

ENSAYOS *Revista de Economía*

Volumen XXXIII, número 2

noviembre de 2014

Artículos

Evaluación del cumplimiento de los objetivos de inflación y el papel de las expectativas: evidencia para México, 1995-2012

Reyna Vergara-González, Elías Eduardo Gutierrez-Alva

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

Does educational attainment reduce agricultural day laborer injuries in Mexico?

Seth R. Gitter, Robert J. Gitter

La vulnerabilidad de la economía yucateca ante limitaciones en la disponibilidad de agua subterránea. Un enfoque de insumo producto

Lilian Albornoz, Hilda Guerrero García-Rojas, Daniel Adrián



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Economía

Centro de Investigaciones Económicas



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Universidad Autónoma de Nuevo León Rector

Dr. med. Santos Guzmán López

Secretario General

Dr. Juan Paura García

Secretario Académico

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo

Secretario de Extensión y Cultura

Dr. José Javier Villarreal Álvarez Tostado

Director de Editorial Universitaria

Lic. Antonio Jesús Ramos Revillas

Directora de la Facultad de Economía

Dra. Joana Cecilia Chapa Cantú

Director del Centro de Investigaciones Económicas

Dr. Edgar Mauricio Luna Domínguez

Editor Responsable

Dr. Jorge Omar Moreno Treviño

Editores Asociados

Dr. Edgar Mauricio Luna Domínguez

Dr. Daniel Flores Curiel

Dra. Cinthya Guadalupe Caamal Olvera

Dra. Joana Cecilia Chapa Cantú

Consejo Editorial

Alejandro Castañeda Sabido (Comisión Federal de Competencia Económica, México)

Dov Chernichovsky (University of the Negev, Israel)

Richard Dale (University of Reading, Inglaterra)

Alfonso Flores Lagunes (Syracuse University, EUA)

Chinhui Juhn (University of Houston, EUA)

Timothy Kehoe (University of Minnesota, EUA)

Félix Muñoz García (Washington State University, EUA)

Salvador Navarro (University of Western Ontario, Canadá)

José Pagán (The New York Academy of Medicine, EUA)

Elisenda Paluzie (Universitat de Barcelona, España)

Leobardo Plata Pérez (Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México)

Martín Puchet (Universidad Nacional Autónoma de México, México)

Patricia Reagan (Ohio State University, EUA)

Mark Rosenzweig (Yale University, EUA)

Ian Sheldon (Ohio State University, EUA)

Carlos Urzúa Macías († 2024) (Tecnológico de Monterrey, México)

Francisco Venegas Martínez (Instituto Politécnico Nacional, México)

Comité Editorial

Ernesto Aguayo Téllez, Lorenzo Blanco González (UANL, México)

Alejandro Ibarra Yúnez (Tecnológico de Monterrey, México)

Vicente Germán-Soto (Universidad Autónoma de Coahuila, México)

Raúl Ponce Rodríguez (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México)

Ignacio de Loyola Perrotini Hernández (Universidad Nacional Autónoma de México)

Edición de redacción, estilo y formato

Paola Beatriz Cárdenas Pech

Bricelda Bedoy Varela

Ensayos Revista de Economía, Vol. 33, No. 2, julio-diciembre 2014. Es una publicación semestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Economía con la colaboración del Centro de Investigaciones Económicas. Domicilio de la publicación: Av. Lázaro Cárdenas 4600 Ote., Fracc. Residencial Las Torres, Monterrey, N.L. C.P. 64930. Tel. +52 (81) 8329 4150 Ext. 2463 Fax. +52 (81) 8342 2897. Editor Responsable: Jorge Omar Moreno Treviño. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2009-061215024200-102, ISSN 1870-221X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido No. 14910, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1182771. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 1 de noviembre de 2014. Tiraje: 30 ejemplares. Distribuido por: Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Economía, Av. Lázaro Cárdenas 4600 Ote., Fracc. Residencial Las Torres, Monterrey, N.L. C.P. 64930.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Índice

Evaluación del cumplimiento de los objetivos de inflación y el papel de las expectativas: evidencia para México, 1995-2012 1

Reyna Vergara-González, Elías Eduardo Gutierrez-Alva

Un enfoque no paramétrico para la descomposición de la productividad del trabajo en la industria manufacturera regional 33

Juan Carlos Chávez-Martín del Campo, Luis Fernando López-Ornelas

Does educational attainment reduce agricultural day laborer injuries in Mexico? 59

Seth R. Gitter, Robert J. Gitter

La vulnerabilidad de la economía yucateca ante limitaciones en la disponibilidad de agua subterránea. Un enfoque de insumo producto 77

Lilian Albornoz, Hilda Guerrero García-Rojas, Daniel Adrián

Evaluación del cumplimiento de los objetivos de inflación y el papel de las expectativas: evidencia para México, 1995-2012

Reyna Vergara González*
Elías Eduardo Gutiérrez Alva**

Fecha de recepción: 28 XI 2012

Fecha de aceptación: 21 III 2014

Resumen

Después de más de una década de operación de los objetivos de inflación, resulta relevante evaluar sus alcances en relación con las metas inflacionarias establecidas por el Banco de México, y el papel que en dicho proceso han desempeñado las expectativas como ancla nominal de los precios. De manera particular, se contrasta con qué frecuencia el banco se aleja de su objetivo y se investiga sobre la estabilización de las expectativas de inflación en un ambiente de inflación baja y estable, aunque sujeta a choques que generan presiones inflacionarias. La evaluación de estos choques sobre las expectativas de inflación se realiza a través de un modelo VAR. Además, se lleva a cabo un análisis de correlación entre las expectativas inflacionarias y sus valores efectivos, basado en la metodología Rolling Windows. Los resultados sugieren que el grado de asociación entre la inflación efectiva y sus expectativas ha disminuido en el tiempo, y que los efectos de los choques macroeconómicos sobre las expectativas, son menos intensos en el periodo de objetivos de inflación.

Clasificación JEL: E52, E31, E59.

Palabras Clave: política monetaria, objetivos de inflación, expectativas de inflación.

* Profesor de tiempo completo de la Facultad de Economía, Universidad Autónoma del Estado de México. Dirección: Paseo Universidad s/n, Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria, Toluca, México, C.P 50110. Teléfono: 01 (722) 2 14 94 11, Fax: 01 (722) 2 13 13 74. Correo electrónico: rvergarag@uaemex.mx.

** Profesor de tiempo completo de la Facultad de Economía, Universidad Autónoma del Estado de México. Dirección: Paseo Universidad s/n, Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria, Toluca, México, C.P 50110. Teléfono: 01 (722) 2 14 94 11, Fax: 01 (722) 2 13 13 74. Correo electrónico: eegutierrez@uaemex.mx.

Abstract

After more than a decade of inflation targeting, it is important to evaluate its scope in terms of the inflation objectives set by the central bank in Mexico, and on the role that inflation expectations have played in this process as a nominal anchor for prices. In particular, we contrast how often the bank deviates from its goal and investigate on the stabilization of inflation expectations in an environment of low and stable inflation, but subject to macroeconomic shocks, which are evaluated using a VAR model. Furthermore, a correlation analysis between inflation expectations and their actual values is performed, based on the Rolling Windows methodology. The results suggest that the degree of association between actual inflation and its expectations has declined over time and the effects of macroeconomic shocks on expectations are less intense during the inflation targeting period.

JEL Classification: E52, E31, E59.

Keywords: monetary policy, inflation targeting, inflation expectations.

Introducción

Los buenos resultados, en términos de convergencia de la inflación en niveles bajos y estables alcanzados por Nueva Zelanda y Chile a principios de los noventas, motivaron la implementación de un esquema monetario basado en objetivos o metas de inflación en un importante número de países, entre ellos México. A raíz de la crisis de diciembre de 1994 y la adopción de un régimen de tipo de cambio flexible, se generaron cambios en la instrumentación de la política monetaria. Aunque en 1998 ya se presentan indicios que indican el tránsito hacia un esquema de objetivos de inflación, es en el año 2001 cuando el Banco de México anuncia la implementación formal de esta estrategia.

A más de diez años de la adopción del esquema de objetivos de inflación en México, resulta interesante evaluar qué tanto la estrategia del Banco de México ha sido congruente con el alcance de su objetivo y el papel que las expectativas inflacionarias desempeñan como ancla de los precios. El concepto de ancla nominal implica, por un lado, que el valor de las expectativas se fija en función del objetivo de precios anunciado por el banco central y, por otro, que la trayectoria de las expectativas condiciona el comportamiento y evolución de las demás variables macroeconómicas (Flood y Mussa, 1994)¹. Esto es importante primero, porque aun cuando se cuenta

¹ De acuerdo con Flood y Mussa (1994) un ancla nominal es una variable exógena, cuyo valor es definido por el banco central. Las anclas nominales pueden ser: fijas (tipo de cambio, tasa de interés), nominales móviles (tasa de crecimiento de una variable nominal:

actualmente con un nivel de inflación bajo, este tiende a alejarse con frecuencia de su nivel objetivo; segundo, porque la determinación de la sensibilidad de las expectativas de inflación a choques macroeconómicos específicos, resulta fundamental para determinar las características del anclaje de las mismas; y tercero, porque la estabilización de la inflación esperada hace más preciso el intercambio entre la inflación y el producto (Holub y Hurník, 2008).

En este sentido, los objetivos de este documento son dos: evaluar la convergencia lograda por el banco central, entre el objetivo inflacionario y la inflación observada, y analizar el papel de las expectativas en el periodo previo y posterior a la operación de los objetivos de inflación, tomando en cuenta diversos choques macroeconómicos que generan presiones inflacionarias.

El documento se estructura en cuatro apartados. En el primero se revisa la literatura teórica y empírica relacionada con el esquema de objetivos de inflación. En el segundo se evalúa la convergencia entre la inflación observada y su objetivo. En el tercero, mediante la metodología Rolling Windows y un modelo VAR irrestricto, se evalúa el papel de las expectativas en el periodo previo y posterior a la operación de los objetivos de inflación. En el cuarto se presentan y discuten los resultados. Finalmente se establecen las conclusiones.

1. Marco de referencia

El hecho que en la mayoría de los países la relación entre variables intermedias (sobre todo en términos de la tasa de crecimiento monetario) y objetivos últimos haya probado ser relativamente poco confiable, es la principal razón para el abandono de objetivos intermedios formales y la adopción de objetivos directos de inflación. Si bien el marco teórico en el que se analiza la importancia de las expectativas y su relación con los objetivos de inflación es la curva de Phillips, la implementación de este esquema monetario se identifica con diversos elementos tanto institucionales, como instrumentales como se menciona a continuación.

“regla monetaria de Friedman) y nominales híbridas (tipo de cambio ajustable). Para Blejer (2007), las anclas nominales que se han aplicado a lo largo de la historia son: metas de tipo de cambio, metas monetarias cuantitativas, metas de inflación y nominales implícitas. En el esquema de objetivos de inflación, las expectativas tienden a “anclarse” al objetivo de precios anunciado por el banco central no al nivel de precios existente.

1.1. *Aspectos teóricos*

El enfoque de objetivos de inflación se caracteriza por el anuncio oficial y explícito de un objetivo de inflación y por sustentar su funcionamiento en el logro de este objetivo. Esto supone el compromiso y responsabilidad del banco central por un mayor control en el crecimiento de los precios con el fin de alcanzar la meta anunciada, lo que incluye contrarrestar los efectos de choques macroeconómicos que pudieran repercutir en el comportamiento inflacionario y una mayor comunicación con el público sobre sus planes y objetivos. Aun cuando la estabilidad de los precios es el principal objetivo de la política monetaria para un importante número de países, en la práctica diversos bancos centrales no han renunciado al uso de esta para la estabilización de otras variables en el corto plazo². En este sentido, la referencia a la inflación como objetivo primario o principal de la política monetaria implica su consideración en un horizonte de mediano y largo plazo (Bernanke y Mishkin, 1997).

Si bien, en ocasiones, la estrategia de objetivos de inflación ha sido interpretada como una regla en términos del viejo debate, Bernanke y Mishkin (1997) consideran que ésta debe ser vista como una forma de “discreción limitada”, más que como una regla rígida de política. Primero, porque no se trata de simples operaciones mecánicas que el banco central deba seguir; por el contrario, el objetivo de inflación requiere que las autoridades monetarias utilicen su estructura y experiencia, además de toda la información relevante para determinar las acciones de política más adecuadas para alcanzar su objetivo. Segundo, dentro de las restricciones impuestas por sus objetivos de mediano y largo plazo, los bancos centrales disponen de la flexibilidad necesaria para ajustar la política monetaria ante circunstancias inusuales e imprevistas y entornos económicos variables. Esta forma de interpretar el objetivo de inflación -“discreción limitada”-, refuerza dos aspectos fundamentales: la comunicación entre las autoridades monetarias y el público y, la disciplina y responsabilidad del banco central.

El hecho que el objetivo para la inflación se fije por medio de bandas objetivo o de objetivos puntuales, está relacionado con factores de credibilidad. Lo que se persigue, ante todo, es que el objetivo inflacionario sea creíble para que constituya una buena ancla de las expectativas de inflación, esto requiere que sea establecido de una manera clara y sencilla y que además, sea factible alcanzar.

² Tipo de cambio, crecimiento del producto, tasa de interés, balanza de pagos, estabilidad del sistema financiero (Fry, Julius, Mahadeva y Stern, 2000).

Svensson (1997) y Ball (1999), proponen un modelo en el que señalan que todas las políticas óptimas que consideran reglas de comportamiento para la inflación esperada, pueden ser interpretadas como un tipo de objetivo de inflación en el que las decisiones están guiadas por las expectativas de la inflación futura. Teóricamente, la relevancia de la inflación esperada en el proceso generador de la inflación se analiza a partir de la curva de Phillips aumentada con expectativas.

$$\pi_t = \pi_t^e - \alpha(u_t - u_n) + z_t \quad (1)$$

La cual contiene la inflación esperada (π_t^e), la diferencia entre la tasa de efectiva de desempleo (u_t) y la tasa natural (u_n) y una perturbación aleatoria (z_t), que representa la influencia de todas aquellas variables omitidas en el modelo que pueden afectar la formación de precios y las expectativas³, se espera que el efecto de las variables omitidas sea pequeño y totalmente aleatorio; además, se asume que z_t sigue una distribución normal con media cero y varianza constante ($z_t \sim N(0, \sigma^2)$). Si las expectativas de inflación se determinan con base en la inflación pasada $\pi_t^e = \pi_{t-1}$ la ecuación (1) se puede escribir como:

$$\pi_t = \pi_{t-1} - \alpha(u_t - u_n) + z_t \quad (2)$$

O de manera equivalente, como una relación positiva entre la inflación y la desviación del nivel de producción (y_t) con respecto a su nivel natural (y_n), definida como brecha de producción.

$$\pi_t = \pi_{t-1} + \beta(y_t - y_n) + z_t \quad (3)$$

En los modelos más recientes, la inflación depende de la inflación esperada para el periodo $t + 1$ (π_{t+1}^e), en lugar de la inflación esperada para el periodo actual (π_t^e) como en (1).

$$\pi_t = \pi_{t+1}^e + \beta(y_t - y_n) + z_t \quad (4)$$

³ Algunas de estas variables pueden ser la brecha del producto y la tasa de inflación de EU, así como el precio de los commodities.

En esta última ecuación, conocida como curva de Phillips Neo Keynesiana, la inflación no presenta ningún tipo de persistencia, más bien, como demuestran Clarida, Gali y Gertler (1999), son las condiciones económicas actuales y sobre todo futuras, y no la inercia o la inflación pasada, las que determinan el comportamiento de la inflación en el presente.

Debido a que las autoridades monetarias no tienen control total sobre la inflación esperada y en presencia de perturbaciones que pudieran alejar a la inflación del nivel considerado como preferido, lo que intentan hacer las políticas óptimas es traer la inflación de regreso a su valor óptimo, pudiendo diferir la rapidez con la que se acerquen a él.

La reacción de las autoridades monetarias para contrarrestar los efectos permanentes en el nivel de precios y evitar expectativas inflacionarias generalizadas es de vital importancia. En tanto que la velocidad de aproximación al objetivo queda determinado por la fecha fijada como límite para alcanzarlo y por la senda de reducción de la inflación. Esto último implica la definición de etapas intermedias (objetivos transitorios, Almeida y Goodhart, 1997), con la finalidad de evitar la acumulación de errores y facilitar la evaluación continua del cumplimiento del objetivo final.

1.2. Evidencia empírica

En el nivel empírico, existe un importante número de trabajos que intentan evaluar el desempeño de la estrategia de objetivos de inflación desde diferentes perspectivas, por ejemplo: la persistencia inflacionaria (Siklos, 2008 y De Carvalho, 2009); la relación entre inflación y diversas variables macroeconómicas como las expectativas de inflación (Levin, Natalucci y Piger, 2004; Blanchflower⁴, 2008; Kelly, 2008 y Demertzi, Marcellino y Vieg, 2009); las tasas de interés y la producción (Mishkin y Posen, 1997); o entre las expectativas y el objetivo de inflación (Carrasco y Ferreiro, 2012; Capistrán y Ramos-Francia, 2010); la actuación de los Bancos Centrales (comunicación e información) en la generación de expectativas y en el fortalecimiento de su credibilidad (Fracasso, Genberg y Wyplosz, 2003). La mayor parte de estos trabajos presenta evidencia a favor de esta estrategia monetaria. Entre los aspectos positivos que se han documentado, se señalan: un menor nivel de inflación (Corbo, Landerretche y Schmidt-Hebbel, 2001,

⁴ Blanchflower (2008) identifica las similitudes en el comportamiento de la inflación real y las expectativas de inflación entre Estados Unidos y Reino Unido. Destaca los factores que impactan el logro de objetivos inflacionarios para el Reino Unido, como es el caso del incremento en los precios de commodities y de los bienes raíces, que han generado expectativas de inflación altas, provocando con esto, debido al papel del anclaje, un incremento en el valor de la inflación.

una mayor estabilidad y desempeño del sector real (García-Solanes y Torres, 2012) y de las expectativas de inflación (Carrasco y Ferreiro, 2012; Capistrán y Ramos-Francia, 2010); un mejor manejo de los efectos sobre los precios de choques reales y financieros (De Carvalho, 2009, Mishkin y Posden, 1997 y Rossi, 2009); una menor sensibilidad de las expectativas de inflación a las fluctuaciones macroeconómicas (Levin *et al.*, 2004). Otros trabajos, en cambio, cuestionan la efectividad de esta estrategia al encontrar que la persistencia inflacionaria no muestra una tendencia descendente, en especial en las economías emergentes (Siklos, 2008); o consideran que la evidencia para cierto número de países no es suficiente para demostrar efectos favorables sobre la inflación, la producción y las tasas de interés (Ball y Sheridan, 2003). Algunos otros encuentran deficiencias en el funcionamiento de la estrategia en países como Brasil (inestabilidad en las variables reales y monetarias con niveles de inflación por arriba de su valor objetivo e inercia inflacionaria (Ferrari y Fabris, 2009); o dificultades para su operación, como en Chile (debido a restricciones de balanza de pagos: Pérez, 2009); así como efectos marginales sobre el nivel de precios, debido a que el proceso de desinflación se inició antes de la adopción del esquema de objetivos de inflación (Pétursson, 2004).

Para el caso de México, Galindo y Ros (2008), Mántey (2009) y Capistrán, Ibarra y Ramos-Francia (2012), centran su investigación en el efecto traspaso del tipo de cambio a los precios; Ramos-Francia y Torres (2005) analizan la relación entre el objetivo de inflación y la posición fiscal; en tanto que Gaytán y González-García (2007), evalúan los cambios estructurales que se han presentado en el mecanismo de transmisión de la política monetaria. Los resultados del primero muestran una tendencia a la baja de la inflación y una disminución de los efectos inflacionarios originados por movimientos en el tipo de cambio. Capistrán *et al.* (2012), también encuentran que el traspaso del tipo de cambio a los precios, disminuye durante el periodo de objetivos de inflación. En contraste con los documentos previos, Mántey (2009) establece que debido a la existencia de un efecto traspaso del tipo de cambio a los precios, el banco central se ve en la necesidad de hacer uso de intervenciones esterilizadoras en el mercado de cambios como instrumento adicional en el ámbito de la política monetaria. Ramos-Francia y Torres (2005) establecen que una vez que se alcanza una posición fiscal sostenible, el esquema de objetivos de inflación puede ser utilizado como un mecanismo eficiente para generar disciplina en la política monetaria, permitiendo con ello reducir la inflación de manera sostenible.

En relación con las expectativas, Carrasco y Ferreiro (2012) analizan la relación de estas con los objetivos de inflación; sus resultados demuestran que aunque las expectativas no se comportan como una distribución normal, esta variable ha permanecido estable desde que se estableció el objetivo de

inflación de 3% (+/-1%). Por otra parte, Gaytán y González-García (2007) demuestran que el cambio estructural ocurrido a principios del 2001 implicó un rol menos importante de las fluctuaciones del tipo de cambio real en el proceso de formación de precios y de las expectativas de inflación, así como un efecto más moderado de la tasa de interés nominal.

2. Cumplimiento de los objetivos de inflación

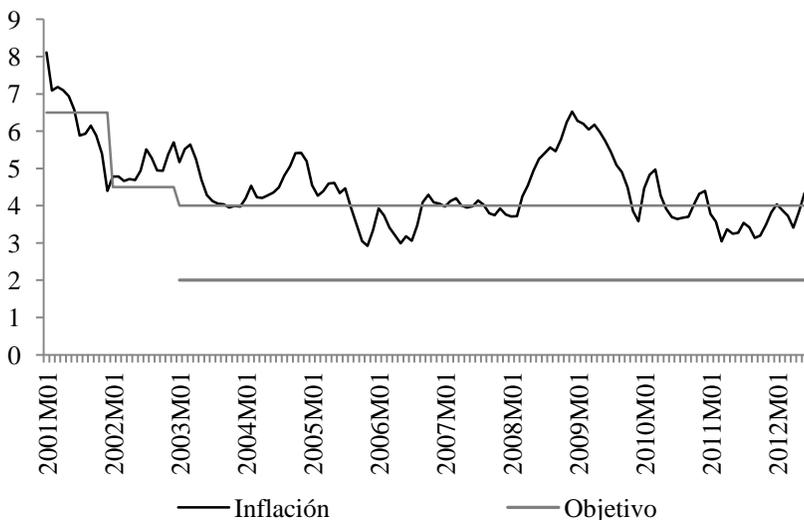
La transformación del proceso inflacionario en los últimos años ha significado un cambio importante en la forma de conducir la política monetaria. Prácticamente, desde hace una década, la variación del nivel de precios se ha mantenido en un nivel bajo y estable, inferior al diez por ciento; cambio que ha sido documentado en varios trabajos (Ramos-Francia y Torres, 2006; Chiquiar, Noriega y Ramos-Francia, 2007; Díaz y Vergara, 2009, entre otros). De enero de 2001 a junio de 2012, la inflación promedio fue de 4.54% por año, con una mediana de 4.29%, un sesgo de 0.88, una curtosis de 3.53, así como un valor máximo y mínimo de 8.11 y 2.92, respectivamente. Si bien, estos estadísticos ofrecen información sobre el progreso alcanzado en el descenso de la inflación, resulta interesante analizar cómo se ha llevado a cabo este proceso, y sobre todo, evaluar qué tan cerca se ha mantenido la inflación de su objetivo.

Como se observa en la gráfica 1⁵, la convergencia de la inflación hacia su objetivo ha sido progresiva y se han alcanzado valores muy próximos a este; sin embargo, también se advierten varios periodos en los que esta variable se ubica por arriba del límite superior de su objetivo (4%), por lo que son contadas las ocasiones que se ha obtenido el valor central de 3%. Según información del Banco Central de Chile (2004), la mayor parte de los países que operan bajo el esquema de objetivos de inflación, con frecuencia se alejan de su objetivo, tanto hacia arriba como hacia abajo, en más de uno por ciento y por intervalos superiores a un año. En el caso de México, esta desviación es de 1.17%, con una vida media de 9 meses⁶; es decir, el desvío de la inflación de su objetivo se reduce a la mitad en menos de un año.

