

Obteniendo indicadores de actividad económica municipal basados en información representativa de los Censos Económicos

Obtaining Municipality-Level Economic Activity Indicators Based on Representative Economic Censuses information

Francisco de Jesús Corona Villavicencio* y Jesús López-Pérez**



* Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), franciscoj.corona@inegi.org.mx

** INEGI, jesus.lopez@inegi.org.mx

Nota: nuestra gratitud por los comentarios y sugerencias realizadas por el personal de la Dirección General Adjunta de Cuentas Nacionales del INEGI, en particular a Francisco Guillén, Lourdes Mosqueda, Leonel García y Jaime Rodríguez; asimismo, se agradece el acceso al Laboratorio de Microdatos del Instituto, en especial a Natalia Volkow; por último, nuestro agradecimiento a Gerardo Leyva Parra, director general adjunto de Investigación por sus valiosas aportaciones.

Con el objetivo de producir información económica a nivel municipal con una temporalidad y desagregación sectorial pertinente —la cual permita a quienes toman decisiones generar políticas económicas—, en este trabajo se presenta una metodología para desarrollar indicadores de actividad económica (IAE) a nivel municipal del 2003 al 2013 para todos los municipios de México, la cual se basa en utilizar la Regla de Combinación de Guerrero y Peña (2003) e información regionalmente representativa de los Censos Económicos (CE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Con el fin de tener una medición de la incertidumbre asociada al hacer uso de la metodología propuesta, se construyen IAE estatales, los cuales son comparados con el Producto Interno Bruto de cada entidad publicados por el Sistema de Cuentas Nacionales de México. Se puede concluir que el error de estimación se debe sobre todo a que los CE no incorporan el total de la economía; no obstante, tienden a reflejar de buena manera los principales sectores económicos. Se ilustran los resultados para los municipios económicamente más representativos del país.

Palabras clave: error de estimación; interpoladores; Producto Interno Bruto; Regla de Combinación; Valor Agregado Censal Bruto.

Recibido: 26 de diciembre de 2018
Aceptado: 12 de febrero de 2019

1. Introducción

Hoy en día existe una creciente demanda de información económica con un nivel de desagregación regional y temporal mayor a la publicada de forma oficial. En la actualidad, para muchos indicadores se cuenta con datos que pueden llegar a ser, incluso, solo de nivel nacional y con una temporalidad quinquenal, lo cual imposibilita al sector académico y a quienes toman decisiones realizar políticas económicas con una mejor precisión. Por tal motivo, tener información más desagregada permite, por ejemplo, elaborar un mayor número de análisis económicos y econométricos, lo cual puede traducirse en la implementación de políticas públicas en beneficio de la sociedad. En consecuencia, dado el gran despliegue de recursos económicos, huma-

In order to produce economic information at the municipal level with appropriate timing and sectorial breakdown —which allows decision makers to generate economic policies— this paper presents a methodology for developing indicators of economic activity (IAE) at the municipal level 2003 to 2013 for all municipalities in Mexico. It is based on the combination rule of Guerrero and Peña (2003) and regionally information representative of the Economic Census (EC) of the National Institute of Statistics and Geography. In order to have a measure of the uncertainty associated with the use of the proposed methodology IAEs at state level are constructed, which are compared to the gross domestic product of each entity published by the System of National Accounts of Mexico. It can be concluded that the estimation error is mainly due to the fact that the EC does not include the total economy; however, they tend to reflect in a good way the main economic sectors. The results are illustrated for the most economically representative municipalities in the country.

Key words: Estimation error; Interpolation techniques; Gross Domestic Product; Combination Rule; Gross Census Value Added.

nos y materiales necesarios para obtener indicadores económicos de manera directa —sea a través de los Censos Económicos (CE) o encuestas— hoy en día ha surgido una gran cantidad de trabajos que implementan técnicas de estimación para la obtención de indicadores con mayor nivel de desagregación.

Con el objetivo de realizar un recuento técnico de lo existente en la literatura relacionada con resolver esta problemática, podemos dividir entre los métodos de estimación de áreas pequeñas (SAE, por sus siglas en inglés) y los de desagregación temporal, cada uno de los cuales permite generar indicadores económicos con las características de desagregación sectorial, geográfica o temporal deseadas.

Dentro del primer grupo de trabajos, podemos mencionar los desarrollados por Battese *et al.* (1988), Casas-Cordero *et al.* (2015), Correa *et al.* (2012), Drew *et al.* (1982), Elbers *et al.* (2003), Marhuenda *et al.* (2018), Molina y Morales (2009), Molina *et al.* (2014), Molina y Rao (2010), así como Torabi y Rao (2014), entre muchos otros, quienes sobre todo generan indicadores de pobreza, desigualdad y fuerza laboral. Cabe mencionar que estos estimadores cuentan con una desagregación regional mayor a los datos publicados de manera oficial, aunque vale la pena destacar que la frecuencia temporal corresponde a la periodicidad con la cual se actualizan estas fuentes de información, por ejemplo, cada cinco años, de acuerdo con los periodos censales e intercensales. Existe la posibilidad de utilizar datos provenientes de registros administrativos, sin embargo, dado que su incorporación como elementos de análisis y estimación es reciente, restringen que estos datos puedan generar indicadores con una temporalidad histórica mayor.

También, vale la pena destacar el trabajo de Suárez-Campos *et al.* (2015) donde se comparan los resultados de la estimación directa y los obtenidos a través de modelos lineales mixtos con el ingreso promedio mensual por trabajo en la vivienda para todos los municipios de México; lo anterior, a partir de los datos proporcionados por la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2010.

Por otra parte, entre las investigaciones enfocadas a desagregar por temporalidad indicadores económicos desde una perspectiva de análisis de series de tiempo, podemos mencionar a Chow y Lin (1971), Denton (1971), Nieto (1998), Guerrero y Nieto (1999), Di Fonzo (1990) y el muy recurrente método utilizado en estadística oficial, conocido como de Denton-Cholette (ver Dagum y Cholette, 2006).

En fechas recientes, Guerrero y Corona (2018a, 2018b) propusieron el uso de técnicas de empalme de series de tiempo, desagregación temporal y retropolación restringida para generar series esta-

tales y trimestrales del Producto Interno Bruto (PIB) por Gran Actividad Económica (GA). El requisito indispensable tanto en los trabajos de SAE como de desagregación temporal es utilizar variables auxiliares, las cuales deben tener un carácter más oportuno en lo que se refiere a su actualización y, a la par, es fundamental que estén correlacionadas con los indicadores que se desea estimar o desagregar.

En este contexto, hay una disyuntiva en las agencias generadoras de información oficial sobre hasta qué punto un dato estimado o desagregado puede ser o no publicado como dato oficial e, incluso, solo como cifra experimental, pues tanto las técnicas de SAE como de desagregación temporal conllevan a la estimación de una variabilidad aludida al método de estimación que, muchas veces, puede generar que lo estimado no sea del todo fiable.

En lo que respecta a los métodos de SAE, Molina (2018) menciona que, aunque no existe un consenso absoluto sobre el coeficiente de variación (CV) permitido —entendido éste como el grado de variabilidad atribuible al método de estimación—, los institutos nacionales de estadística no deben de publicar, en ningún caso, un CV superior a 20 por ciento. Nótese que, en este caso, el CV depende directamente del tamaño de la muestra y se espera que, conforme éste sea más grande, el error atribuible al método de estimación sea más pequeño; no obstante, esto puede implicar un gran uso de recursos económicos y humanos haciendo, en muchos casos, que el cálculo del indicador sea inviable.

En cuanto a los métodos de desagregación temporal, el enfoque puede llegar a ser diferente pues, por ejemplo, el más utilizado en estadística oficial —Denton-Cholette— no genera una medida en relación con la variabilidad atribuible al método de estimación. Guerrero y Corona (2018a) enfatizan en la importancia de estimar la matriz de covarianza en el proceso de desagregación temporal y es esperable que, conforme la variable auxiliar tenga una mayor relación con la variable a desagregar, el error asociado al método de estimación,

será menor. También, es importante considerar que los supuestos que subyacen de los modelos de series de tiempo llevan a tomar en cuenta hechos estilizados y con mucha frecuencia recurrentes en series de tiempo económicas, como los conceptos de no estacionariedad y cointegración. En ambos enfoques metodológicos es importante que los datos validen los supuestos de los modelos implementados para los objetivos particulares.

En lo que concierne a la generación de indicadores de actividad económica (IAE) regional puntuales, con un nivel de desagregación municipal y un sentido temporal anual para México, podemos situar el problema de estimación en un punto intermedio entre las técnicas de SAE y los procedimientos de desagregación temporal pues, por un lado, existe información auxiliar con un nivel de agregación regional mayor, cuya temporalidad es anual (PIB estatal) y, por el otro, hay variables regionales que permitirían desagregar a nivel municipal, provenientes de los CE realizados cada cinco años. En este sentido, nótese que si el PIB municipal es el vector que se desea estimar, podemos hacer uso de información preliminar proveniente de los CE, de tal forma que se puede imponer la restricción de que la suma del PIB municipal sea equivalente al estatal, con un nivel de desagregación regional, sectorial y temporal pertinentes. La formalización de esta idea está dada por Guerrero y Peña (2003) y es conocida como la Regla de Combinación (RC), la cual, dado que permite la inclusión de restricciones contemporáneas (sectoriales o geográficas) y temporales, representa una alternativa coherente para dar solución a este problema.

Algunos trabajos empíricos que anteceden a éste son los de Ebener *et al.* (2005), que resaltan la importancia de la estimación de datos subnacionales para la cuantificación de la pobreza, ya que la agregación a nivel nacional tiende a enmascarar las variaciones subnacionales. Para este propósito, hacen uso de imágenes satelitales para mostrar que el tamaño de superficie iluminada y el porcentaje de la frecuencia de luminosidad pueden predecir el PIB per cápita a nivel nacional y subnacional.

También Henderson *et al.* (2012) proponen un enfoque alternativo y novedoso para medir el crecimiento económico utilizando series de tiempo de luminosidad nocturna proveniente de imágenes satelitales. Con base en este último, han surgido diferentes aportaciones y, para el caso de México, se encuentra el trabajo reciente de Guerrero y Mendoza (2018) y el de Llamosas-Rosas *et al.* (2018). Ambos utilizan la base de datos de la oficina de Administración Nacional Oceánica y Atmosférica para obtener información sobre luminosidad nocturna; el primero para estimar el crecimiento del PIB por países de 1993 al 2008 y, en particular, para México, China y Chile; el segundo, para determinar el crecimiento económico de las principales 15 zonas turísticas de playa en México de 1993 al 2017.

Sin embargo, ninguno de estos trabajos incluye restricciones oficiales de carácter contable. Vale la pena mencionar que el Buró del Censo de los Estados Unidos de América calculó de manera directa el PIB por zona metropolitana del 2002 al 2017, mientras que el Banco Central del Ecuador publica anualmente, desde el 2007, cifras del valor agregado bruto cantonal para las 221 provincias del país, calculadas con base en registros contables.

