investigación es descomponer la variación intertemporal de la productividad del trabajo en la industria manufacturera, en el nivel regional y por entidad federativa, así como la brecha interregional de este indicador, en las contribuciones de las variables mencionadas en el párrafo anterior. Para lograr este objetivo, utilizamos un enfoque no paramétrico de manera similar a Kumar y Russell (2002). Un inconveniente de la descomposición empleada por estos autores es que la suma de las contribuciones de las variables no es igual, en general, al crecimiento de la productividad del trabajo. Para resolver este problema, extendemos la metodología de Kumar y Russell a través de la aplicación del enfoque de descomposición propuesto por Shorrocks (2013), el cual consiste en eliminar de manera secuencial cada una de las variables consideradas, de manera que el promedio de las contribuciones marginales para todas las secuencias de eliminación posibles constituye la contribución de la variable en cuestión. Como el mismo autor lo menciona, este procedimiento coincide con el problema clásico de dividir la ganancia de un juego cooperativo utilizando la solución de Shapley (1953), lo cual implica que la suma de las contribuciones es igual a la variación intertemporal o a la brecha en productividad del trabajo, según sea el caso.

Esta es la primera investigación que realiza la descomposición de la productividad del trabajo de manera no paramétrica en el nivel regional para México; además, es la primera aplicación del enfoque de descomposición de Shorrocks, en tal contexto. Sin embargo, es importante mencionar que de manera similar a Kumar y Russell (2002), este enfoque constituye un ejercicio de medición y descomposición que no proporciona una explicación de las razones fundamentales que se encuentran detrás de la heterogeneidad existente en la productividad del trabajo, en el nivel regional.

El resto del documento se encuentra estructurado en cinco secciones. En la segunda sección, se revisa la literatura sobre productividad del trabajo, aquí se destacan las investigaciones que se han realizado para México. En la tercera sección, se introducen los conceptos más relevantes para el análisis de la eficiencia, la metodología no paramétrica para construir la frontera de

---

<sup>4</sup> De acuerdo con cifras de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2013), la tasa de crecimiento anual promedio de la productividad total de los factores (PTF) fue del orden de -0.7 por ciento, entre 1981 y 2011.

producción, así como la descomposición propuesta por Shorrocks. En la cuarta sección, se describen los datos utilizados en la construcción de la frontera de producción y se presenta la estimación de la eficiencia técnica. En la quinta sección, se exponen los resultados más importantes de la descomposición de la productividad del trabajo. Por último, se concluye el documento con algunos comentarios finales.

## **1. Revisión de la literatura**

Los estudios que se han realizado para México, en materia de productividad del trabajo en el sector manufacturero, pueden agruparse tomando como punto de referencia la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). En la etapa previa a la puesta en operación de dicho tratado comercial, y en particular durante el periodo donde predominaba el modelo de sustitución de importaciones, Hernández Laos y Velasco (1990) estimaron una tasa de crecimiento anual promedio de la productividad del trabajo del orden de 3.4% para el periodo 1960-1980. Los autores atribuyen dicho crecimiento al incremento de la intensidad de capital durante el periodo referido. Durante el periodo 1984-1990, caracterizado por una mayor apertura hacia el exterior, Brown y Domínguez (1994) encontraron una tasa de crecimiento anual de la productividad del trabajo de 3.3%, la cual asocian, en parte, a una reducción de los activos de capital, así como al desempeño de las empresas exportadoras o las que operaban a gran escala, en un contexto de bajo crecimiento económico. Cuando Katz (2000) estudió el desempeño de la industria manufacturera de algunos países de América Latina, encuentra una tasa de crecimiento anual de 2.9% para la productividad del trabajo en la industria manufacturera mexicana, durante el periodo 1970-1996. Entonces, él argumenta que la evolución de la productividad del trabajo no observó una discontinuidad con la implementación de las reformas estructurales y, de manera similar a Brown y Domínguez, señala el incremento en el peso relativo de las industrias de exportación o las que operaban a gran escala, para explicar el desempeño industrial. En este sentido, los trabajos de investigación encuentran tasas de crecimiento positivas del orden de 2% y 3%, tanto para el periodo de sustitución de importaciones como para el de mayor apertura comercial; en particular, lo descubren durante la etapa posterior a la entrada de México al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y de Comercio (GATT por sus siglas en inglés) en 1986, y con un papel cada vez más preponderante de la industria de exportación para explicar el comportamiento de la productividad del trabajo en las manufacturas.

Para la etapa posterior a la implementación del TLCAN, Montes-Rojas y Santamaría (2007) calculan un crecimiento anual promedio de la productividad del trabajo de 3%, aproximadamente, para el periodo 1994-2002, el cual fue resultado del mayor dinamismo de las exportaciones. Para un periodo similar (1996-2003), Salgado-Banda y Bernal-Verdugo (2011) calcularon una tasa de crecimiento anual promedio de 3.4% en la productividad del trabajo para el periodo. De este crecimiento, aproximadamente el 62% se atribuye a la PTF y un 32% a la intensidad de capital. Estos autores estiman que tanto la adopción de tecnología como el capital humano se asocian de manera positiva con la productividad del trabajo, mientras que la concentración industrial (menor competencia) tiene una influencia negativa sobre esta última. Por lo tanto, la evidencia empírica señala que la productividad del trabajo se desempeñó de manera similar durante el modelo de sustitución de importaciones, frente al comportamiento observado en la etapa posterior a la entrada en vigor del TLCAN, si bien, durante esta última etapa, la evolución de la productividad del trabajo estuvo determinada en mayor medida por la dinámica de la PTF.

La mayor apertura comercial modificó la localización de la industria manufacturera en México. Específicamente, las entidades en la frontera norte y algunas del centro del país incrementaron su participación relativa en la actividad manufacturera como resultado de dicho proceso (Flores, 2004). Sin embargo, existen pocos trabajos de investigación que aborden el tema de la productividad del trabajo de la industria manufacturera regional. Por ejemplo, Chávez-Martín del Campo y Fonseca (2013) concluyen que la brecha en productividad del trabajo en las manufacturas entre el sur y el resto del país se explica en parte por el diferencial existente en el grado de desarrollo tecnológico, si bien, la referida brecha disminuyó durante el periodo 1988-2008. En particular, no existen investigaciones que identifiquen las contribuciones de los componentes de la PTF (eficiencia técnica y cambio tecnológico) y la intensidad de capital con las diferencias regionales de la productividad laboral en México. En el caso de otros países, sí existe este tipo de análisis a nivel regional. Tal es el caso del estudio de Gumbau-Albert (2000), el cual descompone los cambios en la productividad del trabajo en las contribuciones de la intensidad de capital, el cambio tecnológico y la eficiencia técnica. Por su parte, Kumar y Russell (2002) realizan una descomposición similar a la de Gumbau-Albert, pero a diferencia de este último, aquellos utilizan un enfoque no paramétrico en la construcción de la frontera de producción mundial.

## 2. Metodología

### 2.1. Construcción no paramétrica de la tecnología

De manera similar a Kumar y Russell (2002), aquí definimos el *conjunto de producción* (conjunto de todas las combinaciones de insumos y productos tecnológicamente viables) como:

$$\mathcal{T} = \{ \langle Y, L, K \rangle \in \mathbb{R}_+^3 \mid Y \leq \sum_j w_j Y_j, L \geq \sum_j w_j L_j, K \geq \sum_j w_j K_j, w_j \geq 0 \forall j \} \quad (1)$$

donde  $Y_j$  representa el producto,  $K_j$  el capital y  $L_j$  el trabajo para la entidad  $j = 1, \dots, 32$ . Nótese que la tecnología implícita en  $\mathcal{T}$  presenta rendimientos constantes a escala<sup>5</sup>, lo cual permite que la tecnología se pueda representar en el espacio  $\{k, l\}$ , donde  $k = K/L$  es la intensidad del capital y  $y = Y/L$  es la productividad del trabajo. Mientras que  $w_j$  es una variable que indica la intensidad con la cual una actividad particular se utiliza en la producción (en este caso, cada entidad representa una actividad).

