

## CRECIMIENTO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO\*

*Claudia S. Gómez-López, Karla S. Barrón Arreola  
y Luis Moreno Moreno\*\**

### RESUMEN

El artículo hace un análisis de la relación entre crecimiento económico y medio ambiente para las 32 entidades federativas de la República Mexicana. La curva ambiental de Kuznets (CAK) sugiere la existencia de una relación entre crecimiento económico y medio ambiente. A medida que las economías disfrutan un mayor crecimiento económico, se presenta una degradación ambiental y una vez que se alcanza cierto crecimiento, aumenta la disponibilidad a pagar por la conservación del medio ambiente. En el caso de la economía mexicana, al aplicar el análisis de convergencia por medio de datos de corte transversal y datos de panel, se encuentra que: *i*) existe  $\beta$  convergencia en árboles plantados, áreas naturales protegidas, licencias ambientales y volumen de tratamiento de aguas en sus niveles *per capita*; *ii*) no hay evidencia de  $\sigma$ -convergencia en las variables medio ambientales para los estados de la economía mexicana, excepto en áreas naturales protegidas, árboles plantados y licencias ambientales; *iii*) no existe una relación entre crecimiento económico y aumento en el cuidado de las variables medioambientales, excepto para el volumen de recolección de basura y el volumen de aguas residuales; *iv*) los resul-

\* *Palabras clave:* convergencia, medio ambiente, crecimiento económico, curva de Kuznets. *Clasificación JEL:* C01, C13, C21, C23, Q20, Q30, Q56, R11. Artículo recibido el 8 de octubre de 2009 y aceptado el 20 de octubre de 2010. Agradecemos el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) al proyecto Crecimiento Económico y Recursos Naturales en México, Convocatoria Ciencia Básica 2007, registro 82554.

\*\* C. S. Gómez-López, departamento de Economía y Finanzas, Universidad de Guanajuato (correo electrónico: claudia.gomez@ugto.org). K. S. Barrón Arreola, Unidad Académica de Economía, Universidad Autónoma de Nayarit (correo electrónico: kbarron@nayar.uan.mx). L. Moreno Moreno, Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Autónoma de Baja California (correo electrónico: lmoreno@uabc.mx).

tados sugieren que el medio ambiente no está entre las prioridades de la economía mexicana de acuerdo con la hipótesis de la CAK.

### ABSTRACT

This article performs an analysis of the relationship that exists between economic growth and the environment in the 32 states of the Mexican Republic. The Environmental Kuznets Curve (EKC) suggests that there is indeed a relationship between economic growth and the environment. As economies come to enjoy greater economic growth, so environmental degradation becomes apparent, and once a certain level of growth is reached, the willingness to pay to conserve the environment increases. In the case of the Mexican economy, by applying convergence analysis using cross-sectional panel data we find that: *i*) there exists  $\beta$ -convergence as regards trees planted, protected natural areas, environmental licenses and the volume of water treatment in per capita levels; *ii*) there is no evidence of  $\sigma$ -convergence in the environmental variables for the states of the Mexican economy, except in protected natural areas, trees planted and environmental licenses; *iii*) no relationship is to be found between economic growth and the increase in the care taken of environmental variables, except for the volume of waste collected and the volume of sewage; *iv*) the results suggest that the environment is not a priority issue in the Mexican economy according to the EKC hypothesis.

### INTRODUCCIÓN

La problemática del medio ambiente tiene que analizarse no sin antes estudiar el crecimiento económico de los países. El problema de la conservación del medio ambiente (MA) está relacionado al crecimiento económico. Desde el punto de vista de la teoría económica, a medida que las economías crecen se preocupan más por el estado del medio ambiente y de la preservación de los recursos naturales. De esta manera, existe una relación positiva entre crecimiento económico y preservación de los recursos naturales. El objetivo de este artículo es múltiple: *i*) obtener evidencia empírica acerca del crecimiento económico y la preservación del medio ambiente en los 32 estados de la economía mexicana en el periodo 1999-2006; *ii*) probar la hipótesis de convergencia<sup>1</sup> de cuidado del medio ambiente respecto a la

<sup>1</sup> La hipótesis de convergencia significa que los países con menores PIB *per capita* tienden a crecer de

población y su tendencia de largo plazo, y *iii*) definir por medio de un análisis de datos de panel si el crecimiento económico influye en la preservación del medio ambiente.

La metodología utilizada es la de datos de corte transversal y datos de panel. Para ello se adoptará la metodología de Barro y Sala-i Martin (1994) utilizada en el análisis empírico de convergencia entre los 32 estados de México por medio de una regresión de sección cruzada. Una de las desventajas del análisis de sección cruzada es que no considera la evolución anual de la variable en estudio dentro de un periodo, de ahí que el modelo resultante puede someterse a cuestionamientos en este sentido. Está sustentado empíricamente que el integrar a un análisis el factor tiempo ayuda a predecir las expectativas futuras de los sectores en estudio. Para ello consideramos el análisis de datos de panel,<sup>2</sup> cuyas características nos permiten obtener estimadores insesgados y eficientes.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En la sección I se presenta la revisión de la bibliografía de crecimiento económico y medio ambiente. En la sección II se muestra la evidencia empírica que se encuentra entre variables medioambientales, demográficas y económicas. En la sección III se desarrolla los modelos de convergencia para las 32 entidades federativas de México aplicando las metodologías de datos de corte transversal (Sala-i-Martin, 1996) y de datos de panel para obtener pruebas del cuidado del medio ambiente en México. Finalmente, se presenta las conclusiones.

## I. REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA DEL TEMA

A principios de los años noventa del siglo XX la relación mostrada por la curva de Kuznets<sup>3</sup> encuentra aplicación en nuevos campos de análisis. Así

manera más rápida que aquellos con mayor PIB *per capita*, lo que implica que con el paso del tiempo, los PIB *per capita* tienden a igualarse. En el caso de la presente investigación, la hipótesis de convergencia en el cuidado del medio ambiente significa que los estados con menor cuidado del medio ambiente tienden a crecer de manera más rápida que aquellos con mayor cuidado del medio ambiente, lo que implica que con el paso del tiempo el cuidado de las variables ambientales entre los estados de la República Mexicana tienden a igualarse.

<sup>2</sup> El conjunto de datos de panel proporciona un número incrementado de puntos de datos, y esto genera grados de libertad adicionales. La incorporación de información relacionada con variables de corte transversal y de series de tiempo puede disminuir de manera considerable los problemas que surgen cuando hay una dificultad de variables omitidas, debido a que se modela con base en el comportamiento histórico, y por ende las perturbaciones pueden estar relacionadas con movimientos en la serie de tiempo, perturbaciones del corte transversal o una combinación de ambas.

<sup>3</sup> Originalmente, Kuznets (1955), p. 23, sugería que a medida que se incrementa el ingreso *per capita*,

por ejemplo, destacan los trabajos precursores de Shafik y Bandyopahyay (1992), Grossman y Krueger (1995) y Panayotou (2000), quienes llegan a la conclusión de que la relación entre algunos indicadores de contaminación y el ingreso *per capita* pueden ser representados como una U invertida. Esta relación fue conocida entonces como la curva ambiental de Kuznets (CAK);<sup>4</sup> esta nueva curva revela que algunos indicadores de contaminación tienen una mejora, como consecuencia del incremento en el ingreso y consumo, lo que se asemeja bastante a una U invertida.