En esta investigación, el objetivo principal es estimar los IAE para todos los municipios y delegaciones¹ de México del 2003 al 2013 bajo un enfoque de estimación, usando la RC de Guerrero y Peña (2003), basado en el uso de información oficial y recomendaciones realizadas por el Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para contar con un primer acercamiento sobre la actividad económica a nivel municipal de manera fidedigna, cuya metodología pueda ser replicable y utilizada por los diferentes tomadores de decisiones de política económica.

Dado que no es objetivo del trabajo realizar un análisis estructural de los resultados sino, más bien, con fines metodológicos, dicha metodología pro-

¹ Hoy demarcaciones territoriales de la Ciudad de México.

puesta se valida en una aplicación real donde se puede estimar un error fuera de muestra y también se realiza una aplicación empírica con los datos municipales estimados.

En la segunda sección del artículo se describe la metodología usada para generar IAE municipal utilizando la información de los CE y del SCNM. En la tercera, se presentan los resultados de aplicar la metodología sugerida, primero analizando su funcionamiento utilizando datos estatales, evaluando el error fuera de muestra y, después, se producen IAE para los 20 municipios más importantes de las tres GA y el total. En la cuarta, se revisa la consistencia de los IAE municipales a través de un análisis de la evolución económica de los estados. Por último, en la quinta se muestran las conclusiones y consideraciones finales.

2. Metodología

Aquí, primero se realizan consideraciones de carácter metodológico, las cuales fueron sugeridas por el SCNM del INEGI para obtener IAE que reflejen las condiciones económicas municipales de mejor manera. Después, partiendo del hecho de que los CE se levantan cada cinco años, se establece la metodología para generar IAE municipales.

2.1 Consideraciones metodológicas

Para la formación de los IAE —considerando las sugerencias ya mencionadas—, en primera instancia se delimita trabajar con información del Valor Agregado Censal Bruto (VACB) ya que, técnicamente, representa el PIB antes de impuestos. También, se busca equivalencia y representatividad regional entre la información de los CE y de las cuentas nacionales. Para ello, se toman en cuenta solo sectores de los CE que durante el proceso de recolección de datos reflejan las condiciones económicas de las entidades federativas y de los municipios, ya que después, durante el proceso de integración de la información, se agrupan los datos en unidades económicas concentradoras (matrices, conglomerados,

grupos financieros, etc.) bajo cierta delimitación geográfica, pues no necesariamente el domicilio fiscal es equivalente al lugar geográfico donde se realiza la actividad económica. A manera de ejemplo, en el sector 52. *Servicios financieros y de seguros*, gran parte de su actividad se reporta en la Ciudad de México, ya que ahí se encuentra la mayoría de las empresas corporativas; no obstante, esto no significa que no haya actividad de dicho sector en el resto de las entidades. De esta manera, para la formación de los IAE, los siguientes sectores no son incluidos:

- 23. Construcción.
- 48-49. Transportes, correo y almacenamiento.
- 52. Servicios financieros y de seguros.
- 55. Corporativos.

A la par de ellos, tampoco se considera el 93. *Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales*, ya que los CE no reportan información del VACB para este sector.

Para el 11. *Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza*, se recurre a las bases de datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) sobre agricultura y ganadería (SAGARPA, 2018), para complementar la información de los CE, que solo consideran silvicultura y acuicultura. Asimismo, la información proveniente de los CE considerados (INEGI, 2004, 2009 y 2014) está libre de confidencialidad, es decir, se recurrió al Laboratorio de Microdatos del INEGI para producir la información que permite generar los IAE con la representatividad sectorial y regional deseadas.

Cabe anotar que, dada la naturaleza de los CE, los IAE generados están dando señales de la economía relacionadas con las unidades económicas fijas y semifijas, es decir, no consideran a otras, como las del ambulante ni las casas-habitación donde se efectúa una actividad productiva para autoconsumo o se ofrecen servicios que se realizan en otro sitio, etc.; en otras palabras, los CE no consideran el total de la economía. Así, existe una clara distinción

entre un IAE y el PIB, donde este último sí considera toda la estructura de la economía. Para fines de comparación estadística en la medición del error, se hace uso indistinto entre los IAE estimados y los PIB obtenidos a través del SCNM.

2.2 Obteniendo los IAE municipales con datos de los CE

Supongamos un vector de estimaciones preliminares del PIB municipal dado por $W^* = (W_1^*, \dots, W_H^*)'$ con $W_h^* = (W_{1,h}^*, \dots, W_{N,h}^*)'$ para los años censales $h = 1, \dots, H$ con $W_{i,h}^* = \Omega_h Y_{ih}$, donde $\Omega_h = \frac{VACB_{i,h}}{\sum_{i=1}^N VACB_{i,h}}$; es decir, W_h^* son vectores formados por las razones de VACB a nivel municipal para algún sector en específico, dividido entre el VACB del total del estado y multiplicado por $Y_{i,h}$ que, en este caso, representa el PIB estatal solo para los años censales.

Por tal motivo, ya que W^* no está definida para cualquier año $t = 1, \dots, T$, donde se tiene la relación $t = 4h-3$, es necesario realizar aproximaciones a través de interpoladores —denotados como f_s —, los cuales pueden ser lineales o no. De esta manera, podemos caracterizar al nuevo vector de estimaciones preliminares de la siguiente forma:

$$W = f_s(W^*), \quad (1)$$

donde $W = (W_1', \dots, W_T')'$ con $W_t = (W_{1,t}, \dots, W_{N,t})'$. De manera matemática, si q es un número entero, entonces las estimaciones se denotan como:

$$f_s(W^*) = \begin{cases} W_t' = W_q^{*'} & \text{si } \frac{t+3}{4} = q, \\ W_t' = f_s(W_{q-1}^{*'}, W_q^{*'}) & \text{si } \frac{t+3}{4} \neq q. \end{cases} \quad (2)$$

Es decir, la información inexistente entre $W_{q-1}^{*'}$ y $W_q^{*'}$ se obtiene a través de utilizar una interpolación f_s que, en este particular caso, se le aplica a los cuatro puntos faltantes entre cada año censal. Se denotan tres diferentes f_s , primero se propone el uso del interpolador lineal $S_{L'}$, donde se unen los puntos a través de una proporcionalidad lineal en-

tre los datos faltantes, es decir la utilizada con más frecuencia en trabajos similares, como por ejemplo en Germán-Soto (2005). También, se utiliza el procedimiento sugerido por Forsythe *et al.* (1977), $S_{SP'}$, donde se ajusta una posición cúbica exacta a través de los cuatro puntos en cada extremo de los datos y el algoritmo de Stineman (1980), $S_{ST'}$, donde se computan pendientes más bajas cerca de pasos o picos abruptos en la secuencia de puntos. Para lo anterior, se usa la librería *imputeTS* del programa estadístico R (R Core Team, 2017).

Nótese que este procedimiento trasladado al problema de Guerrero y Corona (2018a, 2018b) correspondería a la fase de desagregación temporal.

En consecuencia, sea Z el PIB municipal para algún sector, podemos establecer la siguiente relación:

$$Z = W + D, \quad (3)$$

donde Z y D tienen dimensiones iguales a W , siendo D un vector de discrepancias con $E(D/W) = 0$. Asimismo, se establece la siguiente relación conocida:

$$Y = cZ, \quad (4)$$

donde $c = (1, \dots, 1)'$ es un vector de dimensión N , de tal forma que la suma de los PIB municipales estimados sean equivalentes al PIB estatal observado.

Siguiendo a Guerrero y Corona (2018b), quienes utilizan la RC para reconciliar cifras preliminares a un total oficial, la estimación óptima resultante es de la forma $\tilde{Z} = W + A(Y - cW)$ con $A = c'(cc')^{-1} = \frac{1}{N}c'$, de manera que se obtiene la solución:

$$\tilde{Z} = W + \frac{1}{N}c'(Y - cW), \quad (5)$$

que satisface la restricción, pues $c\tilde{Z} = cW + \frac{1}{N}cc'(Y - cW) = Y$.

Ahora, en lugar de usar la misma ponderación para todos los municipios para distribuir la discrepancia entre el dato estatal Y y la suma de los valo-

res municipales cW —que es lo que ocurre al usar $\frac{1}{N}c'$ —, se propone utilizar un promedio ponderado donde la ponderación es la proporción del sector de cada municipio en el total estatal. Esto se logra al definir las ponderaciones:

$$p_{it} = W_{it} (cW)^{-1} \text{ para } i = 1, \dots, N, \quad (6)$$

donde $W_{i,t}$ es el valor del sector en el municipio i y el año t , proveniente de la base de datos estatal estimada mediante el uso de interpoladores, mientras que $cW = \sum_{i=1}^N W_{i,t}$ es el total estatal estimado del sector en consideración. Por lo tanto, en la expresión por usar se sustituye al vector $\frac{1}{N}c' = (\frac{1}{N}, \dots, \frac{1}{N})'$ por $p = (p_{1,t}, \dots, p_{N,t})' = W(cW)^{-1}$, con lo que se obtiene la solución buscada:

$$\hat{Z} = W + p(Y - cW), \quad (7)$$

que cumple con la restricción contable, o sea, $c\hat{Z} = cW + cp(Y - cW) = Y$, debido a que $cp = \sum_{i=1}^N W_{i,t} (cW)^{-1} = 1$. En este caso, \hat{Z} representa al IAE municipal. De manera alternativa, se pudo proponer el uso del método RAS de tal forma que, sabiendo que, en teoría, las participaciones $\sum_{t=1}^T \Omega_t = 1$ para toda i , se pueden ajustar las discrepancias contables utilizando dicho método. En este trabajo se eligió mantener el concepto estadístico de la reconciliación de cifras oficiales con base en restricciones contemporáneas, tanto sectoriales como geográficas.

3. Aplicación empírica

3.1 Indicadores de actividad económica estatal: evaluación del error fuera de muestra

Para evaluar el funcionamiento de las técnicas sugeridas en la sección 2.1, se estima Z usando datos estatales, $\hat{Z}_{i,t}^E$, estimando el siguiente estadístico:

$$MAPE = (MAPE_1, \dots, MAPE_N), \quad (8a)$$

$$MAPE_i = \left| \frac{\hat{Z}_{i,t}^E - Y_{i,t}}{\sum_{t=1}^T Y_{i,t}} \right| \frac{1}{T} \quad (8b)$$

donde $MAPE_i$ es la media absoluta del porcentaje de error estimado para la entidad federativa i en algún sector en particular.