⁵ En la gráfica referida, al inicio del periodo 1999 y hasta inicios del 2001 no se consideran bandas para la inflación, debido a que el esquema de objetivos de inflación inicia su operación formal a partir de 2001.

⁶ La vida media del error se estimó mediante una función impulso respuesta de un modelo AR(2). Para definir este modelo se utilizó la diferencia entre la inflación observada y su objetivo (3% a partir de 2001), ver Albagli (2004).

Gráfica 1
Inflación observada vs. objetivo de inflación 2001-2012
 (puntos porcentuales)



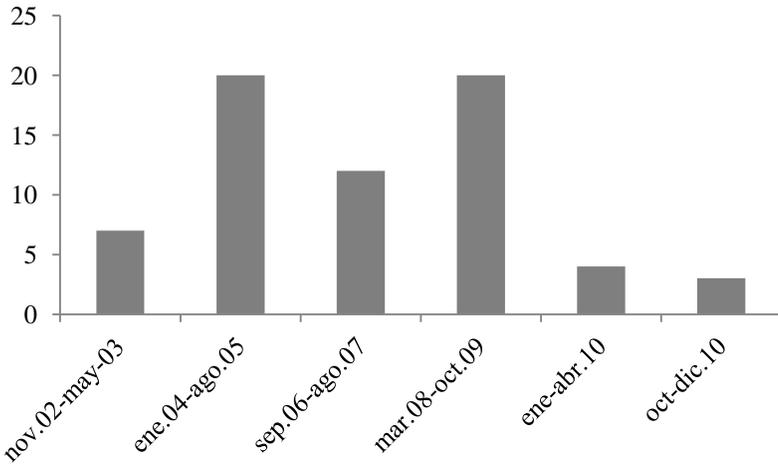
Fuente: elaboración propia con datos del Banco de México.

De los 138 meses⁷ que han pasado desde que se adoptó el régimen de objetivos de inflación en 82 de ellos (59%), la inflación ha sido superior a su objetivo, presentándose la situación inversa solo en el 12% de los casos⁸. En general, hasta el momento se han identificado 7 episodios; 6 con una duración promedio de 11 meses para el primer caso (inflación > objetivo) y solo un episodio de 16 meses para el segundo (inflación < objetivo). De los 6 episodios en los que la inflación ha estado por arriba de su objetivo, dos presentan una duración de 20 meses, uno de 12 y el resto con un lapso menor a 10 meses (ver gráfica 2).

⁷ De enero de 2001 a junio de 2012.

⁸ Para analizar con detalle estos episodios se toma como referencia el trabajo de Albagli (2004), en el que se emplean diversas medidas estadísticas para evaluar el desempeño de la estrategia de objetivos de inflación. Previo a ello se definen los siguientes aspectos: primero, para el caso del rango objetivo definido a partir de 2003, se toma el valor central (3%); segundo, se utiliza como inflación efectiva la variación intermensual; tercero, se define como unidad de análisis el conjunto de meses consecutivos en los cuales se registran fluctuaciones mayores o menores al 1%, respecto del objetivo.

Gráfica 2
Episodios con una inflación mayor a su valor objetivo 1999-2012
(número de meses)

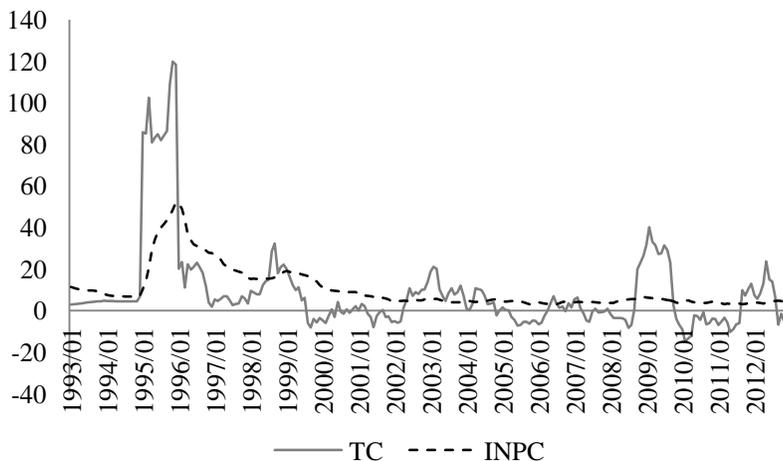


Fuente: elaboración propia con datos del Banco de México.

Los episodios de mayor duración corresponden a 2004-2005 y 2008-2009, la causa de ello fueron presiones de oferta mayores a las esperadas, que tuvieron su origen en el incremento de las cotizaciones internacionales de algunas materias primas⁹ y la depreciación del tipo de cambio en 2008 (ver gráfica 3), derivado de la crisis financiera; estos eventos afectaron los costos de producción y más tarde se trasladaron a los precios al consumidor. Posteriormente, la debilidad de la demanda interna y la tendencia descendente de la inflación subyacente redujeron la brecha entre la inflación efectiva y su objetivo.

⁹ Alimentos, energía, productos metálicos, productos industriales.

Gráfica 3
**Índice nacional de precios al consumidor y tipo de cambio nominal
 1993-2012 (variación porcentual anualizada)**



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.

En resumen, aunque la inflación ha descendido de manera importante, son más frecuentes y persistentes las desviaciones positivas respecto de su objetivo. Estos resultados hacen centrar la atención en factores adicionales, entre ellos las expectativas de inflación, que de forma explícita pudieran afectar el comportamiento de la inflación.

3. El papel de las expectativas

Un elemento importante en el ámbito de actuación del Banco de México, en lo referente al control del nivel general de precios, lo constituye el papel que desempeñan las expectativas inflacionarias de los agentes económicos en la delimitación de las metas de inflación y, en particular, en su impacto sobre los niveles de inflación.

3.1. Expectativas de inflación e inflación efectiva

En la estrategia monetaria actual, las expectativas o el valor esperado de la inflación por los agentes económicos desempeña un papel fundamental como mecanismo de transmisión (Schwartz y Torres, 2000; Macallan, Taylor y O'Grady, 2011) y ancla de los precios. En particular, el uso de metas u objetivos de inflación permite al banco central anclar las expectativas de

inflación¹⁰ generadas por los agentes económicos. A medida que se van alcanzando las metas u objetivos planteados, la credibilidad del instituto central se incrementa y las metas de inflación anunciadas se constituyen en una referencia específica para pronosticar el nivel de precios, de esta forma los anuncios generados por el banco central impactan las expectativas inflacionarias del público (Mateos y Schwartz, 1997).

La gráfica 4 ilustra la tendencia de la inflación y de las expectativas¹¹ generadas por los agentes económicos entre 1999 y los primeros meses de 2012; en la gráfica, se observa una tendencia descendente en ambas variables hasta llegar a niveles de un dígito, cercanos a la meta de 3% (+/-1%) establecida a partir de 2003. Un análisis más detallado permite observar que a pesar de la disminución y estabilidad de la inflación¹², el nivel medio de la inflación esperada (entre 2003 y 2012) se ha mantenido por arriba del objetivo establecido por el banco central (3.8% vs. 3%).

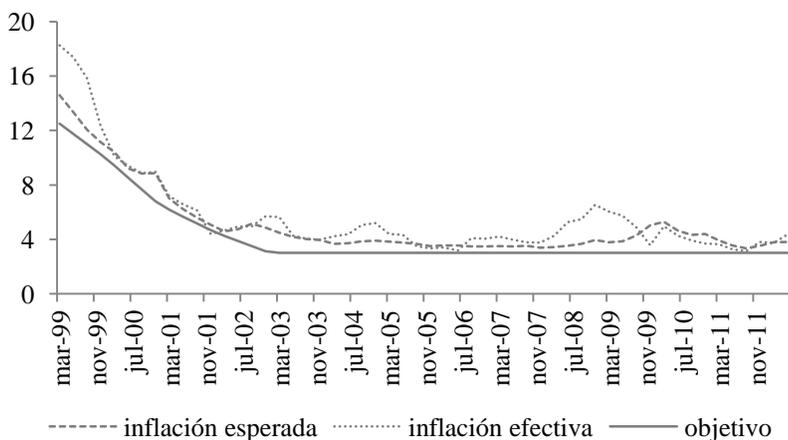
Además, en esta gráfica se pueden apreciar cuatro etapas. La primera corresponde a los primeros 10 meses de 1999, donde se observan importantes diferencias entre los valores de la inflación y su expectativa; la segunda (entre finales de 1999 y 2007), se caracteriza por una menor dispersión y relativa concordancia entre ambas variables; en la tercera etapa, que coincide con la crisis de 2008, se amplía la brecha entre la inflación esperada y su valor efectivo, ocasionado por la depreciación cambiaria que se tradujo en incrementos en los precios de los bienes comerciables; incrementos en las cotizaciones internacionales del maíz y del trigo, aumentos de algunos impuestos como el caso del Impuesto al Valor Agregado (IVA) y del Impuesto Especial Sobre la Producción y Servicios (IEPS), deslices en los precios de los energéticos, así como de las tarifas de suministro de agua y del transporte público. La situación referida en la tercera etapa se revierte a partir de 2009, al estrecharse la diferencia entre ambas variables. Un aspecto que llama la atención, en la cuarta etapa (2009 a 2012), es que entre septiembre de 2009 y noviembre de 2010 la inflación esperada fue mayor a la inflación efectiva. Una posible explicación de este comportamiento se deriva de la importante caída observada en la producción debido a la crisis financiera, lo que implicó presiones inflacionarias menores a las esperadas.

¹⁰ Entendida como la convergencia de las expectativas de inflación alrededor de su objetivo (Moreno y Villar, 2009).

¹¹ Los datos que se utilizaron para la inflación esperada se obtuvieron de Consensus Economics y corresponden a las expectativas para el fin del periodo. Este organismo también dispone de información de expectativas para los próximos 12 meses (ver apartado 3.2.1).

¹² Durante el periodo 2003-2012, la desviación fue de 0.45 vs. 6.33 entre 1995 y 2002. De hecho, las expectativas de inflación a 12 meses son mucho más estables que las referentes al final del mismo año.

Gráfica 4
Inflación efectiva, inflación esperada y objetivo de inflación 1999-2012
 (porcentajes)



Fuente: Banco de México y Consensus Economics.

Dado este patrón de comportamiento, resulta importante determinar hasta qué punto las expectativas inflacionarias han sido un factor explicativo del nivel de inflación, lo que permitiría respaldar la importancia que el Banco de México otorga a la generación de expectativas en el proceso de determinación del nivel general de precios bajo el esquema de objetivos de inflación. Mediante la metodología Rolling Windows (Mejía, 2011)¹³ y con submuestras de veinte trimestres¹⁴, que se desplazan en el tiempo, se analiza la correlación entre la inflación efectiva y las expectativas inflacionarias (fin de año y próximos 12 meses). Para tener evidencia del papel de las expectativas de inflación antes y después de los objetivos de inflación, el periodo de análisis comprende del primer trimestre de 1995 al primer trimestre de 2012. El objetivo es obtener un conjunto de correlaciones que permitan: detectar la existencia de una asociación específica entre la inflación efectiva y la inflación esperada, mostrar los cambios que presenta en el tiempo esta relación y generar implicaciones relacionadas con el papel de las expectativas como ancla de los precios.

¹³ El uso del enfoque de submuestras que se desplazan del principio al final del periodo muestral, permite detectar la existencia de cambios estructurales en la relación entre las variables, y no únicamente referir a una correlación promedio (Ver Mejía, 2011).

¹⁴ La correlación entre las variables referidas también se realizó considerando datos mensuales con submuestras de 37 meses, la evidencia también muestra menores niveles de correlación entre las variables a partir de 2001 (estos datos no se muestran en el documento).

En la gráfica 5, se observa que después de una fuerte correlación (0.96 promedio)¹⁵ entre la inflación efectiva y sus expectativas, a partir de la submuestra que inicia en el tercer trimestre de 2001, se presenta un descenso en el valor del coeficiente, lo que coincide con el periodo de adopción formal de objetivos de inflación (2001); este cambio es más marcado para las expectativas a 12 meses, al pasar de una correlación fuerte a moderada (de 0.96 a 0.60), que para las expectativas de muy corto plazo que siguen presentando una relación fuerte a pesar del descenso en el valor del coeficiente (de 0.96 a 0.90). En las submuestras posteriores y hasta la definida entre 2007 (3T) y 2012 (2T), la correlación se torna débil (0.2) para las expectativas a 12 meses y moderada (0.7) para las expectativas a fin de año¹⁶.

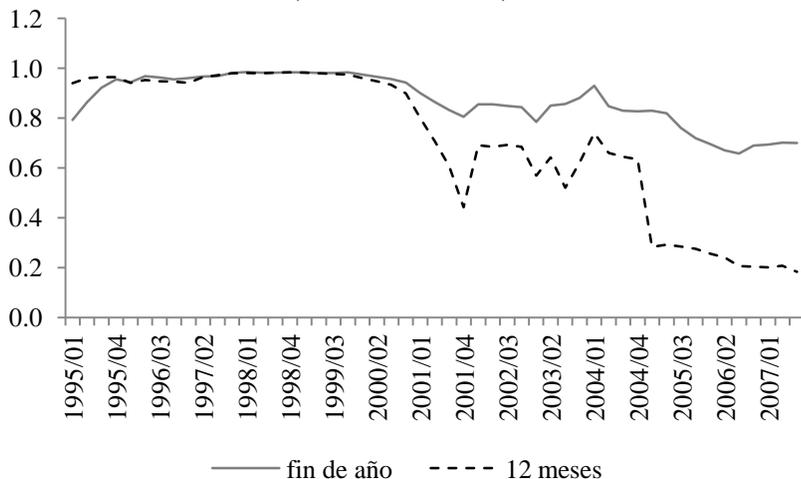
Este marcado descenso, en los coeficientes de correlación entre la inflación y sus expectativas a partir de 2001, sugiere un cambio en la relación entre ambas variables y permite establecer que las expectativas inflacionarias cumplen paulatinamente con su papel de ancla de los precios, dentro del funcionamiento del esquema de objetivos de inflación, dado que se encuentran ancladas al objetivo inflacionario y no al nivel de inflación efectiva. Es decir, las expectativas cumplen con su papel de ancla porque son menos sensibles al valor efectivo de la inflación (Bernanke, 2007 y Kelly, 2008)¹⁷.

¹⁵ Se considera una correlación fuerte en valores de los coeficientes de correlación ubicados entre 0.8 y 1; correlación moderada cuando se presentan valores entre 0.6 y 0.7, mientras que una correlación débil se ubica en valores de 0 a 0.5 (ver Mejía, 2011 y Mejía y Erquizio, 2012).

¹⁶ En las submuestras referidas existen, entre los años 2009 y 2010, ciertos factores que por momentos generaron expectativas de inflación mayores a su valor efectivo. Independientemente de ello, las expectativas tendieron a anclarse al objetivo de inflación, como se demuestra en el valor de los coeficientes de correlación.

¹⁷ Bernanke (2007) identifica la existencia de una política monetaria eficaz cuando se logra anclar adecuadamente las expectativas, lo cual está vinculado a una baja sensibilidad de dichas expectativas con respecto al nivel de inflación efectiva. Por su parte, Kelly (2008) remarca la baja sensibilidad de las expectativas respecto de la tasa de inflación, dado que dichas expectativas llegan a estar ancladas al objetivo inflacionario, por lo tanto, se trata de un objetivo de inflación creíble.

Gráfica 5
Coefficiente de correlación entre la inflación efectiva y la inflación esperada (fin de año y 12 meses) 1995-2012
 (datos trimestrales)



Fuente: elaboración propia con información del Banco de México y Consensus Economics.

Lo que llama la atención es que el cambio en la relación sea más marcado para las expectativas a 12 meses, lo cual hace suponer que este tipo de expectativas se encuentran mucho más ancladas a los objetivos, que las referidas al final del periodo. En general, estos resultados coinciden con lo señalado en otros estudios, sobre la trascendencia de los objetivos de inflación y el anclaje de las expectativas (Levin *et al.*, 2004 y Demertzis *et al.*, 2009), así como sobre la importancia de estas en el mecanismo de trasmisión de la política monetaria (Schwartz y Torres, 2000).

Para completar el análisis anterior, y con el propósito de confirmar la presencia de un cambio estructural en el comportamiento de la inflación efectiva y sus expectativas, se aplicó la metodología de Zivot y Andrews (1992), la cual evalúa tres hipótesis (modelos) alternativas: a) cambio en el valor medio; b) cambio en tendencia y c) cambio en media y tendencia. Los resultados de la prueba sugieren un cambio estructural en el valor medio en ambas variables (modelo A). De acuerdo con esta metodología, la fecha de cambio para las expectativas a 12 meses se presentó en el cuarto trimestre de 1998 y para la inflación general y las expectativas al final del periodo, el quiebre estructural fue en el tercer trimestre de 1999. Como se observa en el anexo 1, los valores t estimados, para cada una de las variables, sobrepasaron el umbral del valor crítico al 5% de significancia. En general, los resultados anteriores permiten confirmar la presencia de un cambio estructural

vinculado a la implementación del esquema de objetivos de inflación, lo que coincide con el descenso en los coeficientes de correlación observados en 2001.

3.2. *Expectativas de inflación y choques macroeconómicos*

Una alternativa para evaluar la relación entre la inflación y sus expectativas, y confirmar si el esquema de objetivos de inflación ha tenido éxito para anclar las expectativas de inflación, es estimar un vector autorregresivo (VAR). El uso de esta metodología permite observar el efecto de choques macroeconómicos sobre las expectativas de inflación, dada la respuesta esperada de la política monetaria. Se trata de simulaciones básicas que consisten en introducir una perturbación aleatoria (choque macroeconómico) en una ecuación y comprobar el resultado que esta alteración tiene sobre cada una de las variables endógenas; en el caso que nos ocupa, lo que interesa es la respuesta de las expectativas de inflación a este tipo de perturbaciones.

3.2.1. *Descripción de los datos, raíces unitarias y causalidad*

Para llevar a cabo la estimación de los modelos VAR se eligieron las siguientes variables:

- la brecha de inflación, definida como la inflación menos su objetivo (πh);
- la brecha del producto, que se refiere a las desviaciones del producto con respecto a su valor tendencial (yh);
- la tasa de variación anual (depreciación) del tipo de cambio nominal (de),
- la tasa de interés (i), CETES a 28 días, como variable proxy de la tasa de interés de referencia utilizada por el Banco de México¹⁸ y
- las expectativas de inflación (π^e).

La brecha del producto para México se obtuvo eliminando la tendencia, mediante el filtro de Kalman, de las series trimestrales desestacionalizadas del producto interno bruto para el periodo 1995.1-2012.1. Los datos se obtuvieron del Banco de México y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (Para una descripción detallada de las variables y las fuentes de información consultadas, véase anexo 2).

Debido a que la información sobre las expectativas de inflación que divulga el Banco de México solo está disponible a partir de 1999, la información se

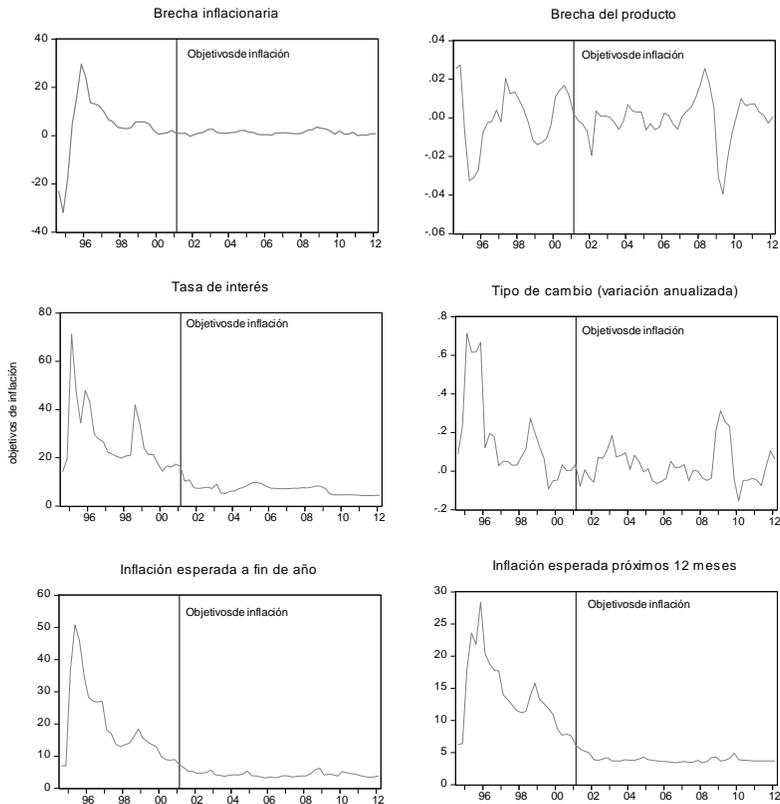
¹⁸ La variable operacional utilizada por el Banco de México es la tasa de fondeo interbancario a un día. Sin embargo, esta variable solo está disponible a partir de enero de 2008.

obtuvo de Consensus Economics donde se encuentran datos para las expectativas al final del periodo (π_t^e) y para los próximos 12 meses (π_{t+12}^e) desde 1994. Una de las ventajas de utilizar las expectativas publicadas por Consensus Economics es que se evitan sesgos en las estimaciones, situación que se presenta cuando se depende exclusivamente de las expectativas del mercado (Torres, 2002). Precisamente, la difusión de previsiones individuales para un gran número de países provistas por este organismo, así como su independencia del gobierno, ayuda a reducir este tipo de sesgos (Moreno y Villar, 2009).

Un primer análisis sobre los datos se desprende de la gráfica 6. En esta gráfica se observa que el periodo de mayor estabilidad que presentan las variables nominales es consistente con la literatura y con la adopción formal de los objetivos de inflación. A simple vista, se aprecia que el valor medio de las tasas de interés, la inflación esperada (al final del periodo (π_t^e) y para los próximos 12 meses (π_{t+12}^e)) y las variaciones del tipo de cambio, así como la brecha de la inflación son mucho menores a partir de 2001, lo mismo sucede con su varianza, lo que se corrobora con los estadísticos básicos que se presentan en el anexo 3. En el caso de la brecha del producto, las diferencias son muy pequeñas y no son estadísticamente significativas, por lo tanto, el cambio observado a partir del 2001 se presenta sobre todo en las variables nominales.

En términos de los valores de asimetría y curtosis y del valor del estadístico Jarque Bera (JB), la mayor parte de las series no se comporta como una normal, característica muy común en datos económicos, esto puede afectar las propiedades estadísticas de los estimadores (insesgadez, eficiencia y consistencia). Sin embargo, asintóticamente se asume que la distribución de las variables se aproxima a una normal, en virtud del teorema del límite central, sea cual sea la distribución de partida. En la práctica, la aproximación a una distribución normal se utiliza cuando el número de datos es mayor a 30 (Peña, 1997:215; Loría, 2007:165).

Gráfica 6
Brecha inflacionaria, brecha de producto, variación del tipo de cambio, tasa de interés e inflación esperada.1994-2012



Fuente: elaboración propia con información de Banco de México y Consensus Economics.

Dada la menor volatilidad observada en las variables y el manejo de la política monetaria a partir del 2001, la respuesta esperada de las expectativas de inflación a los choques macroeconómicos debería ser limitada y de corta duración, lo que haría suponer que las expectativas de inflación desempeñan el papel de ancla de los precios. De forma más específica, desviaciones positivas del producto respecto a su tendencia ($y > \hat{y}$), de la inflación respecto a su objetivo ($\pi > \pi^*$), así como una depreciación cambiaria: efecto traspaso, Baqueiro, Díaz de León y Torres (2003), y Loría (2007), llevarían a un incremento de las expectativas de inflación. Por lo tanto, el efecto de choques macroeconómicos sobre las expectativas de inflación es analizado en dos momentos: 1995-2000 y 2001-2012.

