

Chávez, Juan Carlos; López Ornelas, Luis Fernando

**Working Paper**

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

Working Papers, No. 2013-08

**Provided in Cooperation with:**

Bank of Mexico, Mexico City

*Suggested Citation:* Chávez, Juan Carlos; López Ornelas, Luis Fernando (2013) : Un enfoque no paramétrico para la descomposición de la productividad del trabajo en la industria manufacturera regional, Working Papers, No. 2013-08, Banco de México, Ciudad de México

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/83758>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

**Banco de México**  
**Documentos de Investigación**

**Banco de México**  
**Working Papers**

**N° 2013-08**

**Un Enfoque No Paramétrico para la Descomposición  
de la Productividad del Trabajo en la Industria  
Manufacturera Regional**

**Juan Carlos Chávez**  
Banco de México

**Luis Fernando López Ornelas**  
Banco de México

Julio 2013

La serie de Documentos de Investigación del Banco de México divulga resultados preliminares de trabajos de investigación económica realizados en el Banco de México con la finalidad de propiciar el intercambio y debate de ideas. El contenido de los Documentos de Investigación, así como las conclusiones que de ellos se derivan, son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente las del Banco de México.

The Working Papers series of Banco de México disseminates preliminary results of economic research conducted at Banco de México in order to promote the exchange and debate of ideas. The views and conclusions presented in the Working Papers are exclusively of the authors and do not necessarily reflect those of Banco de México.

# Un Enfoque No Paramétrico para la Descomposición de la Productividad del Trabajo en la Industria Manufacturera Regional\*

Juan Carlos Chávez<sup>†</sup>  
Banco de México

Luis Fernando López Ornelas<sup>‡</sup>  
Banco de México

**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. Para lograr este objetivo, se extiende la metodología de Kumar y Russell (2002) a través de la combinación de dos literaturas: la construcción no paramétrica de fronteras de producción y la metodología de descomposición desarrollada por Shorrocks (2012), la cual se fundamenta en el valor de Shapley. 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 a 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.

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

**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. In order to do so, we apply a methodology that combines two literatures: the nonparametric construction of production frontiers and the general decomposition approach developed by Shorrocks (2012) which is based on the Shapley value. 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.

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

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

---

\*Agradecemos a José Antonio Murillo, Marcelo Delajara y a dos dictaminadores anónimos por sus comentarios útiles y detallados. Todos los errores son responsabilidad de los autores.

<sup>†</sup>Dirección General de Investigación Económica. Email: jcchavez@banxico.org.mx.

<sup>‡</sup>Dirección General de Investigación Económica. Email: luis.lopez@banxico.org.mx.

# 1. Introducción

La productividad del trabajo está vinculada estrechamente con el ingreso per cápita (OECD, 2001). Por ejemplo, el valor agregado por hora trabajada en la industria manufacturera del norte del país<sup>1</sup> es 55 por ciento 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 por ciento al de los hogares ubicados en la segunda.<sup>3</sup> En este sentido, el análisis de la productividad del trabajo a 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 variables a la productividad del trabajo para entender mejor los factores que explican las disparidades regionales. Además, las medidas de política orientadas a disminuir estas disparidades y mejorar 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>

---

<sup>1</sup>En esta investigación se utilizó la regionalización propuesta por Banco de México (2012). **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.

<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.

El objetivo de esta investigación es descomponer la variación intertemporal de la productividad del trabajo en la industria manufacturera, a 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 (2012), 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 a nivel regional para México y, además, es la primera aplicación del enfoque de descomposición de Shorrocks en este contexto. Sin embargo, es importante mencionar que, de manera similar a Kumar y Russell (2002), constituye un ejercicio de medición y descomposición por lo que no proporciona una explicación de las razones fundamentales que se encuentran detrás de la heterogeneidad existente en la productividad del trabajo a nivel regional.

El resto del documento se encuentra estructurado en cinco secciones. En la segunda sección se revisa la literatura sobre productividad del trabajo, enfatizando

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 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.