Para resumir los resultados, el $MAPE_i$ se presenta como un estadístico ponderado de acuerdo con el peso que tiene cada una de las i entidades, de tal manera que, para cada sector, tenemos lo siguiente:

$$MAPE^p = cpMAPE. \quad (9)$$

Si consideramos las tres GA podemos, asimismo, tener el siguiente error ponderado:

$$MAPE^{p\omega} = \omega (MAPE_{GA1}^p, MAPE_{GA2}^p, MAPE_{GA3}^p), \quad (10)$$

donde $\omega = \frac{1}{PIB} (GA1, GA2, GA3)$. Nótese que, en este caso, podemos utilizar como variable preliminar a $W_{i,h}^* = \Omega_h^* Y_{i,h}$, donde $\Omega_h^* = \frac{PIB_{i,h}}{\sum_{i=1}^N PIB_{i,h}}$, de tal manera que no existe error de interpolación atribuible a $W_{i,h}^*$ a través de la información de los CE. En otras palabras, es el error atribuible solo al método de estimación ya que, para el 2003, 2008 y 2013 no existen errores generados por las diferencias entre los valores de los CE y los provenientes del SCNM. En esencia, se está suponiendo que el VACB es equivalente al PIB. En el segundo caso se considera Ω_h , de tal manera que el error es atribuible tanto al método de interpolación como a las diferencias existentes entre la información proporcionada por CE y la que reporta el SCNM.

En el cuadro 1 se muestran los errores de estimación considerado por GA y para el total ponderado para cada uno de los interpoladores utilizados.

Se puede apreciar que el error ponderado atribuible a los interpoladores es muy pequeño, ya que alcanza un máximo de 0.048 para el S_{sp} en la GA1, obteniendo en todos los casos el menor o igual error para el procedimiento S_L , es decir, para el interpolador lineal, donde se obtiene un $MAPE^{p\omega}$ de 0.020. Cuando se asume $W_{i,h}^* = \Omega_h^* Y_{i,h}$, se puede apreciar que los errores se incrementan en todos los casos; no obstante, el menor sigue siendo cuan-

Cuadro 1

Porcentajes absolutos de error para cada método de interpolación por GA y total ponderado

Método	$W_{i,h}^* = \Omega_h^* Y_{i,h}$				$W_{i,h}^* = \Omega_h Y_{i,h}$			
	GA1	GA2	GA3	Total	GA1	GA2	GA3	Total
S_L	0.045	0.038	0.008	0.020	0.118	0.194	0.188	0.188
S_{SP}	0.048	0.040	0.009	0.021	0.118	0.197	0.197	0.195
S_{ST}	0.047	0.039	0.009	0.021	0.118	0.196	0.196	0.193

do se utiliza el método S_L , que en este caso se obtiene un $MAPE^{p\omega} = 0.188$.

En términos económicos, esperaríamos que, si las desigualdades económicas entre las entidades que componen al país se mantienen relativamente igual de heterogéneas entre los municipios que forman las entidades, los errores atribuibles al método de estimación y al uso de los CE serían similares a los obtenidos en la última columna del cuadro 1, dependiendo del tipo de interpolador usado.

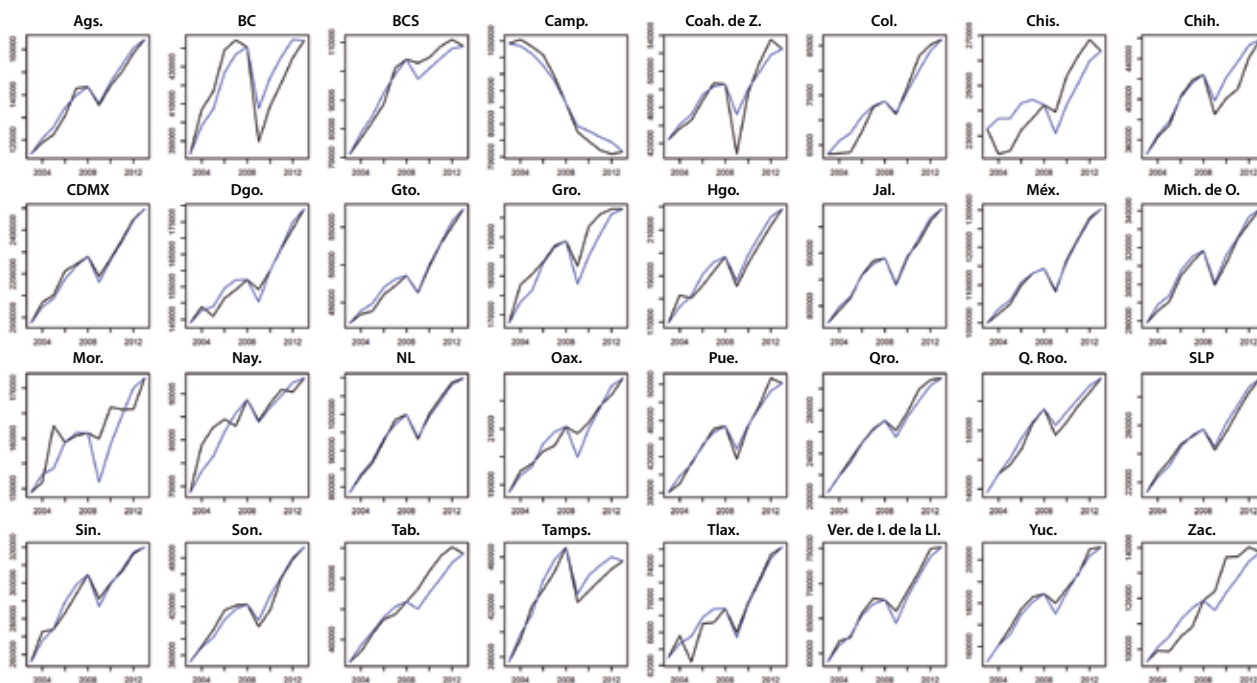
Para fines visuales, la gráfica 1 resume el comportamiento de los IAE estimados a través de S_L

para todos los estados, tomando en cuenta los niveles de la suma de los sectores económicos considerados y asumiendo que $W_{i,h}^* = \Omega_h^* Y_{i,h}$.

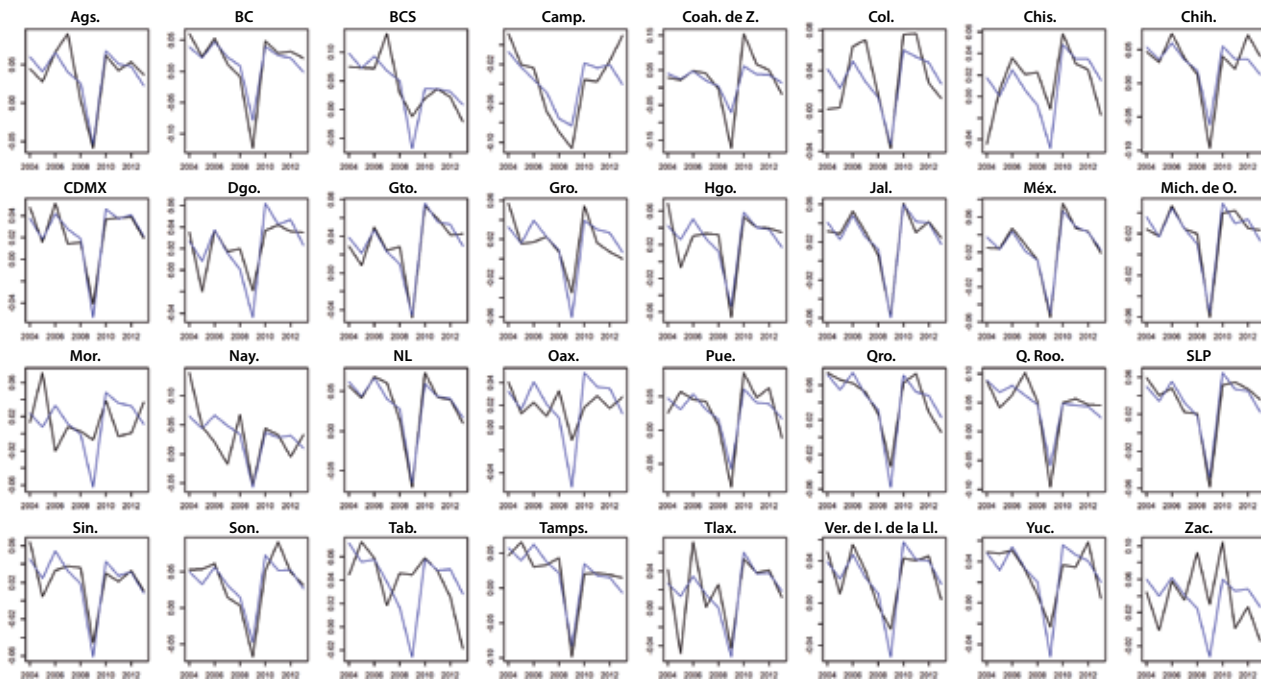
Se puede apreciar que, en todos los casos, los IAE tienen un comportamiento muy similar a los obtenidos por el SCNM, que básicamente son el reflejo de los pequeños errores mostrados en el cuadro 1.

Otro aspecto interesante es verificar si los IAE reflejan de buena forma los cambios anuales de los indicadores reportados en el SCNM. La gráfica 2 presenta los mismos resultados de la 1, pero para las series en cambios porcentuales.

Gráfica 1



Gráfica 2



Igual que en la 1, en la gráfica 2 se puede observar que los cambios porcentuales estimados son parecidos a los observados; solo en algunos casos como Nayarit, Tabasco, Tlaxcala y Zacatecas se muestran ciertas diferencias; no obstante, pueden considerarse como mínimas.

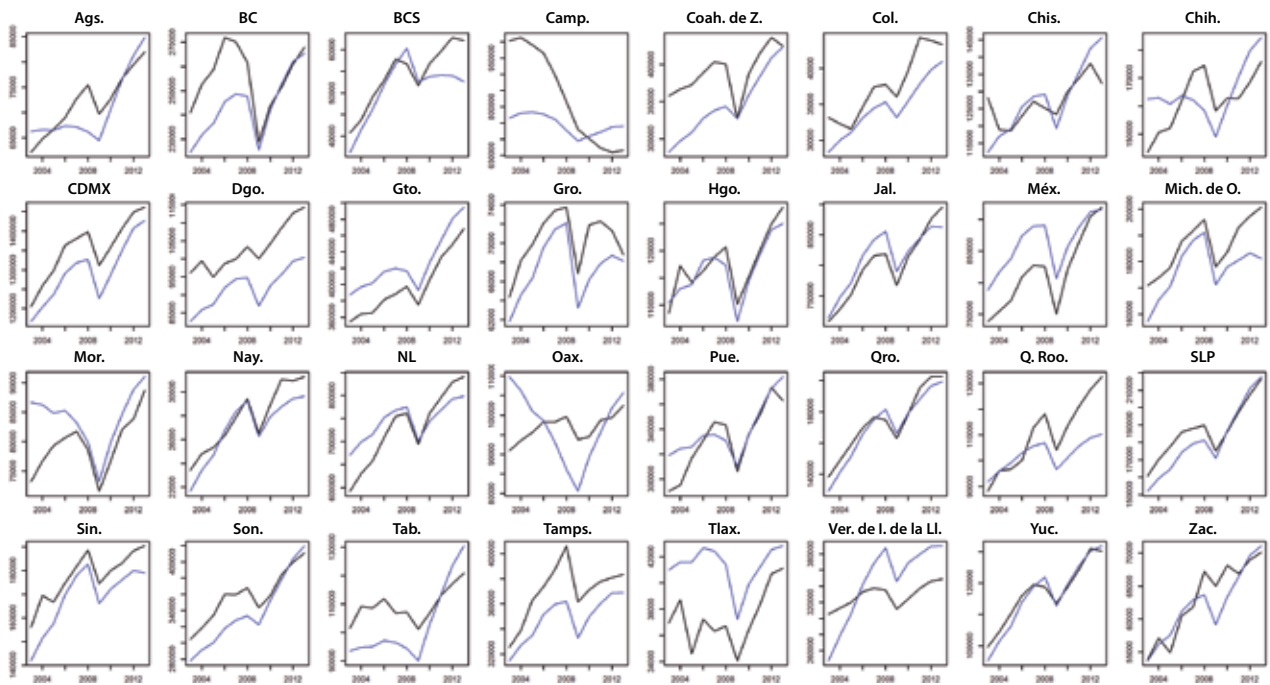
Ahora, es importante denotar los mismos resultados de las dos gráficas anteriores, pero cuando $W_{i,h}^* = \Omega Y_{i,h}$, cuya situación es la que se espera en la práctica. La gráfica 3 muestra los resultados para las series en niveles.