Un paso previo a la estimación del modelo VAR es evaluar la presencia de raíz unitaria, para ello se aplicaron los estadísticos tradicionales: la versión ampliada de Dickey Fuller (1979), DFA; la Dickey Fuller – GLS, DF-GLS; la de Phillips Perron (1988), PP; y la de Kwiatkowski- Phillips-Schmidt-Shin, KPSS¹⁹. Los resultados señalan que las series son estacionarias, es decir que su media y su varianza son invariantes en el tiempo y que su covarianza depende únicamente de los rezagos o de la distancia de las observaciones (ver anexo 3). En el caso de la serie tipo de cambio (en primeras diferencias), es conveniente comentar que, los estadísticos ADF y PP señalan la presencia de raíz unitaria; en tanto que las pruebas DF-GLS y KPSS muestran que la serie es estacionaria.

Precisamente, una deficiencia de las pruebas ADF y PP es su bajo poder, lo que lleva a no rechazar la hipótesis nula (aceptar la presencia de raíz unitaria), aun cuando la serie de interés sea “estacionaria” (Cuevas, 2008). Sin embargo, dado que las pruebas DF-GLS y KPSS confirman la estacionariedad de esta variable, se rechaza la existencia de raíz unitaria para el tipo de cambio (en primeras diferencias). En resumen, los resultados muestran que todas las series en niveles son $I(0)$, es decir, cumplen con el supuesto de estacionariedad.

Por otra parte, los resultados del análisis de causalidad en el sentido de Granger permiten comprobar, desde el punto de vista estadístico, que las expectativas tanto a fin de año como a 12 meses son causadas por la brecha inflacionaria, la variación del tipo de cambio y la tasa de interés. En el caso de la brecha del producto solo se confirma la relación de causalidad entre esta variable y las expectativas a 12 meses (ver anexo 4).

3.2.2. Planteamiento del modelo

De acuerdo con las propiedades estadísticas de los datos y el orden de integración de las mismas, se estima un modelo VAR irrestricto para cada periodo, con una constante y una variable *dummy* que captura cambios abruptos en el tipo de cambio y la tasa de interés en (1998.3), en el primer modelo, y cambios en la brecha del producto y la brecha inflacionaria (2009.1-2009.2), en el segundo. Siguiendo los criterios de Akaike, Schwartz, Hann-Quinn y LR, el modelo estimado para cada periodo incluye dos rezagos (VAR2). En general, el modelo tiene la siguiente representación:

¹⁹ Todas las pruebas se efectuaron con tendencia e intercepto. En las pruebas ADF y DF-GLS, el número de rezagos se determinó de acuerdo al criterio de información de Schwartz (SIC). En la prueba PP se adoptó el valor del parámetro de truncación, sugerido por Newey West.

$$X_t = AX_{t-1} + e_t$$

Donde, X_t es el vector de variables endógenas en el periodo t , e_t es el vector de residuales y A es la matriz de coeficientes que describe las relaciones entre las variables. De acuerdo con esta estructura, los choques se identifican a partir de los residuales estimados (e_t), utilizando para ello el procedimiento estándar de factorización de Cholesky, con las variables ordenadas según la exogeneidad de las mismas²⁰.

$$X_t = [\pi^e, yh, \pi h, de, i]$$

El orden de esta representación implica que cuando los agentes forman sus expectativas tienen en cuenta los choques que afectan a la inflación. Debido a que la información disponible sobre la política monetaria está basada en el pasado reciente, no existe un efecto contemporáneo de la tasa de interés sobre la inflación, la producción y el tipo de cambio. Sin embargo, dada la importancia de las expectativas de inflación en el modelo, la respuesta de las expectativas a los choques macroeconómicos se relaciona con cambios en la credibilidad y efectividad de la política monetaria para alcanzar su objetivo, lo que se traduce en un mayor o menor anclaje de las expectativas al objetivo de largo plazo establecido.

4. Análisis y discusión de resultados

El diagnóstico de los residuos muestra que el modelo estimado para cada periodo y tipo de expectativas cumple con los supuestos de no correlación serial, normalidad, homoscedasticidad y estabilidad (ver cuadro 1). Con la finalidad de probar la pertinencia de la especificación, en cuanto a no tener una relación espuria se verificó que los residuos generados por el modelo VAR sigan un proceso estacionario; para ello se aplicaron las pruebas de raíces unitarias. Los resultados de los residuos de los cinco vectores autorregresivos son estacionarios, por lo que es posible afirmar que el modelo está bien especificado (ver anexos 5a y 5b). Dado que no se realiza un análisis de cointegración es posible que, a pesar de que los residuos sean

²⁰ El orden en el que se integran las variables en un modelo VAR puede ser de mayor a menor exogeneidad (Pulido y Pérez, 2001), según la función teórica a estimar (Loría, 2007), o desde un punto de vista puramente técnico (Paloviita y Virén, 2005). En el caso de las expectativas, estas pueden ser tratadas de manera exógena, Carrasco y Ferreiro (2012).

ruido blanco, haya un sesgo en los resultados, lo que constituye una limitante de este artículo.

Cuadro 1
Contraste de Estadísticos

Estadístico	1995.1-2000.4 ¹		2001.1-2012.1 ²	
	π_t^e	π_{t+12}^e	π_t^e	π_{t+12}^e
Autocorrelación LM(4)	23.35 (0.44)	33.21 (0.13)	32.25 (0.15)	33.7 (0.11)
Normalidad conjunta JB ¹	6.69 (0.75)	6.68 (0.76)	8.15 (0.61)	4.76 (0.91)
Heteroscedasticidad términos no cruzados	327.9 (0.30)	327.2 (0.31)	355.3 (0.06)	337.8 (0.18)

Notas: ¹ se incluye una variable dummy para el tercer trimestre de 1998. ² Se incluye una variable dummy para el primero y segundo trimestres del 2009.

Fuente: estimaciones propias.

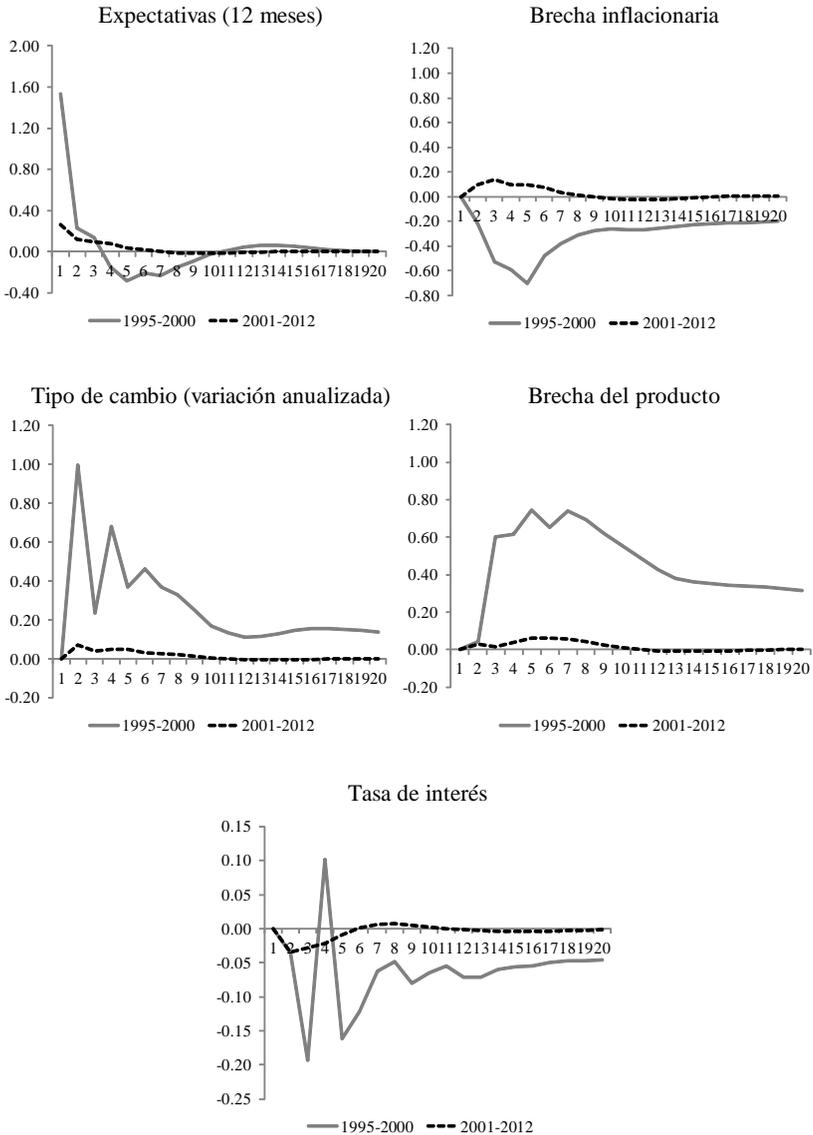
En la gráfica 7 se observan los efectos de un incremento de 1 por ciento²¹ de la brecha inflacionaria, de la depreciación del tipo de cambio, de la brecha del producto y de la tasa de interés sobre las expectativas de inflación a 12 meses para 1995-2000 y 2001-2012. A simple vista se aprecia que, en general, los choques macroeconómicos son de menor magnitud y duración en el segundo periodo.

Un análisis detallado de estas respuestas para el primer periodo (1995-2000) muestra que el efecto más relevante sobre las expectativas de inflación es la depreciación cambiaria (0.99 por ciento), este efecto es positivo e inmediato (segundo trimestre). El impacto de la brecha inflacionaria es contrario a lo esperado (efecto conocido como “price puzzle”, Castelnuovo y Surico, 2010), al igual que el de la tasa de interés, mientras que el de la brecha del producto es positivo y alcanza su valor máximo en el quinto periodo (0.74). Las respuestas de las expectativas para la brecha inflacionaria y la tasa de interés se pueden explicar por la estrategia monetaria seguida por el Banco de México en este periodo, dominada por objetivos cuantitativos, límites impuestos a la expansión del crédito y seguimiento a agregados monetarios.

²¹ Las funciones impulso respuesta se estimaron con el método de Cholesky. Las estimaciones también se realizaron sin las variables dummies. Los resultados son muy similares a los que se presentan en este apartado. Las funciones impulso respuesta también se estimaron con el método generalizado en el que la construcción del conjunto de innovaciones no depende del orden del VAR. Los resultados con este último método fueron similares a los encontrados con el método de Cholesky, lo que garantiza que los resultados sean robustos independientemente del orden de las variables.

Gráfica 7

Respuesta de las expectativas de inflación (a 12 meses) a choques macroeconómicos 1995.2000 y 2001.2012



Fuente: estimaciones propias

La evidencia para el periodo 2001-2012 muestra que las respuestas de las expectativas a los choques macroeconómicos son significativas al 95% de confianza²² y menores al 1%; el efecto más importante corresponde a la brecha inflacionaria, su impacto es positivo (0.14%), de corta duración (hasta por ocho periodos) y es significativo hasta el cuarto periodo. Los efectos de la brecha del producto (0.095), del tipo de cambio (0.074) y de la tasa de interés (-0.034) son pequeños, al igual que la persistencia de las expectativas de inflación (hasta por cinco trimestres). En general, se puede constatar que los choques macroeconómicos sobre las expectativas en el último periodo son de corta duración y poco significativos, lo que hace suponer una débil respuesta de las expectativas a este tipo de eventos. En el caso de las respuestas de las expectativas de inflación para el final del periodo, los resultados son similares.

Por otra parte, los resultados sobre el análisis de descomposición de la varianza que se presentan en el cuadro 2 hasta el periodo 20, muestran que la mayor parte de la variación de la inflación esperada (a 12 meses) para el periodo 1995-2000 es explicada por la brecha del producto (38.9%), la propia dinámica de las expectativas (21.6%), el tipo de cambio (19.4%) y la brecha inflacionaria (18.8%), en conjunto estos factores explican el 98.7% de la variabilidad (ver cuadro 2a.).

Cuadro 2
Descomposición de la varianza de las expectativas de inflación

a. 1995.1-2000.4						
Periodo	E.S.	π_{t+12}^e	yh	πh	de	i
1	1.532	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	2.589	37.619	19.293	17.394	24.572	1.122
10	3.189	26.059	33.760	17.488	21.642	1.051
15	3.379	23.320	37.223	18.348	20.000	1.109
20	3.510	21.635	38.978	18.813	19.449	1.125

b. 2001.1-2012.1						
Periodo	E.S.	π_{t+12}^e	yh	πh	de	i
1	0.265	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.410	59.665	3.895	27.731	7.203	1.505
10	0.434	53.735	8.619	28.430	7.805	1.414
15	0.437	53.168	8.679	28.978	7.761	1.415
20	0.437	53.113	8.709	28.986	7.756	1.436

Nota: inflación a 12 meses. E.S. = Error Estándar.

Fuente: estimaciones propias.

²² De acuerdo con el rango que determina las bandas de confianza para ± 2 errores estándar (Loría, de Jesús y Ramírez, 2011).

Cuando la estimación se realiza para el periodo 2001-2012, gran parte de la variabilidad depende de: la misma dinámica de las expectativas (53.1%) y de la brecha inflacionaria (28.9%); en conjunto, estas variables explican el 82% de la varianza. A diferencia de los resultados obtenidos para el primer periodo (1995-2000), en 2001-2012 el tipo de cambio apenas influye en la variabilidad de las expectativas, al igual que en la brecha del producto y la tasa de interés. De acuerdo con los datos del cuadro 2b, las dos primeras explican cada una el 8%, mientras que la tasa de interés solo contribuye con el 1.4%. En el caso del tipo de cambio, la menor respuesta de las expectativas al incremento de 1% en la depreciación se explica por el menor traspaso del tipo de cambio a los precios que se observa en periodos de baja inflación; de manera que las expectativas de inflación se ven menos afectadas por las fluctuaciones cambiarias (Baqueiro *et al.*, 2003 y Capistrán *et al.*, 2012).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gaytán y González-García (2007), quienes demuestran que, a partir del cambio estructural observado en 2001, el tipo de cambio es menos importante en la formación de precios y de las expectativas de inflación, y el efecto de la tasa de interés es más moderado. Para evitar un posible sesgo en las estimaciones, se incluyeron tres variables exógenas (brecha del producto y tasa de inflación de Estados Unidos, además de un índice de precios de las materias primas). Sin embargo, los resultados fueron similares a las estimaciones iniciales, por lo que se decidió trabajar con el modelo más sencillo.

Conclusiones

Aun cuando la inflación se ha mantenido por debajo del 10% desde 2001, es común observar desviaciones positivas persistentes de la inflación con respecto a su objetivo de largo plazo; una posible explicación de estas desviaciones tiene que ver con el papel de las expectativas. Sin embargo, la evidencia obtenida a partir del análisis de correlación entre la inflación efectiva y las expectativas de inflación, fundamentada en la metodología Rolling Windows, muestra que, a partir de la operación formal de los objetivos de inflación por parte del Banco de México, la relación entre las expectativas y la inflación efectiva ha venido disminuyendo de manera paulatina, resultado que se confirma al aplicar el test de cambio estructural de Zivot y Andrews (1992).

Por otro lado, los resultados del modelo VAR demuestran que a partir de 2001 las expectativas se han vuelto menos sensibles a los choques macroeconómicos, especialmente los relacionados con las depreciaciones cambiarias, vinculados al menor efecto traspaso. En tanto que mediante el análisis impulso-respuesta, se comprueba la persistencia de las expectativas y

la importancia de la brecha inflacionaria durante el periodo de objetivos de inflación. Estos resultados sugieren que, bajo el régimen monetario actual, las expectativas de inflación cumplen con su papel de ancla de los precios. Una limitante de este trabajo es la falta de un análisis de cointegración, lo que en cierta medida prodría generar un sesgo en los resultados. Este aspecto se considera como un punto importante para la agenda de investigación en el corto plazo.

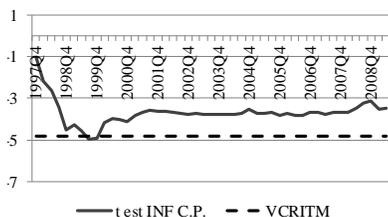
Sin duda, el análisis de temas relacionados con el papel y la dinámica de las expectativas de inflación y con las medidas adoptadas por el Banco Central, en aras de cumplir su mandato de estabilidad de precios, seguirán recibiendo la atención de los investigadores en el futuro cercano.

Anexos

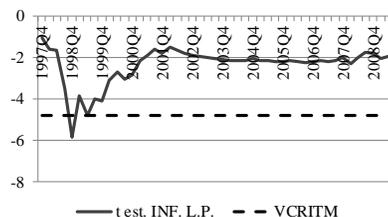
Anexo 1

Minimización del estadístico t estimado. Identificación de periodos de cambio estructural. Modelo A. Cambio en el valor medio

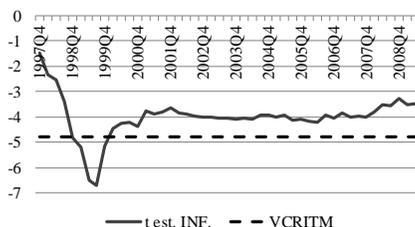
a) Expectativas de Inflación a corto plazo



b) Expectativas de inflación a largo plazo



c) Tasa de Inflación



Nota: el modelo A incluye un cambio estructural en la media de cada serie. VCRITM se refiere al valor crítico asintótico de Zivot y Andrews (1992) al 5% de significancia: -4.8%. Fuente: estimaciones propias.

Anexo 2

Variables y fuentes de información

Variable	Identificación	Fuente
Inflación mensual interanual. Se considera el dato del último mes de cada trimestre	π	Banco de México/Inegi
Objetivo de inflación	π^*	Banco de México
Brecha de inflación	$\pi h = (\pi - \pi^*)$	
Producción trimestral a precios constantes (2003=100)	y	Inegi
Variación anualizada del tipo de cambio nominal promedio del periodo	de	Banco de México
Tasa de interés, cetes a 28 días. Se considera el dato del último mes de cada trimestre	i	Banco de México
Expectativas de inflación a fin de año y a 12 meses.	π^e	Consensus Economics

Anexo 3

Estadísticos básicos y pruebas de raíces unitarias para el análisis de la inflación y sus expectativas

1995.1 – 2000.4

	πh	yh	de	i	π^e_t	π^e_{t+12}
Media	6.637	-0.002	0.167	27.246	20.603	14.601
Mediana	5.230	-0.002	0.069	21.370	15.800	13.250
Std. Dev.	8.995	0.014	0.238	13.627	11.698	5.322
Asimetría	0.204	-0.501	1.346	1.537	1.204	0.803
Kurtosis	5.277	2.505	3.458	4.962	3.519	3.164
JB	(0.069)	(0.536)	(0.024)	(0.001)	(0.048)	(0.272)
ADF	-4.694	-3.231	2.841	-4.929	-5.009	-5.409
DF-GLS	-2.285	-3.332	-5.213	-2.747	-3.444	-3.5100
PP	-4.648	-3.396	-3.045	-4.857	-4.587	-5.020
KPSS	0.081	0.098	0.128	0.147	0.155	0.095

2001.1 – 2012.1

	πh	yh	de	i	π^e_t	π^e_{t+12}
Media	1.232	-0.001	0.027	6.860	4.338	3.953
Mediana	1.050	0.001	0.009	7.040	4.100	3.800
Std. Dev.	0.849	0.011	0.096	2.173	0.903	0.575
Asimetría	0.753	-1.163	1.099	1.414	1.354	2.272
Kurtosis	3.083	6.301	4.088	7.409	4.719	8.045
JB	4.264	30.572	11.280	51.456	19.296	86.418
JB	0.119	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
ADF	-4.045	-4.448	-3.680	-4.411	-4.509	-5.992
DF-GLS	-2.906	-4.059	-2.427	-2.295	-2.290	-1.587
PP	-3.257	-3.320	-3.130	-4.393	-4.520	-16.012
KPSS	0.075	0.048	0.050	0.099	0.160	0.169

Nota: todas las pruebas se efectuaron con tendencia e intercepto. En las pruebas ADF y DF-GLS, el número de rezagos se determinó de acuerdo al criterio de información de Schwartz (SIC). En la prueba PP se adoptó el valor del parámetro de truncación sugerido por Newey West.

Anexo 4
Causalidad de Granger

Variable dependiente: π_t^e			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
yh	1.700341	1	0.1922
π h	21.07816	1	0.0000
de	6.126682	1	0.0133
i	9.674614	1	0.0019
All	85.51138	4	0.0000

Variable dependiente: π_{t+12}^e			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
yh	4.532463	1	0.0333
π h	25.39174	1	0.0000
de	7.091012	1	0.0077
i	7.883041	1	0.0050
All	111.7606	4	0.0000

Fuente: estimaciones propias.

Anexo 5a
Raíces unitarias de los residuos del VAR para las expectativas a fin del periodo

1995.1-2000.4					
	π_t^e	yh	π h	de	i
ADF	-5.90	-2.14	-6.89	-5.21	-4.51
DF-GLS	-5.88	-2.19	-6.61	-5.08	-4.46
PP	-5.89	-5.13	-6.89	-5.19	-5.42
KPSS	0.11	0.13	0.18	0.11	0.18

Nota: pruebas válidas al 99% de significancia y sin rezagos. Todas las pruebas se realizaron con intercepto.

2001.1-2012.1					
	π_t^e	yh	π h	de	i
ADF	-5.83	-5.45	-5.99	-6.58	-2.58
DF-GLS	-5.76	-5.51	-2.20*	-6.66	-1.80*
PP	-5.83	-5.45	-6.01	-6.58	-8.12
KPSS	0.08	0.19	0.11	0.20	0.33

Nota: pruebas válidas al 99% de significancia y sin rezagos. Todas las pruebas se realizaron con intercepto. *válida al 90%.

Anexo 5b

Raíces unitarias de los residuos del VAR para las expectativas a 12 meses

1995.1-2000.4					
	π_{t+12}^e	yh	πh	de	i
ADF	-5.90	-6.35	-5.77	-5.63	-5.16
DF-GLS	-5.60	-5.92	-7.72	-5.76	-4.56
PP	-9.38	-6.35	-15.6	-8.03	-4.85
KPSS	0.22	0.08	0.14	0.28	0.14

Nota: pruebas válidas al 99% de significancia y sin rezagos. Todas las pruebas se realizaron con intercepto.

2001.1-2012.1					
	π_{t+12}^e	yh	πh	de	i
ADF	-6.89	-5.80	-2.59	-6.22	-7.55
DF-GLS	-6.98	-5.72	-2.27**	-6.18	-2.17**
PP	-7.04	-5.80	-5.63	-6.22	-7.48
KPSS	0.26	0.24	0.11	0.19	0.39

Nota: pruebas válidas al 99% de significancia y sin rezagos. Todas las pruebas se realizaron con intercepto. **válida al 95%.