La frontera de  $\mathcal{T}$  se conoce comúnmente como la *frontera de producción*, la cual se construye a partir de las entidades que cuentan con las “mejores prácticas” en el uso eficiente de los factores de la producción (capital y trabajo). En general, no todas las unidades económicas se localizan en la frontera, ya que en ocasiones es posible para una unidad en particular incrementar la producción sin variar la cantidad de insumos utilizados. En este sentido, la introducción de un concepto de distancia entre el producto observado y la frontera de producción constituye una medida del grado de eficiencia.

En esta investigación, se utiliza el índice propuesto por Farrell (1957) para medir la eficiencia técnica de la industria manufacturera de la entidad  $j$ . El estimador de la eficiencia técnica es la solución al siguiente problema de programación lineal:

$$e_j = \min \left\{ \theta \mid \left\{ \frac{Y_j}{\theta}, L_j, K_j \right\} \in \mathcal{T} \right\} \quad (2)$$

El índice de eficiencia representa el inverso del máximo incremento proporcional que el producto  $Y_j$  puede alcanzar dada la tecnología y la

---

<sup>5</sup>  $(Y, K, L) \in \mathcal{T}$  implica que  $(tY, tK, tL) \in \mathcal{T}$  cualquiera que sea  $t \geq 0$ .

cantidad de factores disponibles. En otras palabras, es la razón del producto observado y el producto potencial (ubicado en la frontera de producción) para una cantidad determinada de capital y trabajo, por lo que siempre es menor o igual a la unidad.

## 2.2. Descomposición de la productividad del trabajo

Sean  $k_{jt} = K_{jt}/L_{jt}$  y  $y_{jt} = Y_{jt}/L_{jt}$  los valores observados del capital y del producto por trabajador en el periodo  $t$ , respectivamente; por construcción, la productividad potencial de la entidad  $j$  en el periodo  $t$  es  $\bar{y}_{jt}(k_{jt}) = y_{jt}/e_{jt}$ , donde  $e_{jt}$  es el índice de eficiencia de Farrell que se obtiene de (2). Por lo tanto, la razón de productividad laboral entre  $t = 0$  y  $t = 1$  para la entidad  $j$  viene dada<sup>6</sup> por:

$$\frac{y_{j1}}{y_{j0}} = \frac{e_{j1}}{e_{j0}} \times \frac{\bar{y}_{j1}(k_{j1})}{\bar{y}_{j0}(k_{j0})} \quad (3)$$

De manera similar a Kumar y Rusell (2002), nótese que la razón de la productividad del trabajo entre dos puntos en el tiempo puede expresarse como el producto de tres elementos: i) la razón de la eficiencia técnica entre ambos periodos; ii) la razón de la productividad potencial asociada a la intensidad de capital observada en el periodo 1 y la observada en el periodo 0, utilizando en ambos casos la tecnología en  $t = 0$ , y iii) la razón de la productividad del trabajo potencial asociada a la tecnología en  $t = 1$  y  $t = 0$ , utilizando en ambos casos la intensidad de capital en,  $t = 1$ :

$$\frac{y_1}{y_0} = \underbrace{\frac{e_1}{e_0}}_{\text{Eficiencia técnica}} \times \underbrace{\frac{\bar{y}_0(k_1)}{\bar{y}_0(k_0)}}_{\text{Intensidad de capital}} \times \underbrace{\frac{\bar{y}_1(k_1)}{\bar{y}_0(k_1)}}_{\text{Cambio tecnológico}} \quad (4)$$

Sin embargo, la razón de la productividad del trabajo también puede expresarse como:

$$\frac{y_1}{y_0} = \frac{e_1}{e_0} \times \frac{\bar{y}_1(k_1)}{\bar{y}_1(k_0)} \times \frac{\bar{y}_1(k_0)}{\bar{y}_0(k_0)} \quad (5)$$

<sup>6</sup> Para el resto de la sección no se utilizará el subíndice  $j$  para facilitar la notación.

En este sentido, la elección entre (4) o (5) para la descomposición resulta arbitraria, ya que no existe ninguna razón *a priori* para elegir alguna de las dos en particular. Siguiendo el enfoque de Caves, Christensen y Diewert (1982), Färe, Grosskopf, Norris, y Zhang (1994), y Kumar y Rusell (2002), utilizamos la descomposición ideal de Fisher, la cual consiste en obtener la media geométrica de 4 y 5, por lo que la razón de la productividad del trabajo puede expresarse como:

$$\frac{y_1}{y_0} = \frac{e_1}{e_0} \times \left[ \frac{\bar{y}_1(k_1)\bar{y}_1(k_0)}{\bar{y}_0(k_1)\bar{y}_0(k_0)} \right]^{1/2} \times \left[ \frac{\bar{y}_0(k_1)\bar{y}_1(k_1)}{\bar{y}_0(k_0)\bar{y}_1(k_0)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

A partir de (6), y después de algunas manipulaciones algebraicas, el cambio porcentual en la productividad del trabajo,  $\Delta y$ , se puede expresar como:

$$\begin{aligned} \Delta y &= f(\Delta e, \Delta k, \Delta T) \\ &= \Delta e + \Delta T + \Delta k + \Delta e\Delta T + \Delta e\Delta k + \Delta T\Delta k \\ &\quad + \Delta e\Delta T\Delta k \end{aligned} \quad (7)$$

Donde:

$$\begin{aligned} \Delta y &= \frac{y_1}{y_0} - 1 \\ \Delta e &= \frac{e_1}{e_0} - 1 \\ \Delta T &= \left[ \frac{\bar{y}_1(k_1)\bar{y}_1(k_0)}{\bar{y}_0(k_1)\bar{y}_0(k_0)} \right]^{1/2} - 1 \\ \Delta k &= \left[ \frac{\bar{y}_0(k_1)\bar{y}_1(k_1)}{\bar{y}_0(k_0)\bar{y}_1(k_0)} \right]^{1/2} - 1 \end{aligned}$$

Kumar y Rusell (2002) estiman la contribución de cada uno de los tres factores (eficiencia técnica, intensidad de capital y cambio tecnológico) al cambio en la productividad del trabajo  $\Delta y$ , a partir de los efectos directos  $\Delta e$ ,  $\Delta k$  y  $\Delta T$ . Sin embargo, se puede observar en (7) que la suma de los efectos directos no es igual al cambio observado en la productividad del trabajo ( $\Delta y \neq \Delta e + \Delta T + \Delta k$ ) en general.

A diferencia de Kumar y Rusell, esta investigación aplica el enfoque de

descomposición propuesto por Shorrocks (2013). Para aplicar dicho enfoque es necesario introducir algunos conceptos y notación básicos. Sea  $S \subseteq P = (\Delta e, \Delta k, \Delta T)$  un subconjunto de los tres factores considerados (que un factor no se encuentra en  $S$  es equivalente a suponer que dicho factor no cambió en el tiempo). Por su parte,  $m(S)$  representa la variación en la productividad del trabajo  $\Delta y$ , cuando se incluyen únicamente los factores en  $S$  y se adopta la convención  $m(\emptyset) = 0$ ; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 m(\emptyset) &= 0 \\
 m(\Delta e) &= \Delta e \\
 m(\Delta k) &= \Delta k \\
 m(\Delta T) &= \Delta T \\
 m(\Delta e, \Delta k) &= \Delta e + \Delta k + \Delta e \Delta k \\
 m(\Delta e, \Delta T) &= \Delta e + \Delta T + \Delta e \Delta T \\
 m(\Delta k, \Delta T) &= \Delta T + \Delta k + \Delta T \Delta k \\
 m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) &= \Delta y
 \end{aligned}$$

En segundo lugar, se calcula la contribución marginal de cada uno de los factores para todas las secuencias de eliminación posibles:  $\sigma_1 = (\Delta e, \Delta k, \Delta T)$ ,  $\sigma_2 = (\Delta e, \Delta T, \Delta k)$ ,  $\sigma_3 = (\Delta k, \Delta e, \Delta T)$ ,  $\sigma_4 = (\Delta k, \Delta T, \Delta e)$ ,  $\sigma_5 = (\Delta T, \Delta e, \Delta k)$  y  $\sigma_6 = (\Delta T, \Delta k, \Delta e)$ . Por ejemplo, para la primera secuencia de eliminación ( $\sigma_1$ ), las contribuciones marginales de  $\Delta e$ ,  $\Delta k$  y  $\Delta T$  vienen dadas, respectivamente<sup>7</sup>, por:

$$\begin{aligned}
 C_{\Delta e}^{\sigma_1} &= m(\Delta e) - m(\emptyset) \\
 C_{\Delta k}^{\sigma_1} &= m(\Delta e, \Delta k) - m(\Delta e) \\
 C_{\Delta T}^{\sigma_1} &= m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta k)
 \end{aligned} \tag{8}$$