## **2. Revisión de la literatura**

Varios autores han estudiado la productividad del trabajo del sector manufacturero para el caso mexicano. Chenery (1986) y Hernández Laos y Velasco (1990) estimaron tasas de crecimiento anual promedio de la productividad del trabajo del orden de 3.0 y 3.4 por ciento para los periodos 1950-1974 y 1960-1980, respectivamente, etapas caracterizadas por una orientación hacia el mercado interno. Por su parte, Brown y Dominguez (1994) encuentran una tasa de crecimiento anual de la productividad del trabajo de 3.3 por ciento durante el periodo 1984-1990, el cual se caracterizó por una mayor apertura hacia el exterior y un menor crecimiento económico, por lo que el referido incremento en la productividad probablemente se originó en el sector exportador. Katz (2000) estudió el desempeño de la industria manufacturera de algunos países de América Latina, entre ellos México, relativo al de los Estados Unidos. En este trabajo, Katz calcula una tasa de crecimiento anual de 2.3 por ciento para la productividad del trabajo durante el periodo 1990-1996.

Otros autores se han concentrado en estudiar la productividad del trabajo en la etapa posterior a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TL-

CAN). López-Córdova (2003) argumenta que la mayor integración a los mercados internacionales impulsó la productividad en las manufacturas mexicanas, y muy en especial de las empresas exportadoras localizadas en el norte del país. Montes-Rojas y Santamaria (2007) calculan un crecimiento anual promedio de la productividad del trabajo de 3 por ciento, aproximadamente, para el periodo 1994-2002. Además, los autores señalan un impacto positivo de las exportaciones en la productividad del trabajo, pero solamente si éstas van acompañadas de mayor inversión. Mollick y Cabral (2009) encuentran un efecto positivo de la productividad del trabajo en el empleo, y estiman una tasa de crecimiento anual de la productividad del orden de 1.3 por ciento entre 1994 y 2000. Banda y Verdugo (2011) calcularon una tasa de crecimiento anual promedio de 3.4 por ciento en la productividad del trabajo para el periodo 1996-2003. De este crecimiento, aproximadamente el 62 por ciento se atribuye a la PTF y un 32 por ciento a la intensidad de capital. Además, estos autores argumentan 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 tiene una influencia negativa sobre esta última.

Existen pocos trabajos de investigación que aborden el tema de la productividad de la industria manufacturera regional para México. Bannister y Stolp (1995) utilizan un enfoque no paramétrico (Murillo y Vega, 2001; Coelli, 2005) para calcular la eficiencia económica en las manufacturas de las entidades federativas, y encuentran una relación positiva entre la eficiencia y la concentración industrial. Braun y Cullmann (2011) aplican un modelo de fronteras estocásticas e identifican municipios con una industria manufacturera altamente eficiente ubicados en entidades que no lo son. Por otro lado, 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.

Con excepción de Banda y Verdugo (2011), ninguna de las investigaciones mencionadas descompone el crecimiento de la productividad del trabajo en México en las contribuciones de la PTF y la intensidad de capital, si bien estos autores no realizan su análisis a nivel regional. En particular, no existen estudios para México que calculen las contribuciones de la eficiencia técnica, el cambio tecnológico y la intensidad de capital a las diferencias de la productividad laboral. Sin embargo, algunos trabajos de investigación a nivel internacional descomponen la productividad del trabajo en un plano regional. Utilizando un modelo de fronteras estocásticas para las regiones españolas, Gumbau-Albert (2000) 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 utilizan un enfoque no paramétrico en la construcción de la frontera de producción mundial.

### 3. Metodología

#### 3.1. Construcción no paramétrica de la tecnología

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

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

donde  $Y_j$  representa el producto,  $K_j$  el capital y  $L_j$  el trabajo para la entidad  $j = 1, \dots, 32$ . Notemos 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.  $w_j$  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 utilizamos 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 cantidad de factores disponibles. En otras palabras, es la razón entre el producto observado y el producto potencial (ubicado en la frontera de producción) para una cantidad determinada de

---

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

capital y trabajo, por lo que siempre es menor o igual a la unidad.