Se puede observar que los IAE ya no reflejan con perfección los movimientos de los indicadores obtenidos a través del SCN. Para fines ilustrativos, se estiman las correlaciones lineales para IAE con su respectivo PIB y la correlación mínima fue obtenida para Oaxaca, donde alcanzó -0.059, aunque el cuantil de 25% ya presenta una correlación de 0.827, siendo la mediana 0.898 y la máxima 0.990, es decir, con excepción de ciertas entidades, el comportamiento a niveles está siendo rescatado de forma razonable; no obstante, nótese que las correlaciones puede ser espurias a menos que las series

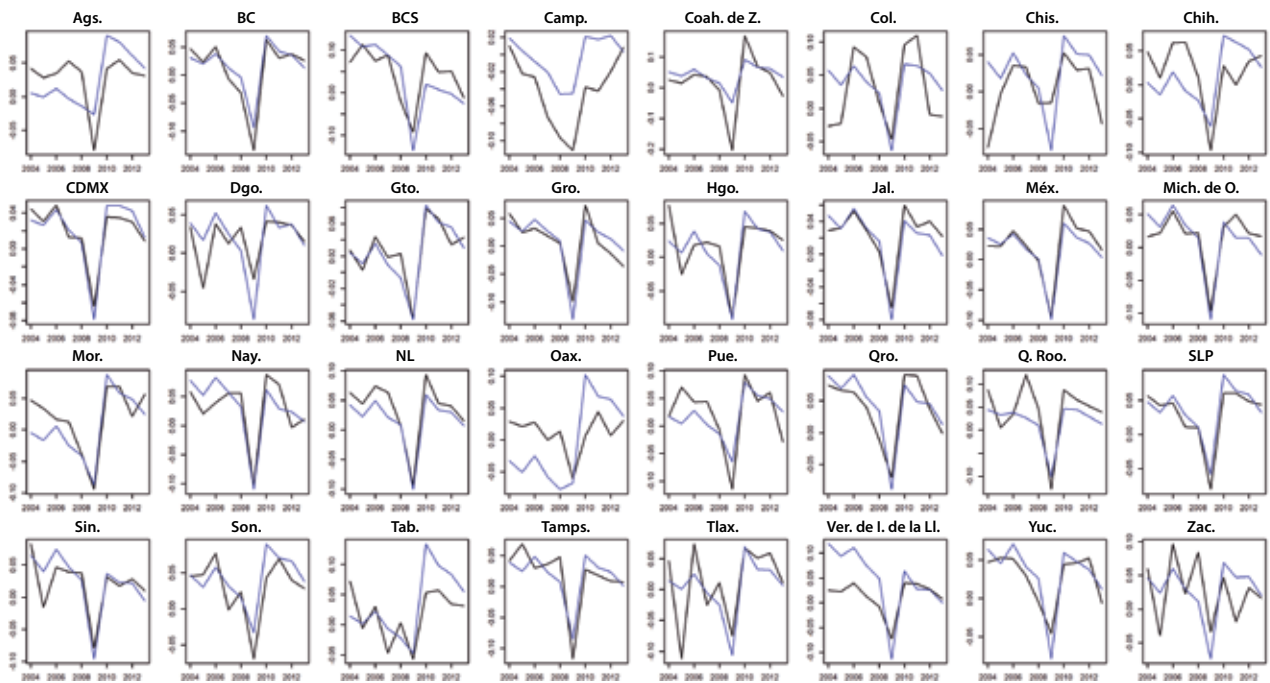
de tiempo sean estacionarias o cointegradas. En estos casos, es complicado argumentar de manera empírica acerca del orden de integración y, más aún, sobre la presencia de cointegración, debido a que la temporalidad de las series es relativamente corta, del 2003 al 2013. Por ende, una mejor forma de denotar la relación entre los IAE y los PIB es a través de las series en cambios anuales, debido a que se espera que éstas sí sean estacionarias, por lo que la correlación sería un mejor indicador de la relación lineal que guardan las estimaciones y las variables consideradas como observadas. Lo anterior se muestra en la gráfica 4.

Se puede apreciar que los IAE reflejan de forma certera los movimientos de sus respectivos indicadores obtenidos a través del SCN. Realizando el mismo ejercicio de correlaciones, se puede apreciar que la mínima se alcanza para Oaxaca, obteniendo un valor de 0.358; sin embargo, se puede ver que es positivo, lo cual nos indica que siguen el mismo sentido en sus movimientos. Ahora, la mediana está centrada en 0.859 y la máxima alcanza un valor de 0.974, por lo que los IAE sí reflejan los principales movimientos de sus respectivos PIB.

Gráfica 3



Gráfica 4



Es importante considerar que este ejercicio es netamente estadístico y, dentro de este contexto, conforme dentro de los municipios el VACB sea equivalente al PIB, los IAE tenderán a reflejar de mejor forma las verdaderas características de la

economía; no obstante, como primer acercamiento, los IAE tienden a darnos buenas señales de las economías municipales cuando en términos matemáticos se satisfaga que $\frac{\Delta PIB_i^{Nac}}{\Delta PIB_i^{Est}} \approx \frac{\Delta PIB_i^{Est}}{\Delta PIB_i^{Mun}}$, es decir, que las variaciones estatales de la economía que se re-

flejan a nivel nacional son similares al efecto que tienen las variaciones municipales en la economía, con su respectiva entidad.

En términos de error, si queremos hacer comparables los resultados con un CV en relación con las técnicas de SAE, podemos apreciar que los resultados indican una cercanía al *benchmark* de 20%; no obstante, no pueden ser directamente comparables pues, como ya se comentó, los IAE no están midiendo el total de la economía.

3.2 Indicadores de actividad económica municipal

Se estiman para todos los municipios² de México, tanto por GA como para el total de las economías, en niveles, miles de pesos y en primeras diferencias logarítmicas. Los resultados se presentan para los 20 municipios con mayor volumen de producción en el 2013, de acuerdo con cada GA y al total municipal. Los resultados completos están disponibles bajo petición.

3.2.1 Gran Actividad Económica 1

La gráfica 5 presenta los resultados en niveles de las series para los 20 municipios más representativos de la GA1 que, como se ha comentado con anterioridad, contemplan la información de los CE (acuicultura y silvicultura) y la proveniente del SIAP (agricultura y ganadería), por lo cual se puede tener certidumbre de que reflejan el total del sector primario.

Se puede apreciar que en los primeros 20 municipios se encuentran sobre todo aquellos que tienen costa, por ejemplo: Mazatlán, Ensenada, Alvarado, Ozulama de Mascareñas, Tapachula, Cabo Corrientes y Huatabampo, entre otros. Su participación con respecto al total de la GA1 es de 28.26 por ciento. La gráfica 6 presenta los mismos resultados de la 5, pero para las primeras diferen-

cias logarítmicas de las series, es decir, los cambios porcentuales anuales de los IAE.

Los resultados más importantes señalan que existen diferencias entre los municipios, lo cual obedece a la coyuntura municipal específica, aunque destacan los picos de San Salvador Huixcolotla y Jonuta, ocurridos en el 2009; de esta forma, el que cuenta con mayor tasa de crecimiento promedio durante el periodo analizado es el primero con 56%, aunque también es el que presenta una mayor desviación estándar equivalente a 122%; por otra parte, el de menor tasa de crecimiento es Ahome, la cual es negativa (-1.4%) y el que tiene una menor dispersión en su tasa de crecimiento promedio es Tapachula con 5%; las tasas de crecimiento promedio exhibidas por los dos municipios más importantes son para Mazatlán con 3.9% y Ensenada con 2.7 por ciento.

3.2.2 Gran Actividad Económica 2

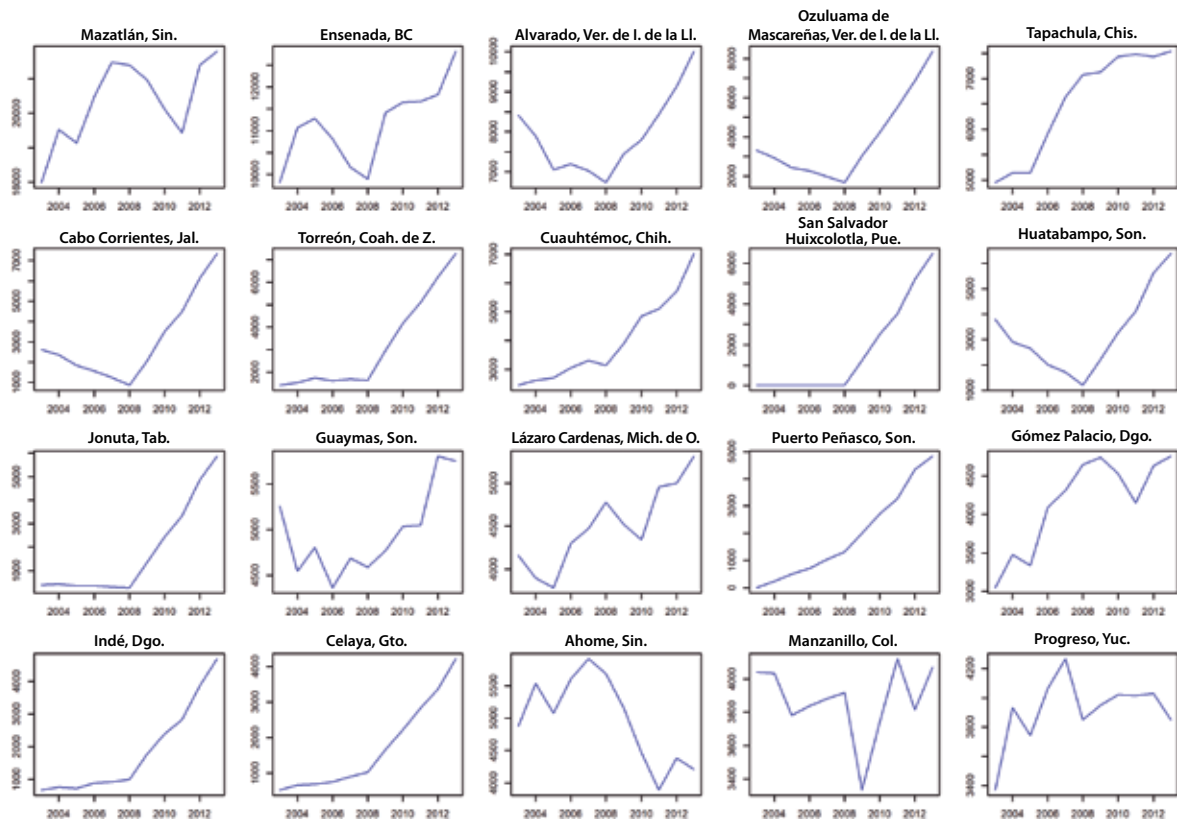
La gráfica 7 presenta los resultados en niveles para los 20 municipios con mayor participación dentro de la GA2, que abarcan a la minería, los energéticos y las manufacturas.