Nótese que  $\sum_{p \in P}^{\sigma_1} C_p = \Delta y$ , por lo que la descomposición es exacta. El mismo procedimiento se puede aplicar a cada una de las cinco secuencias restantes ( $\sigma_2, \dots, \sigma_5$ ), para calcular la contribución de cada uno de los tres factores. Sin embargo, dichas contribuciones son diferentes, en general, para cada secuencia

---

<sup>7</sup> En este caso, la eficiencia técnica aparece en primer lugar, por lo que los otros dos factores no son considerados en la estimación de su contribución marginal. La intensidad de capital aparece en segundo lugar, por lo que solamente la eficiencia técnica se incorpora en el cálculo de la contribución marginal de  $\Delta k$ . Finalmente, el cambio tecnológico aparece en tercer lugar, razón por la cual todos los factores son incluidos en la estimación de la contribución marginal de  $\Delta T$ . Un razonamiento análogo aplica a las restantes cinco secuencias de eliminación para el cálculo de las contribuciones marginales.

de eliminación, por lo que la elección de alguna de ellas en particular resulta arbitraria. Una solución intuitiva a este problema es la propuesta por Shorrocks (2013), la cual consiste en estimar el promedio de las contribuciones marginales asociadas a cada una de las seis secuencias de eliminación posibles. Formalmente:

$$C_p = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 C_p^{\sigma_i} = \sum_{S \subseteq P/\{p\}} \frac{|S|!(3 - |S| - 1)!}{6} (m(S \cup \{p\}) - m(S)) \quad (9)$$

Esta expresión corresponde al valor de Shapley (1953), el cual es utilizado en la teoría de juegos cooperativos. El cuadro 1 presenta de manera esquemática las contribuciones de la eficiencia técnica, la intensidad de capital y el cambio tecnológico a la variación de la productividad en el tiempo, las cuales son derivadas a partir del enfoque de Shorrocks para la descomposición.

Cuadro 1  
**Cálculo de las contribuciones en la descomposición de  $\Delta y$**

	$\Delta e$	$\Delta k$	$\Delta T$
$C_p^{\sigma_1}$	$m(\Delta e) - m(\emptyset)$	$m(\Delta e, \Delta k) - m(\Delta e)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta k)$
$C_p^{\sigma_2}$	$m(\Delta e) - m(\emptyset)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta T)$	$m(\Delta e, \Delta T) - m(\Delta e)$
$C_p^{\sigma_3}$	$m(\Delta e, \Delta k) - m(\Delta k)$	$m(\Delta k) - m(\emptyset)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta k)$
$C_p^{\sigma_4}$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta k, \Delta T)$	$m(\Delta k) - m(\emptyset)$	$m(\Delta k, \Delta T) - m(\Delta k)$
$C_p^{\sigma_5}$	$m(\Delta e, \Delta T) - m(\Delta T)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta T)$	$m(\Delta T) - m(\emptyset)$
$C_p^{\sigma_6}$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta k, \Delta T)$	$m(\Delta k, \Delta T) - m(\Delta T)$	$m(\Delta T) - m(\emptyset)$
$C_p$	$\Delta e + \frac{\Delta e \Delta T}{2} + \frac{\Delta e \Delta k}{2} + \frac{\Delta e \Delta k \Delta T}{3}$	$\Delta k + \frac{\Delta k \Delta T}{2} + \frac{\Delta e \Delta k}{2} + \frac{\Delta e \Delta k \Delta T}{3}$	$\Delta T + \frac{\Delta e \Delta T}{2} + \frac{\Delta T \Delta k}{2} + \frac{\Delta e \Delta k \Delta T}{3}$

Esta metodología se puede extender fácilmente para descomponer la diferencia en el nivel de productividad del trabajo entre entidades y regiones, o entre estas y el nivel de productividad observado en el país. La razón de productividad laboral de la entidad  $j$  y la observada en el nivel nacional, viene dada por:

$$\frac{y_j}{y_{nac}} = \frac{e_j}{e_{nac}} \times \frac{\bar{y}(k_j)}{\bar{y}(k_{nac})} \quad (10)$$

En este caso, el objetivo es calcular la contribución de la eficiencia y la intensidad de capital a la brecha en productividad  $\Delta y^b = y_j/y_{nac} - 1$ . Una aplicación directa del algoritmo de Shapley arroja las siguientes contribuciones para ambos factores, respectivamente:

$$C_{\Delta e}^b = \Delta e^b + \frac{\Delta k^b \Delta e^b}{2} \quad (9)$$

$$C_{\Delta k}^b = \Delta k^b + \frac{\Delta k^b \Delta e^b}{2} \quad (10)$$

donde:  $\Delta e^b = e_j/e_{nac} - 1$  y  $\Delta k^b = \bar{y}(k_j)/\bar{y}(k_{nac}) - 1$ .

### 3. Eficiencia técnica y frontera de producción

Para la construcción de las fronteras de producción, se utilizaron los Censos Económicos de 1999 y 2009 elaborados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En particular, se consideró el sector de las Industrias Manufactureras (31-33) para cada una de las 32 entidades federativas. Cabe señalar que el análisis se centró en el desempeño del sector privado, por lo que se excluyeron las clases: refinación de petróleo (324110) y fabricación de petroquímicos básicos del gas natural y del petróleo refinado (325110), actividades reservadas por la Constitución para el Estado Mexicano.

Como variables *proxy* del producto ( $Y$ ), el capital ( $K$ ) y el trabajo ( $L$ ) se utilizaron, respectivamente, el valor agregado censal bruto, el acervo total de activos fijos y las horas trabajadas por el personal ocupado total. El INEGI (2004) define cada una de estas variables de la siguiente manera:

- a) *Valor agregado censal bruto*. Es la diferencia entre la producción bruta total (el valor de todos los bienes producidos por la unidad económica como resultado del ejercicio de sus actividades) y el consumo intermedio, sin deducir el consumo de capital fijo. Para deflactar esta variable se utilizó el Índice Nacional de Precios Productor (INPP), correspondiente a las manufacturas, el cual es elaborado por INEGI.

- b) *Acervo total de activos fijos*. Es el valor actualizado de todos aquellos bienes propiedad de la unidad económica -cuya vida útil es superior a un año-, y que tienen la capacidad de producir o proporcionar las condiciones necesarias para la generación de bienes y servicios. Se reporta a valor actual o costo de reposición de los activos fijos, tomando en consideración la depreciación, así como los cambios por variaciones en los precios. Para deflactar esta variable, se utilizó el INPP correspondiente a la formación de capital.
- c) *Horas trabajadas por el personal ocupado total*. El personal ocupado total comprende: tanto al personal contratado directamente por la razón social, como al personal ajeno suministrado por otra razón social, que trabajó para la unidad económica sujeto a su dirección y control, y que cubrió como mínimo una tercera parte de la jornada laboral de la misma. Puede tratarse de personal de planta o eventual, sean o no remunerados.

Es importante señalar algunas limitaciones de la información utilizada. En primer lugar, los servicios de capital se miden a partir del acervo, lo cual no afecta el análisis cuando los primeros son una proporción fija del segundo. Sin embargo, durante las diferentes etapas del ciclo económico, la utilización del acervo de capital es variable y, por lo tanto, también lo son sus servicios. En el caso de las horas trabajadas, no se realiza ningún tipo de ajuste para corregir por diferencias en la calidad del factor trabajo, que tome en consideración las habilidades de los trabajadores para realizar sus funciones, por ejemplo: trabajador calificado y no calificado.