### 3.2. 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 por<sup>6</sup>:

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

De manera similar a Kumar y Rusell (2002), notemos 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 entre la productividad potencial asociada a la intensidad de capital observada en el periodo 1 y la observado en el periodo 0, utilizando en ambos casos la tecnología en  $t = 0$ ; y iii) la razón entre 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:

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

En este sentido, la elección entre 4 o 5 para la descomposición resulta arbitraria

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

ya que no existe ninguna razón *a priori* para elegir alguna de las dos en particular. Siguiendo el enfoque de Caves et al. (1982), Färe et al. (1994) y Kumar et al. (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:

$$\Delta y = f(\Delta e, \Delta k, \Delta T) = \Delta e + \Delta T + \Delta k + \Delta e\Delta T + \Delta e\Delta k + \Delta T\Delta k + \Delta e\Delta T\Delta k \quad (7)$$

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, este trabajo aplica el enfoque de descomposición propuesto por Shorrocks (2012). 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 cambio en el tiempo).  $m(S)$  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, por<sup>7</sup>:

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

Nótese que  $\sum_{p \in P} C_p^{\sigma_1} = \Delta y$ , 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 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 (2012), 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 se derivan a partir del enfoque de Shorrocks para la descomposición.

---

<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.

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 éstas y el nivel de productividad observado en país. La razón de productividad laboral entre la entidad  $j$  y la observada a 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:

$$C_{\Delta e}^b = \Delta e^b + \frac{\Delta k^b \Delta e^b}{2} \quad (11)$$

$$C_{\Delta k}^b = \Delta k^b + \frac{\Delta k^b \Delta e^b}{2} \quad (12)$$

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

#### 4. 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 en la Consti-

tución para el Estado Mexicano.

Como variables proxy del producto ( $Y$ ), el capital ( $K$ ) y el trabajo ( $L$ ) se utilizan, 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- que tienen la capacidad de producir o proporcionar las condiciones necesarias para la generación de bienes y servicios. 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 ser personal de planta o eventual, sean o no remunerados.

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 por ciento 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 por ciento en 1998 a 35.2 por ciento en 2008, el centro disminuyó su participación al pasar ésta de 46.3 a 41.5 por ciento en el mismo periodo. Por otro lado, la participación del centro norte permaneció estable en niveles cercanos al 17 por ciento, y la del sur se incrementó en 1.1 por ciento.

En lo que respecta a la participación en el acervo de capital, ésta aumentó en el norte y centro norte del país en 1.5 por ciento, 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 aumento 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).

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. Por ejemplo, en 2008 Chiapas registró una productividad del trabajo de 49.9 mil pesos y una intensidad de capital de 63.4 mil pesos. La productividad potencial correspondiente a este nivel de intensidad de capital fue 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 por ciento 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 corres-

Cuadro 2: Participación del Producto, Capital y Trabajo respecto al nivel Nacional (por ciento)

	1998			2008		
	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
Edo. de 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.

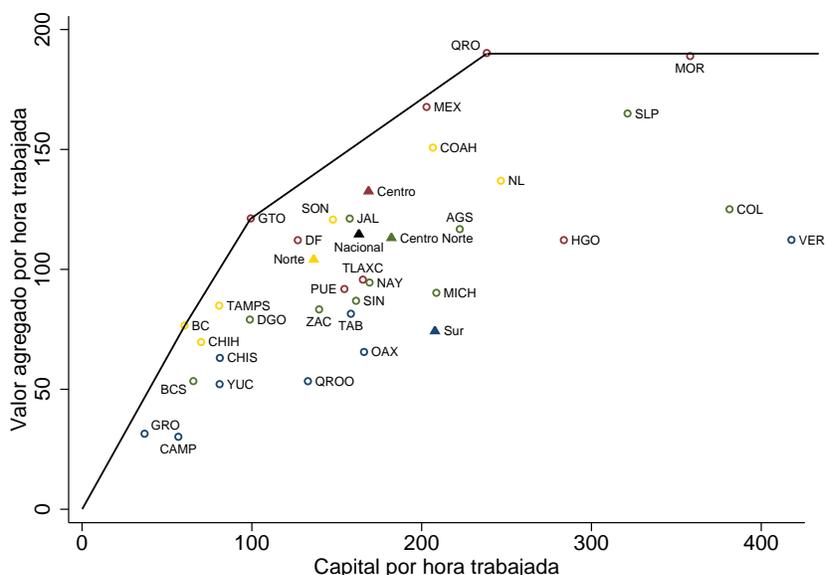
Cuadro 3: Eficiencia técnica y productividad del trabajo (miles de pesos 2008)