En ese marco, generalmente se supone que las economías más ricas dañan y destruyen los recursos naturales de una manera más rápida que las economías pobres, dados sus consumos, es decir, la degradación ambiental tiende a incrementarse a medida que la estructura económica de un país o región cambia de una economía agrícola hacia una industrial, y posteriormente, esta degradación tiende a disminuir a medida que se pasa de un sector industrial intensivo a una economía basada en los servicios (Grossman y Krueger, 1995). Por lo común se piensa que la calidad del medio ambiente sólo puede mejorarse escapando del proceso de industrialización; en ese sentido, de acuerdo con Komen, Gerking y Folmer (1997) las economías ricas pueden invertir una mayor cantidad de recursos en investigación y desarrollo, lo que se traduce en avance tecnológico que permite remplazar tecnologías obsoletas por otras más compatibles con el medio ambiente. En muchos casos la relación de la U invertida que genera la CAK es la mejor opción para relacionar los cambios entre el medio ambiente y el crecimiento del ingreso. En el caso de los indicadores que miden la presencia de sulfuro de azufre y óxidos de nitrógeno es más probable encontrar una relación de U invertida; de manera específica, esta relación también se ha encontrado en los indicadores que miden la demanda biológica y química de oxígeno, para los nitratos y para algunos metales pesados, como el arsénico y el cadmio.

En otros casos, el incremento del ingreso se refleja en una mejora en la calidad del agua de una manera más plausible que en la de contaminación del aire. La hipótesis que sustenta este trabajo es que dada la aceptación de la CAK para algunas variables medio ambientales (MA), es posible observar una serie de consecuencias importantes: *i*) es inevitable la existencia de una degradación ambiental “parcial” para las economías en desarrollo, particu-

también se presenta inicialmente un aumento de la desigualdad de ingreso entre los individuos, y posteriormente empieza esta inequidad a disminuir.

<sup>4</sup> El término de curva ambiental de Kuznets aparece primero en Panayotou (2000).

larmente durante el inicio del proceso de industrialización; *ii*) cuando una economía alcanza un ingreso *per capita* dado, el crecimiento económico ayuda a disminuir el daño ambiental causado. En ese marco, si el crecimiento económico es un elemento que permite el mejoramiento del medio ambiente, entonces las políticas que estimulan el crecimiento también deben ser buenas para proteger el entorno ambiental. Así pues, el crecimiento del PIB crea las condiciones necesarias para mejorar el medio ambiente al estimular la demanda por mejorar la calidad medioambiental. En este último punto, Roca (2003) afirma que una vez que el ingreso alcanza cierto monto, la disponibilidad a pagar por un medio ambiente más limpio aumenta en una mayor proporción que el ingreso.

La hipótesis de la CAK proviene de la importante cantidad de estudios realizados a inicios del decenio de los noventa. La evidencia comenzó a mostrar que en los países desarrollados ciertas medidas de la calidad de vida sufren al principio un deterioro y posteriormente mejoran; asimismo, existen pruebas de que la degradación ambiental y el ingreso *per capita* siguen la misma trayectoria de una U invertida, relacionándose así con la desigualdad del ingreso y el ingreso *per capita* de la curva original de Kuznets. La relación estadística de la CAK sugiere que con el desarrollo económico y el progreso industrial los daños ambientales incrementan hasta el límite la utilización de los recursos naturales, y como resultado se presenta una mayor emisión de contaminantes, se opera de manera ineficiente y se generaliza el uso de tecnologías relativamente sucias. El proceso de crecimiento económico continúa hasta que la esperanza de vida aumenta, mejora la calidad del agua y el aire, y se genera un hábitat más limpio y mejor evaluado para las decisiones marginales de los individuos acerca de cómo gastar sus ingresos (disponibilidad a pagar). Posteriormente y una vez alcanzado el estado “posindustrial”, se combinan las tecnologías, la información y los servicios, lo que incide positivamente en la mejora de la calidad ambiental.

Kijima, Nishideb y Ohyama (2010) hacen una interesante revisión de la bibliografía de la CAK; la lógica que explica la relación entre incremento del ingreso y degradación ambiental podría ser, entre otras cosas, por las siguientes: *i*) cuando un país alcanza un estándar de vida lo suficientemente alto la sociedad asigna un valor particular creciente al medio ambiente; por tanto, una vez que el ingreso alcanza un nivel dado, la disponibilidad a pagar por un medio ambiente más limpio se incrementa en mayor proporción que el ingreso; *ii*) la degradación ambiental tiende a incrementarse cuando

cambia la estructura de la economía, desde rural a urbana o de agrícola a industrial, pero empieza a disminuir de nueva cuenta con otro cambio estructural, cuando se pasa de una industria intensiva en energía hacia los servicios y hacia una economía intensiva en tecnología y conocimiento; *iii*) a medida que una nación rica puede permitir destinar mayores recursos hacia la investigación y desarrollo, entonces el progreso tecnológico se presenta con el crecimiento económico y se remplazan las tecnologías sucias y obsoletas por otras más limpias y avanzadas; *iv*) finalmente, las características del sistema político y algunos valores culturales desempeñan un papel importante en la aplicación de políticas públicas compatibles con el medio ambiente, las que serán adoptadas con mayor facilidad una vez que la economía alcance un ingreso alto.

Grossman y Krueger (1995) fueron de los primeros autores en establecer un modelo entre la calidad ambiental y el crecimiento económico. En su trabajo argumentan que para valores altos de ingreso se presenta una mejora en la calidad del aire; asimismo, encuentran que el ingreso *per capita* de México caía cuando disminuía la calidad del aire. Cabe destacar que el trabajo de estos autores se realizó en el contexto del debate referido al acuerdo del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. A la par de lo que ocurría en Norteamérica, otros países comenzaron a abrir sus mercados y, en el caso específico de las empresas, intentaron de encontrar las regiones donde existieran los menores estándares de calidad ambiental. En el trabajo se señala, que en el caso específico de las empresas que salieron de los Estados Unidos y Canadá hacia México, lo hicieron motivadas principalmente por los estrictos estándares ambientales de estos dos países. Entre las propuestas de Grossman y Krueger destaca el argumento de que los incrementos en los ingresos provenientes del comercio podrían dirigirse hacia la aplicación de un control ambiental más estricto, es decir, el libre comercio debería proteger el medio ambiente. Para probar esta hipótesis los autores aplican la metodología de panel de sección cruzada, tomando como variables algunas medidas comparables de los socios, entre las que se encuentra la contaminación del aire en varias áreas urbanas. En el análisis de Grossman y Krueger se observa que el dióxido de azufre y el *smog* en el aire se incrementan con la presencia del PIB *per capita* menor; sin embargo, esta contaminación disminuye a medida que aumenta el ingreso. Los autores encuentran pruebas estadísticas de la existencia de una relación entre la CAK y los dos indicadores de calidad ambiental utilizados. El “punto de inflexión”

(*turning point*) o el nivel en el cual los indicadores de contaminación empiezan a disminuir, se determinó en un rango del PIB *per capita* de entre 4 mil y 5 mil dólares. Por lo contrario, para el caso específico del dióxido de azufre y el *smog*, no se identifica un punto de cambio; sin embargo, la relación entre la contaminación con estos indicadores y el PIB *per capita* se percibe como un incremento monótono.

Con base en el estudio de Grossman y Krueger (1995), Shafik y Bando-padhyay (1992) estiman la relación entre el crecimiento económico y diversos indicadores ambientales presentados en las series de tiempo realizadas por el Banco Mundial. Estos autores encuentran una relación significativa entre el ingreso y todos los indicadores medioambientales que examinan. Así, ante un incremento en el ingreso desde montos bajos, las cantidades de dióxido de sulfuro y partículas suspendidas en el aire se incrementaron en principio y posteriormente decrecen una vez que la economía alcanza un cierto ingreso. El punto de inflexión del ingreso medio para esos contaminantes fue de entre 3 300 y 3 700 dólares, respectivamente.