Los primeros dos lugares los ocupan municipios dedicados al petróleo, es decir, Carmen y Paraíso, seguidos de otros notablemente industrializados, como Juárez, Monterrey y Hermosillo. Estos 20 municipios abarcan 49.3% del total de la GA2. Algunos resultados interesantes se observan cuando ocurrió la crisis financiera del 2009, provocando tasas de crecimiento negativas para todos los municipios de orientación manufacturera, con excepción de Reforma y Escobedo. La gráfica 8 muestra estos mismos resultados para los cambios porcentuales de las series.

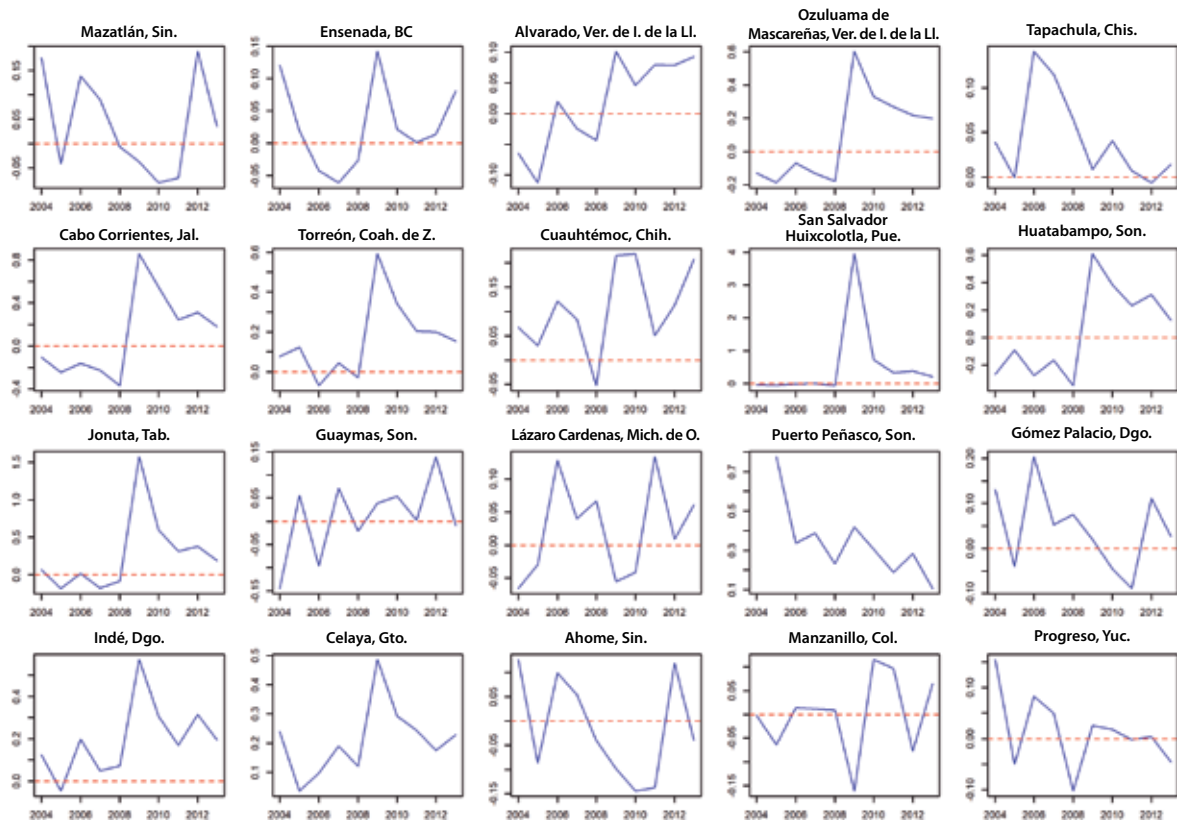
Para el grupo de sectores que componen a la GA2, se aprecia que, para muchos municipios, existe una caída en el año de la crisis económica y financiera del 2009. Los municipios que tienen tasas de crecimiento promedio anuales negativas para todo el periodo son Carmen, Ramos Arizpe, Guadalajara y Reforma con valores equivalentes

² Incluye las delegaciones (hoy demarcaciones territoriales) del entonces Distrito Federal (hoy Ciudad de México).

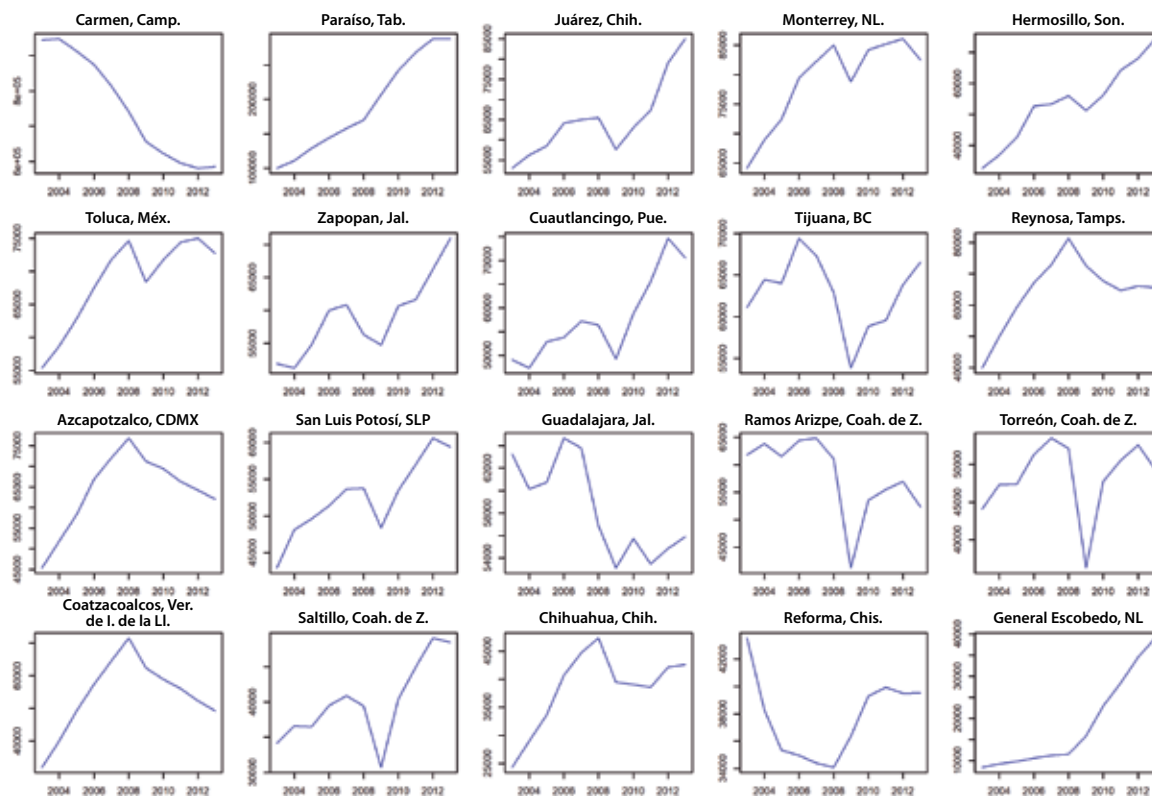
Gráfica 5



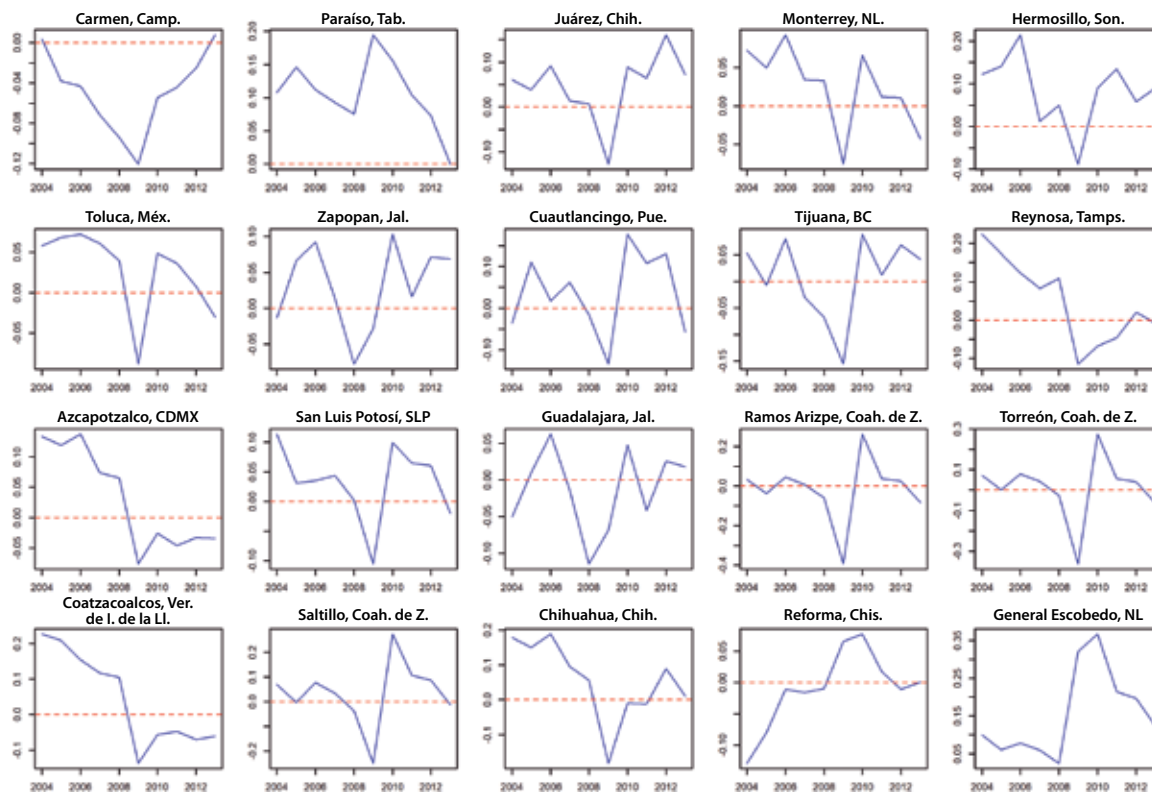
Gráfica 6



Gráfica 7



Gráfica 8



a -4.8, -1.7, -1.24 y -1%, respectivamente. Por otra parte, los que exhiben un mayor crecimiento son General Escobedo (15.4%) y Paraíso (10.6%). En términos de dispersión, es de interés observar que las desviaciones estándar son menores respecto a la GA1, siendo la menor la de Carmen con 4% y la mayor Ramos Arizpe con 16.2%, es decir, dos de los municipios con las tasas más bajas de crecimiento promedio anuales.