Referencias

- Albagli, E. (2004). “¿Cuánto se alejan de su objetivo los países que siguen metas de inflación?”. *Economía Chilena*, 7(2), 63-70.
- Almeida, A. y Goodhart, C. (1997). ¿Afecta la adopción de objetivos directos de inflación al comportamiento de los bancos centrales? En *La política monetaria y la inflación en España* (535-621). Madrid, España: Alianza.
- Ball, L. (1999). “Efficient rules for monetary policy”. *International Finance*, 2(1), 63-83.
- Ball, L y Sheridan, N. (2003). “Does Inflation targeting matter?”. *National Bureau of Economic Research (NBER), Working Paper Series No 9577*.
- Banco Central de Chile (2004). Informe de política monetaria. Chile.
- Baqueiro, A., Díaz de León, A. y Torres, A. (2003). “¿Temor a la flotación o a la inflación? La importancia del traspaso del tipo de cambio a los precios.” *Banco de México, Documentos de Investigación No 2003-2*.
- Bernanke, B. (2007). At the Monetary Economics Workshop of the National Bureau of Economic Research Summer Institute, Cambridge, Massachusetts (Speech). Disponible en: <http://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/bernanke20070710a.htm>

- Bernanke, B. y Mishkin, F. (1997). "Inflation Targeting: a new framework for monetary policy". *Journal of Economic Perspectives*, 11(2), 97-116.
- Blanchflower, D. (2008). "Inflation, expectations and monetary policy". *Bank of England Quarterly Bulletin 2008 Q2*.
- Blejer, M. (2007). "Regímenes monetarios en economías emergentes. Consideraciones analíticas". *Jornadas monetarias y bancarias, 2007, Banco Central de la República de Argentina*.
- Castelnuovo, E. y Surico, P. (2010). "Monetary Policy, inflation expectations and the price puzzle". *The Economic Journal, Bank of England, Journal Compilation*, 1-22.
- Carrasco C. y Ferreiro, J. (2012). "Inflation targeting and inflation expectations in Mexico". *Applied Economics*, 45(23), 3295-3304.
- Capistrán, C., Ibarra, R. y Ramos-Francia, M. (2012). "El traspaso de movimientos del tipo de cambio a los precios. Un análisis para la economía mexicana". *El Trimestre Económico*, 79(4)-(316), 813-838.
- Capistrán, C. y Ramos-Francia, M. (2010). "Does inflation targeting affect the dispersion on inflation expectations?". *Journal of Money, Credit and Banking*, 41(1), 113-134.
- Chiquiar, D., Noriega, A. y Ramos-Francia, M. (2007). "A time series approach to test a change in inflation persistence: the Mexican experience". *Banco de México, Documentos de Investigación No. 2007-1*.
- Clarida, R., Gali, J. y Gertler, M. (1999). "The science of monetary policy: a new Keynesian perspective". *NBER Working Paper No. 7147*.
- Corbo, V., Landerrretche, M. y Schmidt-Hebbel, K. (2001). "Does inflation targeting make a difference?". *Central Bank of Chile, Documento de trabajo No. 106*.
- Cuevas, V. (2008). "Inflación, crecimiento y política macroeconómica en Brasil y México: una investigación teórico-empírica". *Econoquantum*, 4(2), 35-78.
- De Carvalho, I. (2009). "Inflation targeting and the crisis: an empirical assessment". *IMF Working Paper No. 10*.
- Demertzi, M., Marcellino, M. y Viegli, N. (2009). "Anchors for inflation expectations". *Nederlandsche Bank (DNB), Working Paper No. 229*.
- Díaz, M. y Vergara, R. (2009). "La tasa de inflación en México, 2000-2007." *Investigación Económica*, 68(269), pp. 13-35.
- Dickey, D. y Fuller, W. (1979). "Distribution of the estimators for autorregresive time series with a unit-root". *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427-431.

- Ferrari, F. y Fabris, M. (2009). "El régimen de metas de inflación en Brasil, 1999-2008: evaluación crítica y desempeño macroeconómico". *Investigación Económica*, 68(especial), 147-167.
- Fracasso, A., Genberg, H. y Wyplosz, C. (2003). *How do central banks write? An evaluation of inflation targeting central banks*. Geneva: Reports on the World Economy Special Report y Norges Bank
- Fry, M., Julius, D., Mahadeva, L. y Stern, G. (2000). Key issues in the choice of monetary policy framework. En Mahadeva, L. y Sterne, G. (Eds.) *Monetary Policy Frameworks in a Global Context* (1-216). Routledge and Bank of England.
- Galindo, L. y Ros, J. (2008). "Alternatives to inflation targeting in Mexico". *International Review of Applied Economics*, 22(2), 201-214.
- García-Solanes, J. y Torres, F. (2012). "La fijación de metas de inflación da buenos resultados en América Latina". *Revista CEPAL*, 106, 37-55.
- Gaytán, A. y González-García, J. (2007). "Cambios estructurales en el mecanismo de transmisión de la política monetaria en México: un enfoque VAR no lineal". *Monetaria*, 50(4), 367-404.
- Holub, T. y Hurník, J. (2008). "Ten year of Czech Inflation targeting: Missed targets and anchored expectations." *Emerging Markets Finance and Trade*, 44(6), 67-86.
- Kelly, R. (2008). "The causal relationship between inflation and inflation expectations in the United Kingdom". *Bank of England, discussion paper* No.24.
- Levin, A., Natalucci, F. y Piger, J. (2004). "The macroeconomic effects of inflation targeting." *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 86(4), 51-80.
- Loría, E. (2007). *Econometría con aplicaciones*. México: Pearson-Prentice Hall.
- Loría, E., de Jesús, L. y Ramírez, J. (2011). Recesión y desempleo en México. Un análisis estructural, 1985.1-2009.2. En Mejía, P. y Morales, M (Coords.), *Integración y recesión económica en el binomio México-Estados Unidos* (163-179). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Macallan, C., Taylor, T. y O'Grady, T. (2011). "Assessing the risk to inflation from inflation expectations". *Bank of England Quarterly Bulletin* No. 2.
- Mántey, G. (2009). "Intervención esterilizada en el mercado de cambios en un régimen de metas de inflación: la experiencia de México". *Investigación Económica*, 68(especial), 47-78.
- Mateos, H. y Schwartz, M. (1997). "Metas de inflación como instrumento de política monetaria". *Banco de México, Documentos de Investigación* No. 97-02.
- Mejía, P. (2011). "Sincronización nacional e internacional de la manufactura de los estados de México". En Mejía, P. y Morales, M. (Coords.), *Integración y*

recesión económica en el binomio México-Estados Unidos (pp. 211-240).
Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

- Mejía, P. y Erquizio, A. (2012). *Expansiones y recesiones en los estados de México*. México: Universidad Autónoma del Estado de México-Universidad Autónoma de Sonora-Pearson.
- Mishkin, F. y Posen, A. (1997). "Inflation targeting lessons from four countries". *Economic Policy Review*, 3(3), 9-117.
- <https://www0.gsb.columbia.edu/faculty/fmishkin/PDFpapers/w6126.pdf>
- Moreno, R. y Villar, A. (2009). "Inflation expectations, persistence and monetary policy". *BIS papers No. 49*.
- Flood, R. y Mussa, M. (1994) "Issues Concerning Nominal Anchors for Monetary Policy". *International Monetary Fund Working Paper 94/61*.
- Paloviita, M. y Viren, M. (2005). "The role of expectations in the inflation process in the euro area". *Bank of Finland Research, discussion papers No.6*.
- Peña, D. (1997). *Estadística, modelos y métodos*. Primera edición, Madrid: Alianza Universidad Textos.
- Pérez, E. (2009). "Can balance-of-payments constrained economies pursue inflation targeting? A look at the case of Chile". *Investigación Económica*, 68(especial), 103-146.
- Pétursson, T. (2004). "The effects of inflation targeting of macroeconomic performance". *Central Bank of Iceland, Working papers No.23*.
- Phillips, P. y Perron, P. (1988). "Testing for a unit root in time series regression". *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Pulido A. y Pérez, J. (2001). *Modelos Econométricos*. Pirámide, Madrid.
- Ramos-Francia, M. y Torres, A. (2005). "Reducción de la inflación a través del esquema de objetivos de inflación. La experiencia mexicana". *Banco de México, Documentos de Investigación No. 2005-1*.
- Ramos-Francia, M. y Torres, A. (2006). "Inflation dynamics in Mexico: a characterization using the new Phillips curve". *Banco de México, Documentos de Investigación No. 2006-15*.
- Rossi, S. (2009). "El banco nacional de Suiza: un señalador flexible de objetivos de inflación". *Investigación Económica*, 68(especial), 79-102.
- Schwartz, M. y Torres, A. (2000). "Expectativas de inflación, riesgo país y política monetaria en México". *Banco de México, Documentos de Investigación No. 2000-6*.
- Siklos, P. (2008). "Inflation targeting around the world". *Emerging Markets Finance and Trade*, 44(6), 17-37.

- Svensson, L. (1997). "Inflation forecast targeting: implementing and monitoring inflation targets". *European Economic Review*, 41(6), 1111-1146.
- Torres, A. (2002). "Un análisis de las tasas de interés en México a través de la metodología de reglas monetarias". *Banco de México, Documentos de Investigación No. 2002-11*.
- Zivot, E. y Andrews, D. (1992). "Further evidence on the great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis". *Journal of Business and Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

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 país¹ es 55% superior a la observada en el sur², mientras que el ingreso promedio de los hogares localizados en la primera región es mayor en 67% al de los hogares ubicados en la segunda³. 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

¹ 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.

² Cálculos propios con información del Censo Económico 2009 (INEGI).

³ 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 ilimitados⁴.

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

⁴ 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 escala⁵, 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

⁵ $(Y, K, L) \in \mathcal{T}$ 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 dada⁶ 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:

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

⁶ 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, Δy , 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 Δy , a partir de los efectos directos Δe , Δk y ΔT . 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 Δy , 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 (σ_1), las contribuciones marginales de Δe , Δk y ΔT vienen dadas, respectivamente⁷, 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

⁷ 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 Δk . 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 ΔT . 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 Δy

	Δe	Δk	ΔT
$C_p^{\sigma_1}$	$m(\Delta e) - m(\emptyset)$	$m(\Delta e, \Delta k) - m(\Delta e)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta k)$
$C_p^{\sigma_2}$	$m(\Delta e) - m(\emptyset)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta T)$	$m(\Delta e, \Delta T) - m(\Delta e)$
$C_p^{\sigma_3}$	$m(\Delta e, \Delta k) - m(\Delta k)$	$m(\Delta k) - m(\emptyset)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta k)$
$C_p^{\sigma_4}$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta k, \Delta T)$	$m(\Delta k) - m(\emptyset)$	$m(\Delta k, \Delta T) - m(\Delta k)$
$C_p^{\sigma_5}$	$m(\Delta e, \Delta T) - m(\Delta T)$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta e, \Delta T)$	$m(\Delta T) - m(\emptyset)$
$C_p^{\sigma_6}$	$m(\Delta e, \Delta k, \Delta T) - m(\Delta k, \Delta T)$	$m(\Delta k, \Delta T) - m(\Delta T)$	$m(\Delta T) - m(\emptyset)$
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
Norte	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
Centro Norte	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
Centro	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
Sur	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
Nacional	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)

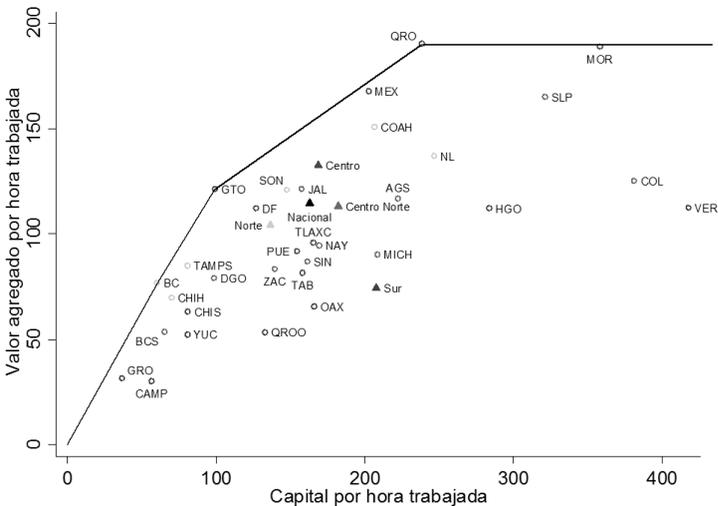
	1998				2008			
	<i>e</i>	<i>y</i>	\bar{y}	<i>k</i>	<i>e</i>	<i>y</i>	\bar{y}	<i>k</i>
Norte	0.746	104.2	139.6	136.4	0.886	135.4	152.9	124.9
Baja California	1.000	76.6	76.6	60.3	1.000	95.1	95.1	60.6
Coahuila	0.864	150.8	174.4	206.6	1.000	206.4	206.4	253.3
Chihuahua	0.794	69.7	87.8	70.1	0.851	99.7	117.2	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
Centro Norte	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
Centro	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
Sur	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
Nacional	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 ($e = 0.509$).

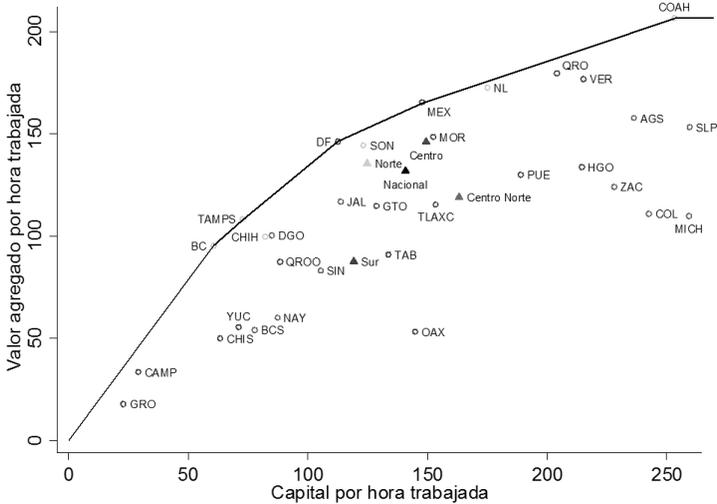
Las figuras 1 y 2 ilustran las fronteras de producción de la industria manufacturera correspondientes a los años 1998 y 2008, respectivamente. Cada punto corresponde a las combinaciones de productividad del trabajo e intensidad de capital para cada una de las entidades, así como para las regiones y el 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

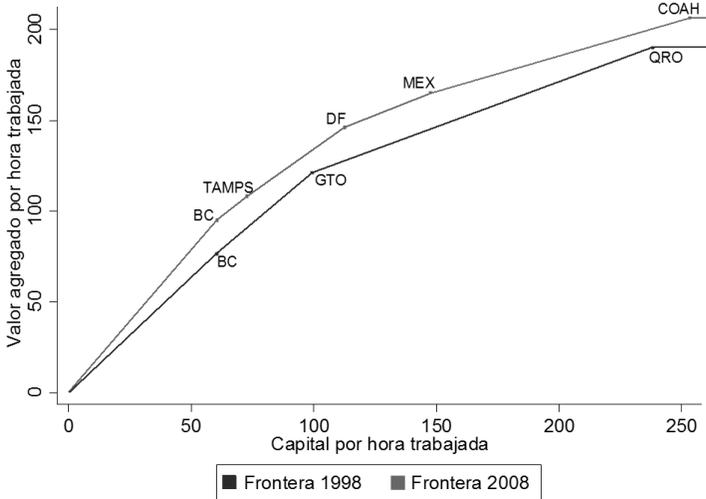


Fuente: estimaciones propias con información del INEGI.

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.

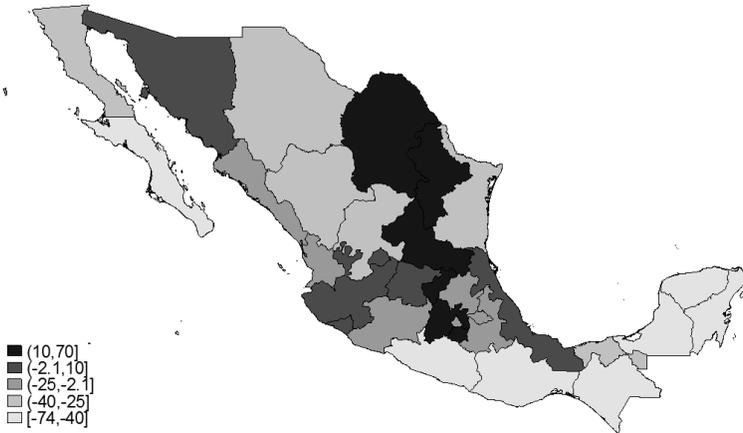
4. Descomposición de la productividad del trabajo

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.

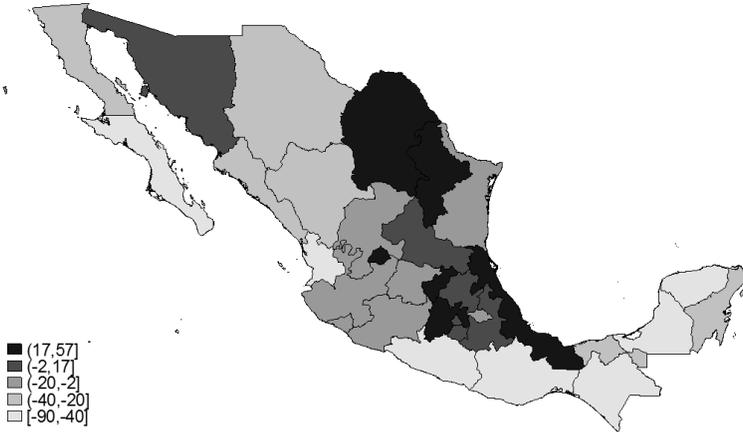
4.1. Descomposición de la brecha regional

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 (Δy^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
	$\Delta y^b =$ $C_{\Delta e}^b + C_{\Delta k}^b$	$C_{\Delta e}^b$	$C_{\Delta k}^b$	$\Delta y^b =$ $C_{\Delta e}^b + C_{\Delta k}^b$	$C_{\Delta e}^b$	$C_{\Delta k}^b$
Norte	-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
Centro Norte	-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
Centro	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
Sur	-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 influyó⁸ 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

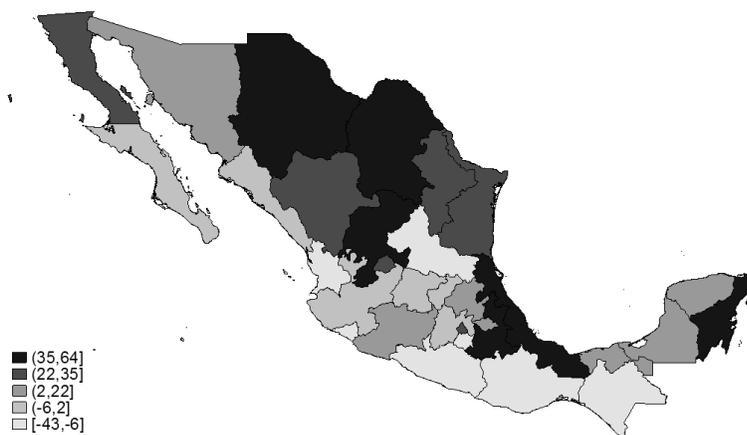
⁸ En este caso se utilizó el valor absoluto de la contribución para determinar la importancia relativa de la misma.

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 Δe	Intensidad de capital Δk	Cambio tecnológico ΔT
Norte	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
Centro Norte	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
Centro	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
Sur	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
Nacional	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.

Does educational attainment reduce agricultural day laborer injuries in Mexico?

Seth R. Gitter*
Robert J. Gitter**

Fecha de recepción: 26 VII 2013

Fecha de aceptación: 23 VII 2014

Abstract

Agricultural work is an inherently dangerous job with the risk of injury considered part of a worker's compensation. We focus on the determinants of an agricultural day laborer (jornalero) having experienced an injury while working. The policy variable of interest is the worker's level of educational attainment as workers with a higher level may be better able to understand how equipment works and safety warnings. Controlling for other factors, we find that at the variable means, a jornalero with an additional year of education has a 7.7 percent lower probability of having experienced an accident.

JEL Classification: J430, O130.

Keywords: Agricultural employment, injuries, education, day laborers.

Resumen

El trabajo agrícola es una tarea inherentemente peligrosa con riesgo de lesiones que se consideran parte de la remuneración del trabajador. En este artículo nos centramos en los factores que determinan que un jornalero haya experimentado una lesión durante el trabajo. La variable de interés es el nivel educativo de los trabajadores, puesto que los trabajadores con un nivel más alto pueden ser más capaces de entender cómo funciona la maquinaria y las advertencias de seguridad. Controlando por otros factores, que en las medias,

* Department of Economics. Address: 101 A Stephens Hall, Towson University, Towson, Maryland 21252 USA. Office Phone: 410-704-2191, Home Phone: 202-834-8116. Email: rjgitter@gmail.com.

** Department of Economics. Address: 217 Corns Building, Ohio Wesleyan University, Delaware, Ohio 43015 USA. Office Phone: 740-368-3536, Home Phone: 614-446-0632, Fax: 740-368-3551. Email: rjgitter@owu.edu.

un jornalero con un año adicional de educación tiene una probabilidad 7.7 por ciento menor de haber sufrido un accidente.

Clasificación JEL: J430, O130.

Palabras Clave: Agricultural employment, injuries, education, day laborers.

Introduction

Agricultural work is an inherently dangerous job with injury rates above those in other industries and occupations¹. The factors that impact injury rates have, however, been given scant attention in the economics literature. The topic is relevant to the discipline as the risk of injury can be considered part of the compensation package. To the extent that a particular job is more prone to injury, then the wage rate should adjust accordingly. In this paper we attempt to illuminate the factors that are associated with the risk of injury for agricultural day laborers in Mexico.

Agricultural work can be performed by the land owners, unpaid family labor, permanent employees or day laborers who are hired on a short-term as-needed basis. We focus our analysis on the last group, jornaleros, the Spanish language term for agricultural day laborers in Mexico. The OECD estimates that in 2006 nearly 2 million people or 5% of Mexican workers in the country were employed in informal agricultural jobs (jornaleros)². This is a rather low-income group with a daily wage of approximately ten dollars a day for the jornaleros in our sample, less than one third of the wage in Mexican manufacturing³. These workers are also more vulnerable to economic shocks and usually work on a casual as-needed basis locally. They can, however, migrate elsewhere in Mexico to work.

We postulate that whether or not an agricultural worker has experienced a work related injury depends on the characteristics of the worker as well as the nature of the job itself. If the level of schooling is found to be correlated with the rate of work injuries then increasing the level for jornaleros could be beneficial for the workers and their families as well as reduce the cost of raising crops⁴. It is worth noting that due to the cross sectional nature of our

¹ In the United States agriculture has the highest rate of injuries per worker among all industries in the private sector.

http://www.nsc.org/safety_work/Resources/Documents/IF_pgs52-83.pdf.

² http://www.latameconomy.org/fileadmin/uploads/laeo/Documents/E-book_LEo2011-EN_entier.pdf

³ ftp://ftp.bls.gov/pub/suppl/ichcc.ichccasupt2_3.txt.

⁴ We assume that there would be some hiring costs associated with replacing an injured worker.

data, our analysis is only able to estimate correlation between education and working injuries. Also due to data limitations we are unable to control for weather variation.

We find that the level of schooling is inversely associated with the probability of a Mexican day laborer having experienced an injury, controlling for demographic characteristics of the jornalero, type of crop and aspects of the job itself. The result is not surprising as a more educated worker can better understand how equipment works and would be more likely to be able to understand safety warnings on machinery, pesticides, herbicides and other agricultural inputs. To the extent that the level of education of jornaleros rises in the future, we can expect a decline in the rate of injuries.

1. Previous Studies of the Causes of Injury of Agricultural Workers

Work on occupational injuries for agricultural workers is most likely to be found in the field of industrial medicine. The literature there gives us a guide to what factors might be used in trying to model the rate of worker injuries in agriculture. Our review consists of material published in English and as a result focuses on workers in the United States. We searched for articles on Mexican agricultural workers, but were unable to find any articles that focused on the industry as a whole. Although Gundacker and Gundacker (2011) discuss cattle ranches in Jalisco, we believe ours is the first article to address accidents of agricultural workers in Mexico. Articles addressing the issue in the United States and other countries are discussed in chronological order.

Gerberich *et al.* (1998) used a multivariate logit mode on the Regional Rural Injury Study to model the causes of agricultural work-related injuries in five Midwestern states in the US. They found that over a third of the injuries involved either adjusting or repairing machinery. Furthermore, those that were engaged in lifting, pushing or pulling were also more likely to have suffered an injury. Also, controlling for the other factors, males had an injury rate 3.6 times that of females.