Otro estudio que también analiza la CAK es el realizado por Hettige, Mani y Wheeler (2000), quienes documentan la intensidad de la producción tóxica para 37 sectores manufactureros en 80 países durante el periodo 1960-1988. El objetivo del documento fue determinar el efecto ambiental de las industrias manufactureras y, específicamente, analizar si este sector se tornaba más o menos tóxico respecto a distintos ingresos. Los resultados obtenidos indicaron la existencia de una relación entre la CAK y la intensidad de elementos tóxicos por unidad del PIB. Cuando los autores construyen un solo indicador industrial de estos 37 sectores encuentran que el sector es menos tóxico en países con ingresos bajos; de la misma manera se observa que el sector manufacturero es menos tóxico en los países con un ingreso alto. Cabe destacar que el sector manufacturero se torna relativamente pequeño en comparación con el sector de servicios y comercio en las economías en expansión; esto sugiere que los países con ingresos altos aumentan su demanda por un medio ambiente más limpio, a pesar de que paradójicamente este sea afectado por la producción sucia del sector manufacturero. Hettige, Mani y Wheeler (2000) también encuentran diferentes resultados para distintos periodos de análisis; así por ejemplo, en el decenio de los años de sesenta del siglo pasado la intensidad tóxica se incrementa más rápido en las economías con ingresos altos; sin embargo, estos valores de degradación cambian en los decenios de los setenta y ochenta, y se obser-

va que la intensidad tóxica proveniente de la industria manufacturera crece a una tasa mayor en los países menos desarrollados.

Cabe destacar que en este artículo los autores amplían el análisis y dejan entrever la posibilidad de que la intensidad tóxica estuviera siendo afectada por las políticas comerciales de los países menos desarrollados. Los resultados de esta modificación en el modelo indican que la intensidad tóxica del sector manufacturero en estos países se incrementa cuando los gobiernos protegen la industria química por medio de tarifas y barreras arancelarias. Un rápido aumento de la intensidad tóxica no forzosamente es una característica de los sectores manufactureros en los países menos desarrollados; sin embargo, se observa una mayor intensidad tóxica en el sector manufacturero en las economías cerradas al comercio internacional.

Entre otros trabajos, destaca el realizado por Cropper y Griffiths (1994), quienes examinan el efecto de las presiones de la población en 64 países en desarrollo. De acuerdo con estos autores, el crecimiento del ingreso *per capita* y de la población son factores que determinan la tasa de deforestación; para su estudio referido a la América Latina, África y Asia encuentran que a medida que se presentan incrementos en el ingreso se percibe una disminución en la tasa de deforestación. Por otra parte, Shafik (1994) plantea algunas hipótesis que determinan la calidad ambiental de cualquier país y entre las que destacan: *i*) el conocimiento del clima y la ubicación del país; *ii*) el ingreso *per capita*, que refleja la estructura de la producción, urbanización y el consumo de bienes privados, que incluyen bienes y servicios ambientales privados; *iii*) los factores exógenos como la tecnología disponible en todos los países y que cambia a lo largo del tiempo; *iv*) las políticas que reflejan las decisiones sociales acerca de los bienes ambientales públicos que dependen de las instituciones y de la suma de todos los beneficios individuales relativos a la disponibilidad a pagar conjunta. Shafik encontró una relación entre el ingreso *per capita* y el dióxido de carbono, así como también con la concentración de partículas suspendidas en el aire.

Panayotou (2000) estudia las instituciones en el marco del crecimiento económico y la densidad de población, pues estas variables ocasionan que se incremente de manera moderada el precio del medio ambiente. Argumenta que las políticas públicas pueden de alguna forma neutralizar esos efectos en el crecimiento económico de un modo más sostenible. En el documento se trabaja con 30 países para el periodo 1982 y 1994. Panayotou considera cinco indicadores de la calidad institucional en general: *i*) res-



peto y endurecimiento de los contratos, *ii*) eficacia de la burocracia, *iii*) la eficiencia de las leyes, *iv*) la corrupción en el gobierno y *v*) el riesgo de apropiación. Al estar correlacionadas estas variables el autor construye un índice, y descubre que la calidad de las políticas y las instituciones pueden reducir de manera significativa la degradación ambiental en los países de bajos ingreso e incrementarlos en los países de ingresos altos. Las políticas más seguras como los derechos de propiedad, que se encuentran protegidas por las leyes y las regulaciones ambientales, pueden ayudar a “achatar” la CAK y reducir los precios ambientales del alto crecimiento económico. Estos resultados muestran una fuerte relación entre los derechos de propiedad y la calidad ambiental, y son congruentes con los resultados obtenidos por Norton (1998), quien demuestra que los derechos de propiedad siguen a los ingresos altos, y generan un cambio en la demanda por calidad en el medio ambiente. Las instituciones que cuentan con derechos de propiedad sólidos aportan una base legal para la toma de acciones entre quienes generan contaminación y degradan el valor de la propiedad; esto trae como consecuencia la generación de incentivos para investigación y desarrollo en el manejo de los recursos naturales.

Existe una gran cantidad de evidencia empírica que apoya la CAK (Kijima, Nishide y Ohyama, 2010). Algunos estudios de series de tiempo, con bases de datos ambientales que han examinado esa relación, utilizan en su mayoría enfoques de sección cruzada por países. En relación con resultados y estimaciones de trabajos para un solo país, se examinan tres casos en los cuales en la relación ambiente-ingreso es posible generar un “punto de inflexión” en la curva ambiental de Kuznets.

Aunque es cierto que la CAK es un instrumento adecuado para explicar la relación entre incremento del PIB *per capita* y la degradación ambiental, también es cierto que hay quienes son escépticos respecto a esta relación. En la revisión de la bibliografía de Kijima, Nishide y Ohyama (2010) se presentan varios trabajos en los que los resultados son sensibles a la muestra de países seleccionados y al periodo de análisis considerado. Asimismo, los resultados obtenidos pueden cambiar en función de los factores de escala seleccionados en los modelos de regresión, así como también asumir una forma funcional *a priori*. En ese marco, la gran cantidad de trabajos respecto a la CAK generalmente se analiza en términos de cambios en el comportamiento y las preferencias, cambios institucionales, cambios organizacionales y tecnológicos, cambios estructurales y reasignación internacional.

## II. EVIDENCIA EMPÍRICA

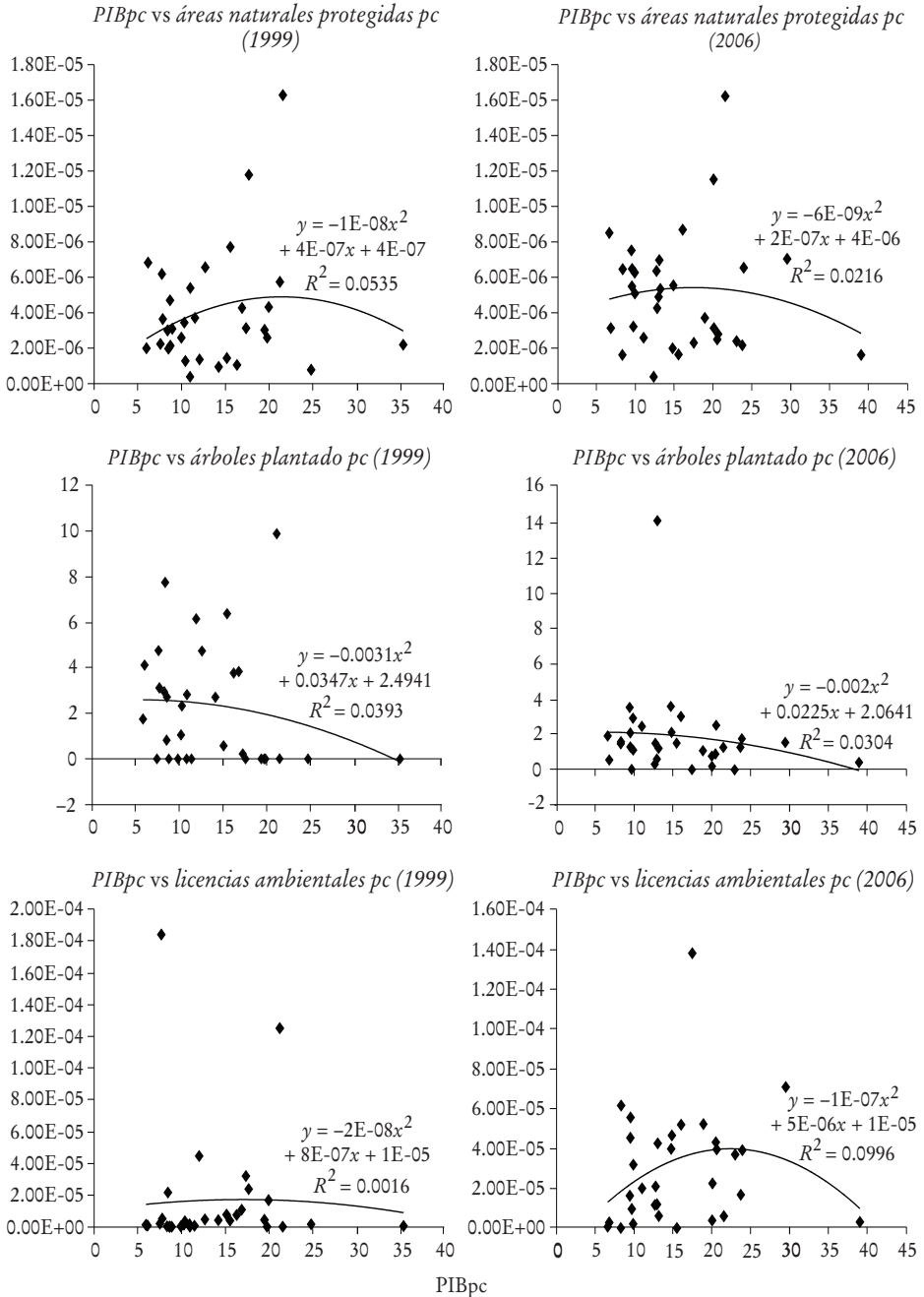
En este artículo se considera las ventajas y desventajas de la CAK analizadas líneas arriba y utilizamos diferentes indicadores de medio ambiente para probar la existencia o no de la CAK en México. Existe una limitación importante en los estudios de la CAK que es la falta de datos en los indicadores ambientales. Generalmente es el resultado del problema de recabar los datos o de las diferencias existentes entre los países o de los problemas de comparación. En el caso de la economía mexicana, los datos fueron obtenidos de las estadísticas de medio ambiente por entidad federativa del INEGI. Las variables medioambientales (MA) consideradas a lo largo de todo el trabajo para las 32 entidades federativas en el periodo 1999-2006 se muestran en el cuadro 1.