El cuadro 2 presenta la participación relativa en el total nacional de estas variables, por entidad federativa y por región, para los años 1998 y 2008. En ambos periodos, el norte y el centro generaron poco más del 75% del valor agregado. Sin embargo, la evolución de su participación en el total nacional fue distinta entre ambas regiones. Mientras que el norte incrementó su participación al pasar de 31.4% en 1998, a 35.2% en 2008, el centro disminuyó su participación al pasar esta de 46.3% a 41.5%, en el mismo periodo. Por otro lado, la participación del centro norte permaneció estable en niveles cercanos al 17%, y la del sur se incrementó en 1.1%.

En lo que respecta a la participación en el acervo de capital, esta aumentó en el norte y centro norte del país en 1.5%, mientras que en las otras dos regiones disminuyó. En el caso del factor trabajo, medido a través del número de horas trabajadas, su participación permaneció estable en el norte, decreció en el centro, y aumentó tanto en el centro norte como en el sur del país. Cabe destacar que las variaciones en la participación relativa de los insumos productivos durante el periodo de análisis, en particular del capital, obedece en parte a una reconfiguración de las actividades de exportación asociadas a la mayor integración comercial con América del Norte (Trejo, 2010).

Cuadro 2  
**Participación del producto, capital y trabajo en el nivel nacional  
 (por ciento)**

	1998			2009		
	Y	K	L	Y	K	L
<b>Norte</b>	31.4	28.9	34.5	35.2	30.4	34.3
Baja California	4.1	2.3	6.1	4.4	2.6	6.1
Coahuila	6.1	5.8	4.6	6.9	7.9	4.4
Chihuahua	4.9	3.5	8.1	5.4	4.2	7.1
Nuevo León	9.6	12.2	8.1	10.5	9.9	8.0
Sonora	3.4	2.9	3.2	3.9	3.1	3.5
Tamaulipas	3.2	2.2	4.4	4.2	2.6	5.1
<b>Centro Norte</b>	17.1	19.4	17.4	17.0	21.9	18.9
Aguascalientes	1.6	2.2	1.6	1.9	2.7	1.6
Baja California Sur	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3
Colima	0.2	0.5	0.2	0.2	0.5	0.3
Durango	1.2	1.0	1.7	1.0	0.8	1.3
Jalisco	8.4	7.7	7.9	7.5	6.8	8.4
Michoacán	1.6	2.5	2.0	2.0	4.3	2.3
Nayarit	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
San Luis Potosí	2.7	3.6	1.8	2.8	4.4	2.4
Sinaloa	0.7	1.0	1.0	0.8	1.0	1.3
Zacatecas	0.4	0.5	0.6	0.6	1.0	0.6
<b>Centro</b>	46.3	41.4	40.0	41.5	39.7	37.4
Distrito Federal	11.2	8.9	11.4	9.6	6.9	8.7
Guanajuato	5.6	3.2	5.3	4.9	5.1	5.6
Hidalgo	1.6	2.9	1.7	1.8	2.7	1.8
México	17.3	14.7	11.8	14.5	12.2	11.6
Morelos	1.6	2.1	1.0	1.3	1.2	1.1
Puebla	4.3	5.0	5.3	4.7	6.5	4.8
Querétaro	3.6	3.2	2.2	3.6	3.8	2.6
Tlaxcala	1.1	1.4	1.3	1.1	1.3	1.2
<b>Sur</b>	5.2	10.3	8.1	6.3	8.0	9.4
Campeche	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.4
Chiapas	0.4	0.4	0.7	0.4	0.5	1.0
Guerrero	0.2	0.2	0.9	0.2	0.2	1.2
Oaxaca	0.7	1.2	1.2	0.5	1.4	1.3
Quintana Roo	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
Tabasco	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.5
Veracruz	2.7	7.0	2.7	3.7	4.3	2.8
Yucatán	0.8	0.8	1.7	0.8	1.0	1.9
<b>Nacional</b>	100	100	100	100	100	100

Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

Cuadro 3  
**Eficiencia técnica y productividad del trabajo (miles de pesos 2008)**

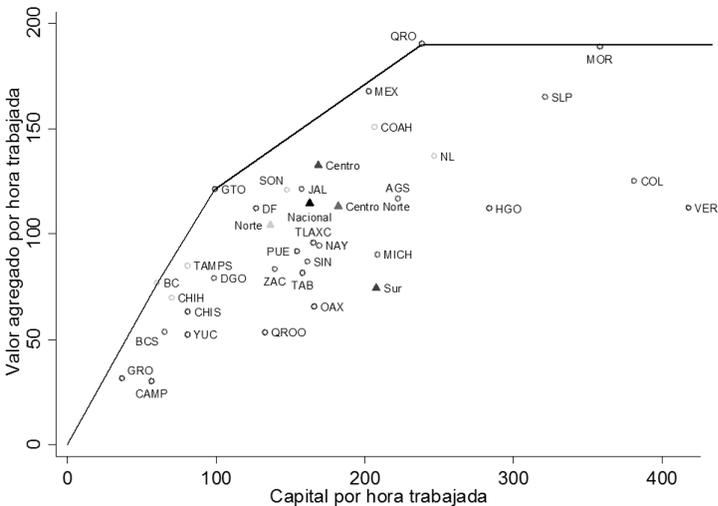
	1998				2008			
	<i>e</i>	<i>y</i>	$\bar{y}$	<i>k</i>	<i>e</i>	<i>y</i>	$\bar{y}$	<i>k</i>
<b>Norte</b>	0.746	104.2	139.6	136.4	0.886	135.4	152.9	124.9
Baja California	1.000	76.6	76.6	60.3	1.000	95.1	95.1	60.6
Coahuila	0.864	150.8	174.4	206.6	1.000	206.4	206.4	253.3
Chihuahua	0.794	69.7	87.8	70.1	0.851	99.7	117.2	82.2
Nuevo León	0.720	137.0	190.2	246.7	0.980	172.4	175.9	175.2
Sonora	0.831	120.7	145.3	147.8	0.948	144.1	152.0	123.3
Tamaulipas	0.849	84.9	100.0	80.8	1.000	108.2	108.2	72.8
<b>Centro Norte</b>	0.697	113.1	162.3	182.2	0.694	118.9	171.2	163.3
Aguascalientes	0.641	116.8	182.3	222.4	0.789	157.6	199.8	236.5
Baja California Sur	0.647	53.4	82.5	65.5	0.478	54.0	113.0	77.9
Colima	0.658	125.1	190.2	381.3	0.549	111.0	202.2	242.5
Durango	0.655	79.1	120.7	98.8	0.836	100.3	119.9	85.1
Jalisco	0.807	121.2	150.2	157.6	0.796	116.9	147.0	113.9
Michoacán	0.514	90.2	175.5	208.6	0.532	109.7	206.4	259.4
Nayarit	0.606	94.5	156.0	169.3	0.492	60.1	122.2	87.4
San Luis Potosí	0.867	165.0	190.2	321.3	0.742	153.1	206.4	259.6
Sinaloa	0.572	86.9	152.0	161.4	0.596	83.1	139.3	105.3
Zacatecas	0.590	83.3	141.2	139.6	0.631	124.1	196.6	228.1
<b>Centro</b>	0.852	132.6	155.7	168.7	0.881	146.0	165.9	149.5
Distrito Federal	0.831	112.2	135.0	127.1	1.000	146.3	146.3	112.6
Guanajuato	1.000	121.2	121.2	99.3	0.740	114.6	154.9	128.7
Hidalgo	0.590	112.2	190.2	283.7	0.699	133.7	191.3	214.5
Edo. de México	0.972	167.7	172.6	202.9	1.000	165.2	165.2	147.7
Morelos	0.993	188.9	190.2	358.1	0.889	148.5	167.0	152.5
Puebla	0.618	91.8	148.6	154.5	0.717	129.9	181.3	189.0
Querétaro	1.000	190.2	190.2	238.4	0.959	179.5	187.2	204.2
Tlaxcala	0.622	95.7	154.0	165.4	0.689	115.3	167.5	153.6
<b>Sur</b>	0.424	74.3	175.0	207.8	0.585	87.6	149.8	119.2
Campeche	0.420	30.2	72.0	56.7	0.732	33.6	45.8	29.2
Chiapas	0.628	63.1	100.4	81.1	0.509	49.9	98.1	63.4
Guerrero	0.674	31.5	46.7	36.8	0.499	18.0	36.1	23.0
Oaxaca	0.425	65.6	154.3	166.1	0.326	53.3	163.7	145.0
Quintana Roo	0.387	53.4	137.9	133.0	0.710	87.3	123.1	88.4
Tabasco	0.542	81.5	150.5	158.3	0.576	90.9	157.7	133.9
Veracruz	0.590	112.3	190.2	417.8	0.922	176.6	191.5	215.3
Yucatán	0.520	52.1	100.2	81.0	0.521	55.4	106.2	71.0
<b>Nacional</b>	0.750	114.7	152.9	163.1	0.816	131.8	161.4	140.8

Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

El cuadro 3 presenta la productividad del trabajo ( $y$ ), la intensidad de capital ( $k$ ), el índice de eficiencia ( $e$ ), así como la productividad potencial ( $\bar{y}$ ) para cada una de las entidades y regiones del país para los años 1998 y 2008. La eficiencia técnica se calculó a partir de la metodología presentada en la segunda sección de este trabajo. Cabe señalar que, con excepción de la eficiencia técnica, los valores están expresados en pesos de 2008. La productividad potencial correspondiente a este nivel de intensidad de capital fue de 98.1 mil pesos. La eficiencia técnica de la industria manufacturera en esa entidad resulta de dividir la productividad observada entre la potencial, por lo que la entidad generó el 50.9% de su productividad potencial, en ese año ( $e = 0.509$ ).

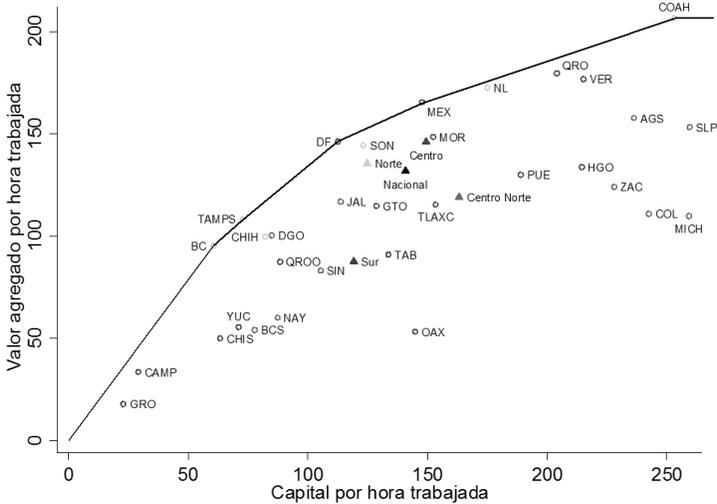
Las figuras 1 y 2 ilustran las fronteras de producción de la industria manufacturera correspondientes a los años 1998 y 2008, respectivamente. Cada punto corresponde a las combinaciones de productividad del trabajo e intensidad de capital para cada una de las entidades, así como para las regiones y el nivel nacional. Los vértices de cada una de las fronteras corresponden a las entidades con niveles de eficiencia técnica unitarias. La distancia entre cada punto y la frontera de producción define el índice de eficiencia: entre mayor sea la distancia con respecto a la frontera, para un determinado nivel de intensidad de capital, menor será el índice y viceversa.

Figura 1  
Frontera de producción 1998 (miles de pesos de 2008)



Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

Figura 2  
Frontera de producción 2008

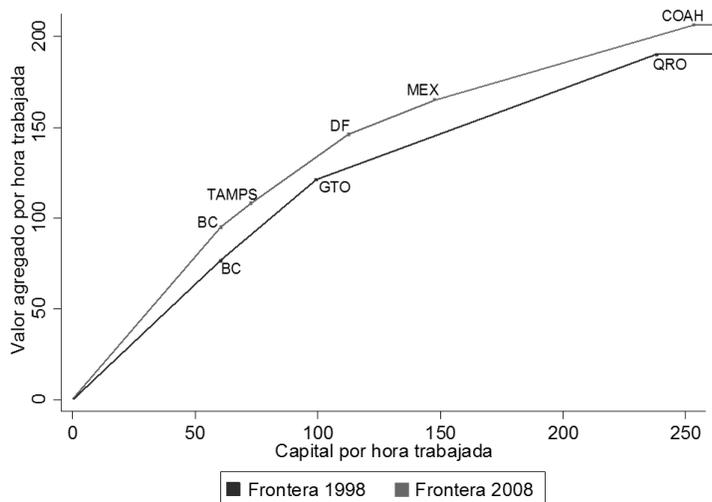


Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

En 1998, solamente Baja California, Guanajuato y Querétaro se encontraban en la frontera, mientras que cinco entidades lo hicieron en 2008: Baja California (la única entidad que repitió), Tamaulipas, Coahuila, Distrito Federal y Estado de México. Es importante destacar que: i) las entidades en la frontera pertenecen a las regiones centro y norte; y ii) el norte es la única región donde todas las entidades observaron un incremento en los niveles de eficiencia técnica entre 1998 y 2008. Lo anterior derivó en que el norte se posicionara como la región con la mayor eficiencia técnica (0.886), seguido muy de cerca por el centro (0.881). En el centro norte, por su parte, la eficiencia técnica permaneció estable, en niveles cercanos al 70%; mientras que en el sur, esta observó una mejora importante, al pasar de 42% a 59%, aproximadamente. Sin embargo, su nivel permaneció bajo en relación con el resto de las regiones.

La figura 3 combina las fronteras de producción correspondientes a 1998 y 2008. Se observa un desplazamiento hacia arriba en 2008 para todos los niveles de intensidad de capital, por lo que es de esperarse que el cambio tecnológico tenga un impacto positivo en la productividad del trabajo, para la mayoría de las entidades y regiones del país, durante el periodo bajo análisis.

Figura 3  
**Frontera de producción de la industria manufacturera (miles de pesos de 2008)**



Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

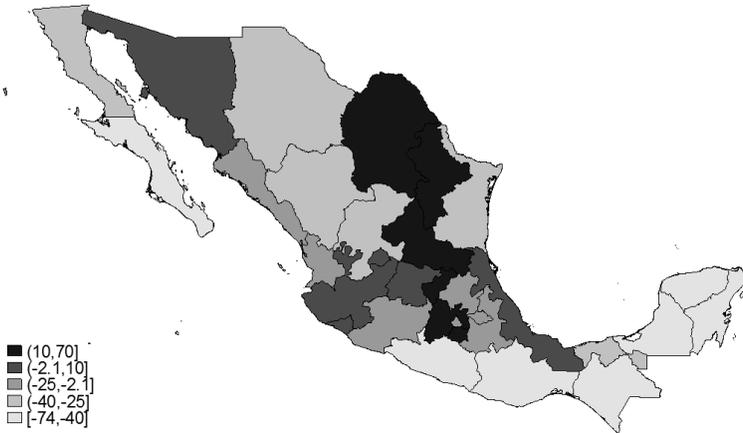
#### 4. Descomposición de la productividad del trabajo

A continuación, se aplica la metodología presentada en la sección 3 de este trabajo, a fin de realizar dos tipos de descomposición de la productividad del trabajo para cada entidad o región. En primer lugar, se descompone la brecha en el *nivel* de productividad del trabajo (con respecto al nacional), en las contribuciones de la intensidad de capital y la eficiencia técnica. En segundo lugar, se descompone la *tasa de crecimiento* de la productividad del trabajo, en las contribuciones de la eficiencia técnica, la intensidad de capital y el cambio tecnológico.