	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.

ponde a las combinaciones de productividad del trabajo e intensidad de capital para cada una de las entidades, así como para las regiones y a 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.

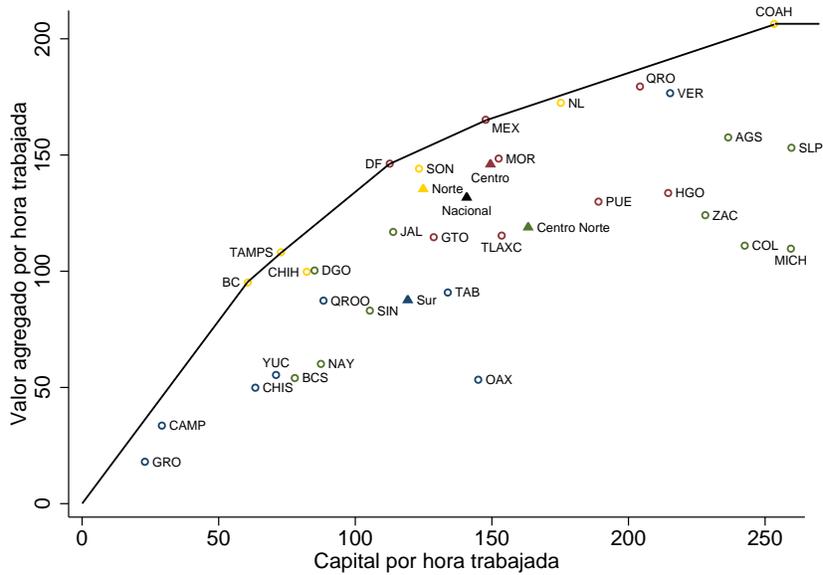
Figura 1: Frontera de Producción 1998 (miles de pesos de 2008)



Fuente: Estimaciones propias con información del INEGI.

En 1998, solamente Baja California, Guanajuato y Querétaro se encontraban en la frontera, mientras que 5 entidades lo hicieron en 2008: Baja California (la única entidad que repitió), Tamaulipas, Coahuila, Distrito Federal y Edo. 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

Figura 2: Frontera de Producción 2008

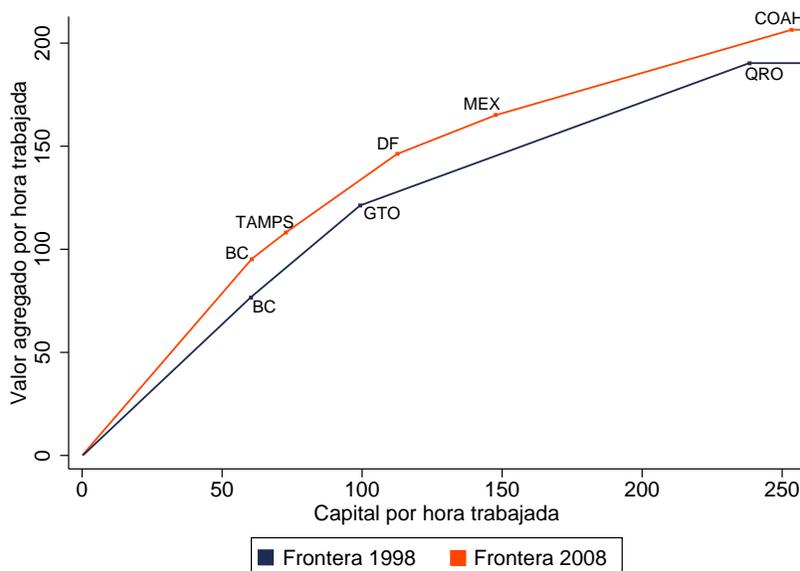


Fuente: Estimaciones propias con información del INEGI.