La gráfica 1 muestra la posible relación entre el producto *per capita* y las variables ambientales *per capita* en 1999 y en 2006. En algunas de las variables medioambientales observamos —con tendencia polinómica cuadrática— que pudiera darse la CAK; es el caso de las áreas naturales protegidas, árboles plantados, superficie de los rellenos sanitarios, licencias ambientales y plantas de tratamiento de aguas residuales. Para estas variables la mayoría de las entidades federativas de la economía mexicana se encuentra en la parte ascendente de la tendencia, es decir, los PIBpc bajos están asociados a bajos niveles *per capita* de las variables de medio ambiente. El Distrito Federal es la entidad que se caracteriza por tener el mayor PIBpc, sin embargo, no parece poner atención en las variables ambientales. Los estados que tienen mayor cuidado con el medio ambiente son Baja California Sur y Quintana

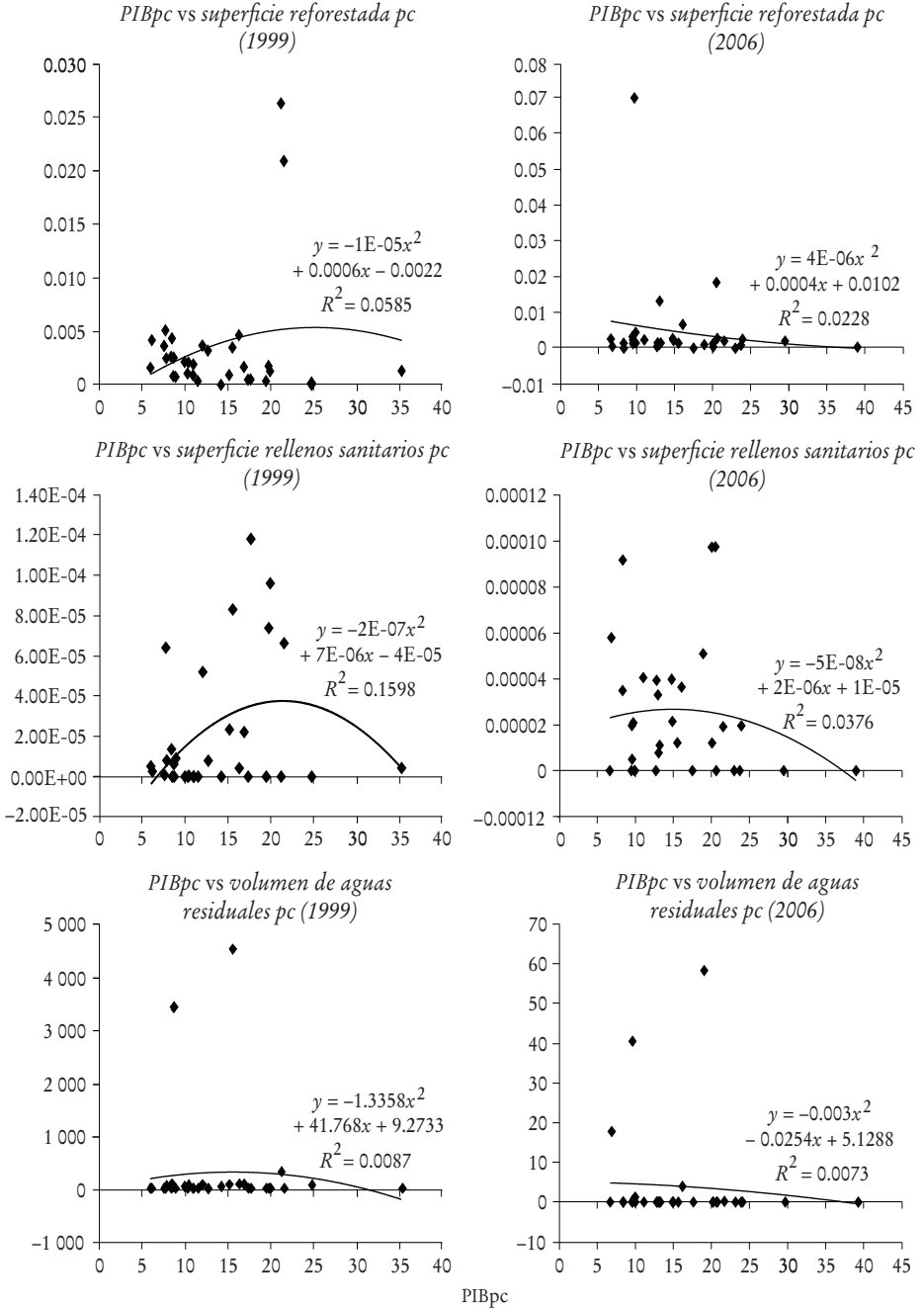
CUADRO 1. *Variables medioambientales*

<i>Variable</i>	<i>Notación</i>
PIB <i>per capita</i>	$PIBpc_{i,t}$
Población	$Pop_{i,t}$
Árboles plantados <i>per capita</i>	$APpc_{i,t}$
Áreas naturales protegidas <i>per capita</i>	$ANProtpc_{i,t}$
Superficie reforestada <i>per capita</i>	$SRpc_{i,t}$
Volumen de recolección de basura <i>per capita</i>	$VolReBa_{i,t}$
Vehículos recolectores de basura	$VeReBapc_{i,t}$
Volumen de aguas residuales (millones de metros <sup>3</sup> /año)	$VolARes_{i,t}$
Plantas de tratamiento	$PTpc_{i,t}$
Capacidad instalada (lts./seg.) pc	$CAPINSp_{i,t}$
Volumen tratado (metros <sup>3</sup> /año)	$VolTratpc_{i,t}$
Licencias ambientales a establecimientos	$LicAmb_{i,t}$