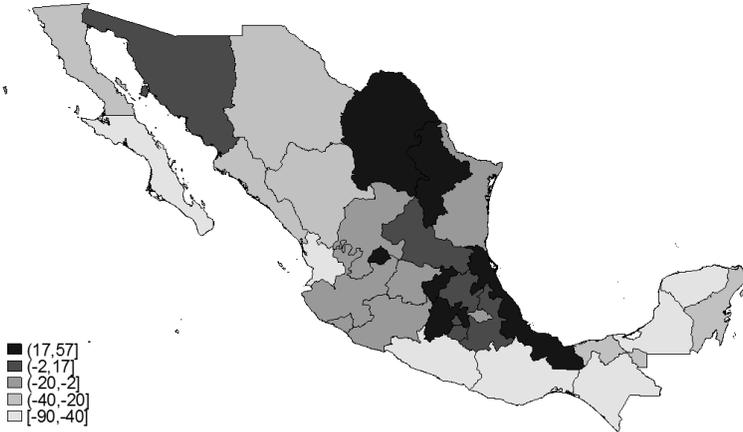
##### 4.1. Descomposición de la brecha regional

Las diferencias en productividad del trabajo entre las entidades distan de ser homogéneas, como se puede apreciar en la figura 4. De acuerdo con la descomposición propuesta en la sección 3, la brecha en productividad del trabajo entre una entidad o región y su contraparte nacional se puede atribuir a dos factores: la intensidad de capital y la eficiencia técnica.

Figura 4  
Brecha de la productividad respecto del nivel nacional, 1998 y 2008  
1998



2008



Fuente: estimaciones propias con información de INEGI.

El cuadro 4 presenta las contribuciones de la eficiencia ( $C_{\Delta e}^b$ ) y la intensidad de capital ( $C_{\Delta k}^b$ ) de la brecha en el nivel de productividad del trabajo ( $\Delta y^b$ ), calculadas a partir de (11) y (12).

Cuadro 4  
Descomposición de la brecha regional en productividad del trabajo

	1998			2008		
	Brecha en productividad del trabajo	Eficiencia Técnica	Intensidad de capital	Brecha en productividad del trabajo	Eficiencia Técnica	Intensidad de capital
	$\Delta y^b =$ $C_{\Delta e}^b + C_{\Delta k}^b$	$C_{\Delta e}^b$	$C_{\Delta k}^b$	$\Delta y^b =$ $C_{\Delta e}^b + C_{\Delta k}^b$	$C_{\Delta e}^b$	$C_{\Delta k}^b$
<b>Norte</b>	-9.2	-0.6	-8.6	2.8	8.3	-5.5
Baja California	-33.2	25.0	-58.2	-27.8	17.9	-45.7
Coahuila	31.5	16.3	15.2	56.7	25.7	31.0
Chihuahua	-39.2	4.6	-43.8	-24.3	3.7	-28.0
Nuevo León	19.4	-4.5	23.9	30.9	21.0	9.9
Sonora	5.3	10.5	-5.2	9.4	15.7	-6.3
Tamaulipas	-26.0	10.9	-36.9	-17.9	18.8	-36.7
<b>Centro Norte</b>	-1.4	-7.3	6.0	-9.7	-15.4	5.6
Aguascalientes	1.8	-16.0	17.9	19.6	-3.8	23.4
Baja California Sur	-53.4	-10.6	-42.8	-59.0	-35.2	-23.8
Colima	9.1	-13.9	22.9	-15.8	-36.9	21.1
Durango	-31.0	-11.3	-19.7	-23.9	2.2	-26.0
Jalisco	5.7	7.5	-1.8	-11.3	-2.4	-8.9
Michoacán	-21.3	-33.8	12.5	-16.7	-39.7	23.0
Nayarit	-17.6	-19.4	1.8	-54.4	-34.9	-19.5
San Luis Potosí	43.9	17.5	26.3	16.2	-10.4	26.6
Sinaloa	-24.2	-23.7	-0.5	-37.0	-25.1	-11.9
Zacatecas	-27.4	-20.6	-6.8	-5.8	-25.1	19.3
<b>Centro</b>	15.6	13.7	2.0	10.8	8.0	2.8
Distrito Federal	-2.2	10.1	-12.3	11.0	21.5	-10.4
Guanajuato	5.7	29.9	-24.1	-13.0	-9.2	-3.8
Hidalgo	-2.1	-24.0	21.8	1.4	-15.7	17.1
México	46.3	31.4	14.8	25.4	22.8	2.6
Morelos	64.7	36.4	28.4	12.7	9.1	3.6
Puebla	-19.9	-17.4	-2.5	-1.4	-12.9	11.6
Querétaro	65.9	37.4	28.5	36.2	18.8	17.4
Tlaxcala	-16.5	-17.2	0.7	-12.5	-15.9	3.4
<b>Sur</b>	-35.2	-46.6	11.4	-33.5	-27.3	-6.2
Campeche	-73.7	-32.4	-41.3	-74.5	-6.6	-67.9
Chiapas	-45.0	-13.5	-31.5	-62.1	-30.3	-31.8
Guerrero	-72.5	-6.6	-65.9	-86.3	-23.7	-62.6
Oaxaca	-42.8	-43.6	0.8	-59.5	-60.5	1.0
Quintana Roo	-53.5	-46.1	-7.4	-33.7	-11.5	-22.2
Tabasco	-28.9	-27.6	-1.3	-31.0	-29.1	-2.0
Veracruz	-2.1	-23.9	21.8	34.0	14.2	19.9
Yucatán	-54.5	-25.4	-29.1	-58.0	-30.0	-28.0

Nota: diferencia porcentual respecto al promedio nacional.

Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

En 1998, el centro fue la única región que observó un nivel de productividad del trabajo superior al nacional, con un diferencial de 15.6%. Le siguen: el centro norte (-1.4%), el norte (-9.2%) y el sur (-35.2%), en ese orden. Con excepción del norte, cuyo nivel de eficiencia fue similar al nacional, el factor que más influyó<sup>8</sup> en la brecha regional en productividad del trabajo fue precisamente la eficiencia técnica. Sin embargo, la intensidad de capital fue el factor determinante detrás de la brecha en productividad para varias entidades. Tal es el caso de Chihuahua y Baja California, en el norte; de Aguascalientes, Baja California Sur, Colima, Durango y San Luis Potosí, en el centro norte; del Distrito Federal, en el centro; y de Campeche, Chiapas, Guerrero y Yucatán, en el sur.

En 2008, el norte y el centro fueron las únicas regiones que registraron un nivel de productividad del trabajo mayor al nacional. En particular, el centro permaneció como la región con el mayor nivel de productividad del trabajo, si bien su diferencial en productividad pasó de 15.6 a 10.8% entre 1998 y 2008. El centro norte, por su parte, vio disminuida su productividad relativa en el nivel nacional, al pasar su diferencial de -1.4% a -9.7% en el mismo periodo. Finalmente, el diferencial en la productividad del sur permaneció relativamente constante, al pasar este de -35.2% a -33.2%. Es importante mencionar que esta última región experimentó un incremento importante en la contribución de la eficiencia técnica a la brecha en productividad del trabajo durante el periodo analizado, ya que la primera pasó de -46.6% a -27.3%. Al interior del sur, destaca el estado de Veracruz, el cual tuvo un desempeño notable en comparación con el resto de las entidades: mientras que la productividad del trabajo fue menor a la nacional en 1998; para 2008, este indicador resultó 34.4% superior a lo observado en el país.

Durante el periodo bajo análisis, se observó un incremento en la productividad del trabajo de todos los estados ubicados en la frontera norte, en términos relativos a la productividad nacional. Cabe destacar que esta región es la única donde se observó este comportamiento. Además, el norte experimentó el mayor incremento en la contribución de la eficiencia técnica, ya que esta última pasó de -0.6% a 8.3% entre 1998 y 2008, lo cual contrasta con lo observado en las regiones centrales. Este resultado es consistente con López-Córdova (2003), quien argumenta que la mayor integración con los mercados internacionales, en particular después de la firma del TLCAN, impulsó la productividad en las manufacturas mexicanas, en especial las elaboradas en los estados fronterizos. Además, la mayor apertura al comercio internacional generó una mayor concentración geográfica en el norte y en algunas entidades de las regiones centrales debido, en parte, a los costos de

---

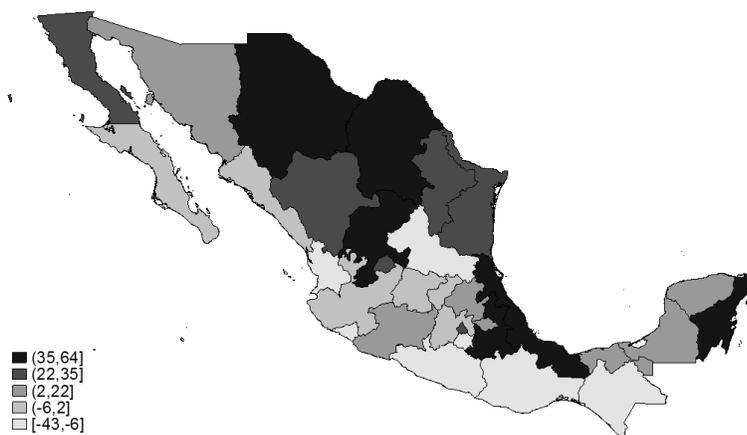
<sup>8</sup> En este caso se utilizó el valor absoluto de la contribución para determinar la importancia relativa de la misma.

transporte y a la cercanía con los Estados Unidos (Trejo, 2010), lo cual probablemente impulsó, a su vez, la eficiencia técnica en esos lugares a través de la existencia de economías de aglomeración (Bannister y Stolp, 1995), así como de la mayor competencia que implicó el incremento de la apertura comercial hacia el exterior, y el propio efecto de aprendizaje de las exportaciones sobre la productividad (Blalock y Gertler, 2004).