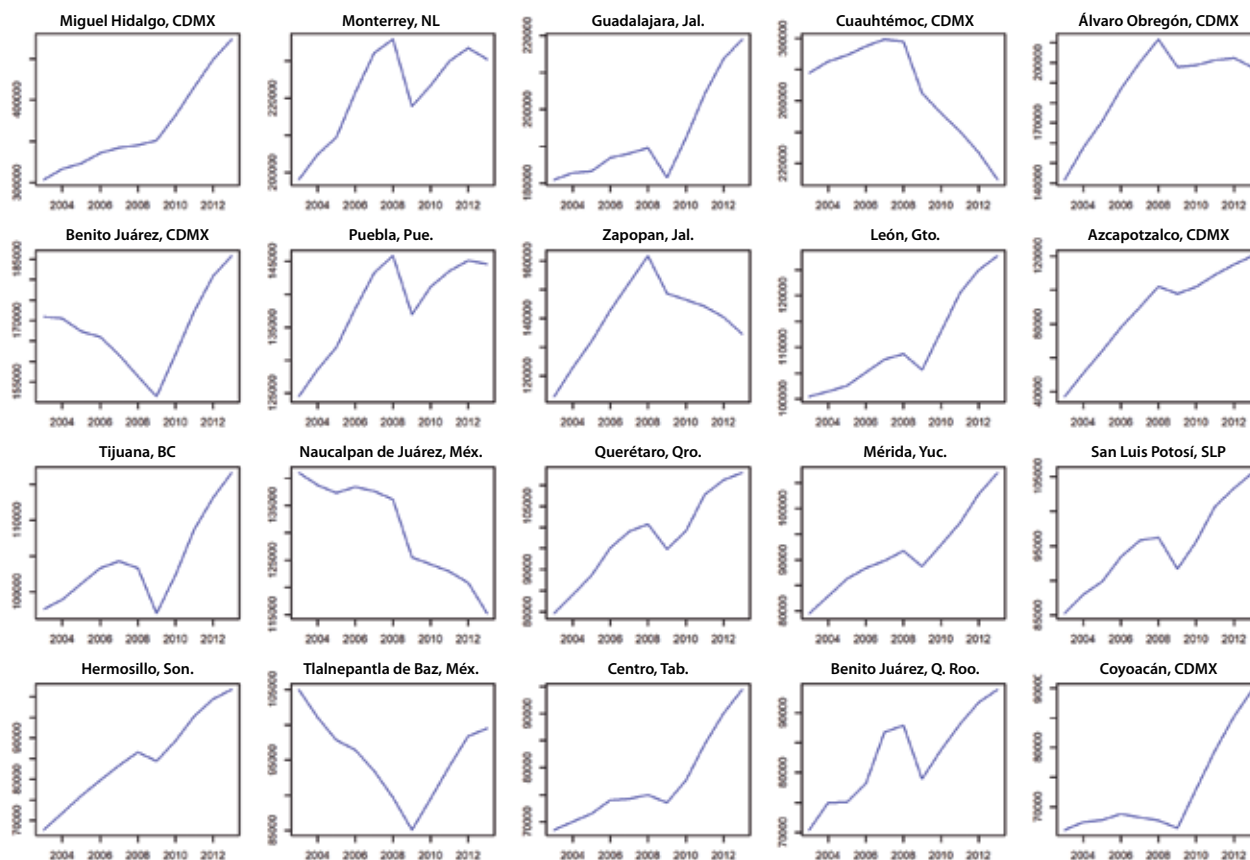
3.2.3 Gran Actividad Económica 3

Para este caso, como se comentó, las cifras estimadas no contemplan los sectores de transporte, servicios financieros ni corporativos, los cuales reportan su información de manera consolidada y es usual que sus matrices estén ubicadas en la Ciudad de México; tampoco consideran la valoración de los servicios que presta el gobierno. La gráfica 9 presenta los resultados para los niveles de las series.

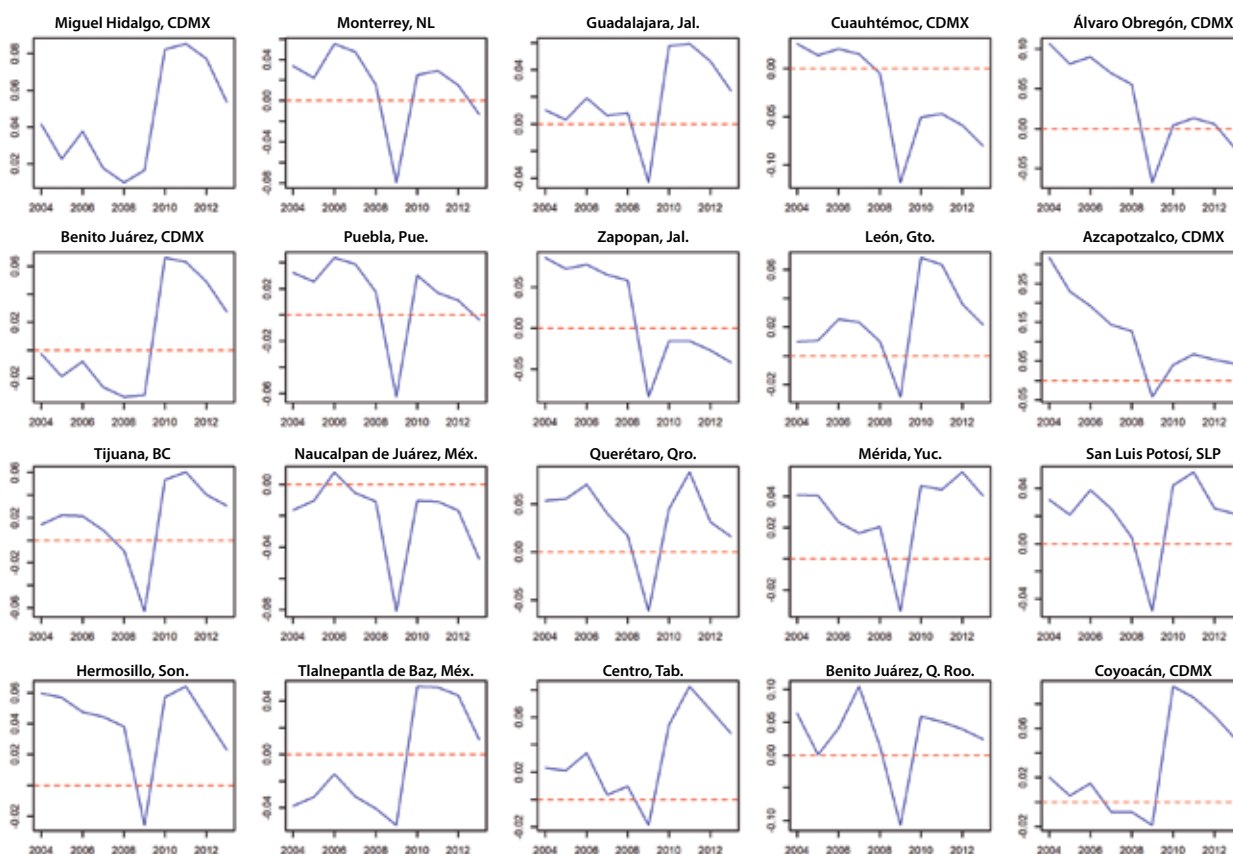
En este caso, los 20 municipios más representativos concentran 40.49% de la actividad económica. Destaca, también, que seis de ellos pertenecen a las hoy demarcaciones territoriales de la Ciudad de México (entonces Distrito Federal), a pesar de que no contempla sectores económicos de importancia. La gráfica 10 presenta los resultados para la diferencia logarítmica de las series.

Se puede apreciar el efecto que tuvo la crisis del 2009 en todos los municipios y delegaciones. Llama la atención el crecimiento promedio anual negativo que presentan la Cuauhtémoc (-2.8%), Naucalpan de Juárez (-2%) y Tlalnepantla de Baz (-0.1%), de la Zona Metropolitana del Valle de México. Por otra parte, es claro observar que la Miguel Hidalgo es la delegación con una mayor tasa de crecimiento promedio anual, equivalente a 11.7 por ciento. Asimismo, la menor dispersión es para Naucalpan de Juárez y la mayor para la Azcapotzalco con valores de 2.5 y 10.7%, respectivamente.