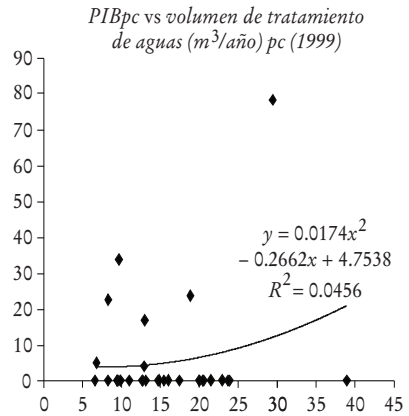
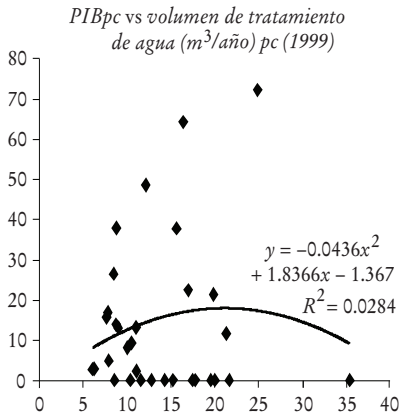
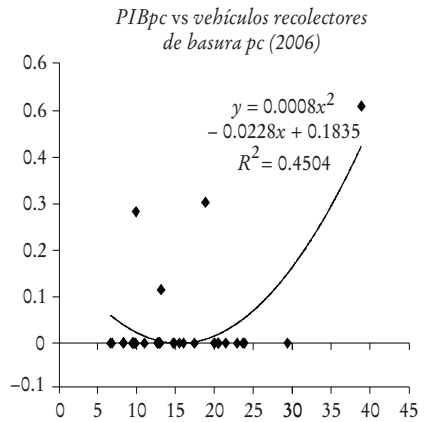
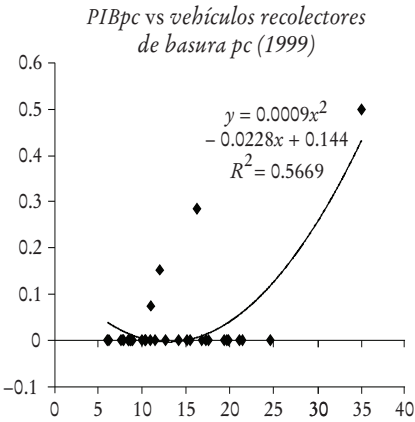
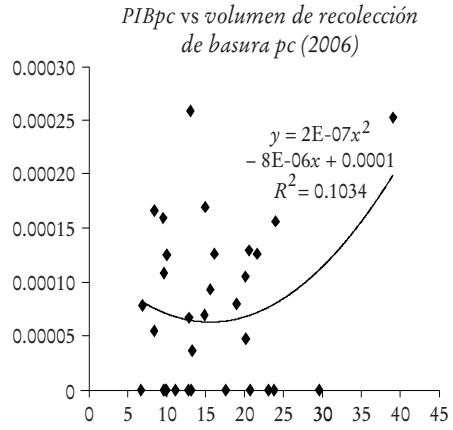
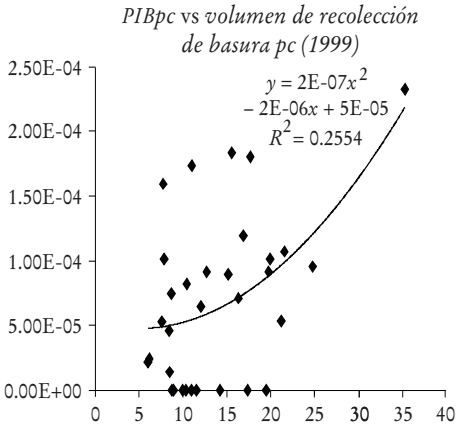
GRÁFICA 1. PIBpc vs variables ambientales pc (1999 y 2006)



GRÁFICA 1 (continuación)

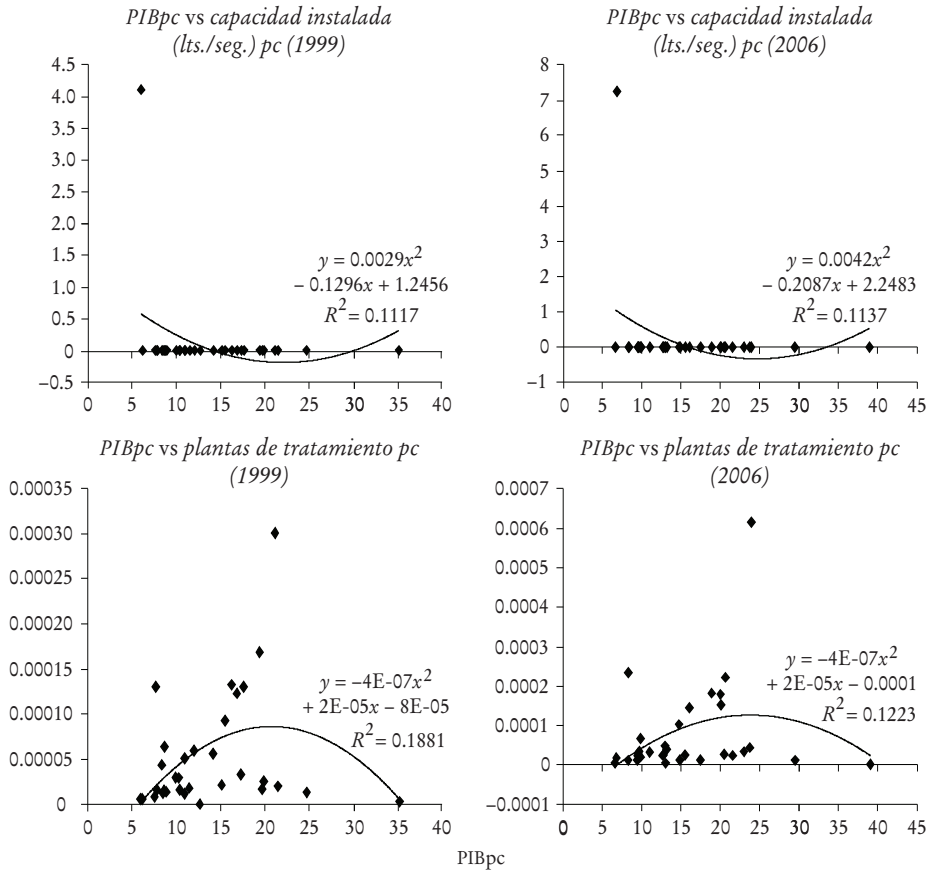


GRÁFICA 1 (continuación)



PIBpc

GRÁFICA 1 (conclusión)



Roo. Aun cuando su PIBpc está por encima de la media nacional, sin ser las entidades con mayor ingreso por habitante, son los estados que más cuidado tienen en las variables medioambientales consideradas aquí.

El cuadro 2 muestra las correlaciones de Pearson para el periodo considerado. Los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables de crecimiento económico y variables ambientales sugieren que las variables que se relacionan de manera positiva con el producto para las 32 entidades federativas son: volumen de recolección de basura, los vehículos recolectores de basura y plantas de tratamiento. Las variables medioambientales que tienen una relación inversa son: la capacidad instalada de las plantas de tratamiento de aguas, árboles plantados y volumen de aguas residuales. El resto de las variables (áreas naturales protegidas, licencias ambientales y superficie

CUADRO 2. *Coefficientes de correlación entre variables medioambientales y PIB (1999 y 2006)*

<i>Variable</i>	<i>1999</i>	<i>2006</i>
<i>APpc<sub>i,t</sub></i>	-0.1844	-0.1633
<i>ANProtpc<sub>i,t</sub></i>	-0.0625	0.1366
<i>SRpc<sub>i,t</sub></i>	0.2022	-0.1488
<i>VolReBa<sub>i,t</sub></i>	0.473	0.2062
<i>VeReBapc<sub>i,t</sub></i>	0.5352	0.4305
<i>VolARes<sub>i,t</sub></i>	-0.083	-0.039
<i>PTpc<sub>i,t</sub></i>	0.2265	0.2060
<i>CAPINSp<sub>i,t</sub></i>	-0.222	-0.226
<i>VolTratpc<sub>i,t</sub></i>	0.093	0.1961
<i>LicAmb<sub>i,t</sub></i>	-0.0068	0.131

reforestada) tiene una relación con el producto en 1999 y cambia para el año 2006. La mejor correlación encontrada en este caso es para las licencias ambientales, puesto que de tener un coeficiente de correlación negativo (aunque cercano a 0), para 2006 es positiva la correlación entre PIBpc y licencias ambientales. Los coeficientes de correlación también los vemos reflejados en la gráfica 1, en la que observamos el cambio o la tendencia entre 1999 y 2006.