(0.886), seguida 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 por ciento, mientras que en el sur ésta observó una mejora importante, al pasar de 42 a 59 por ciento, 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.

## 5. Descomposición de la productividad del trabajo

A continuación, se aplica la metodología presentada en la sección 3 de este trabajo para 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.

### 5.1. 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 a 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.

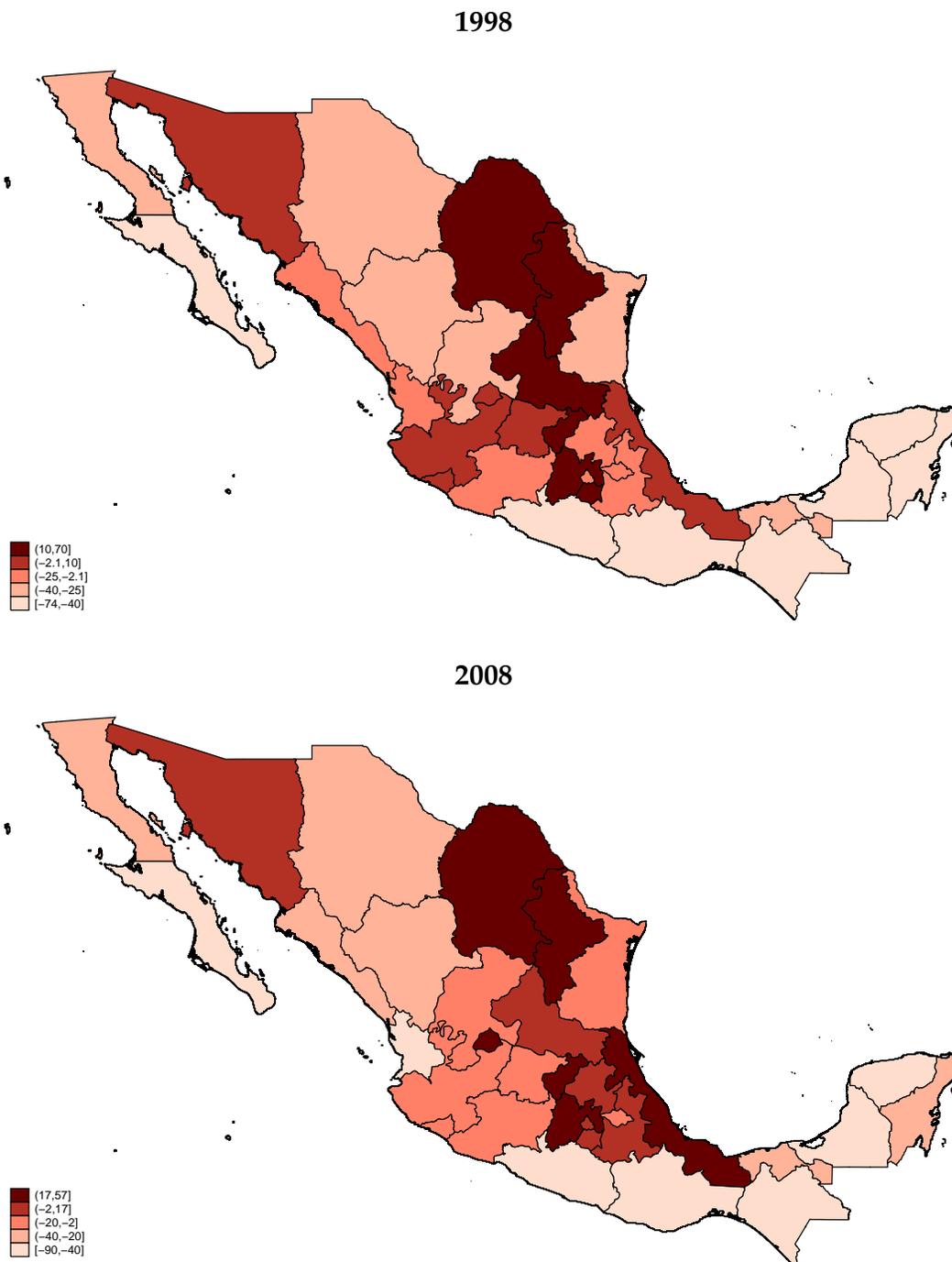
El Cuadro 4 presenta las contribuciones de la eficiencia ( $C_{\Delta e}^b$ ) y la intensidad de capital ( $C_{\Delta k}^b$ ) a la brecha en el nivel de productividad del trabajo ( $\Delta y^b$ ), calculadas a partir de (11) y (12). En 1998, el centro fue la única región que observó un nivel de productividad del trabajo superior al nacional, con un diferencial de 15.6 por ciento. Le siguen el centro norte (-1.4 por ciento), el norte (-9.2 por ciento) y el sur (-35.2 por ciento), 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 por ciento entre 1998 y 2008. El centro norte, por su parte, vio disminuida su productividad relativa al nacional, al pasar su diferencial de -1.4 a -9.7 por ciento en el mismo periodo. Finalmente, el diferencial en la productividad del sur permaneció relativamente constante, al pasar éste de -35.2 a -33.2 por ciento. 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