Gráfica 9



Gráfica 10



3.2.4. Total de la actividad económica municipal

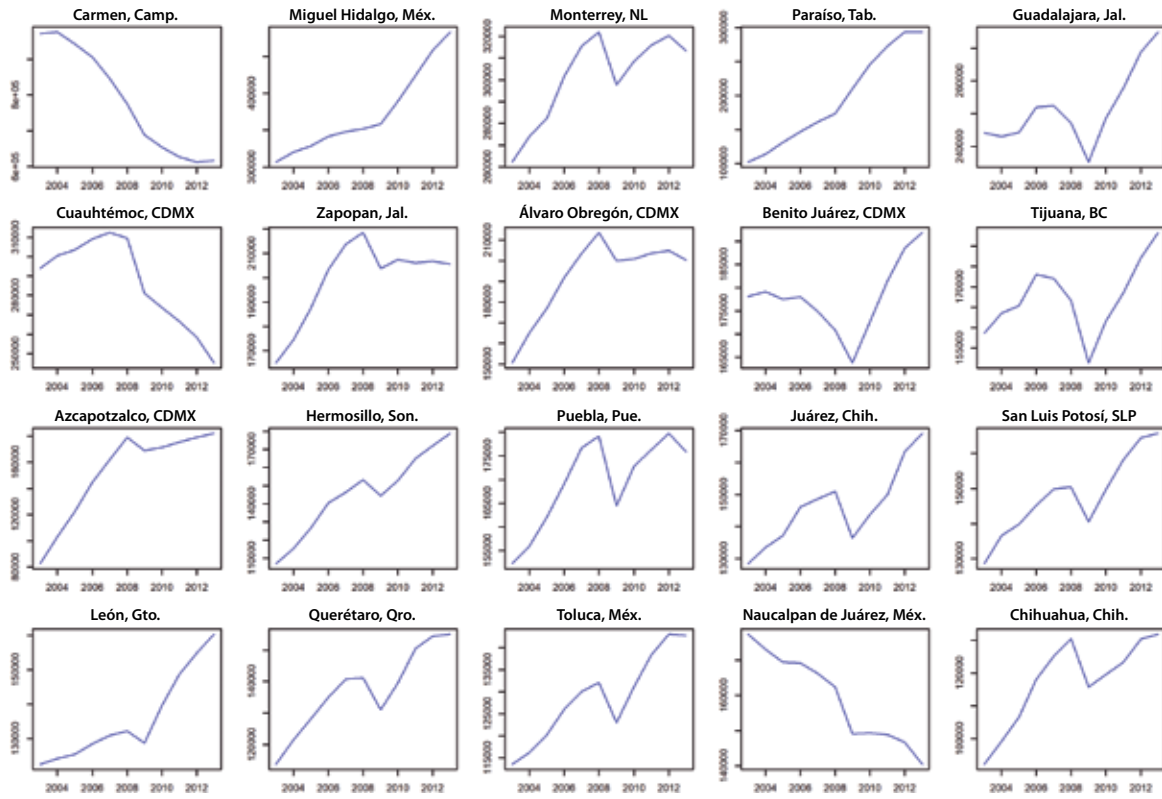
La gráfica 11 presenta los resultados expresados en niveles para el total de la actividad económica municipal, la cual contempla los sectores comentados en la sección 2, es decir, dada la cobertura sectorial considerada en este trabajo, las GA no corresponden a su respectivo total, por lo cual el total estatal o la suma de los municipios no corresponde al publicado por el SCNM.

Para el total de la actividad económica, los primeros 20 municipios concentran 38.13 por ciento. Se puede apreciar que algunos destacan en el total por tener una composición económica balanceada al ocupar una posición preponderante tanto en la GA2 como en la GA3, por ejemplo: Monterrey, Guadalajara, Zapopan, Tijuana, Azcapotzalco y Hermosillo. Asimismo, dentro de este grupo, solo tres muestran una tendencia decreciente: Carmen,

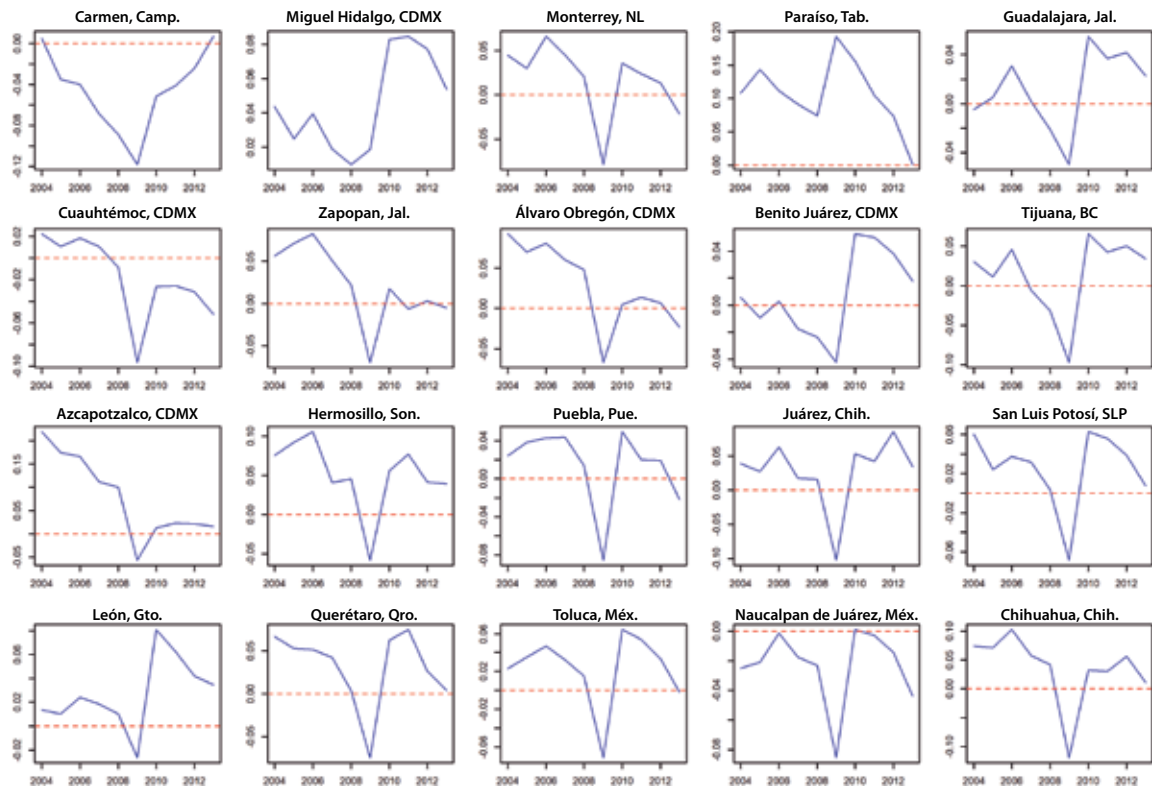
la Cuauhtémoc y Naucalpan de Juárez; mientras que el resto observa un crecimiento constante a pesar de la caída acontecida en el 2009. La gráfica 12 presenta los resultados para los cambios porcentuales de los IAE.

Se puede observar que, para algunos municipios, el efecto de la crisis del 2009 es más importante que para otros, con excepción de Paraíso y la Miguel Hidalgo, que no llegaron a presentar un crecimiento negativo por este evento. Los que presentan tasas de crecimiento promedio anuales negativas son Carmen (-4.6%), Naucalpan de Juárez (-2.3%) y la Cuauhtémoc (-1.8%), mientras que Paraíso es el que más ha crecido con una tasa de 10.6%; es importante comentar que las dispersiones rondan entre 2.6 y 8.9%, siendo la menor la de Naucalpan de Juárez y la mayor la de la Azcapotzalco.

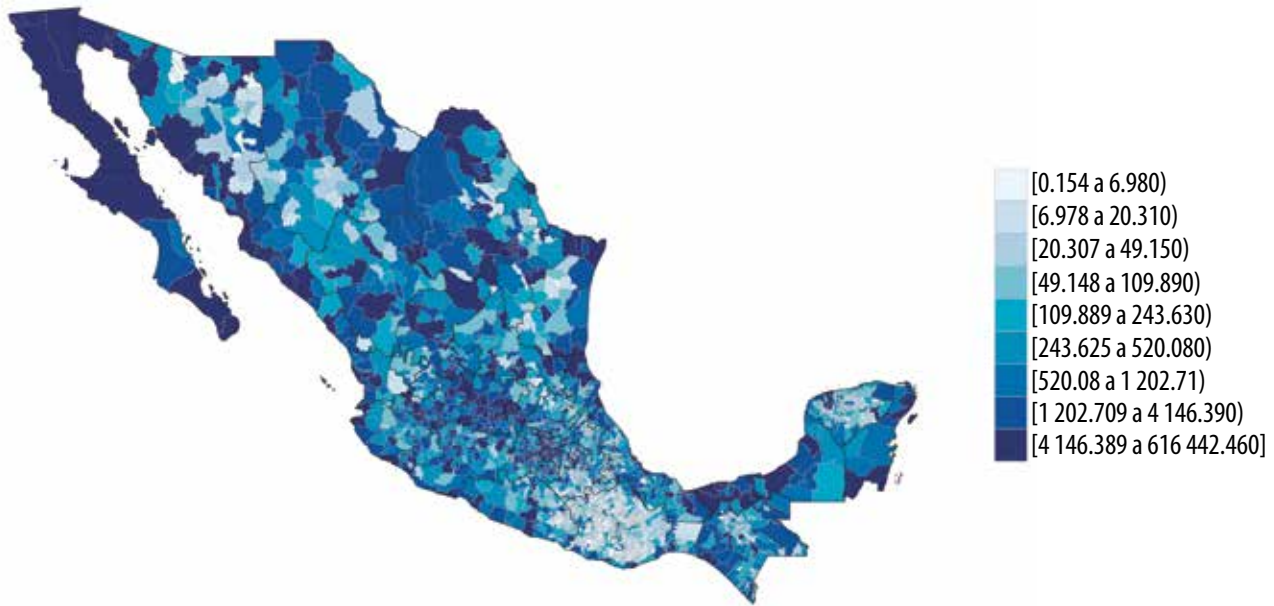
Gráfica 11



Gráfica 12



Total de municipios de México



Por último, con el fin de tener una visión geográfica de la actividad económica en el país y motivar, con ello, el análisis regional, en el mapa de la República Mexicana se muestran las cifras de los IAE municipales para el total de la economía en el 2013.

Se puede apreciar la gran heterogeneidad que hay en el país donde, debido a la gran cantidad de municipios, es complicado establecer algún patrón sistemático en el comportamiento económico regional, aunque resalta la presencia del rezago económico en el sureste de México, en particular en lo que se refiere a los municipios de Guerrero, Oaxaca, Puebla y Yucatán.

4. Análisis de crecimiento económico de las entidades federativas a través de los IAE municipales

Una manera de evaluar el funcionamiento estructural de los indicadores estimados utilizando un concepto económico puede ser a través de un

análisis de convergencia económica. Para tener un primer acercamiento con la calidad de los índices desde esta perspectiva, se propone realizar la siguiente regresión lineal tipo panel de datos:

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 g_{y_{i,t}} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

donde β_0 es el intercepto; β_1 , la contribución de $g_{y_{i,t}}$, el crecimiento del índice, sobre los niveles del índice, $y_{i,t}$ y, finalmente, ε_{it} es el coeficiente de error asociado a la estimación. En este caso, el coeficiente β_1 señala una especie de relación *beta-convergencia*, que indica que los municipios con mayor IAE están creciendo a una menor velocidad para el periodo analizado. Es importante señalar que la expresión (11) suele ser estimada en términos per cápita; no obstante, dado que no es objetivo esencial de este trabajo el desentrañar las características de los índices estimados sino, más bien, el proponer una metodología desde una perspectiva estadística, se considera como línea futura estimar dicha regresión expresada en términos per cápita. El cuadro 2 resume los resultados para las 32 entidades federativas.