#### 4.2. Descomposición intertemporal de la productividad del trabajo

En el nivel nacional, la tasa de crecimiento promedio anual de la productividad del trabajo fue del orden de 1.5%. Sin embargo, existe una importante heterogeneidad en el desempeño de las cuatro regiones, así como de las entidades que las integran, en lo que se refiere a este indicador (figura 10).

Figura 5  
Cambio porcentual en la productividad, 1998 – 2008



Fuente: estimaciones propias con información de INEGI.

En el norte, la tasa de crecimiento anual del valor agregado por hora trabajada fue aproximadamente de 3%, cifra superior a la observada en el resto de las regiones (cuadro 5). Este crecimiento se asoció principalmente a la evolución de la eficiencia técnica y en menor medida al cambio tecnológico, lo cual contrarrestó el efecto de la disminución en la intensidad de capital. Cabe destacar que todas las entidades registraron tasas de crecimiento positivas en la productividad del trabajo. En el caso de Coahuila, el crecimiento de esta se atribuyó a la eficiencia técnica; mientras que en Chihuahua, el cambio tecnológico fue el factor de mayor peso relativo en el crecimiento de la productividad. Nuevo León observó la mayor contribución de la eficiencia técnica en la región (3.5% en promedio anual), bajo un escenario donde la

intensidad del capital disminuyó. Finalmente, en Sonora y Tamaulipas, la eficiencia técnica y el cambio tecnológico resultaron factores clave en la evolución de la productividad del trabajo.

Cuadro 5  
Evolución de la productividad del trabajo, 1998-2008

	Valor agregado por hora trabajada	Valor agregado por hora trabajada	Variación porcentual en la productividad del trabajo	Contribución		
	1998	2008	$\Delta y = \frac{\Delta e + \Delta k + \Delta T}{\Delta k + \Delta T}$	Eficiencia técnica $\Delta e$	Intensidad de capital $\Delta k$	Cambio tecnológico $\Delta T$
<b>Norte</b>	104.2	135.4	30.0	19.7	-4.7	15.0
Baja California	76.6	95.1	24.2	0.0	0.5	23.7
Coahuila	150.8	206.4	36.9	17.1	10.5	9.3
Chihuahua	69.7	99.7	43.1	8.3	15.3	19.5
Nuevo León	137.0	172.4	25.9	34.9	-18.6	9.7
Sonora	120.7	144.1	19.4	14.4	-9.3	14.3
Tamaulipas	84.9	108.2	27.4	18.5	-9.3	18.2
<b>Centro Norte</b>	113.1	118.9	5.1	-0.4	-5.2	10.7
Aguascalientes	116.8	157.6	34.9	24.2	3.8	6.9
Baja California Sur	53.4	54.0	1.2	-30.8	14.1	17.9
Colima	125.1	111.0	-11.2	-17.0	-1.0	6.8
Durango	79.1	100.3	26.9	27.6	-13.9	13.1
Jalisco	121.2	116.9	-3.5	-1.4	-14.6	12.5
Michoacán	90.2	109.7	21.6	3.6	9.3	8.6
Nayarit	94.5	60.1	-36.4	-16.9	-29.1	9.6
San Luis Potosí	165.0	153.1	-7.2	-15.1	0.0	7.9
Sinaloa	86.9	83.1	-4.4	4.1	-19.8	11.3
Zacatecas	83.3	124.1	49.0	8.4	28.9	11.7
<b>Centro</b>	132.6	146.0	10.2	3.5	-5.7	12.3
Distrito Federal	112.2	146.3	30.4	21.2	-6.1	15.3
Guanajuato	121.2	114.6	-5.5	-29.6	12.9	11.2
Hidalgo	112.2	133.7	19.1	18.5	-7.7	8.3
México	167.7	165.2	-1.5	2.9	-14.7	10.3
Morelos	188.9	148.5	-21.4	-9.9	-20.7	9.2
Puebla	91.8	129.9	41.5	17.7	11.2	12.6
Querétaro	190.2	179.5	-5.6	-4.1	-7.9	6.3
Tlaxcala	95.7	115.3	20.5	11.3	-3.6	12.8
<b>Sur</b>	74.3	87.6	18.0	35.3	-28.8	11.5
Campeche	30.2	33.6	11.2	62.4	-75.1	23.9
Chiapas	63.1	49.9	-20.9	-19.0	-17.7	15.7
Guerrero	31.5	18.0	-42.8	-23.4	-36.3	16.9
Oaxaca	65.6	53.3	-18.7	-24.1	-5.5	10.9
Quintana Roo	53.4	87.3	63.6	79.3	-32.7	17.0
Tabasco	81.5	90.9	11.5	6.6	-8.2	13.1
Veracruz	112.3	176.6	57.3	56.4	-8.8	9.7
Yucatán	52.1	55.4	6.2	0.2	-10.8	16.8
<b>Nacional</b>	114.7	131.8	14.9	9.0	-7.2	13.0

Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

El centro norte, en cambio, registró el menor dinamismo en la productividad del trabajo, con una tasa de crecimiento anual de 0.5 ciento, aproximadamente. Este resultado se atribuye, en parte, al estancamiento de la eficiencia técnica así como a una menor intensidad de capital, lo cual contrarrestó el efecto positivo del cambio tecnológico en la productividad. Sin embargo, la evolución de la productividad al interior de la región distó de ser homogénea. Por ejemplo, Aguascalientes, Durango y Zacatecas registraron tasas de crecimiento de la productividad mayores a la nacional. En el caso de Aguascalientes y Durango, la eficiencia técnica marcó la diferencia, mientras que en Michoacán y Zacatecas fue la intensidad de capital. Nayarit observó la caída de mayor magnitud en la productividad (-3.6% promedio anual), lo cual se explica por la disminución de la eficiencia técnica y la intensidad de capital. En los casos de Baja California Sur, Colima y San Luis Potosí, la eficiencia técnica fue el factor que contribuyó en mayor medida a la disminución de la productividad del trabajo; mientras que en Sinaloa, fue la intensidad de capital.

La productividad del trabajo en el centro creció 1% en términos anuales, como resultado de una evolución positiva del cambio tecnológico, principalmente. Por su parte, la eficiencia técnica evolucionó de manera moderada: el segundo menor crecimiento entre todas las regiones. La productividad del trabajo creció en las siguientes entidades: Distrito Federal, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala; y con excepción de este último estado, la eficiencia técnica fue el factor que contribuyó en mayor medida a dicho resultado. Por otro lado, la productividad cayó en Guanajuato, Estado de México, Morelos y Querétaro. En este caso, con excepción de Guanajuato, la disminución de la productividad se atribuyó en mayor medida a un descenso en la intensidad de capital.