McCurdy and Carroll (2000) reviewed 16 studies of agricultural injury in the United States and Canada. Some of the studies were limited to one geographical area or part of agriculture, e.g. beef and dairy cattle, while others are of a national nature or included a broader spectrum of agricultural industries. Males were found to be at a higher risk of non-fatal injury. Those engaged in working with cattle also experienced higher rates. The most common causes of injury were falls, machinery and working with animals.

One study noted a higher rate of injury for workers with some post-high school education. Although the studies showed a wide range of injury rates, the typical study found an injury rate of five to ten injuries per 100 years of work by jornaleros.

Hard, Myers and Gerberich (2001) used the Traumatic Injury Surveillance of Farmers to examine non-fatal agricultural work injuries. They found that the main causes of injury were livestock and machinery. Furthermore, injuries rates were found to vary little for workers of different ages.

McCurdy *et al.* (2003) examined agricultural injuries among Hispanic migrant agricultural workers in California. They were able to conduct initial interviews with over 1,200 workers as well as follow-up interviews. They found that men had a higher rate of agricultural injury than women. They also found that injury rates varied by education level but not in a consistent pattern.

Purschwitz (2004) examined health and safety issues in agriculture and how they might be reduced. He noted that tractors were involved in more injuries than any other agent of injury. He also noted that other types of machinery were also involved in a large number of injuries. Furthermore, working with large farm animals was seen as being responsible for a large number of injuries.

Shipp *et al.* (2009) used a logit model to predict the incidence of chronic back pain among agricultural workers in Starr County, Texas. They found that working tree crops was more likely to result in chronic back pain. They also saw that controlling for other factors; people engaged in sorting were less likely to suffer back problems.

Wang, Myers and Layne (2011) looked at hired agricultural workers throughout the United States. They used the National Agricultural Worker Survey. The sample included 13,595 workers in 1999 and 2002-2004. They calculated injury rates for workers but did not estimate a model of the impact of one factor controlling for others. Like others above, they found that males were more likely to have experienced an injury than females. Injury rates varied by educational level but not in a consistent pattern. Those with a 7th and 8th grade education were the most likely to have had an injury, a rate greater than those with less education. Shuttle workers who travelled more than 75 miles to work at a single location had higher injury rates than those who either worked locally or followed the crop, i.e. worked at multiple locations more than 75 miles from their home.

McCurdy *et al.* (2003) used a survey to determine injury rates in a sample of 560 Hispanic agricultural workers in California. They estimated a logit model to determine the odds ratio of suffering an agricultural injury. Being, male, young and married resulted in a jornalero being more likely to experience an injury.

Byler (2013) did not focus exclusively on agricultural workers, and instead examined fatal injury rates for Hispanic/Latino workers in the United States. By a wide margin, the highest rate of fatal injury was found for those working in agriculture, forestry and fishing. Interestingly, foreign born Hispanic/Latino agriculture, forestry and fishing workers had a fatal injury rate approximately one half of that of native-born Hispanics.

Although there are additional studies, a pattern emerges in terms of the correlates and causes of injury. Our study highlights several of the correlate factors with worker injury such as individual characteristics, crop type, job, equipment and conditions. Moreover, the individual characteristics of the worker can be broken down into ones that are not policy variables such as age and gender as well as ones such as the level of formal education where change might reduce the probability of experiencing an injury.

2. Conceptual Framework

The probability of having experienced a work-related injury is expected to depend on characteristics of the worker such as their age, education, gender and migration status and experience. The job related characteristics include the crops worked on, job performed, and equipment used and working conditions. Ideally we would like to have had a question that referred to injuries occurring in a specific time frame, e.g. did you experience an injury in the last three months. To our knowledge, however, no such data set exists for Mexico. The closest we could find was the Encuesta Nacional de Jornaleros Agrícolas 2008-2009 (National Survey of Agricultural Day Laborers) which had a question asking if the worker had ever experienced an injury at work. Some jornaleros who had experienced an injury in an earlier year might have sought work in another field and would not be in the sample. This limitation is noted as well as the fact that the respondent has experienced an injury with no time frame specified.

Increased education has the potential to reduce worker accidents as educated workers are better able to store and use safety information to avoid injury

(Gyekye and Salminen, 2009; Arcury, Estrada and Quandt, 2010)⁵. On the other hand some researchers have found a positive relationship between education and worker injury (Hansen, 1989; Iverson and Erwin, 1997), these studies conclude that higher accident rates may be the result of more educated workers performing jobs that require more information because they are risky. Evidence from China and the US shows that not having a high school diploma is associated with increases in worker injury (Yu *et al.* 2010; Orrenius and Zavodny, 2009). In the Chinese study the biggest reduction in accidents was for completing high school, while earlier years of schooling had little impact. This result suggests that higher level function learned in high school may be more important than basic literacy skills learned in elementary school.

The level of education is the key policy variable and we wish to ascertain if those with higher levels are less likely to have had an injury⁶. A large share of the Mexican population is indigenous. Almost one in five people in our sample speak an indigenous language and are classified as indigenous in our study. These workers are thought to potentially have been more likely to have experienced an injury as their schools may not have been of the same quality as others and hence merely examining the years of schooling may not account for the reduced levels of learning experienced by indigenous people. Moreover, if discrimination exists, then the indigenous workers may be assigned more dangerous tasks. Also, if they have difficulty with Spanish, then they may experience difficulty in understanding any safety instructions. Since the dependent variable of interest is having ever experienced an injury, we use age as a factor in the model. Although the probability of having an injury in the last year might vary by age group, as our dependent variable is having ever experienced an injury older workers are hypothesized to have more years working in agriculture and a higher cumulative probability of having experienced an injury.

Several of the studies discussed above note that males are at a higher risk for having had a work-related injury. As we do correct for the job performed and work conditions, to the extent that males engage in more higher risk behavior

⁵ It is well established that education can also influence health (Schultz, 1999). Health is an endogenous variable as it influences agricultural production (Strauss 1986, Schultz, 2005) and the possibility of injury. In that sense our measure of education may reflect the worker's overall human capital including their health and education.

⁶ It is interesting to note that Wang *et al.* (2011) found that among farm workers in the United States those with a 7th and 8th grade education had higher injury rates than those with lower levels of education and McCurdy *et al.* (2003) found that education had no effect on injuries for California farm workers. These results are hypothesized not to be the case for Mexican workers and hence we include it in our model with additional years of schooling hypothesized to reduce the probability of an injury.

within these jobs they would be more likely to have experienced an injury, *ceteris paribus*.

Past and current migration may also impact the chances of having had an injury. Jornaleros who have worked in another nation, usually the United States, may have been exposed to alternative, safer methods of performing tasks and may be able to use these methods back in Mexico. Some of the day laborers are working very close to home, being hired by a nearby employer to help during a particularly busy period in the growing cycle. Other jornaleros have traveled to a different state to work. As noted, Wang *et al.* found that working more than 75 miles from home could affect the chances of an agricultural worker experiencing an injury. Their results, however, varied depending on whether the agricultural worker was working at a single location or followed the crop to different location. We will examine if working in a different state from the jornaleros home state affects the probability of having experienced an injury.

In examining the job related characteristics, it is possible that the crop itself may affect having experienced an injury. Although we do control for the job performed, equipment and working conditions, it is conceivable that our controls do not pick up all aspects of the risk associated with working on some crops. With that in mind, it is also possible that some jobs may be more likely to be associated with having an injury. For example, workers who are foremen or cooks may have lower rates of injuries than those who are pickers or loaders. As stated above, McCurdy *et al.* found that working with livestock was associated with a higher incidence of injuries and we have a variable for cuidadores in our model, the caretakers of animals. Other jobs might have different levels of risk. Shipp *et al.* found that sorters had lower rates of back pain and Geberich *et al.* saw that almost a third of agricultural injuries were suffered while doing lifting, pushing and pulling. We do include other job variables to capture these affects.

The equipment employed by the jornalero can also be thought to influence the chances of having suffered an injury. Some equipment can be inherently dangerous to work with such as sharp tools. Gerberich *et al.* as well as Hard, Myers and Gerberich (2001) found that working with machinery was associated with higher injury rates. Purschwitz also noted that working with tractors and machinery was associated with higher injury rates. We include variables to examine the effects of working with such types of equipment as tractors, packing machines and other types of equipment. Our last set of factors focuses on working conditions. We examine such conditions as working two or more meters off the ground, a possible contributing factor in light of McCurdy and Carroll's (2000) finding that falls were one of the most common causes of injury.

3. Data and Econometric Model

The source of data for this study is the Encuesta Nacional de Jornaleros Agrícolas 2008-2009 (National Survey of Agricultural Day Laborers 2008-2009). The survey was conducted of a sample of 2,824 Mexican day laborers by the Ministry of Social Development and the Autonomous University of Chapingo. The sample was selected to be a nationally representative sample of the number of day laborers used in various crops, adjusted for the time employed in each crop. The enumerators filled out the questionnaires, rather than the respondents, as almost a fifth of the sample self-reported as illiterate.

The outcome variable examined is self-reported injuries on the job. The survey instrument asks if the respondent has ever suffered an injury. Of the sample 9% had reported that they had experienced an on-the-job injury. One potential problem with this measure is that selection bias may occur as someone killed on the job or injured so severely that they are no longer able to work as an agricultural day laborer would not be in the sample. In that sense our measure is of injuries that are not completely debilitating and our measure represents a lower bound. Even if injuries that remove people from the work force are correlated with those that merely injure the worker, then our results will shed light on other types of injuries. Even if the two are not correlated given that almost 1 in 10 workers had experienced an injury, policies can be created to help target this population.

Table 1
Descriptive Statistics

		Mean	SD			Mean	SD
Dependent Individual	Reported Having Had Injury	9%	29%	Job	Fumigator	40%	49%
	Age	36.49	12.36		Picker	89%	32%
	Years of Education	5.16	3.53		Foreman	9%	29%
	Indigenous	18%	39%		Packer	17%	38%
	Male	81%	39%		Driver	7%	26%
	Migrant in Mexico	14%	34%		Cook	2%	13%
	Migrant Other Country	20%	40%		Animal Caretaker	8%	27%
Crop	Sugar Cane	10%	30%		Loader	26%	44%
	Red Tomato	26%	44%		Other	26%	44%
	Coffee	11%	31%	Equipment	Sharp Tools	80%	40%
	Orange	8%	28%		Fumigator Backpack	44%	50%
	Mango	10%	30%		Pump	18%	39%
	Apple	8%	27%		Tractor	16%	36%
	Squash	13%	33%		Packing Machine	9%	28%
	Green Tomato	12%	32%		Ladders	29%	45%
	Chile	27%	44%		None	9%	29%
	Melon	12%	32%		Other	6%	23%
	Grapes	10%	30%	Conditions	Lift Heavy Items	69%	46%
	Peach	7%	25%		Time Bending Over	82%	39%
	Pineapple	1%	12%		Work where Chemicals Applied	55%	50%
	Banana	7%	25%		Exposure Cold or Heat	83%	37%
	Tobacco	1%	11%		Noise and Dust Exposure	43%	49%
	Other	51%	50%		Work 2 Meters in Air	32%	47%
					Fire Management	9%	29%
			None of the Above	2%	14%		

Source: Encuesta Nacional de Jornaleros Agrícolas 2008-2009.

The main variable of interest is the worker's educational attainment. Clearly other factors that we are unable to control for in the analysis (parent's wealth, health, and innate intelligence) could influence both schooling and the likelihood of injury. Therefore, it is worth noting that our estimates are of correlation between schooling and injury. Future studies could use exogenous variation in educational attainment to test for causality. Our contribution is to examine if the hypothesis that schooling reduces injuries is supported by correlation between schooling and injury.

We include several predictor variables in our estimation of the influences on reported injuries. Equation 1 below shows each of the included independent variables. These variables can be broken down in to two types. The first includes individual characteristics such as age, education (years of schooling), and binary dummies for respondents who are indigenous or male. In addition, this group includes variables that control for internal and external migration. These are binary variables that equal one if true, i.e. the respondent is currently working in a state other than where they were live or has ever migrated to the United States.

(1) *Probability (injury)*

$$\begin{aligned}
 &= \beta_0 + \beta_1 \text{Age} + \beta_2 \text{YearsEducation} \\
 &+ \beta_3 \text{Indigenous} + \beta_4 \text{Male} \\
 &+ \beta_5 \text{InternalMigrant} + \beta_6 \text{ExternalMigrant} \\
 &+ \alpha_i \sum_{i=1}^{16} \text{Crop}_i \\
 &+ \alpha_{i+16} \sum_{i=1}^9 \text{Job}_i + \alpha_{i+25} \sum_{i=1}^8 \text{Equipment}_i \\
 &+ \alpha_{i+33} \sum_{i=1}^8 \text{Conditions}_i + \epsilon
 \end{aligned}$$

The second set of independent variables controls for the environment the respondent works in. Each respondent reported up to three crops they worked in with 15 potential choices and one category for other crops. We create 16 binary variables to control for each of those crops; since each respondent could report more than one crop we can include all of the binary variables. Next we control for nine potential types of jobs given that some jobs may be more dangerous than others as discussed in the previous section. The jornaleros could report working in more than one job. Additionally particular

types of equipment may be prone to injuries, e.g. ladders or cutting tools⁷; hence we included each of eight binary responses to types of equipment used. Finally we control for responses to eight questions on working conditions which include exposure to noise, heat and cold, and chemicals that could potential lead to an injury.

In a second model we break the years of education data into three dichotomous dummy variables (Primaria, Secundaria, High School), which equal one when the worker highest level of schooling is primaria (primary, 1-6 years of school, 53% of the sample), secundaria (secondary, 7-9 years, 23%), high school 10 or more years [8%]. The omitted category is no school [16%].

(2) *Probability (injury)*

$$\begin{aligned}
 &= \beta_0 + \beta_1 Age + \beta_2 Primaria + \beta_3 Secundaria \\
 &+ \beta_4 HighSchool + \beta_5 Indigenous + \beta_6 Male \\
 &+ \beta_7 InternalMigrant + \beta_8 ExternalMigrant \\
 &+ \alpha_i \sum_{i=1}^{16} Crop_i \\
 &+ \alpha_{i+16} \sum_{i=1}^9 Job_i + \alpha_{i+25} \sum_{i=1}^8 Equipment_i \\
 &+ \alpha_{i+33} \sum_{i=1}^8 Conditions_i + \epsilon
 \end{aligned}$$

4. Results

Our model estimates the effect of several types of independent variables; individual and the characteristics of the job such as crop, job, equipment used and working conditions. The main result we find is that additional education is associated with a reduction in the likelihood a respondent reports having experienced a work-related injury. We also identify crops, jobs and working conditions that are significantly correlated with the likelihood of a respondent reporting having experienced an injury. In particular working with tree crops more than two meters above the ground is associated with higher reports of injuries.

⁷ It is possible that the condition of equipment can affect the likelihood of an injury, e.g. machinery in disrepair might lead to an accident. We do not, however, have data on this.

We begin by examining individual characteristics. It is important to keep in mind that around 9% of respondents reported having suffered a work-related injury. We find that in the first model shown in Table 3 an additional year of schooling at the mean number of years of schooling (5.2) is associated with a reduction in injuries of 0.4 percentage points⁸. In a second model we create binary variables for highest level of schooling attended, we find those who had attended high school experienced 4.6% fewer accidents, essentially half of the average. Those with middle or primary schooling saw a non-statistically significant decrease in accidents.

The worker's age was positively associated with reports of injuries, but not statistically significant (p -value =0.16) at the mean value. We attempted an additional model with age and age squared but it did not alter the results⁹. Turning to the several binary indicators of individual characteristics, the reported marginal coefficients are for a discrete change from $X = 0$ to $X = 1$, i.e. comparing not having that characteristic to having it, calculated at the mean of the variable. For example the coefficient on indigenous respondents was 0.026 (P -value 0.07) which indicates that for two respondents who were equal in all other categories that the indigenous respondent would be 2.6 percentage points more likely to report having suffered an injury. This represents a nearly 30% increase in the reported injury rate of 9%. Those who migrated within Mexico reduced injuries by 5.2 percentage points and therefore had fewer than half the injuries of those who did not migrate. In the model we did not find being male had a statistically significant effect. If we drop crop, job and working conditions the marginal effect on being male is 5.4 percentage points and statistically significant at the 1% level suggesting males are 60% more likely than females to have injuries. The difference in results suggests males are more likely to choose dangerous jobs, crops or working conditions but once this is controlled for males and females have equal rates of injury.

We examine 15 potential crops and control for a category of other crops. Of the 15 crops 3 are found to be associated positively with injuries and 2 negatively with injuries. Sugar cane, coffee and oranges are associated with increases in potential injuries of 3.7, 4.9 and 8.5 percentage points respectively with sugar cane statistically significant at the 10% level and coffee and oranges at the 5% level. Mangos and green tomatoes were associated with a reduction of 3.9 and 2.9 percentage points in injuries, respectively. We reran the model using only individual and crop

⁸ We also added a variable for literacy but controlling for other factors, it did not have a statistically significant effect.

⁹ We also ran the model with state fixed effects for the workers state of residence and do not find that the results change substantially. These results are available upon request.

characteristics and obtained essentially the same results in terms of magnitude and sign.

Table 2
Marginal Effects of Probit on Injuries for Workers Age 18-65

Category	Independent Variable	Coefficient	Coefficient	Mean
Individual	Age	0.001 (1.41)	0.001 (2.01)*	36.49
	Years of Education	-0.004 (2.34)*		5.16
	High School		-0.046 (3.37)**	0.09
	Secundaria		-0.008 (0.49)	0.23
	Primaria		-0.013 (0.94)	0.53
	Indigenous	0.026 (1.68)	0.027 (1.75)	0.18
	Male	0.015 (1.06)	0.015 (1.06)	0.81
	Migrant in Mexico	-0.052 (5.27)**	-0.050 (5.02)**	0.14
	Migrant in Other Country	0.006 (0.50)	0.005 (0.37)	0.20
	Crop	Sugar Cane	0.037 (1.54)	0.038 (1.59)
Red Tomato		0.015 (1.03)	0.015 (1.02)	0.26
Coffee		0.049 (2.05)*	0.050 (2.08)*	0.11
Orange		0.085 (2.66)**	0.079 (2.55)*	0.08
Mango		-0.039 (3.02)**	-0.040 (3.15)**	0.10
Apple		-0.001 (0.07)	-0.002 (0.11)	0.08
Squash		0.024 (1.22)	0.024 (1.20)	0.13
Green Tomato		-0.029 (2.11)*	-0.030 (2.16)*	0.12
Chile		-0.000 (0.01)	0.000 (0.01)	0.27
Melon		0.004 (0.25)	0.004 (0.23)	0.12
Grapes		0.029 (1.31)	0.027 (1.26)	0.10
Peach		-0.005 (0.24)	-0.006 (0.28)	0.07
Pineapple		0.029 (0.60)	0.033 (0.65)	0.01
Banana		0.027 (1.09)	0.028 (1.11)	0.07
Tobacco		0.080 (1.21)	0.081 (1.22)	0.01
Other		0.009	0.008	0.51

Note: continues on next page.

Continued from previous page... Table 2
Marginal Effects of Probit on Injuries for Workers Age 18-65

Category	Independent Variable	Coefficient	Coefficient	Mean
Job	Fumigator	0.015 (1.03)	0.015 (0.99)	0.40
	Picker	-0.008 (0.44)	-0.007 (0.36)	0.89
	Foreman	-0.013 (0.86)	-0.014 (0.91)	0.09
	Packer	-0.025 (1.96)	-0.025 (1.98)*	0.17
	Driver	-0.008 (0.46)	-0.009 (0.48)	0.07
	Cook	0.035 (0.76)	0.039 (0.83)	0.02
	Animal Caretaker	0.030 (1.41)	0.031 (1.46)	0.08
	Loader	0.046 (3.13)**	0.045 (3.07)**	0.26
	Other	0.007 (0.61)	0.008 (0.65)	0.26
	Equipment	Sharp Tools	0.009 (0.56)	0.010 (0.58)
Fumigator Backpack		-0.022 (1.54)	-0.023 (1.62)	0.44
Pump		0.003 (0.19)	0.003 (0.19)	0.18
Tractor		0.012 (0.76)	0.011 (0.71)	0.16
Packing Machine		-0.014 (0.78)	-0.014 (0.79)	0.09
Ladders		0.015 (1.01)	0.013 (0.92)	0.29
None		0.001 (0.05)	0.001 (0.04)	0.09
Other		-0.023 (1.48)	-0.024 (1.56)	0.06
Conditions	Lift Heavy Items	-0.017 (1.34)	-0.016 (1.30)	0.69
	Time Bending Over	0.005 (0.38)	0.006 (0.43)	0.82
	Work where Chemicals Applied	0.008 (0.74)	0.009 (0.82)	0.55
	Exposure Cold or Heat	0.027 (2.04)*	0.027 (2.02)*	0.83
	Noise and Dust Exposure	0.030 (2.58)**	0.030 (2.67)**	0.43
	Work 2 Meters in Air	0.041 (2.83)**	0.042 (2.93)**	0.32
	Fire Management	0.066 (2.90)**	0.067 (2.93)**	0.09
	None of the Above	0.019 (0.31)	0.020 (0.33)	0.02
	<i>N</i>	2,548	2,548	

Note: t-statistics in parentheses below the coefficient. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

In terms of jobs only loaders were significantly and positively associated with increased injuries with a nearly 50% higher injury rate (marginal effect 4.6 percentage points). Consistent with the literature we found those who worked with animals were more likely to have reported injuries although the p-value is only 0.11. Packing agricultural goods was found to be the job negatively associated with injury rates, suggesting a relatively safe job.

We examined the working conditions and equipment used. Four types of conditions were associated with a greater likelihood of injury Exposure Cold or Heat, Noise and Dust Exposure, Work Two Meters in Air, Fire Management with increases of 2.7, 3.0, 4.1 and 6.6 percentage points, respectively. We obtain similar results in estimation with only individual and working conditions as independent variables. We did not find any statistically significant relationships with equipment. When we ran a regression with only individual and equipment we find that only the use of ladders increases the likelihood of experiencing an injury, which is consistent with the findings on oranges, a tree crop that requires ladders for picking, and our finding in terms of conditions.

There were two crops that had statistically significantly higher levels of accidents (Coffee and Oranges), one job (Loader) and three working conditions (Noise and Dust Exposure, Working Two Meters in the Air and Fire Management.) The model was re-estimated separately for only those with these characteristics and the results are presented in Table 3. Only the individual characteristics were used as independent variables in these regressions. Education did not have an effect for jornaleros working in coffee or oranges nor those who were loaders. When we examine the characteristics of the job, however, education does appear to reduce the probability of experiencing an accident for jornaleros who were exposed to noise and dust as well as those working two meters or more in the air, although not for those in fire management. This could mean that additional schooling enables workers to engage in safer practices when noise and dust exposure is present and for those working off the ground. This might be due being able to better understand safety instructions.