---

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

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



Fuente: Estimaciones propias con información de INEGI.

Cuadro 4: Descomposición de la Brecha Regional en Productividad del Trabajo 1998 y 2008 (por ciento)

	1998			2008		
	Brecha en productividad del trabajo (respecto al promedio nacional) $\Delta y^b = C_{\Delta e}^b + C_{\Delta k}^b$	Eficiencia Técnica $C_{\Delta e}^b$	Intensidad de capital $C_{\Delta k}^b$	Brecha en productividad del trabajo (respecto al promedio nacional) $\Delta y^b = C_{\Delta e}^b + C_{\Delta k}^b$	Eficiencia Técnica $C_{\Delta e}^b$	Intensidad de capital $C_{\Delta k}^b$
<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
Edo. de 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

Fuente: Estimaciones propias con información del INEGI.

a -27.3 por ciento. 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 por ciento superior a lo observado en el país.

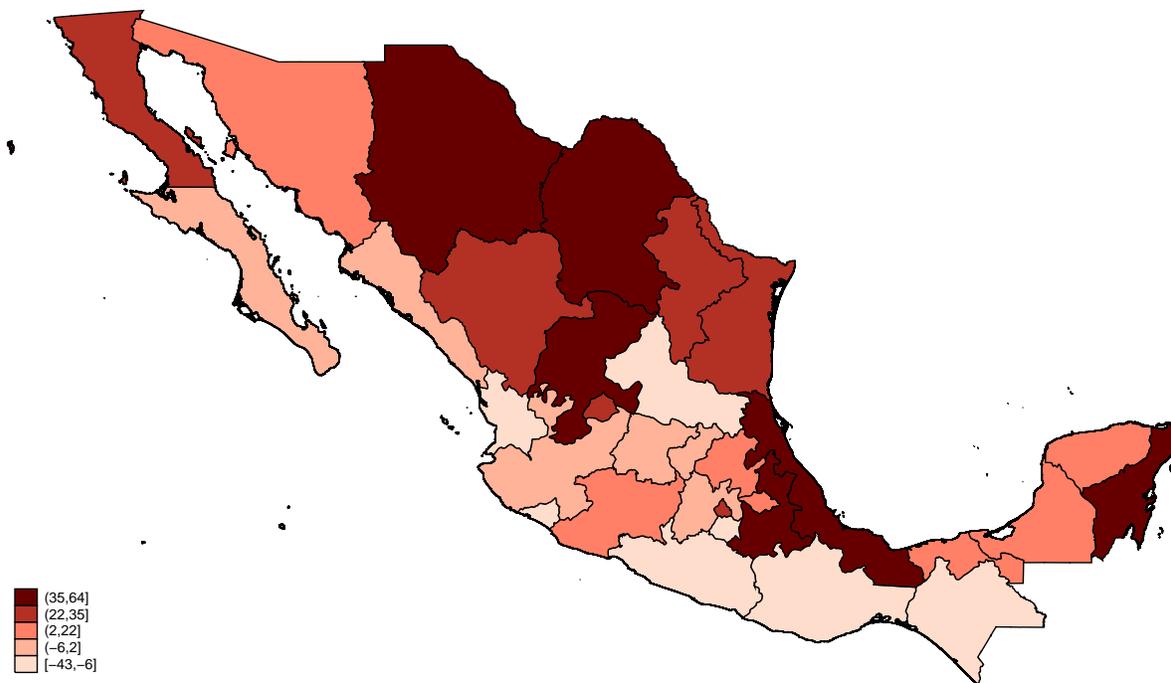
Durante el periodo bajo análisis se observó un incremento en la productividad del trabajo de todos los estados ubicados en la frontera norte en términos relativos a la productividad nacional. Cabe destacar que esta región es la única donde se observó este comportamiento. Además, el norte experimentó el mayor incremento en la contribución de la eficiencia técnica, ya que esta última pasó de -0.6 a 8.3 por ciento 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 la 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 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).

## **5.2. Descomposición intertemporal de la productividad del trabajo**

A nivel nacional la tasa de crecimiento promedio anual de la productividad del trabajo fue del orden de 1.5 por ciento. Sin embargo, existe una importante heterogeneidad en el desempeño de las 4 regiones, así como de las entidades que las

integran, en lo que se refiere a este indicador (Figura 5).

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 por ciento, 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. Destaca el hecho de que todas las entidades registraron tasas de crecimiento positivas en la productividad del trabajo. En el caso de Coahuila, el crecimiento de ésta se atribuyó a la eficiencia técnica, mientras que en el caso de 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 por ciento promedio anual), en un escenario donde la intensidad del capital disminuyó. Finalmente, la eficien-