### III. ANÁLISIS DE CONVERGENCIA

Nuestro enfoque de medio ambiente y crecimiento económico comienza con un análisis de regresión de sección cruzada. Adoptamos la metodología de Barro y Sala-i-Martin (1992) que se ha utilizado ampliamente en la hipótesis de convergencia del ingreso. Después extendemos el análisis de convergencia utilizando la metodología de datos de panel. Para las variables de recursos medioambientales y el PIB no encontramos pruebas de convergencia en los 32 estados de la República Mexicana, excepto para algunas variables. El análisis soslaya la estructura industrial de cada estado. La estructura industrial claramente nos ayudaría a explicar las diferencias entre estados en el cuidado medioambiental, sin embargo, en este trabajo nos enfocamos en encontrar las diferencias más que explicarlas.

#### 1. *Datos de sección cruzada*

Un modo de organizar los datos para un análisis sistemático de las diferencias entre los estados de México puede ser tomado de la bibliografía de

convergencia y crecimiento. La idea es evaluar la capacidad de la hipótesis de convergencia para explicar por qué algunos estados han incrementado el cuidado hacia el medio ambiente más rápido que otros. La hipótesis con los datos de crecimiento y variables ambientales implican que el crecimiento en el cuidado del medio ambiente en el periodo 1999-2006 tiende a estar directamente relacionado con el cuidado de los recursos medioambientales de 1999.

Como un primer paso para medir la existencia de convergencia nos preguntamos si los estados que comenzaron con menores cuidados de los recursos naturales al principio del periodo 1999, obtuvieron en promedio mayores incrementos en el cuidado de los recursos naturales en 2006. Este criterio aplica para todas las variables de medio ambiente. Para cualquier variable de recursos naturales, el enfoque estándar es estimar la siguiente ecuación:

$$GMA_{i, 2006-1999} = \alpha + \beta \log(MA_{i, 1999}) + \varepsilon_i \quad (1)$$

en lo que el subíndice  $i$  se refiere al estado  $i$ ,  $MA_{i, t}$  es la variable medio ambiental *per capita* en el estado  $i$  en el periodo  $t$ ,  $GMA_{i, 2006-1999} = 1/7 \ln(MA_{i, 2006}/MA_{i, 1999})$  y  $\varepsilon_i$  es el término de error.

Si  $\beta$  es estadísticamente negativa, hay evidencia en favor de la hipótesis de  $\beta$  convergencia en el periodo 1999-2006 para las variables medio ambientales (MA) y las 32 entidades federativas de México consideradas en este trabajo. En este caso,  $\beta$  mide la tasa de convergencia hacia un pseudo estado estacionario (De la Fuente, 2003), que no ha sido forzosamente alcanzado al final del periodo muestral.

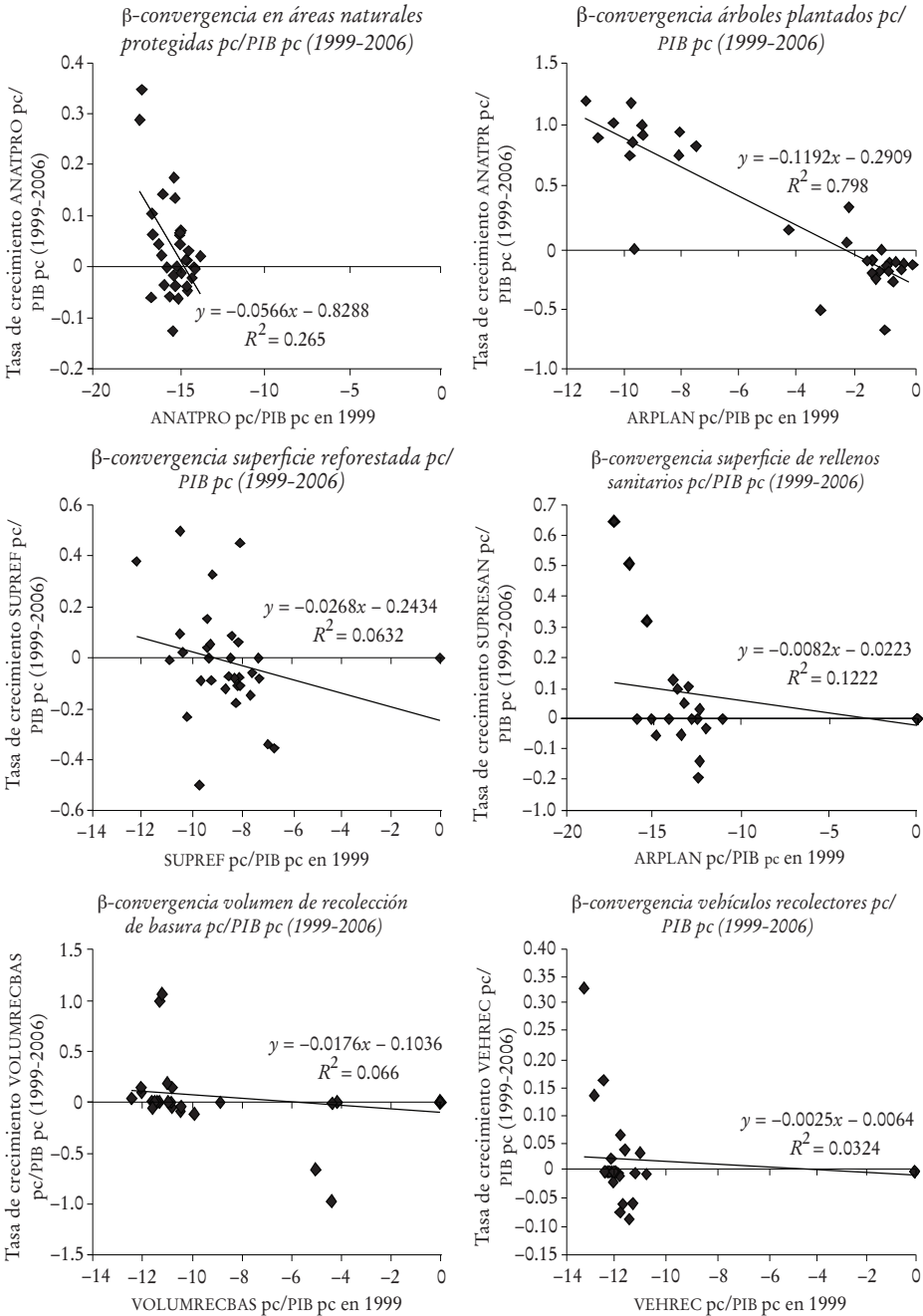
La gráfica 2 muestra los puntos y la línea ajustada entre  $GMA_{i, 2006-1999}$  y  $\log(MA_{i, 1999})$  para las variables de MA consideradas en este trabajo. En general, las relaciones muestran una pendiente negativa, sin embargo, el grado de dispersión varía entre las variables.