Table 3
Marginal Effects of Probit for Selected Groups

Variable	Coffee	Oranges	Loader	Noise	Height	Fire
Age	-0.001 (0.64)	0 (0.06)	0.002 (1.45)	0.000 (0.29)	-0.001 (0.48)	0.004 (1.69)
Years of education	-0.003 (0.47)	-0.005 (0.47)	-0.004 (0.80)	-0.008 (2.39)*	-0.009 (2.35)*	-0.007 (0.69)
Indigenous	0.046 (1.08)	-0.052 (0.76)	0.036 (0.88)	0.002 (0.08)	0.003 (0.08)	0.023 (0.29)
Male	0.111 (3.04)**	-0.238 (1.52)	-0.09 (1.07)	0.065 (3.07)**	0.015 (0.39)	0.029 (0.27)
Migrant in Mexico	-0.103 (2.49)*	0.051 (0.38)	-0.109 (3.39)**	-0.095 (4.88)**	-0.093 (3.19)**	0.003 (0.03)
Migrant Other Country	0.034 (0.50)	0.022 (0.30)	-0.01 (0.28)	0.018 (0.71)	0.054 (1.62)	-0.02 (0.33)
<i>N</i>	278	213	669	1,092	812	232

Note: t-statistics in parentheses below the coefficient. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

Conclusion

Agricultural work carries a substantially higher than average risk of on-the-job injuries. We examined whether higher levels of education among Mexican day laborers were associated with lower levels of injuries controlling for other characteristics of the workers and the jobs. We found that education reduced the probability of having had an injury. The sample was not a relatively well educated one with a mean level of education of only 5.2 years of schooling completed. Each additional year of schooling reduced the probability of having suffered an injury by 0.4 percentage points calculated at the mean for all variables. This translated into reducing the probability of having suffered an injury by 7.7 percent. As the education level of the population continues to increase, this should bode well for a reduction in the rate of injury rates. Education of respondents reflects the national trend of increasing education¹⁰.

¹⁰ In the sample respondents in their 20s have on average one year more of schooling than those in their 30s (6.4 vs. 5.4.) A similar difference is seen between those in their 40s, 50s and 60s with average number of years of school completed 4.5, 3.2, and 1.9 years respectively.

Males have higher injury rates than females but the effect is not statistically significant when we control for the crop, job, and equipment used and working conditions. This shows that the higher rates are due more to the aspects of the jobs males choose rather than their behavior within specific jobs. Those who are indigenous, as measured by speaking an indigenous language, have higher rates controlling for other factors. We cannot say if this is due to their schooling being of lower quality or perhaps being assigned worse jobs within each category or not being able to understand safety instruction but their injury rate is higher. Jornaleros working in a different state experienced lower injury rates by a rather substantial amount. This may be due to better workers migrating to make more money as a jornalero but the data does not allow us to state this with certainty.

We also found that some crops were associated with more work-related injuries including sugar cane, coffee and oranges. The only job that had a statistically significantly different level of injuries was the higher rate for loaders. None of the equipment variables had a statistically significant effect. Jornaleros who worked around noise and dust, worked two meters or more off the ground and were engaged in fire management were more likely to have experienced injuries with the effect being statistically significant at the 0.05 level and exposure to cold and heat at the 0.10 level. This indicates that certain conditions are associated with higher injury rates and would also lead to the possibility of engaging in efforts to reduce the injury rates for those experiencing these working conditions.

There is a long history of human capital studies that show the level of earnings as depending on the level of education. Our work shows that the level of education also impacts another aspect of compensation, the probability of experiencing a work-related injury for Mexican agricultural day laborers. Although we find that the crops (oranges, coffee and sugar cane), jobs (loading) and conditions (noise and dust, working on ladders and fire management) that are most associate with injuries the main finding is that controlling for the characteristics of the worker and the job, increased levels of schooling can lead to lower injury rates. This suggests that Mexico's efforts through the conditional cash transfer program Oportunidades and other efforts to increase school enrollment may have the indirect benefit of lowering worker accidents. This would pose an interesting future research question to compare formal general public education increases to targeted education on preventing jornalero injuries.

References

- Arcury, T. A., Estrada, J. M., and Quandt, S. A. (2010). "Overcoming language and literacy barriers in safety and health training of agricultural workers". *Journal of agromedicine*, 15(3), 236-248.
- Byler, C. (2013). "Hispanic/Latino Fatal Occupational Injury Rates". *Monthly Labor Review*, February 2013, 14-23.
- Gerberich, S. G., Gibson, R. W., French L. R., Lee, T., Carr, W. P., Kochevar, L., Reinier, C. M. and Shutske, J. (1998) "Machinery-Related Injuries: Regional Rural Injury Study I (RRIS-I)". *Accident Analysis and Prevention*, 38(6), 793-804.
- Gyekye, S. A., and Salminen, S. (2009). "Educational status and organizational safety climate: Does educational attainment influence workers' perceptions of workplace safety?". *Safety Science*, 47(1), 20-28.
- Gundacker, C., and Gundacker, N. (2011). "An exploratory pilot study of childhood injuries on cattle farms in Jalisco, Mexico". *Journal of agromedicine*, 16(3), 226-232.
- Hansen, C. P. (1989). "A causal model of the relationship among accidents, biodata, personality and cognitive factors". *Journal of Applied Psychology*, 74, 81-90.
- Hard, D. L, Myers, J. R. and Gerberich, S. G. (2001) "Traumatic Injuries in Agriculture" National Agricultural Safety Database <http://nasdonline.org/document/1837/d001773/traumatic-injuries-in-agriculture.html>.
- Iverson, R.D., Erwin, P.J. (1997). Predicting occupational injury: the role of affectivity. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 70, 113-128.
- McCurdy, S. A. and Carroll, D. J. (2000). "Agricultural Injury". *American Journal of Industrial Medicine*, 38(4), 463-480.
- McCurdy, S. A., Samuels, S. J., Carroll, D. J. Beaumont, J. J. and Morrin, L. A. (2003). "Agricultural Injury in California Migrant Hispanic Farm Workers". *American Journal of Industrial Medicine*, 44(3), 225-235.
- Orrenius, P. M., and Zavodny, M. (2009). "Do immigrants work in riskier jobs?". *Demography*, 46(3), 535-551.
- Purschwitz, M.A. (2004). Health and Safety of Personnel in Agriculture. In McNulty, P and Grace, P. (Eds.), *Agricultural Mechanization and Automation*, Volume II. In Encyclopedia of Life Support Systems.

- Schultz, T. P. (2005). Productive benefits of health: Evidence from low-income countries. In López-Casasnovas, G., Rivera, B. and Currais, B. (Eds), *Health and Economic Growth: Findings and Policy Implications* (257-286). Cambridge MA: MIT Press.
- Schultz, T. P. (1999). "Health and schooling investments in Africa". *The Journal of Economic Perspectives*, 67-88.
- Shipp, E. M., Cooper, S. P., del Junco, D.J., Delcos, G. L., Burau, K. D., Tortolero, S. and Whitworth, R. E. (2009). "Chronic Back Pain and Associated Work and Non-Work Variables from Starr County, Texas". *Journal of Agromedicine*, 14(1), 22-32.
- Strauss, J. (1986). "Does better nutrition raise farm productivity?". *The Journal of Political Economy*, 94(2), 297-320.
- Wang, S., Myers, J. R. and Layne, L. A. (2011). "Injuries to Hired Crop Workers in the United States – A Descriptive Analysis of a National Probability Survey". *American Journal of Industrial Medicine*, 54(10), 734-747.
- Yu, W., Yu, I. T., Li, Z., Wang, X., Sun, T., Lin, H., Wan, S., Qiu, H., and Xie, S. (2012). "Work-related injuries and musculoskeletal disorders among factory workers in a major city of China". *Accident Analysis & Prevention*, 48, 457-463.

La vulnerabilidad de la economía yucateca ante limitaciones en la disponibilidad de agua subterránea. Un enfoque de insumo producto

Lilian Albornoz*
Hilda Guerrero García Rojas**
Daniel Adrián***

Fecha de recepción: 29 X 2013

Fecha de aceptación: 18 VIII 2014

Resumen

El presente trabajo se realizó con un doble objetivo: determinar los sectores productivos que son vulnerables ante posibles limitaciones en la disponibilidad de agua subterránea; y a partir de esto, estimar un precio sombra que refleje la importancia del recurso en el sistema económico regional. Para lograr tal fin, con base en la matriz insumo producto (MIP) estatal 2003, se estiman multiplicadores de valor agregado y agua, se obtienen índices de valor agregado-agua y precios sombra del agua. Los resultados indican que el sector agricultura, ganadería, alimentos, productos eléctricos y de generación eléctrica son vulnerables; el comercio y los servicios son los menos vulnerables. En relación al precio sombra, se obtiene un valor de \$4.00 a \$14.96 pesos por m³ para uso general, y de \$28.00 a \$104.71 para uso industrial-comercial.

JEL: Q25, C61, C67.

Palabras Clave: agua subterránea, matriz insumo producto, precio sombra, multiplicador de valor agregado, multiplicador de agua.

* Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán México, Campus de Ciencias Sociales Dirección: Km. 1 carretera Mérida Tizimín, Mérida, Yucatán México. Correo electrónico: lilian.albornoz@uady.mx.

** Facultad de Economía Vasco de Quiroga, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Dirección: Edificio T2 Ciudad Universitaria Francisco J. Múgica s/n, Morelia Michoacán 50030 México. Correo electrónico: hildaguerrero@fevaq.net.

*** El Colegio de la Frontera Norte, Departamento de Estudios Económicos. Dirección: Km 18.5 carretera escénica Tijuana – Ensenada, San Antonio del Mar, Tijuana, Baja California, México, C.P. 22560. Correo electrónico: daniel.abrhan@yahoo.com.

Los autores agradecen los comentarios de dos dictaminadores anónimos que permitieron mejorar y enriquecer la versión final de este trabajo.

Abstract

This study was conducted with two objectives: determining the productive sectors that are vulnerable to possible limitations in the availability of groundwater and estimating a shadow price that reflects the importance of the resource in the regional economic system. In order to achieve these goals, we estimated value added-water indices and water shadow prices that are based on the regional input output table (RIOT) 2003. The results indicate that agriculture, livestock, food, electrical and power generation products are vulnerable, while trade and services are less not vulnerable. Regarding the shadow price yields a value of \$ 4 to \$ 14.96 pesos per m³ for general use and \$ 28 to \$ 104.71 for industrial and commercial use.

JEL Classification: Q25, C61, C67.

Keywords: groundwater, input output table, shadow price, value added multiplier, water multiplier.

Introducción

El agua subterránea es un recurso natural abundante en la península de Yucatán. La disponibilidad de agua renovable *per cápita* asciende a 7,151.30 m³ por año (CONAGUA, 2010b)¹; sin embargo, su contaminación está imponiendo limitaciones a su disponibilidad; esto es así ya que el manto freático es la única fuente de abastecimiento de agua de la región, y es la única destinataria de los residuos líquidos agrícolas, pecuarios, industriales y domésticos (Marín, Pacheco y Méndez, 2004; Marín, 2007); hay evidencia de altos grados de contaminación en zonas críticas cercanas a grandes concentraciones urbanas que potencialmente inhabilitarían la fuente de suministro (Metcalf *et al.*, 2011; Pacheco *et al.*, 2001; Meacham, 2007). Si los patrones de uso y vertidos de las aguas no se modifican, se corre riesgo de un colapso en los sistemas naturales y económicos vinculados a su conservación y provisión.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011b), el agua renovable² se debe analizar en tres dimensiones: distribución temporal, espacial y en el nivel local. La mayor parte de la precipitación en la península

¹ La disponibilidad media de agua en México es de 4,221.66 m³/habitante/año (CONAGUA 2010). De acuerdo con el Banco Mundial y las Naciones Unidas, una disponibilidad *per cápita* menor a 1000 m³ por año es un nivel de escasez grave (Guerrero, 2005a).

² Cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua de otras regiones (intercambios), que se infiltra en el subsuelo y que es susceptible de explotarse anualmente en una región.

de Yucatán ocurre en las estaciones de verano y otoño (junio-octubre); durante el año, la precipitación media es de 1,218mm; en el nivel nacional, el promedio asciende a 760mm; la relativa elevada precipitación pluvial, junto con la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorece la renovación del agua subterránea. La tasa de recarga de los acuíferos subterráneos en la península de Yucatán es superior a su tasa de extracción, por lo que existe volumen disponible, superior a los 5,000 millones de m³ anuales, para otorgar en nuevas concesiones de extracción³ (DOF, 2009). Sin embargo, el enfoque de la administración del agua que instrumenta la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y que está en función de la oferta (otorgamiento de nuevas concesiones), conduce a desperdicios e ineficiencias en el consumo (Rivero y García, 2011), y soslaya el caudal necesario por los sistemas subacuáticos para mantener la estabilidad y la conservación de los ecosistemas vinculados a su existencia.

El desarrollo urbano y el crecimiento de las ciudades, así como de la población y de sus actividades económicas están demandando grandes volúmenes de agua para su uso y consumo, así también para la descarga de aguas residuales del uso agrícola, pecuario, doméstico e industrial. A nivel estatal (Yucatán) predomina el uso consuntivo agrícola excepto en el área metropolitana de la ciudad de Mérida cuyo uso predominante es el público urbano (CONAGUA, 2011a). Del volumen total concesionado para uso consuntivo en el año 2009, 76.65% corresponde al uso agrícola para el riego de cultivos; 19.71% para el uso público urbano que se distribuye a través de las redes de agua potable para abastecer a hogares, industrias y servicios conectados a la red; 2.90% a la industria autoabastecida que extrae agua directamente de pozos subterráneos y 0.73% a la generación de energía eléctrica (CONAGUA, 2011a)⁴.

Las descargas de aguas residuales concesionadas al año 2003 ascienden a 48 millones de m³ al año (CONAGUA, 2010a), sin embargo, este dato no incluye las aguas residuales en las fosas sépticas⁵ de las casas-habitación y

³ En la península, no hay acuíferos sobreexplotados, ni con intrusión marina, solo el acuífero de Xpujil está sujeto al fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres (CONAGUA, 2011b).

⁴ El uso agrícola comprende los rubros agrícola, pecuario, acuicultura, múltiples y otros de la clasificación REPDA; el uso abastecimiento público incluye los rubros público urbano y doméstico; el uso industria autoabastecida incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio; y uso energía eléctrica incluye el volumen concesionado para generación de energía eléctrica sin contar hidroelectricidad, ya que esta última hace un uso no consuntivo del agua.

⁵ En los últimos años, los nuevos desarrollos inmobiliarios en la ciudad de Mérida invierten en infraestructura de drenaje; sin embargo, esto es reciente y marginal, pues predominan los pozos de absorción o fosas sépticas para el desecho de las aguas residuales en las casas-habitación y en los edificios públicos y privados.

edificios que potencialmente podrían alcanzar los cuerpos de agua subterráneos y contaminarlos de manera permanente. Las granjas porcícolas y avícolas, actividades en las que se especializa la economía estatal (Albornoz, Canto y Becerril, 2012), son dos de las actividades económicas que más contribuyen a la contaminación del agua subterránea, a través de vertidos residuales, aunque actualmente se está instrumentando un programa que ofrece apoyo financiero al sector, para la adquisición de infraestructura para el tratamiento de sus aguas residuales (Mendez y Castillo, 2009).

Aunque la capacidad de agua subterránea es excedentaria, si continúan las mismas prácticas de uso y consumo para el año 2030, podría haber problemas por sobreexplotación en los acuíferos de la región⁶. A nivel nacional, la eficiencia en el uso de agua para irrigación es del 46% (Rivero y García, 2011) y las pérdidas de agua en la red municipal de distribución de agua potable es del 30 al 50%. Además, se presume que la industria hace un uso poco productivo del agua (Guerrero, 2005a)⁷. Las ineficiencias en el uso productivo agrícola e industrial y en la distribución del agua para uso urbano no son las únicas fuentes de insostenibilidad del recurso. El precio vigente del agua es menor al costo de oportunidad del recurso hídrico y al no reflejar su verdadero valor genera ineficiencias en su asignación, debido a que no se aprovecha en su uso más valorado. El agua tiene un valor económico, social, ecológico que de no verse reflejado en el precio que se paga por su consumo, estaría induciendo al uso no sostenible.

La tarifa por consumo de agua que cobra el organismo encargado de su administración varía según el tipo de uso y la zona de disponibilidad. Las tarifas tienen una amplia variación, el agua para riego tiene un precio cero en todas las zonas de disponibilidad a nivel nacional y el uso industrial en la zona uno de mayor escasez presenta el valor más elevado de 20.5042 pesos por m³ (DOF, 2012).

El desarrollo sustentable de la región depende del uso eficiente del agua en la producción, pues es el recurso más valioso con el que se cuenta para garantizar la sostenibilidad de los sistemas productivos y naturales. De continuarse con las prácticas actuales, el agua podría convertirse en un factor

⁶ Declaración del director general de la CONAGUA, José Luis Luege Tamargo, publicado en <http://www.eluniversal.com.mx/notas/668366.html> consultado el día 5 de junio de 2012. Por otra parte, el cambio climático mundial alteraría los patrones de precipitación pluvial con un comportamiento incierto para la región (Orellana *et al.*, 2009), lo que eventualmente pondría en riesgo la capacidad de recarga natural de los depósitos subterráneos y la provisión de agua para satisfacer los requerimientos de la población y de sus actividades.

⁷ Las ineficiencias reportadas líneas arriba son representativas de la situación en el nivel nacional y, por lo tanto, Yucatán no es la excepción.

que limite el crecimiento económico y poblacional previsto para los próximos años. El potencial de crecimiento actual y futuro depende de los cambios en la disponibilidad de agua en los acuíferos, y una política que tenga como objetivo su conservación y preservación, debería considerar los efectos de esos cambios.

El presente trabajo tiene como objetivo establecer qué tan vulnerable es la economía yucateca a la limitación en la disponibilidad de agua subterránea, y obtener un ranking de los sectores productivos con base en un índice del valor agregado de la producción por unidad de agua (m^3). Lo anterior permitirá aportar elementos para el diseño de políticas en relación a la administración eficiente del agua subterránea y proveerá las bases para tomar decisiones que procuren reducir la vulnerabilidad regional por medio de la reestructuración de la producción sectorial. Las medidas de adaptación local a los cambios en la disponibilidad de agua son relevantes, ante el eventual embate de los efectos del cambio climático que amenaza a la región. En este sentido, es importante la creación de incentivos para estimular la demanda final en aquellos sectores que cumplan con dos requisitos: tener el mayor potencial para crear riqueza y ser menos dependientes de las concesiones de extracción de agua subterránea. En este trabajo, estos sectores se identifican a partir de la estimación de los multiplicadores de valor agregado y de agua subterránea⁸, estimados con base en la matriz de insumo producto de la economía yucateca del año 2003 (Albornoz *et al.*, 2012) y en información de la CONAGUA. Se cuantifican los volúmenes concesionados de agua subterránea al nivel de 45 subsectores de la economía local. Se comparan los multiplicadores monetarios de valor agregado y los multiplicadores de requerimientos de agua en unidades físicas, para obtener un indicador del valor agregado de la producción por unidad de agua (en m^3). También, se estima el precio sombra del agua por m^3 , con base en el modelo propuesto por Liu y Chen (2008). Otros estudios, realizados en el nivel nacional (Guerrero, 2005a; Yúnez y Rojas, 2008), hacen uso de la información de consumos efectivos de agua, sin embargo, este estudio tomó como base los volúmenes concesionados y no los aprovechados, porque no se dispone de información confiable y veraz de los consumos efectivos del universo de las unidades productivas locales y porque los resultados pretenden apoyar la toma de decisiones en relación a una administración eficiente del agua con base en los volúmenes concesionados, que es el enfoque actual de la política sectorial que se instrumenta en nuestro país.

⁸ Los multiplicadores de valor agregado y de agua permitieron estimar un índice de valor agregado-agua de los sectores económicos con base en la información de la matriz de insumo producto. Aunque existen otros índices (FAO, 2003) para estimar la productividad en términos de agua (productividad física, por ejemplo unidades físicas por m^3 de agua), los que aquí se estiman aprovechan la riqueza de información generada por el modelo de Leontief y son inherentes al mismo modelo.

Aunque el agua en la región peninsular, y en México, es considerado el recurso natural más valioso a preservar, existen muy pocos estudios que aborden la problemática y sus implicaciones en la economía de una región (Guerrero, 2005a; Guerrero, 2005b); menos aún son los estudios que integran los usos del agua en el marco de una matriz de insumo producto, tanto en el nivel internacional (Velázquez, 2006; Dietzenbacher y Velázquez, 2007; Liu y Chen, 2008; Llop, 2006; Duarte, Sánchez y Bielsa, 2002; Smajgl y Liagre, 2010), como nacional (Yúnez y Rojas, 2008)⁹ y estatal (Guajardo y García, 2001). La literatura que documenta la vinculación de la economía y los sistemas naturales, destaca el hecho de que los análisis de la estructura del sector de agua deberán ser abordados desde un nivel subnacional debido, en parte, a que las regiones difieren en relación a la abundancia y disponibilidad de agua.

El resto del documento se organiza de la siguiente forma: en la sección uno se presenta el modelo de insumo producto híbrido con unidades físicas de agua, el modelo de programación lineal propuesto para estimar el precio sombra del agua subterránea por m³ y las fuentes de información que sirvieron de base para las estimaciones. La sección dos presenta los resultados obtenidos de cada modelo; por último, se concluye y se presenta un breve resumen de los resultados obtenidos.

1. Modelos del agua y fuentes de información

1.1. Modelo de insumo producto ambiental para la estimación de multiplicadores y modelo de programación lineal para estimar el precio sombra del agua

En el modelo de insumo producto ambiental, siguiendo a Miller y Blair (2009) y Velázquez (2006), los datos del recurso ambiental en unidades físicas se agregan como una fila a la matriz de transacciones intersectoriales, esta última medida en unidades monetarias.

El volumen de agua, asociado a un vector dado de producción bruta, se puede expresar de la siguiente manera:

$$w = \alpha_w x \quad (1)$$

⁹ Yúnez y Rojas (2008) estiman un modelo de equilibrio general, con base en una matriz de contabilidad social de las regiones rurales de México, elaborado por Alborno (2006).

Donde a_w es el vector de volumen directo de agua concesionado por unidad monetaria producida, un elemento del vector está dado por $a_{wj} = W_j/x_j$ ($j = 1, \dots, n$) el cual representa el cociente del volumen total de agua por sector de actividad W_j y el valor de la producción del sector x_j ; x es el vector del valor de la producción bruta total y w es el vector de los volúmenes concesionados de agua; el modelo de insumo producto en función de la demanda final $x = (I - A)^{-1}y$ puede sustituirse en (1) para expresar w en función de la demanda final, es decir, los volúmenes directo e indirecto de agua para sostener la demanda final (Miller y Blair, 2009):

$$w = a_w(I - A)^{-1}y \tag{2}$$

Donde A es la matriz de coeficientes directos de insumo producto; en tanto que, un elemento de la matriz está dado por $a_{ij} = x_{ij}/x_j$, el numerador x_{ij} representa el valor de las compras que j realiza al sector i , en la matriz de transacciones; mientras que el denominador x_j es el valor de las compras totales que el sector j realiza a todos los sectores de la economía, y es el vector de demanda final (consumo privado, consumo de gobierno, formación bruta de capital, variación de existencias y exportaciones), y el vector dado por $a_w(I - A)^{-1} = L$ constituye los denominados multiplicadores del agua tipo I, donde un elemento l_j representa el volumen directo e indirecto de agua en todos los sectores de la economía proveedores de insumos al sector j (que incluye volumen de agua del sector j para satisfacer el incremento en la demanda de su producción), debido a un incremento unitario monetario en los gastos de demanda final de j . Se supone que el volumen de agua varía linealmente con el nivel de producción en la economía de la región.