cia técnica y el cambio tecnológico resultaron factores clave en la evolución de la productividad del trabajo en Sonora y Tamaulipas.

El centro norte, por su parte, 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 por ciento 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 por ciento en términos anuales como resultado de una evolución positiva del cambio tecnológico principalmente. Por otro lado, 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. 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, Edo. 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.

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

	Valor agregado por hora trabajada 1998	Valor agregado por hora trabajada 2008	Variación porcentual en la productividad del trabajo $\Delta y = \Delta e + \Delta k + \Delta T$	Contribución		
				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
Edo. de 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.

Finalmente, la productividad del trabajo en el sur se incrementó en 1.8 por ciento en promedio al año. Esta región registró la mayor contribución de la eficiencia técnica (3.5 por ciento promedio anual) y la menor de la intensidad de capital (-2.9 por ciento promedio anual) a la productividad. En términos de crecimiento de la productividad, Veracruz y Quintana Roo presentaron el mejor desempeño a 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.

## **6. Comentarios finales**

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 (2012), 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 6 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 (Banxico, 2013). En una encuesta aplicada recientemente a directivos empresariales (Banxico, 2012), 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 posibles explicaciones a los resultados que se obtuvieron en esta investigación 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 ya que implica que todos aquellos elementos de carácter completamente aleatorio, y por lo mismo fuera del control de las unidades económicas, se incluyan 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 y 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 en principio podrían aplicarse al ejercicio de descomposición de la productividad como una posible extensión a este trabajo (Daraio y Simar, 2007).