El cuadro 3 muestra las estimaciones de los coeficientes. Todas las variables tienen un coeficiente de  $\beta$  negativo, sin embargo, son no estadísticamente significativos para superficie reforestada, volumen de recolección de basura, vehículos recolectores de basura, plantas de tratamiento de aguas y capacidad instalada en las plantas de tratamiento de aguas (litros por segundo). No podemos rechazar la hipótesis nula [ $H_{0, MA}: \beta = 0$ ]<sup>5</sup> en estos casos. De esta manera, para los estados de la República Mexicana tenemos evidencia que existe  $\beta$ -convergencia en árboles plantados, áreas naturales protegidas

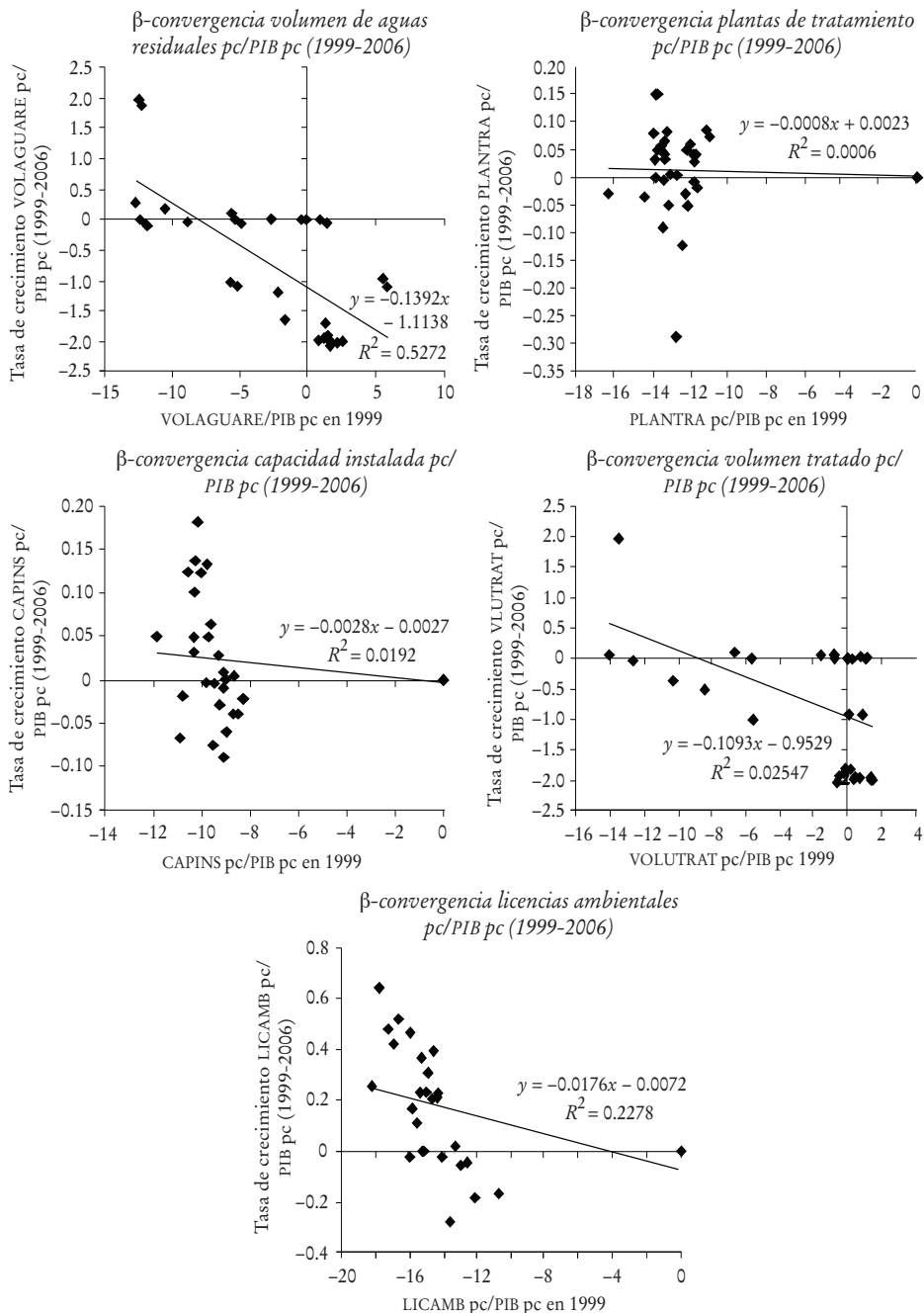
5 Es decir [ $H_{\alpha, MA}: \beta < 0$ ].



GRÁFICA 2. *Convergencia en variables ambientales (1999-2006)*



GRÁFICA 2 (conclusión)



CUADRO 3. Resultados de las estimaciones de sección cruzada para las variables ambientales (1999-2006)<sup>a</sup>

Variable	$\alpha$	$\beta$	$\rho(GX_{i-T}, X_i)$	$R^2$
$APpc_{i,t}$	-0.290	-0.119	0.893	0.791
$ANProtpc_{i,t}$	-0.828	-0.056	0.514	0.240
$SRpc_{i,t}$	-0.243*	-0.267*	0.251	0.032
$VolReBa_{i,t}$	-0.103*	-0.017*	0.0256	0.034
$VeReBapc_{i,t}$	-0.006*	-0.002*	0.179	0.000
$VolARes_{i,t}$	-1.113	-0.139	0.726	0.511
$PTpc_{i,t}$	0.002*	-0.0008*	0.025	0.03
$CAPINSp_{i,t}$	-0.002*	-0.002*	0.138	0.013
$VolTratpc_{i,t}$	-0.952	-0.109	0.504	0.229
$LicAmb_{i,t}$	-0.071*	-0.0175	0.477	0.202

<sup>a</sup> Parámetros no estadísticamente significativos.

das, licencias ambientales y volumen de tratamiento de aguas *per capita*. Lo anterior, sugiere que los niveles iniciales en las variables *per capita* en 1999 pueden contribuir a explicar por qué algunos estados han incrementado su cuidado en variables medioambientales más rápido que otros. De esta manera, la evidencia está en favor de la convergencia absoluta entre los estados de la República Mexicana en estas últimas variables. Esto implica que los niveles iniciales en variables relacionadas con el cuidado ambiental podrían influir en la dinámica medioambiental de acuerdo con las características observables.

Sin embargo, al utilizar la ecuación (1) la estimación de  $\beta$  podría estar sesgada debido a dos razones: la omisión de variables relevantes y la imposición de estados estacionarios comunes para todos los estados de la República Mexicana. Para evitar este problema, al menos parcialmente, primero extendemos la ecuación (1) y controlamos para el PIB *per capita* en distintas formas funcionales que intentan encontrar evidencia empírica de la existencia de la CAK para la economía mexicana y después utilizamos un modelo de efectos fijos en datos de panel utilizando el modelo con la información completa de los datos.

La pregunta que hacemos aquí es si la convergencia absoluta en medio ambiente para México puede ser explicada por el PIB *per capita* o por una reducción en las dispersión de las variables de medio ambiente entre los estados. Para la primera parte, los coeficientes  $\beta$  estimados de la especificación anterior, se registran en el cuadro 4. La evidencia no está a favor de la convergencia absoluta para los estados de México, excepto para algunas variables. Para el análisis de  $\sigma$ -convergencia<sup>6</sup> la pregunta es si el coeficien-

<sup>6</sup> Sea  $\sigma^2$  la varianza del log de las variables medioambientales de los 32 estados en el año  $t$ . Si la varian-

te de variación intraestatal en el cuidado del medio ambiente para 2006 es más pequeño que para 1999. Los resultados se muestra en la gráfica 3, con evidencia de  $\sigma$ -convergencia en las variables: áreas naturales protegidas, árboles plantados y licencias ambientales federales para todo el periodo. El resto de las variables aun cuando en algunos años disminuyó la dispersión entre estados, en otros aumentó. Llama la atención el caso de la capacidad instalada, pues no hubo cambios durante el periodo muestral. Una característica común en todas las variables ambientales es que están muy lejos de acercarse a su estado estacionario.

Hasta ahora, hemos proporcionado pruebas preliminares en algunas variables medio ambientales de un mayor crecimiento en el cuidado del medio ambiente, si ya se había cuidado de éste en 1999. También hay pruebas de que la dinámica del crecimiento no desempeña un papel importante en la dinámica del cuidado del medio ambiente.