Los multiplicadores del agua pueden modificarse al emplear el modelo de insumo producto cerrado en relación a los hogares. Estos multiplicadores denominados tipo II consideran los efectos inducidos de los pagos al factor trabajo y el gasto en consumo en la estructura de las interrelaciones productivas (Smajgl y Liagre, 2010; Miller y Blair, 2009). Los multiplicadores tipo II se calculan agregando la fila de sueldos y salarios y la columna de consumo privado a la matriz de demanda intermedia y recalculando los multiplicadores de Leontief.

$$T = \begin{bmatrix} Z & y_{i1} \\ v_{1j} & 0 \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$H = T\hat{x}^{-1} \quad (4)$$

$$g = a_w(I - H)^{-1}y^{scp} \quad (5)$$

Donde Z es la matriz de demanda intermedia, y_{i1} es el vector de consumo privado, v_{1j} es el vector de sueldos y salarios, T es la matriz de transacciones intermedias cerrado a los hogares; \hat{x}^{-1} es la inversa de la matriz diagonal de producciones brutas, H es la matriz ampliada de coeficientes técnicos de insumo producto, $d = a_w(I - H)^{-1}$ es la matriz de multiplicadores tipo II del agua y y^{scp} es el vector de demanda final, sin la columna de consumo privado de los hogares. Los multiplicadores de agua tipo II pueden interpretarse como la cantidad adicional de agua, para satisfacer el incremento unitario monetario en la demanda final del sector j . Como señalan Smajgl y Liagre (2010), mientras menor sea el valor de los multiplicadores, mayor es el potencial de crecimiento de la economía de una región bajo condiciones de limitación en la disponibilidad de agua, considerando un marco temporal de corto plazo.

Los multiplicadores de valor agregado tipo II están dados por: $m = a_v(I - H)^{-1}$, donde a_v es el vector de valor agregado total por valor unitario de la producción, un elemento está dado por $a_v = V_j/x_j$, es el cociente del valor agregado y valor de la producción del sector j .

Los multiplicadores tipo II del valor agregado y agua se normalizan para fines comparativos¹⁰, para ello, se obtuvieron índices de los respectivos multiplicadores de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$m_j^n = \frac{m_j}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_j} \quad (6)$$

¹⁰ Los índices de valor agregado tipo II se normalizaron para hacer comparaciones intersectoriales y como instrumento para jerarquizar a los sectores en dos grupos: sectores con multiplicadores mayores al promedio y aquellos menores al promedio; el mismo procedimiento se realizó para el índice del multiplicador de agua tipo II (ver cuadro 1). Dado que el objetivo fue estimar índices de valor agregado tipo II-agua tipo II, esto es, índices de productividad económica del agua para evaluar la riqueza sectorial generada por m^3 de agua, en la literatura sobre el tema de productividad económica (FAO, 2003; Velázquez, 2006; Dietzenbacher y Velázquez, 2007), estos índices son suficientes para caracterizar de manera sencilla la dependencia de la economía en un recurso, por lo que no fue necesario, para los fines de este estudio, estimar índices ponderados por algún factor.

$$d_j^n = d_j / \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_j \right) \tag{7}$$

Donde el superíndice n significa normalizado. Con base en los valores de los multiplicadores, los sectores fueron agrupados en cuatro grupos, como sigue:

Cuadro 1
Clasificación con base en los multiplicadores tipo II de valor agregado y agua

multiplicadores		agua	
		alto	Bajo
Valor agregado	Alto	$m_j^n > 1$ $d_j^n > 1$	$m_j^n > 1$ $d_j^n < 1$
	Bajo	$m_j^n < 1$ $d_j^n > 1$	$m_j^n < 1$ $d_j^n < 1$

Nota: véase anexo 1.

Fuente: elaboración propia

a partir de los índices (6) y (7), se estima un índice de valor agregado tipo II-agua tipo II por sector j , según la siguiente fórmula:

$$I_j^n = m_j^n / d_j^n \tag{8}$$

Mientras mayor sea el valor del índice, mayor es el potencial de generación de riqueza del sector j por unidad de agua y menos vulnerable el crecimiento económico del sector j ante limitaciones en la disponibilidad del agua. Mientras menor sea el valor del índice, menor es la riqueza generada por unidad de agua y más vulnerable es el crecimiento del sector j ante posibles limitaciones en la disponibilidad del agua. El valor del índice I_j^n puede interpretarse como la proporción del valor agregado sectorial, en relación a la proporción de volumen concesionado de agua sectorial.

Por otra parte, en el modelo de programación lineal para estimar el precio sombra del agua, la función objetivo es la maximización del valor agregado de la economía local expresada en la siguiente función matemática, sujeta a las restricciones que siguen (Liu y Chen, 2008):

$$\max(\sum_{j=1}^n a_{vj}x_j) \quad (9)$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + y_i + u_i - v_i = x_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{wj}x_j \leq w \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n u_j - \sum_{j=1}^n v_j \geq c \quad (12)$$

Donde x_j es el valor de la producción bruta del sector j ; a_{vj} es el coeficiente de valor agregado del sector j ; a_{ij} es un elemento de la matriz de coeficientes directos de insumo producto; y_j es el valor de la demanda final sin exportaciones del sector j ; u_j son las exportaciones del sector j ; v_j son las importaciones del sector j ; a_{wj} es el coeficiente de volúmenes concesionados de agua del sector j ; w es el límite superior de la disponibilidad de agua en m^3 en la región; c es el límite inferior de las exportaciones netas. Las variables de decisión son x_j, y_j, u_j, v_j ($j = 1, \dots, n$). Las restricciones corresponden a las ecuaciones de insumo producto por sector (10), la cantidad total de agua que puede ser usada en un periodo (11), el límite inferior para las exportaciones netas (12) y los límites inferiores (superíndice l) y superiores (superíndice h) que a continuación se indican:

$$\begin{aligned} x_j &\geq x_j^l \\ x_j &\leq x_j^h \\ u_j &\leq u_j^h \\ v_j &\leq v_j^h \\ y_j &\geq y_j^l \end{aligned}$$

El problema de programación lineal se resolvió con el programa de computación LINDO® versión 6.1.

1.2. Fuentes de información

La información del agua se obtuvo de la base de datos del Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), sistema de información administrada por la

CONAGUA. Los datos disponibles son el volumen de extracción de agua subterránea¹¹ en m³, esto es, volúmenes concesionados¹² (o asignados) para 2003, por titular de concesión (o asignación) clasificada según tipo de uso: agrícola, doméstico, acuacultura, servicios, industrial (que incluye manufactura y generación de electricidad excepto hidroeléctricas), pecuario, público urbano y usos múltiples (cuadro 2).

Cuadro 2
Número de títulos y volúmenes de aguas nacionales por uso en Yucatán, 2003

Clasificación (uso)	Concesión de aprovechamiento		Permiso de descarga		Aprovechamiento productivo	
	Títulos (# s)	Volumen (m ³ /año)	Título s (# s)	Volumen (m ³ /año)	Títulos (# s)	Volumen (m ³ /año)
Agrícola	5,060	297,349,852.13	0	0.00	5,061	297,691,727.13
Doméstico	61	23,249.75	0	0.00	0	0.00
Acuacultura	7	992,491.00	4	27,130,622.60	7	992,491.00
Servicios	313	5,042,704.06	795	2,375,896.04	314	5,066,361.06
Industrial	205	31,033,744.07	271	13,640,635.90	204	31,026,723.17
Pecuario	1,140	10,481,243.15	139	3,648,985.14	1,142	10,787,131.45
Público urbano	663	241,597,197.52	3	0.00	0	0.00
Múltiple	4,048	252,937,248.09	119	1,421,381.51	4,046	252,250,524.69
Total	11,497	839,457,729.77	1,331	48,217,521.19	10,774	597,814,958.50

Nota: la suma de los títulos de concesión y de permisos es diferente al total debido a que cada título registrado puede contener varios aprovechamientos y/o descargas. Los usuarios de las actividades agrícolas, pecuarias, domésticas e hidroeléctricas no requieren el título de descarga de aguas residuales, siempre que en la solicitud se asuma la obligación de sujetarse a las normas o condiciones correspondientes.

Fuente: Adrián, 2012; CONAGUA, 2010a. *Registro Público de Derechos de Agua*, México.

En este trabajo, se toma el volumen de agua concesionado según aprovechamiento productivo, para estimar los índices de vulnerabilidad ante cambios en la disponibilidad de agua. Esta condición aunque muy restrictiva, permite estimar un escenario posible en el cual las unidades productivas explotan la totalidad del recurso concesionado y que representa una situación límite que no debe descartarse, sobre todo cuando hay carencia de

¹¹ En este trabajo se toma el volumen de extracción de agua subterránea concesionado para aprovechamiento productivo, para estimar los índices de vulnerabilidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el volumen concesionado puede no coincidir con el verdadero volumen aprovechado (Dinar, Guerrero, Yúnez y Medellín, 2008; Rivero y García, 2011), así como, que el uso registrado puede no coincidir con el verdadero uso del agua.

¹² La CONAGUA realiza una concesión de aprovechamiento para los usos distintos al público urbano y doméstico; los volúmenes que se destinan a estos dos usos suele denominarse volúmenes asignados, a diferencia de los volúmenes concesionados para los demás usos.

información confiable y veraz sobre los consumos efectivos del agua del universo de las unidades productivas locales. Además, las concesiones representan parámetros que no deben soslayarse, sobre todo porque para la CONAGUA son la base para determinar futuras concesiones y para la administración del recurso. Así mismo, los resultados de este estudio pretenden apoyar la toma de decisiones fundamentadas para la óptima administración del recurso llevado a cabo por la autoridad competente.

La clasificación del agua por usos en el REPGA es distinta a la clasificación del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), la cual sirve como base para la estructuración de las cuentas que se presentan en la matriz de insumo producto (MIP) nacional (INEGI, 2007) y regional (Albornoz *et al.*, 2012).

El presente estudio solo tomará en cuenta el volumen de agua subterránea autoabastecida y concesionada para aprovechamiento productivo; del total del subsuelo de Yucatán al año 2003, el 28.79% es para uso público urbano¹³ y doméstico, mientras que el 71.21% es destinado al autoabastecimiento para el consumo de alguna actividad productiva (suponiendo que la categoría de uso múltiple se destina a alguna actividad productiva); el número de concesiones de aprovechamiento de agua subterránea destinada a alguna actividad productiva asciende a 10774 títulos registrados al año 2003.

La reclasificación de los usos del REPGA a su respectivo código SCIAN 2002 (INEGI, 2002) se basó en la denominación de la persona física/moral, titular de la concesión. Se reclasificaron los siguientes usos: industrial, servicios y múltiple en el nivel de subsector/sector de actividad del SCIAN 2002, que abarcan 4564 títulos registrados. Se recurrió al directorio en línea del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) de la Secretaría de Economía y al Directorio Estadístico de Unidades Económicas (INEGI, 2010) del INEGI, también en línea, para poder determinar el giro principal de actividad de los concesionarios de títulos.

Se toman los volúmenes de extracción bruta de agua subterránea concesionados hasta el año 2003 en la integración del vector de coeficientes de agua; los volúmenes netos de las descargas no se consideraron, debido a que los volúmenes aprovechados y descargados son volúmenes con calidades diferentes e incomparables (Okadera, Watanabe y Xu, 2006; Duarte *et al.*, 2002; CONAGUA, 2011b). Las aguas descargadas están sujetas a un proceso de degradación cualitativa y pérdida cuantitativa, generada durante el

¹³ El uso público urbano del REPGA comprende la red pública municipal, la cual distribuye volúmenes de agua potable (sin descartar su utilización en las actividades productivas); dado lo anterior, el agua potable ya es considerado un volumen de agua diferente, por lo que para fines de este estudio no se tomará en cuenta su consumo.

proceso productivo o por la modificación de su composición química, física o biológica natural.

Dada la extrema confidencialidad del padrón de productores del sector primario del estado de Yucatán a cargo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) fue imposible reclasificar el uso agrícola y pecuario a un nivel de mayor desagregación al subsector del SCIAN. En el cuadro 3, se presenta la clasificación de usos de acuerdo al SCIAN 2002, se sustituyó el nombre de la actividad correspondiente a cada código por los nombres de los sectores representativos de la economía estatal, sin modificar la estructura de agregación original de las actividades productivas, según el SCIAN 2002.

Las concesiones de agua reclasificados se integran a la matriz de insumo producto de la economía yucateca del año 2003 (Albornoz *et al.*, 2012), la cual sirve de base en la estimación de los multiplicadores de Leontief.

La MIP nacional (INEGI, 2007) fue regionalizada con base en la estimación de coeficientes de localización de Flegg y Webber (FLQ), para cada sector vendedor (i) y comprador (j) de insumos intermedios, para ajustar los coeficientes técnicos nacionales a los flujos de comercio intersectorial en e nivel local (Flegg, Webber y Elliot 1995; Flegg y Webber 1997, Flegg y Webber, 2000). La regionalización de la matriz nacional obtenida de esta forma, permitió contar con un instrumento de planeación para el diseño y evaluación de políticas de desarrollo regional (Tohmo, 2004; Flegg y Tohmo, 2011; Bonfiglio y Chelli, 2008).

Cuadro 3
**Clasificación de las actividades productivas de Yucatán según código
 SCIAN 2002**

Código	Actividad	Código	Actividad	Código	Actividad
111	Agricultura	315	Vestido	339	Equipo Médico, Joyería y Otros
112	Ganadería	316	Calzado y Cuero	436	Comercio
113	Silvicultura	321	Madera	48	Transportes Correos y Almacenamiento
114	Pesca	322	Papel y Cartón	49	Almacenamiento
		323	Impresión	51	Telecomunicaciones e Información
212	Minería Caliza, Arcilla y Sal	324	Derivados de Petróleo y Carbón	52	Financieros, Seguros y Fianzas
221	Termoeléctrica	325	Química	53	Alquiler Mobiliario e Inmobiliario Profesionales, Científicos y Técnicos
222	Agua	326	Plástico y Hule	54	Técnicos
236	Edificación	327	Cal, Cemento y Vidrio	556	Dirección y Apoyo a Negocios
237	Obra Pesada	331	Metales	61	Educación
		332	Herrería, Forja y Artículos Metálicas	62	Salud y Asistencia Social
238	Instalaciones, Preparados y Acabados	333	Refrigeración y Maquinaria	71	Culturales, Deportivos y Recreativos
311	Alimentos	334	Computo, Comunicación y Electrónicos	72	Hotelería, Restaurantes y Bares
312	Bebidas	335	Productos Eléctricos y de Generación Eléctrica		Reparación y Mantenimiento; Personales, Sociales y Domésticos
313	Hilos y Telas	336	Autopartes y Carrocerías	81	Actividades Gubernamentales
314	Textiles	337	Muebles	93	Gubernamentales

Fuente: Adrián (2012), Albornoz *et al.* (2012) e INEGI (2007).

2. Resultados

Se estiman los sectores con mayor potencial de crecimiento (valor agregado) ante un escenario de limitación en la disponibilidad de agua subterránea, con base en el cociente del índice del multiplicador de valor agregado tipo II y de agua subterránea tipo II por subsector de actividad con el fin de cuantificar el potencial de crecimiento sectorial por unidad de agua concesionada. Dado que los coeficientes de insumo producto son estáticos¹⁴ (fijos), es muy forzado su empleo para extraer conclusiones en relación al futuro crecimiento de la actividad productiva y el uso del agua, sin embargo, es plausible suponer que en el corto plazo en un periodo no mayor a cinco años la tecnología de producción y de uso del agua en la región no cambian, por lo tanto, el modelo permitiría extraer conclusiones consistentes sobre la próxima evolución de la economía regional ante el escenario propuesto en un periodo de cinco años.

Con el fin de mostrar ya sea que un alto volumen concesionado de agua o un bajo valor agregado producen bajos índices de productividad económica del agua, en el cuadro 4 se presenta el ranking de sectores ordenados de menor a mayor índice valor agregado tipo II-agua tipo II. En especial, se presentan los diez primeros sectores con los índices más bajos (y por lo tanto, más vulnerables) y los diez últimos sectores con los índices más altos (y por lo tanto menos vulnerables)¹⁵. En el cuadro 4, se demuestra que los cuatro primeros sectores más vulnerables están determinados por el elevado índice del multiplicador de agua (por su elevado y poco productivo uso de agua por unidad producida) e independientemente del valor del índice de valor agregado. La interpretación del índice del sector agrícola indica que la proporción del valor agregado del sector agrícola, en relación a la proporción del volumen concesionado de agua en el mismo sector, es de 0.04.

¹⁴ Los coeficientes estáticos (fijos) son una característica del modelo de Leontief, dado que la tecnología de producción sectorial está representada por una función de proporciones fijas y de rendimientos constantes a escala (Miller y Blair, 2009).

¹⁵ Un valor bajo del índice valor agregado tipo II-agua tipo II indica una menor productividad del agua, en términos de la riqueza generada por m³ de agua concesionada. Un índice alto indica una mayor productividad del agua, esto es, mayor riqueza generada por m³ de agua aprovechada. Por lo tanto, a menor productividad del agua, mayor vulnerabilidad del sector a la escasez del mismo; a mayor productividad del agua, menor vulnerabilidad del sector a la escasez del recurso vital.

Cuadro 4

Ranking de sectores según índice de valor agregado tipo II-agua tipo II

Ran- king	Clave SCIAN Sectores	índice de multiplicad or valor agregado	índice de multiplicad or de agua	índice de valor agregad o tipo II-agua tipo II
1	111. Agricultura	1.20	31.02	0.04
2	335. Eléctricos y Generación Eléctrica	0.61	1.36	0.45
3	112. Ganadería	0.56	0.99	0.57
4	311. Alimentos	0.80	1.08	0.75
5	221. Termoelectrica	0.73	0.71	1.03
6	313. Hilos y Telas	0.78	0.67	1.17
7	312. Bebidas	0.79	0.53	1.48
8	315. Vestido	0.66	0.27	2.42
9	93. Actividades Gubernamentales	1.85	0.71	2.59
10	61. Educación	1.98	0.63	3.12
...
36	212. Minería Caliza, Arcilla y Sal	1.17	0.21	5.55
37	52. Financieros, Seguros y Fianzas	1.20	0.21	5.82
38	321. Madera	0.98	0.16	6.13
39	54. Profesionales, Científicos y Técnicos	1.23	0.20	6.26
40	51. Telecomunicaciones e Información	1.09	0.17	6.60
41	114. Pesca	0.97	0.15	6.62
42	334. Cómputo, Comunicación y Electrónica.	0.32	0.05	6.91
43	436. Comercio	1.23	0.18	7.03
44	113. Silvicultura	1.38	0.14	9.94
45	53. Alquiler Mobiliario e Inmobiliario	1.23	0.02	51.33

Nota: los valores de los índices se redondearon, por lo cual, el cociente del índice de multiplicador valor agregado y agua puede no coincidir con el índice de vulnerabilidad.

Fuente: elaboración propia con información.

Los sectores más vulnerables a la limitación en la disponibilidad de agua, es decir, aquellos sectores cuya aportación al crecimiento regional es mínima y cuya concesión de agua por unidad de producto es elevado, medido por el índice de valor agregado tipo II-agua tipo II dado por el cociente de los índices de multiplicadores de valor agregado y de agua subterránea, son aquellos con los índices de concesión de agua más altos. Las actividades tradicionales del sector primario: agricultura y ganadería; manufactureros: alimentos, hilos y telas, bebidas, vestido, productos eléctricos y generación eléctrica; así como la generación de electricidad; además del sector educación y actividades gubernamentales; presentan los menores niveles de productividad del agua; un incremento en la productividad del agua liberaría excedentes de agua que podrían ser reasignados, por la autoridad competente, a actividades alternativas o al incremento en los depósitos no explotados, favoreciendo con ello la conservación y restauración de los equilibrios ecológicos del recurso hídrico.

En el cuadro 5 se puede observar que un poco más de la cuarta parte de la economía estatal (26.83%) y la tercera parte de los empleos (30.36%) estarían en riesgo. En particular, el sector agropecuario, la manufactura ligera, generación de energía eléctrica y las actividades de educación y gubernamentales pueden verse seriamente afectados. Con base en el análisis presentado previamente, se identifica la necesidad de instrumentar políticas de gestión enfocadas no a la oferta del agua (centradas en las concesiones) sino a la administración de la demanda, por medio de mecanismos de asignación de precios que reflejen el verdadero valor social del recurso hídrico y que induzcan al uso eficiente del recurso en los sectores mencionados, para reducir la vulnerabilidad a la que estarían sujetos ante un escenario posible de escasez de agua. Además, las acciones de la autoridad que administra las aguas nacionales deberían enfocarse en llevar un control más efectivo en las concesiones y en los consumos de agua a través de su medición volumétrica en los pozos de extracción y, así, determinar políticas que sancionen los desperdicios o la ineficiencia de su uso en los sectores mencionados, pues se presume que en los sectores con alto riesgo se presenta esta situación.

Cuadro 5
**Sectores más vulnerables a cambios en la disponibilidad de agua
 subterránea en Yucatán (Top ten)**

SCIAN	Sectores menos vulnerables	Índice de valor agregado tipo II-agua tipo II	PIB*	% PIB	Trabajadores	% trabajo
111	Agricultura	0.04	1,999.74	2.07	18,860.83	4.76
335	Eléctricos y Generación Eléctrica	0.45	94.07	0.10	163.00	0.04
112	Ganadería	0.57	1,599.98	1.66	10,380.08	2.62
311	Alimentos	0.75	7,068.87	7.33	18,082.00	4.57
221	Termoeléctrica	1.03	1,577.78	1.64	2,498.00	0.63
313	Hilos y Telas	1.17	427.84	0.44	3,381.00	0.85
312	Bebidas	1.48	1,646.02	1.71	3,298.00	0.83
315	Vestido	2.42	1,165.09	1.21	28,163.00	7.11
93	Actividades Gubernamentales	2.59	4,490.71	4.66	24,600.65	6.21
61	Educación	3.12	5,803.85	6.02	10,808.00	2.73
		(promedio)				
Total		1.36	25,873.96	26.83	120,234.57	30.36

Nota: *millones de pesos.

Fuente: elaboración con base en estimaciones de los autores.

En el cuadro 6, se presentan los sectores menos dependientes de los volúmenes concesionados de agua y por lo tanto menos vulnerables a los cambios en su disponibilidad; destaca el sector comercio por su elevada participación en el PIB y el empleo; otros sectores son la pesca; servicios profesionales, científicos y técnicos; alquiler mobiliario e inmobiliario (es el sector menos vulnerable de toda la economía); silvicultura; cómputo; comunicación y electrónicos; telecomunicaciones e información; madera; servicios financieros, seguros y fianzas, y minería caliza. La gran mayoría de los sectores pertenecen al sector servicios, excepto silvicultura y pesca que pertenecen al sector primario. Las actividades mencionadas representan el 39.72% del Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) y 32.28% de los empleos formales.

Cuadro 6
Sectores menos vulnerables a cambios en la disponibilidad de agua subterránea en Yucatán (top ten)

SCIAN	Sectores menos vulnerables	Índice de valor agregado tipo II-agua tipo II	PIB*	% PIB	Trabajadores	% trabajo
53	Alquiler mobiliario e inmobiliario	51.33	12991.00	13.47	3938.00	0.99
113	Silvicultura	9.94	250.65	0.26	452.09	0.11
436	Comercio	7.03	16631.59	17.24	97276.00	24.56
334	Cómputo, comunicación y electrónicos	6.91	119.15	0.12	487.00	0.12
114	Pesca	6.62	381.02	0.40	10055.00	2.54
51	Telecomunicaciones e Información	6.60	3166.04	3.28	3512.00	0.89
54	Profesionales, científicos y técnicos	6.26	2422.16	2.51	7361.00	1.86
321	Madera	6.13	299.43	0.31	1197.00	0.30
52	Financieros, seguros y fianzas	5.82	1430.54	1.48	2182.00	0.55
212	Minería caliza, arcilla y sal	5.55	649.06	0.67	1368.00	0.35
		(promedio)				
	Total	11.22	38340.62	39.75	127828.09	32.28

Nota: *millones de pesos.

Fuente: elaboración con base en estimaciones de los autores.

Las acciones que se realicen en el presente para preservar el recurso, podrán evitar conflictos sociales futuros entre los sectores en riesgo ligados a las actividades menos productivas y dependientes de elevados volúmenes concesionados (agricultores, ganaderos, obreros de la industria de alimentos, bebidas, textil y vestido, así como burócratas y servicios educativos); también se estaría previniendo entre aquellos y los sectores estables ligados a actividades más rentables y menos dependientes del agua (profesionistas, ejecutivos, agentes de servicios, comerciantes, entre otros). La desigualdad social y económica se exacerbaría entre quienes disponen del recurso para producir y satisfacer sus necesidades y quienes no disponen de agua para cubrir sus requerimientos productivos y de empleo.