## Bibliografía

- BANDA, H. S., Y L. E. B. VERDUGO (2011): "Multifactor productivity and its determinants: an empirical analysis for Mexican manufacturing," *Journal of Productivity Analysis*, 36(3), 293–308.
- BANNISTER, G., Y C. STOLP (1995): "Regional concentration and efficiency in Mexican manufacturing," *European Journal of Operational Research*, 80(3), 672–690.
- BANXICO (2012): "Reporte sobre las economías regionales," Octubre-Diciembre 2011.
- (2013): "Reporte sobre las economías regionales," Octubre-Diciembre 2012.
- BLALOCK, G., Y P. J. GERTLER (2004): "Learning from exporting revisited in a less developed setting," *Journal of Development Economics*, 75(2), 397–416.
- BRAUN, F., Y A. CULLMANN (2011): "Regional differences of production and efficiency of Mexican manufacturing: an application of nested and stochastic frontier panel models," *The Journal of Developing Areas*, 45, 291–311.
- BROWN, F., Y L. DOMINGUEZ (1994): "The Dynamics of Productivity Performance in Mexican Manufacturing, 1984–90," *The developing economies*, 32(3), 279–298.
- CAVES, D. W., L. R. CHRISTENSEN, Y W. E. DIEWERT (1982): "Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers," *The economic journal*, 92(365), 73–86.
- CHENERY, H. (1986): "Growth and transformation," en *Industrialization and Growth*, ed. H. Chenery. Oxford University Press.

- CHÁVEZ-MARTÍN DEL CAMPO, J. C., Y F. FONSECA (2013): "Technical efficiency, technological development, and the labor productivity gap in Mexican manufacturing," *Regional and Sectoral Studies*, (por aparecer).
- COELLI, T. (2005): *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Verlag.
- DARAIO, C., Y L. SIMAR (2007): *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*, vol. 4. Springer.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF, M. NORRIS, Y Z. ZHANG (1994): "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries," *The American Economic Review*, pp. 66–83.
- FARRELL, M. (1957): "The measurement of productive efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253–290.
- 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 R. RUSSELL (2002): "Technological change, technological catch-up, and capital deepening: relative contributions to growth and convergence," *American Economic Review*, pp. 527–548.
- LÓPEZ-CÓRDOVA (2003): "NAFTA and Manufacturing Productivity in Mexico," *Economía*, 4(1), 55–98.

- MOLLICK, A. V., Y R. CABRAL (2009): "Productivity effects on Mexican manufacturing employment," *The North American Journal of Economics and Finance*, 20(1), 66–81.
- MONTES-ROJAS, G., Y M. SANTAMARIA (2007): "Sources of productivity growth: Evidence from the Mexican manufacturing sector," *The North American Journal of Economics and Finance*, 18(3), 263–278.
- MURILLO, L., Y J. VEGA (2001): "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(3), 265–275.
- OECD (2001): "Measuring productivity: measurement of aggregate and industry-level productivity growth," *Statistics Portal*, pp. 1–156.
- SHAPLEY, L. (1953): "A Value for n-Person Games," en *Contributions to the Theory of Games, Volume II*, ed. H. Kuhn, y A. Tucker, pp. 307–317. Princeton University Press.
- SHCP (2013): "Democratizar la productividad, eje central del gobierno de la república," [http://www.hacienda.gob.mx/SALAPRENSA/doc\\_informe\\_vocero/2013/vocero\\_15\\_2013.pdf](http://www.hacienda.gob.mx/SALAPRENSA/doc_informe_vocero/2013/vocero_15_2013.pdf).
- SHORROCKS, A. (2012): "Decomposition procedures for distributional analysis: a unified framework based on the Shapley value," *Journal of Economic Inequality*, pp. 1–28.
- TREJO, A. (2010): "The geographic concentration in Mexican manufacturing industries, an account of patterns, dynamics and explanations: 1988-2003," *Investigaciones regionales*, (18), 37–60.