Finalmente, la productividad del trabajo en el sur se incrementó en 1.8%, en promedio al año. Esta región registró la mayor contribución de la eficiencia técnica (3.5%, promedio anual) y, la menor, respecto de la intensidad de capital (-2.9%, promedio anual) a la productividad. En términos de crecimiento de la productividad, Veracruz y Quintana Roo presentaron el mejor desempeño en el nivel nacional, producto de la evolución de la eficiencia técnica. Por otro lado, todas las entidades, sin excepción, tuvieron una contribución negativa de la intensidad de capital. Destacan, en particular, Campeche y Quintana Roo, entidades que presentan, junto con Guerrero, la menor contribución de la intensidad de capital a la variación de la productividad del trabajo, pero también la mayor contribución de la eficiencia técnica a esta última. Con excepción de Chiapas, Guerrero y Oaxaca, la disminución en la intensidad de capital se vio compensada por un incremento en los niveles de eficiencia técnica en la región.

## Conclusión

Esta investigación descompone la brecha regional y la variación intertemporal de la productividad del trabajo de la industria manufacturera, por entidad federativa. Para lograr este objetivo, se extendió la metodología propuesta por Kumar y Rusell (2002) a través de la combinación de dos literaturas: la construcción no paramétrica de fronteras de producción y la técnica de descomposición desarrollada por Shorrocks (2013), la cual se fundamenta en el valor de Shapley.

Los resultados indican que las diferencias interregionales que se observan en la productividad del trabajo de la industria manufacturera se deben principalmente a la eficiencia técnica con la que opera la industria en las distintas regiones del país y, en menor medida, a las diferencias regionales en el acervo de capital físico por trabajador; si bien, en algunas entidades, la acumulación de capital sigue jugando un papel central para explicar la brecha en productividad.

La productividad del trabajo en el sector manufacturero nacional experimentó un crecimiento moderado durante el periodo 1998-2008 en relación a lo observado en periodos previos. Sin embargo, el ritmo de crecimiento distó de ser homogéneo en todas las regiones y entidades del país. Por ejemplo, el norte registró el mayor incremento de la productividad del trabajo, mientras que el centro norte observó una tasa de crecimiento de dicho indicador seis veces menor a la del norte. Por otro lado, la importancia relativa de las contribuciones, asociadas a cada uno de los tres factores considerados en la descomposición, también se caracterizó por ser heterogénea entre las regiones, así como entre las entidades que las integran. Por ejemplo, en las regiones norte y sur, el incremento en la productividad laboral de la industria manufacturera tuvo como motor principal el crecimiento de la eficiencia, mientras que en las regiones centrales el cambio tecnológico fue el factor de mayor influencia.

Existen varias razones que pueden explicar estos resultados. Por ejemplo, la mayor apertura al comercio internacional, en particular a partir de la firma del TLCAN, generó una mayor concentración industrial en el norte, debido en parte a los costos de transporte y a la cercanía con los Estados Unidos, lo cual probablemente impulsó, a su vez, la eficiencia técnica en esos lugares a través de la existencia de economías de aglomeración, la mayor competencia, y el propio efecto de aprendizaje de las exportaciones. Por otro lado, el proceso de integración al mercado de América del Norte es probable que haya afectado el flujo de inversión regional de la industria manufacturera, lo cual es congruente con la importante caída, tanto en términos absolutos como relativos, que se observó en la intensidad de capital en el sur.

Además de los factores externos, las diferencias regionales en productividad del trabajo pueden asociarse también a elementos internos que inciden sobre la estructura de costos de las empresas. Por ejemplo, las desigualdades regionales en la dotación de infraestructura pueden influir en la generación de valor agregado por trabajador. En una encuesta aplicada recientemente a directivos empresariales (Banxico, 2011), se encontró que el centro se posicionó en primer lugar, seguido por el norte, el centro norte y el sur, en ese orden, en relación a la opinión de los directivos sobre el estado de la infraestructura en su entidad, ordenamiento que guarda una relación directa con el nivel de productividad del trabajo observado en dichas regiones.

Estas son algunas de las posibles explicaciones a los resultados que se obtuvieron en esta investigación y que necesitan ser exploradas con mayor detalle en el futuro. Por otro lado, si bien una de las principales ventajas del método no paramétrico es su flexibilidad, su carácter determinístico es una limitante, pues implica que todos aquellos elementos de carácter completamente aleatorio y, por lo mismo, fuera del control de las unidades económicas, se incluirán en la medición de la eficiencia técnica. No existe una definición del proceso generador de datos y tampoco espacio para realizar inferencia estadística, construir intervalos de confianza ni efectuar pruebas de hipótesis en el modelo no paramétrico tradicional. Sin embargo, se han desarrollado recientemente nuevas metodologías cuyo objetivo es solventar precisamente estas limitaciones; las cuales podrían aplicarse al ejercicio de descomposición de la productividad, como una posible extensión a este trabajo (Daraio y Simar, 2007).

## **Referencias**

- Salgado-Banda, H. y Bernal-Verdugo, L. E. (2011). "Multifactor productivity and its determinants: an empirical analysis for Mexican manufacturing". *Journal of Productivity Analysis*, 36(3), 293–308.
- Bannister, G. y Stolp, C. (1995). "Regional concentration and efficiency in Mexican manufacturing". *European Journal of Operational Research*, 80(3), 672–690.
- Banxico (2011). "Reporte sobre las economías regionales". México: Banco de México. Octubre-Diciembre.
- Blalock, G. y Gertler, P. J. (2004). "Learning from exporting revisited in a less developed setting". *Journal of Development Economics*, 75(2), 397–416.
- Brown, F. y Dominguez, L. (1994). "The Dynamics of Productivity Performance in Mexican Manufacturing, 1984–90". *The developing economies*, 32(3), 279–298.
- Caves, D. W., Christensen L. R. y Diewert, W. E. (1982). "Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers". *The economic journal*, 92(365), 73–86.

- Chávez Martín del Campo, J. C y Fonseca, F. (2013). Technical Efficiency, Technological Development, And The Labor Productivity Gap In Mexican Manufacturing. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 13(2), 43-58.
- Daraio, C. y Simar, L. (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*. Vol. 4. USA: Springer.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang, Z. (1994). "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries". *The American Economic Review*, 84(1), 66-83.
- Farrell, M. (1957). "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.
- Flores, A. D. (2004). "México: concentración y localización del empleo manufacturero, 1980-1998". *Economía Mexicana Nueva Época*, 13(2), 209-254.
- Gumbau-Albert, M. (2000). "Efficiency and technical progress: sources of convergence in the Spanish regions". *Applied Economics*, 32(4), 467-478.
- Hernández Laos, E. y E. Velasco (1990). "Productividad y competitividad de las manufacturas mexicanas, 1960-1985". *Comercio Exterior*, 40(7), 658-666.
- Katz, J. (2000). "Structural change and labor productivity growth in Latin American manufacturing industries 1970-96". *World Development*, 28(9), 1583-1596.
- Kumar, S. y Russell, R. (2002). "Technological change, technological catch-up, and capital deepening: relative contributions to growth and convergence". *American Economic Review*, 92(3), 527-548.
- López-Córdova, E. (2003). "NAFTA and Manufacturing Productivity in Mexico". *Journal of the Latin American and Caribbean Economics Association*, 4(1), 55-98.
- Montes-Rojas, G. y Santamaria, M. (2007). "Sources of productivity growth: Evidence from the Mexican manufacturing sector". *The North American Journal of Economics and Finance*, 18(3), 263-278.
- OCDE (2001). "Measuring productivity: measurement of aggregate and industry level productivity growth". Organisation for Economic Co-operation and Development: Manual. Statistics Portal.
- Shapley, L. (1953). A Value for n-Person Games. En Kuhn, H. y Tucker, A. (Eds.), *Contributions to the Theory of Games*, Volumen 2, (307-317). Princeton University Press.
- SHCP (2013). "Democratizar la productividad, eje central del gobierno de la república". Secretaría de Hacienda y Crédito Público: Informe semanal del vocero (8-12 ABRIL 2013). México: Gobierno Federal.
- Shorrocks, A. (2013). "Decomposition procedures for distributional analysis: a unified framework based on the Shapley value". *Journal of Economic Inequality*, 11(1), 99-126.
- Trejo, A. (2010). "The geographic concentration in Mexican manufacturing industries, an account of patterns, dynamics and explanations: 1988-2003". *Investigaciones regionales*, (18), 37-60.