Cuadro 2

**Resultados de la estimación de β_1
en la regresión $y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 g_{y_{i,t}} + \varepsilon_{it}$
obtenida a través del ajuste de un panel
de datos para cada entidad federativa**

Entidad	β_1	p-valor
Ags.	0.001	0.928
BC	-0.012	0.080
BCS	0.013	0.114
Camp.	-0.010	0.077
Coah. de Z.	0.033	0.000
Col.	-0.002	0.851
Chis.	-0.008	0.006
Chih.	0.003	0.609
CDMX	0.009	0.149
Dgo.	0.028	0.000
Gto.	0.006	0.108
Gro.	-0.015	0.000
Hgo.	-0.001	0.872
Jal.	0.007	0.049
Méx.	0.002	0.484
Mich. de O.	0.008	0.010
Mor.	0.002	0.606
Nay.	0.011	0.046
NL	0.016	0.008
Oax.	-0.009	0.001
Pue.	0.025	0.000
Qro.	0.018	0.004
Q. Roo	-0.027	0.185
SLP	0.008	0.251
Sin.	-0.002	0.725
Son.	0.005	0.268
Tab.	0.002	0.848
Tamps.	0.002	0.567
Tlax.	0.011	0.109
Ver. de I. de la LI.	0.002	0.412
Yuc.	-0.005	0.197
Zac.	0.016	0.005

Nota: en negritas se indica cuando la relación fue significativa a 10 por ciento.

Se puede apreciar que, a 10% de significancia, en Baja California, Campeche, Chiapas, Guerrero y Oaxaca, los municipios con mayor actividad económica están creciendo a una velocidad menor que los que tienen un menor IAE. Cabe anotar que, al estar presente este efecto en Chiapas, Guerrero y Oaxaca, posiblemente esté dando indicios de que los municipios menos pobres puedan estar emparejándose con los más pobres, mientras que, en Campeche, el decaimiento del Complejo Cantarell a partir del 2006, hizo que se presentara dicho efecto. En otras palabras, estaría dando indicios de un proceso de convergencia económica. Para el caso de Baja California, es interesante analizar a detalle la presencia de dicha relación, lo cual queda fuera del alcance de este trabajo.

Para finalizar, en Durango, Jalisco, Michoacán de Ocampo, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro y Zacatecas parece haber un efecto de polarización económica entre los municipios que componen dichas entidades. Para el resto de los estados, la relación no es significativa a 10 por ciento.

5. Conclusiones

Con el fin de obtener una metodología que permita generar IAE municipales con una temporalidad y nivel sectorial pertinente, este trabajo representa la primera investigación formal que propone un enfoque estadístico para tener IAE dada la información existente de los CE, donde fue vital contar con el seguimiento del SCNM, de tal forma que la información utilizada y los indicadores generados sean representativos a nivel municipal. Lo anterior contribuye a llenar un hueco existente en la literatura que, a su vez, permite a quienes toman decisiones generar políticas económicas en bien de los municipios.

Por tal motivo, en este trabajo se generan IAE municipales del 2003 al 2013 utilizando el concepto de RC de Guerrero y Peña (2003) y usando como variables auxiliares indicadores construidos con información representativa y proveniente de los CE. Para verificar el error de estimación, se construyen

IAE estatales con la metodología aquí propuesta. Los resultados obtenidos se comparan con los PIB estatales generados por el SCNM. El error de estimación se calcula en dos formas: primero, suponiendo que la información de los CE es equivalente a la que se utiliza en el SCNM para la construcción del PIB, es decir, que el VACB es equivalente al PIB, para lo cual se obtiene un error de estimación que ronda en 2%; asimismo, considerando el error de estimación proveniente del uso solo de la información de los CE, que consiste sobre todo en incorporar a éste mayor cantidad de información del sector informal de la economía, el error estimado es cercano a 19 por ciento.

Se presentan los resultados para los 20 municipios y delegaciones más importantes de cada GA y el total de la actividad económica. Se puede apreciar que los IAE permiten identificar concentraciones importantes dentro de cada GA para el 2013, cercanas a 50, 40 y 30% para los 20 municipios y delegaciones más importantes dentro de las GA2, GA3 y GA1, respectivamente. Además, los IAE reflejan eventos relevantes de la economía, como la crisis económica y financiera del 2009, además de otros movimientos de interés para cada entidad.

Asimismo, se realiza una regresión de panel de datos para estimar, de forma preliminar, el proceso de convergencia económica, basados en la información municipal generada. Los resultados indican que en Baja California, Campeche, Chiapas, Guerrero y Oaxaca parece existir cierta evidencia de convergencia económica. Para el resto de los casos, o existe polarización económica o los resultados no permiten concluir estadísticamente.

Las cifras elaboradas cuentan con suficiente cobertura temporal y detalle geográfico que pueden ser utilizadas junto con mapas orográficos, climáticos, de vegetación y de asentamientos humanos para la elaboración de futuros análisis de economía espacial.

Como línea futura de trabajo se propone extender los resultados a 1988 y generar los mecanismos apropiados para incorporar información importan-

te del sector informal de la economía no capturada por los CE. También, se pretende realizar un análisis de convergencia económica expresando los IAE en términos per cápita y un estudio de desempeño económico similar a lo propuesto por Brida *et al.* (2011), pero aplicado a los municipios y demarcaciones territoriales de México.

Fuentes

- Battese, G. E.; R. M. Harter & W. A. Fuller. "An error-components model for prediction of county crop areas using survey and satellite data", en: *Journal of the American Statistical Association*. 83(401), 1988, pp. 28-36.
- Brida, J. G.; J. S. Pereyra; M. Puchet Anyul & W. A. Risso. "Regímenes de desempeño económico y dualismo estructural en la dinámica de las entidades federativas de México, 1970-2006", en: *Economía Mexicana*. Nueva época. 22(1), 2011, pp. 101-149.
- Casas-Cordero, C.; J. Encina & P. Lahiri. "Poverty mapping for the Chilean Comunas", en: Pratesi, M. (ed.). *Analysis of Poverty Data by Small Area Estimation: Methods for poverty mapping*. 2015, pp. 379-404.
- Chow G. y A. Lin. "Best linear unbiased interpolation, distribution, and extrapolation of time series by related series", en: *The Review of Economics and Statistics*. 53, 1971, pp. 372-375.
- Correa, L.; I. Molina y J. N. K. Rao. *Comparison of methods for estimation of poverty indicators in small areas*. Unpublished report. 2012.
- Dagum, E. B. y P. A. Cholette. "Benchmarking, Temporal Distribution, and Reconciliation Methods for Time Series", en: *Lecture Notes in Statistics* 186. 2006.
- Denton, F. T. "Adjustment of monthly or quarterly series to annual totals: An approach based on quadratic minimization", en: *Journal of the American Statistical Association*. 66, 1971, pp. 99-102.
- Di Fonzo, T. "The Estimation of M Disaggregate Time Series when Contemporaneous and Temporal Aggregates are Known", en: *The Review of Economics and Statistics*. 72(1), 1990, pp. 178-182.
- Drew, D.; M. P. Singhm y G. H. Choudhry. "Evaluation of small area estimation techniques for the Canadian Labour Force Survey", en: *Survey Methodology*. 8, 1982, pp. 17-47.
- Ebener, S.; C. Murray; A. Tandon & C. C. Elvidge. "From wealth to health: modelling the distribution of income per capita at the sub-national level using night-time light imagery", en: *International Journal of Health Geographics*. 4(1), 2005, p. 5.
- Elbers, C. M.; J. O. Lanjouw y P. Lanjouw. "Micro-level estimation of poverty and inequality", en: *Econometrica*. 71, 2003, pp. 355-364.
- Forsythe, G. E.; C. B. Moler & M. A. Malcolm. *Computer methods for mathematical computations*. 1977.

- Guerrero V. M. y F. Corona. "Retropolating some relevant series of Mexico's System of National Accounts at constant prices: The case of Mexico City's GDP", en: *Statistica Neerlandica*. 72(4), 2018a, pp. 495-519.
- Guerrero V. M. y F. Corona. "Retropolación hasta 1980 de algunas series del Sistema de Cuentas Nacionales de México", en: *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*. 2018b, pp. 98-119.
- Guerrero, V. M. y F. H. Nieto. "Temporal and contemporaneous disaggregation of multiple economic time series", en: *Test*. 8, 1999, pp. 459-489.
- Guerrero, V. M. & J. A. Mendoza. "On measuring economic growth from outer space: a single country approach", en: *Empirical Economics*. 2018, pp. 1-20.
- Guerrero, V. M. & D. Peña. "Combining multiple time series predictors: a useful inferential procedure", en: *Journal of Statistical Planning and Inference*. 116(1), 2003, pp. 249-276.
- Germán-Soto, V. "Generación del Producto Interno Bruto mexicano por entidad federativa, 1940-1992", en: *El Trimestre Económico*. Vol. 72, núm. 287, 2005, pp. 617-653.
- Henderson, J. V.; A. Storeygard & D. N. Weil. "Measuring economic growth from outer space", en: *American Economic Review*. 102(2), 2012, pp. 994-1028.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Censos Económicos 2004. Microdatos*. 2004.
- _____ *Censos Económicos 2009. Microdatos*. 2009.
- _____ *Censos Económicos 2014. Microdatos*. 2014.
- Llamas-Rosas, I.; E. R. González & M. S. Bustos. "Medición de la actividad económica en las principales zonas turísticas de playa en México a través de la luminosidad fotografiada desde el espacio", en: *Documentos de Investigación Banco de México*. 2018, p. 10.
- Marhuenda, Y.; I. Molina; D. Morales y J. N. K. Rao. "Poverty mapping in small areas under two-fold nested error regression model", en: *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, en prensa, 2018.
- Molina, I. "Desagregación de datos en encuestas de hogares: metodologías de estimación en áreas pequeñas", en: *Serie de la CEPAL*. Noviembre del 2018.
- Molina, I. y D. Morales. "Small area estimation of poverty indicators", en: *Boletín de Estadística e Investigación Operativa*. 25, 2009, pp. 218-225.
- Molina, I. y J. N. K. Rao. "Small area estimation of poverty indicators", en: *Canadian Journal of Statistics*. 38, 2010, pp. 369-385.
- Molina, I.; B. Nandram y J. N. K. Rao. "Small area estimation of general parameters with application to poverty indicators: a hierarchical Bayes approach", en: *Annals of Applied Statistics*. 8, 2014, pp. 852-885.
- Nieto, F. H. "Ex-post and Ex-ante Prediction of Unobserved Economic Time Series: A Case Study", en: *Journal of Forecasting*. 17, 1998, pp. 35-58.
- Stineman, R. W. "A Consistently Well Behaved Method of Interpolation", en: *Creative Computing*. 6 (7), 1980, pp. 54-57.
- Torabi, M. y J. N. K. Rao. "On small area estimation under a sub-area level model", en: *Journal of Multivariate Analysis*. 127, 2014, pp. 36-55.
- R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing, 2017 (DE) <https://www.R-project.org/>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)*. 2018.
- Suárez Campos, M. A.; G. Aguilar y R. Mejía-González. "Estimación del ingreso por trabajo en los municipios y las delegaciones de México utilizando técnicas de estimación para áreas pequeñas", en: *Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*. 6(3), 2015, pp. 44-61.