La identificación de los sectores más vulnerables ante limitaciones en la disponibilidad de agua se basó en los volúmenes concesionados. No obstante, se pueden sacar conclusiones aproximadas a la realidad que sirvan como un primer acercamiento a la problemática de gestión del agua; por otra parte, la estimación basada en los consumos efectivos de agua arrojaría resultados más fidedignos. Dado lo anterior, los resultados del presente estudio deben tomarse como una primera caracterización de los efectos de la limitación en el volumen disponible de agua, y no pretenden ser resultados definitivos de una realidad que es muy compleja y difícil de ser cuantificada; además, se plantea un escenario posible del uso máximo permitido (concesionado), que no debe descartarse.

Por otra parte, en el cuadro 7 se presentan las tarifas por extracción de agua por m^3 para los diferentes usos y por zona de disponibilidad de los años 2003 y 2012, según la Ley Federal de Derechos (DOF, 2003 y 2012); así mismo, se reporta el precio sombra del agua estimado para el año 2003. Con base en la citada Ley, en la ciudad de Mérida, la mayor concentración urbana y poblacional pertenece a la zona de disponibilidad seis; los municipios costeros de Progreso, Río Lagartos, San Felipe, Sinanché, Telchac Pueblo, Telchac Puerto, Dzan, Dzemul y Dzilam de Bravo, además del municipio de Muna forman parte de la zona siete clasificada como zona de equilibrio; los restantes municipios están en la zona ocho, así determinada por ser una zona con suficiente disponibilidad de agua.

El precio sombra de uso general se estimó tomando en consideración todos los sectores de la matriz de insumo producto estatal (MIPE) (45 subsectores), y el precio sombra de uso industrial-servicios se calculó eliminando los sectores asociados a la actividad primaria (agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) y considerando solo los sectores industriales y de servicios (41 subsectores). En el primer caso, se estimó un precio sombra de \$4.00 por m^3 correspondiente a una tasa de uso $rw=0.1068$, esto es, el cociente de la cantidad de agua subterránea concesionada hasta el año 2003 y la cantidad total de agua disponible para su uso, en la zona de disponibilidad ocho. Por otra parte, se estimó el precio sombra para la zona de disponibilidad uno suponiendo una tasa¹⁶ $rw=1$. Los valores para las zonas de disponibilidad

¹⁶ En el nivel nacional se clasifican a los municipios en ocho ZDD. La zona de disponibilidad uno es la zona de mayor escasez de agua. Y la ZDD 8 es la de mayor disponibilidad de agua. En este trabajo suponemos que no se puede extraer más de lo que se dispone en la cuenca hidrológica, y que no es posible realizar transferencias del recurso entre cuencas, por lo tanto, la máxima tasa de extracción posible se fija en $rw=1$ en la ZDD 1. En Yucatán no existen municipios que pertenezcan a la zona de disponibilidad uno, pero se estimó el precio sombra correspondiente a esta zona para tomarlo como valor de referencia; este, junto con las proporciones que se aplican en las tarifas vigentes según la Ley Federal de Derechos, y el precio sombra estimado para la ZDD 8, permiten estimar el

restantes se estimaron utilizando las proporciones que se aplican en las tarifas vigentes, según la Ley Federal de Derechos (2003, 2012). El precio sombra de las actividades industriales y comerciales estimado fue de \$28.00 pesos para $r_w=0.1068$, el cual fue asignado a la zona de disponibilidad ocho. Se aplicó el criterio seguido en el cálculo del precio sombra de uso general para estimar los valores correspondientes a todas las zonas de disponibilidad para uso industrial y comercial (ver cuadro 6).

Cuadro 7
Tarifa del agua subterránea autoabastecida

año	ZDD	Industria \$/m ³ Tarifa oficial	Agrícola~ Tarifa oficial	agrícola* \$/m ³ Tarifa oficial	precio sombra uso general \$/m ³ estimado	precio sombra industria- servicios \$/m ³ estimado
2003	6	5.5251	0.0000	0.1000	14.96	104.71
	7	4.1587	0.0000	0.1000	11.26	78.81
	8	1.4776	0.0000	0.1000	4.00	28.00
2012	6	8.0297	0.0000	0.1452	n.d.	n.d.
	7	6.0437	0.0000	0.1452	n.d.	n.d.
	8	2.1472	0.0000	0.1452	n.d.	n.d.

Nota: ~ por consumos menores a los concesionados;* por cada m³ que se exceda del volumen concesionado; ZDD: zona de disponibilidad.

Fuente: elaboración propia con base en DOF (2003 y 2012).

Del cuadro se desprenden las siguientes observaciones:

- Las tarifas varían según la zona de disponibilidad y el tipo de uso.
- Las tarifas por m³ para el uso industrial varían de un máximo de 5.5251 a un mínimo de 1.4776 pesos, para el año 2003. En el año 2012, las tarifas por m³ para el mismo uso varían de un mínimo de 2.1472 a un máximo de 8.0297 pesos.
- El uso industrial es el que paga tarifas más elevadas.
- El uso agrícola será cargado con una tarifa de 0.10 pesos por m³ de agua que se exceda al volumen concesionado en el año 2003. En el año 2012, la tarifa por consumos excedentes al concesionado fue de 0.1452 pesos por m³.

precio sombra de la ZDD 6 y también de la 7, los cuales pertenecen a los municipios de Yucatán.

- El uso agrícola, aun cuando representa el mayor consumo consuntivo de agua, no paga tarifa por consumos menores a los volúmenes concesionados.
- Las tarifas se han ido incrementando año con año, pero se presume que las tarifas siguen siendo bajas para todos los usos agrícola e industrial.
- La política de precios no refleja el verdadero valor del agua para todos los usos, ya que el precio sombra estimado para el año 2003, es superior a la tarifa oficial vigente para el mismo año.
- El precio sombra del agua varía según el tipo de uso. Para el año 2003, según uso general, tendría un valor de \$4.00 a \$14.96 pesos en la zona de disponibilidad ocho y seis, respectivamente. El uso industrial-comercial tendría un precio sombra de \$28.00 a \$104.71 pesos en la zona ocho y seis, respectivamente.
- El precio sombra del agua para uso general es menor en relación al correspondiente para uso industrial-servicios, este comportamiento obedece principalmente al hecho de que la mayor parte del uso general es agrícola, lo que representa que el 76.65% del agua subterránea concesionada es para uso consuntivo. Por lo anterior, el precio sombra de uso general es una aproximación al valor del agua en actividades del sector agrícola.
- Futuros estudios deberán abordar la estimación del precio sombra del agua considerando los consumos efectivos de agua y no los volúmenes concesionados.

Las estimaciones sugieren que el precio efectivo (tarifas oficiales) es muy bajo y no refleja la verdadera escasez del recurso hídrico impuesta por el crecimiento urbano desordenado y precipitado de la zona metropolitana de la ciudad de Mérida, la contaminación de los cauces debido a vertidos de aguas residuales de todas las actividades y al uso irracional por desperdicios.

Aún cuando la aplicación de las tarifas sombra induciría una asignación óptima del recurso en usos más productivos y de mayor valor, la corrección de las tarifas en el sector productivo no es viable en las condiciones actuales. Un aumento en las tarifas del agua a su valor sombra llevaría a la bancarrota a las empresas ineficientes, sobre todo en aquellas actividades en las cuales es un recurso básico en la producción (agrícolas, textiles, vestido, alimentaria, productos eléctricos y de generación eléctrica). Las unidades agrícolas ineficientes y sin acceso al mercado de capitales para financiar el cambio de tecnología de uso eficiente de agua, tendrían problemas financieros para seguir operando y la mano de obra liberada migraría a las ciudades en busca de oportunidades de trabajo. Por lo anterior, la corrección en los precios tendría que ser instrumentada a largo plazo, con cambios

graduales apoyados en el funcionamiento eficiente en los mercados relacionados de capitales.

Conclusiones

En la región peninsular y en particular en el estado de Yucatán, no hay problemas derivados a causa de la cantidad de agua disponible para uso productivo; por lo que, la preocupación de los científicos y el organismo responsable de su administración se centra en la extrema vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos subterráneos; sin embargo, si el patrón actual de uso no se modifica, se corre el riesgo de padecer problemas de disponibilidad en las próximas décadas por la sobre-explotación en los acuíferos de la región. El agua es un recurso valioso y su uso sustentable depende de su consumo eficiente en las actividades productivas.

Para garantizar el desarrollo sustentable, con base en el uso eficiente del agua en las actividades productivas, es indispensable que el organismo de Cuenca Península de Yucatán lleve un control efectivo de los consumos, por medio de la medición volumétrica en los sectores: agrícola, pecuario, manufactura ligera, servicios de educación y actividades gubernamentales, e inicie la instrumentación de una política gradual de eliminación de subsidios al consumo autoabastecido de agua para los usos agrícola, pecuario, industrial y comercial.

El presente trabajo es un intento por caracterizar la estructura económica local y el uso sustentable de un recurso vital, como es el agua subterránea, y presenta por lo tanto las limitaciones inherentes al modelo utilizado, a la información disponible sobre volúmenes concesionados y no efectivos, así como al método de estimación indirecto (por coeficientes de localización) de la matriz regional. Por lo anterior, los resultados no pretenden ser exactos sino una aproximación a una realidad local compleja y difícil de explicar.

Para complementar el análisis realizado en este artículo, las futuras extensiones se deberán enfocar en los modelos tipo Ghosh o modelos híbridos, donde el agua esté determinada por la oferta y no por la demanda. En específico, se sugieren dos tipos de simulaciones: la simulación del impacto de una reducción de la oferta del agua en la producción sectorial, valor agregado, empleo; y los impactos en los precios de la economía local en caso de que las tarifas se alinearan al precio sombra estimado a partir de un modelo dual de precios de Leontief. Esto permitiría contar con elementos para realizar un análisis contextualizado en los diferentes factores involucrados en el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico, para una propuesta de política hídrica local.

Es importante mencionar que el análisis del sistema tarifario como tal no se ha realizado, ya que está fuera de los alcances del presente trabajo, aunque ciertamente se reconoce que el precio del agua es un excelente instrumento económico para uso eficiente del recurso (Guerrero, 2007); pero, asimismo, se reconocen las limitantes que al ajuste de este tiene en la práctica por los impactos económicos y sociales expuestos en este trabajo.

Anexo

Anexo 1
Clasificación sectorial con base en el cuadro 1

multiplicadores		agua	
		alto	bajo
valor agregado	alto	111. Agricultura	61. Educación 113. Silvicultura 53. Alquiler mobiliario e inmobiliario 222. Agua 62. Salud y asistencia social 556. Dirección y apoyo a negocios 81. Reparación y mantenimiento 71. Culturales, deportivos y recreativos 436. Comercio 93. Actividades gubernamentales 54. Profesionales, científicos y técnicos 72. Hotelería, restaurantes y bares 212. Minería caliza, arcilla y sal 52. Financieros, seguros y fianzas 51. Telecomunicaciones e información 48. Transportes 327. Cal, cemento y vidrio 238. Instalaciones, preparados y acabados 114. Pesca 321. Madera
	bajo	335. Eléctricos y generación eléctrica 311. Alimentos 112. Ganadería	221. Termoelectrónica 313. Hilos y telas 312. Bebidas 315. Vestido 316. Calzado y cuero 314. Textiles 326. Plástico y hule 325. Química 331. Metales 237. Obra pesada 322. Papel y cartón 339. Equipo médico, joyería y otras manufacturas 336. Autopartes y carrocerías 337. Muebles 323. Impresión 332. Herrería, forja y artículos metálicos 333. Refrigeración y maquinaria 334. Cómputo, comunicación y electrónicos 49. Correos y almacenamiento 236. Edificación 324. Derivados de petróleo y carbón

Referencias

- Adrián, D. (2012). *Matriz insumo producto de consumo intersectorial de agua subterránea en Yucatán*, 2003. (Tesis de Licenciatura en Economía). Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Albornoz, L. (2006), *Actualización y balance por entropía de una matriz de contabilidad social de las regiones rurales de México*. (Tesis de maestría). CEE-El Colegio de México.
- Albornoz, L., Canto, R. y Becerril, J. (2012). “La estructura de las interrelaciones productivas de la economía del estado de Yucatán. Un enfoque de insumo producto”. *Región y Sociedad*, 24(54), 135-174.
- Bonfiglio, A. y Chelli, F. (2008). “Assessing the behavior of non-survey methods for constructing regional input-output tables through a Monte Carlo simulation”. *Economic Systems Research*, 20(3), 243-258.
- CONAGUA (2010*), Consultas al Registro Público de Derechos de Agua, Subdirección General de Administración del Agua, Centro Integral de Servicios, Mérida Yucatán: Organismo de Cuenca Península de Yucatán.
- CONAGUA (2010b), *Estadísticas del Agua en México* (edición 2010), México: SEMARNAT.
- CONAGUA (2011a), *Estadísticas del Agua en México, Usos del Agua* (edición, 2011), México: SEMARNAT.
- CONAGUA (2011b), *Estadísticas del Agua en México, Situación de los Recursos Hídricos* (edición, 2011), México: SEMARNAT.
- Dietzenbacher, E. y Velázquez, E. (2007), “Analyzing Andalusian virtual water trade in an input output framework”, *Regional Studies*, vol. 41, núm. 2, págs. 185-197.
- Dinar, A., Guerrero, H., Yúnez, A. y Medellín, J. (2008). Políticas en el sector agua, herramientas para la evaluación de sus implicaciones económicas y ambientales: una visión panorámica. En Guerrero, H., Yúnez, A., y Medellín, J. (Coords.), *El Agua en México: Implicaciones de las Políticas de Intervención en el Sector*. México: FCE.
- DOF (2003). *Ley Federal de Derechos Normas Aplicables en Materia de Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos Inherentes*. Disponible en http://www.pnuma.org/deramb/compendio_legislacion/LegislacionNacionalMexicana/LeyesFederales/LEY%20FED%20DERECH%20AGUA%202003.pdf consultado el 29 de mayo de 2012.

- DOF (2009). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea acuífero (3105) Península de Yucatán, estado de Yucatán*. CONAGUA, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de Acuíferos, publicado el 28 de agosto de 2009. México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF (2012). *Ley Federal de Derechos*, última actualización publicada el 9 de abril de 2012 en el Diario Oficial de la Federación.
- Duarte, R., Sánchez, J. y Bielsa, J. (2002). "Water use in the Spanish economy: an input-output approach". *Ecological Economics*, 43(1), 71-85.
- FAO (2003), Descubrir el potencial del agua para la agricultura, Departamento de Desarrollo Sostenible. Disponible en www.fao.org/docrep/006/y4525s/y4525s00.htm
- Flegg, A. T. y Tohmo, T. (2011). Regional input-output tables and the FLQ formula: A case study of Finland. *Regional Studies*, 47(5), 703-721. DOI: 10.1080/00343404.2011.592138.
- Flegg, A. T., Webber, C. D. y Elliot, M.V. (1995). "On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables and the FQL formula". *Regional Studies*, 29(6), 547-561.
- Flegg, A. T. y Webber, C.D. (1997). "On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables: Reply". *Regional Studies*, 31(8), 795-805.
- Flegg, A. T. y Webber, C. D. (2000). "Regional size, regional specialization and the FLQ formula". *Regional Studies*, 34(6), 563-569.
- Guajardo, R. y García, P. (2001). "Análisis de la estructura del sector agua en Nuevo León y sus relaciones intersectoriales". *Estudios Económicos*, 16(2), 253-270.
- Guerrero García Rojas, H. (2005a). *Industrial Water Demand in Mexico: Econometric Analysis and Implications for Water Management Policy*. (Tesis doctoral), Université des Sciences Sociales, Toulouse I, Francia.
- Guerrero García Rojas, H. (2005b). "The cost of providing and the willingness to pay for water in the municipal and industrial sectors". *World Bank: Mexico Economic Sector Work, Reporte final (mayo 2005)*.
- Guerrero G.R., H. (2007). El Uso de Instrumentos Económicos para una Gestión de los Recursos Hídricos (enfoque global de la gestión integrada). En *Economía del Agua* (63-76). España: Servicios de publicaciones de la Junta de Castilla-La Mancha.

- INEGI (2002). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte*. Segunda edición. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (2007). Matriz de insumo producto 2003 a nivel rama, Dirección General de Estadísticas Económicas, Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (2010). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Liu, X. y Chen, X. (2008). "Methods for Approximating the Shadow Price of Water in China". *Economic Systems Research*, 20(2), 173-185.
- Llop, M. (2006). "Economic Impacts of alternative water policy scenarios in the Spanish production system: an input output analysis". *Facultat des Ciencies Economiques i Empresariales, Universitat Rovira I Virgili, España, Document de treball departmet de economia 2072/3681*,
- Marín, L., Pacheco, J. y Méndez, R. (2004). "Hidrogeología de la Península de Yucatán". En Jiménez, B. y Marín, L. (Eds.), *El Agua en México Vista desde la Academia*. México: Academia Mexicana de Ciencias.
- Marín, L. (2007). The Role of Science in Managing Yucatan's Groundwater. En Holliday, L., Marín, L., y Vaux, H. (Eds.), *Strengthening Science-Based Decision Making in Developing Countries Sustainable Management of Groundwater in Mexico*. United States: NAP.
- Meacham, S. (2007). Freshwater resources in the Yucatan Peninsula". En Holliday, L., Marín, L. y Vaux, H. (Eds.), *Strengthening Science-Based Decision Making in Developing Countries Sustainable Management of Groundwater in Mexico*. United States: NAP.
- Mendez, R. y Castillo, R. (2009). Manejo sanitario de granjas porcinas y avícolas en Yucatán. México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Metcalf, C., Beddows, P., Gold, G., Metcalfe, T., Li, H. y Van Lavieren, H. (2011). "Contaminants in the coastal karst aquifer system along the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula, Mexico". *Environmental Pollution*, 159, 991-997.
- Miller, Ronald E. y Blair, P. (2009). *Input-output analysis, foundations and extensions*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Okadera, T., Watanabe, M. y Xu, K. (2006). "Analysis of water demand and water pollutant discharge using a regional input output table: an application to the city of Chongqing, upstream of the Three Gorges Dam in China". *Ecological Economics*, 58(2), 221-237.

- Pacheco, J., Marín, L., Cabrera, A., Steinich, B., Escolero, O. (2001). "Nitrate temporal and spatial patterns in 12 water-supply Wells, Yucatan, Mexico". *Environmental Geology*, 40(6), 708-715.
- Rivero, E. y García, H. (2011). "Instrumentos económicos y de política pública para la asignación de agua subterránea para uso agrícola en México". *Revista de Economía Facultad de Economía Universidad Autónoma de Yucatán*, 28(76), 41-80.
- Smajgl, A. y Liagre, L. (2010). "Analysing Implications of limited water availability for Great Barrier Reef Catchments". *Economic Systems Research*, 22(3), 263-277.
- Tohmo, T. (2004). "New developments in the use of location quotients to estimate regional input-output coefficients and multipliers". *Regional Studies*, 38(1), 43-54.
- Velázquez, E. (2006). "An input output model of water consumption: Analyzing intersectoral water relationships in Andalusia". *Ecological Economics*, 56(2), 226-240.
- Yúnez, A. y Rojas, G. (2008). Perspectivas de la agricultura ante reducciones en la disponibilidad de agua para riego un enfoque de equilibrio general. En Guerrero H., Yúnez A. y Medellín J. (Coords.), *El agua en México consecuencias de las políticas de intervención en el sector*. México: Fondo de Cultura Económica.

Ensayos Revista de Economía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, volumen treinta y tres, número dos, se terminó de imprimir el primero de noviembre del año dos mil catorce en los talleres de Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64000.
El tiraje consta de 30 ejemplares.

Ensayos Revista de Economía es una revista arbitrada que publica artículos de investigación inéditos de alto rigor académico en los campos de la economía aplicada y teórica, la estadística y las ciencias sociales afines. Se publican trabajos en español e inglés dos veces al año, enero y julio. Está indexada en EconLit (*American Economic Association*), SciELO México, Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología (CRMCyT) del Consejo Nacional de Ciencia, Humanidades y Tecnología (CONAHCYT), CLASE, Latindex, SciELO y puede consultarse en la base de datos Fuente Académica Premier™ de EBSCO y en *RePEc* (*Research Papers in Economics*).

Instrucciones para autores:

- Los trabajos deben corresponder a investigaciones concluidas que planteen claramente una hipótesis.
- Se dará preferencia a los trabajos que empleen un modelo teórico matemático como soporte o una metodología estadística/econométrica que someta a prueba la hipótesis.
- Los artículos deben enviarse acompañado de una carta firmada por el autor o los autores declarando que posee(n) los derechos de autor, que el trabajo es inédito y original, y que no está sometido, ni en proceso, para su publicación total o parcial en otra revista especializada o libro.
- El autor o los autores debe(n) enviar una copia de su currículum vitae.
- Los artículos pueden redactarse en inglés o español; sin embargo, el título, el resumen y las palabras clave deben presentarse en ambos idiomas.
- El resumen no excede las 150 palabras e incluye los códigos de clasificación JEL después del resumen.
- El título del trabajo debe ser claro y breve (máximo 10 palabras).
- Los manuscritos deben enviarse en formato compatible con Microsoft Word, con una extensión máxima de 45 cuartillas, interlineado de 1.5, y fuente Times New Roman tamaño 12.
- Las gráficas y cuadros deben enviarse en formato Excel. No se deben incluir gráficas o cuadros en formato de imagen.
- La sección de referencias incluye únicamente los trabajos citados en el texto, ordenados alfabéticamente y siguiendo el formato establecido para citar artículos, libros, capítulos de libros, informes técnicos, tesis, entre otras fuentes de información. Las instrucciones de citación están disponibles en la página de la revista.
- Los artículos deben enviarse de forma electrónica a través de la página de la revista: <http://ensayos.uanl.mx>. Para ello, el autor debe registrarse en la página como usuario y seguir los cinco pasos para nuevos envíos.

Ensayos Revista de Economía is a peer-reviewed journal that publishes original research articles of high academic rigor in the fields of applied and theoretical economics, statistics, and related social sciences. The journal publishes works in both Spanish and English twice a year, in January and July. It is indexed in EconLit (*American Economic Association*), SciELO Mexico, *Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología* (CRMCyT) of the *National Council of Science, Humanities, and Technology* (CONAHCYT), CLASE, Latindex, SciELO, and can also be accessed through the *Fuente Académica Premier™* database by EBSCO and *RePEc* (*Research Papers in Economics*).

Author guidelines:

- The papers must correspond to completed research that clearly states a hypothesis.
- Preference will be given to papers that employ a supporting mathematical theoretical model or a statistical/econometric methodology that tests the hypothesis.
- Articles must be accompanied by a signed letter from the author(s) declaring ownership of the copyright, originality of the work, and that is not under review or in process for full or partial publication in another specialized journal or book.
- The author(s) must send a copy of their curriculum vitae.
- Articles may be written in English or Spanish; however, the title, abstract, and keywords must be presented in both languages.
- The abstract must not exceed 150 words, and should include JEL classification codes after the abstract.
- The article title should be clear and concise (maximum of 10 words).
- Manuscripts must be submitted in a Microsoft Word compatible format, with a maximum length of 45 pages, 1.5 line spacing, and Times New Roman font, size 12.
- Graphs and tables must be submitted in Excel format. Graphs or tables in image format are not accepted.
- The reference section should include only works cited in the text, listed alphabetically and following the citation format for articles, books, book chapters, technical reports, theses, and other sources. Citation guidelines are available on the journal's website.
- Articles must be submitted electronically through the journal's website: <https://ensayos.uanl.mx>. Authors must register as users and follow the five steps for new articles.

ENSAYOS
Revista de Economía