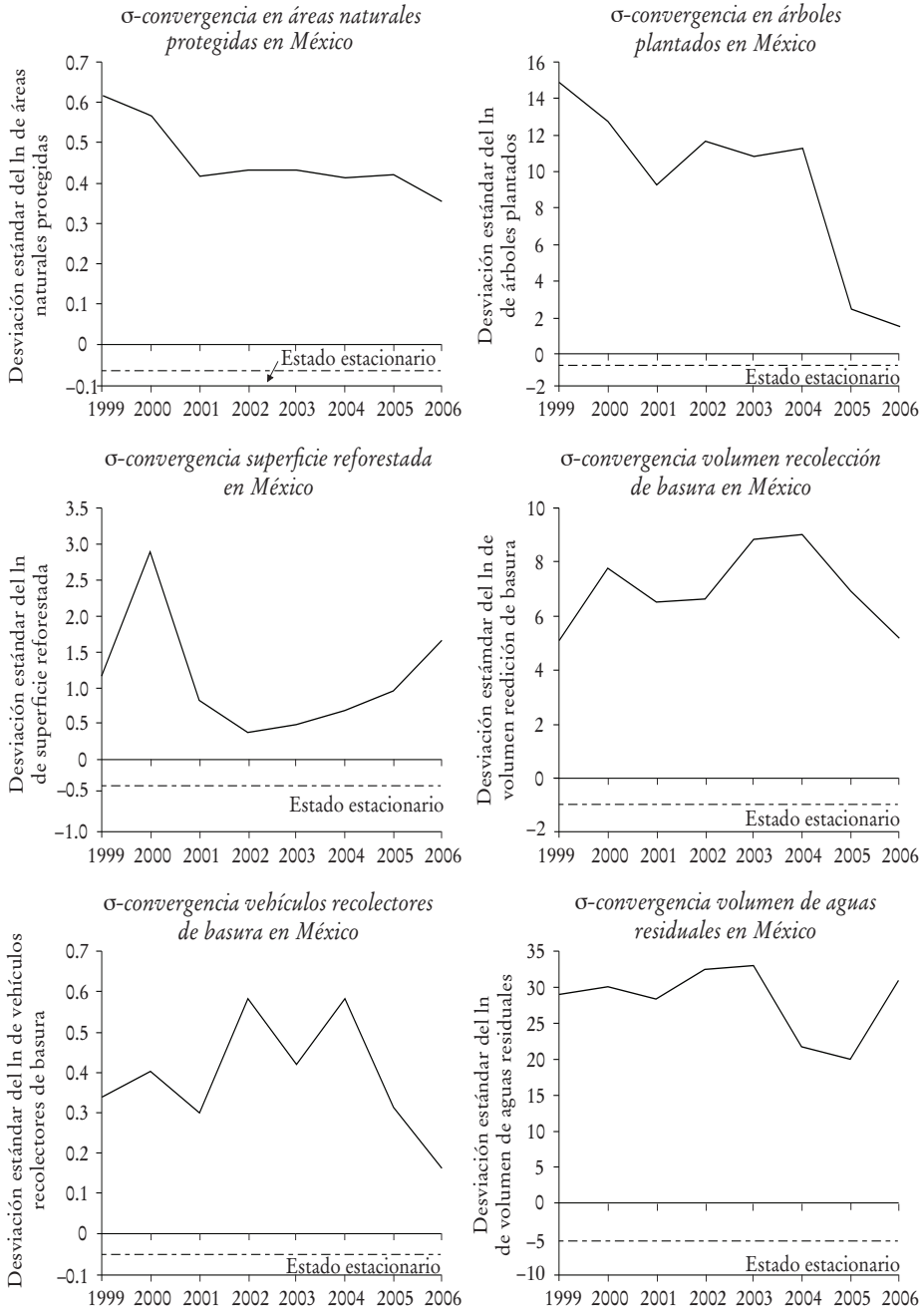
Uno de los problemas será el de elegir una forma específica que pueda estimar la proporción medio ambiente/ingreso de manera eficiente. Algunos trabajos relacionados de la bibliografía (Grossman y Krueger, 1995 y Kijima, Nishideb y Ohyama, 2010, entre otros) utilizan el indicador ambiental como una función cuadrática o cúbica del ingreso. Pero una función de este tipo no podría representar en realidad una proporción ambiente/ingreso. Una función cúbica implica que la degradación ambiental tenderá alguna vez a aumentar o a disminuir a medida que el ingreso aumente. Una función cuadrática cóncava implica que la degradación ambiental podría ser eventualmente 0 o nula, o quizás negativa, a medida que el ingreso aumenta, lo cual no es apoyado por la evidencia empírica. Una función cuadrática es simétrica, por lo que una parte de la curva tendrá la misma pendiente del otro lado. Esto implica que cuando el ingreso se acerca a un nivel mayor, la degradación ambiental podría disminuir al mismo tiempo que la tasa, que de manera previa se incrementó.

Sin embargo, podemos intentar varias formas funcionales del ingreso para encontrar evidencia de la CAK. La especificación que proponemos es la siguiente:

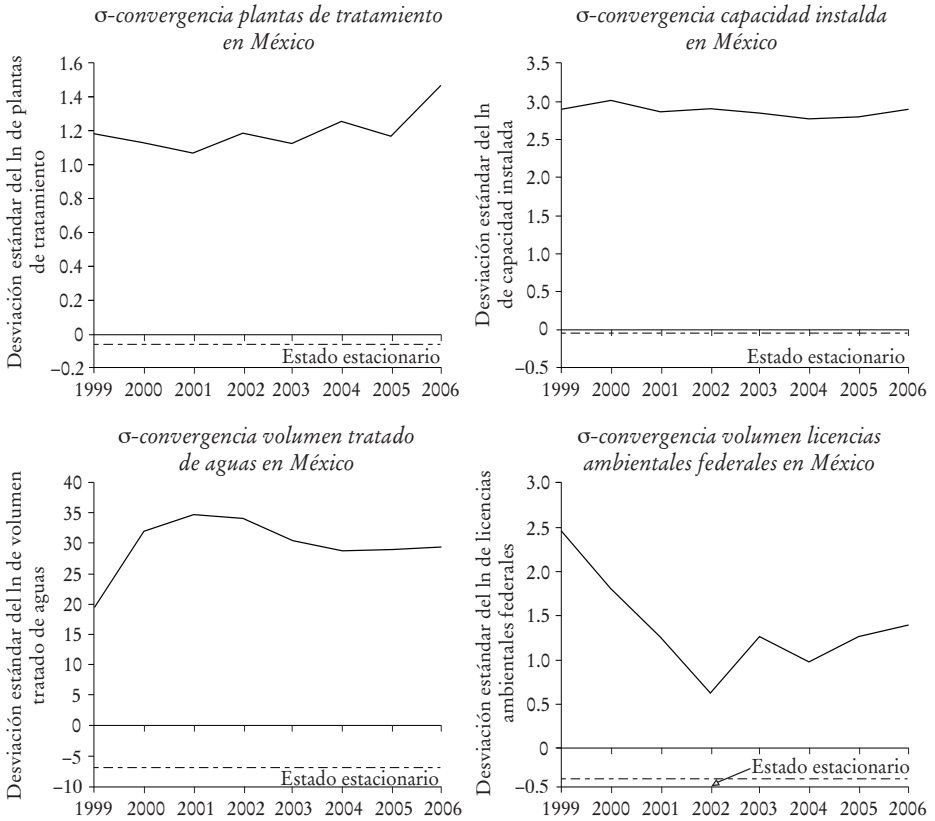
$$\begin{aligned} GMA_{i,06-99} = & \alpha + \beta_1 MA_{i,99} + \beta_2 \overline{MA}_{3,i} + \phi_1 GDP_{i,99} + \phi_2 \overline{GDP}_{3,i} + \\ & + \phi_3 \overline{GDP}_{3,i}^2 + \phi_4 GGDP_{i,06-99} + \phi_5 GGDP_{i,06-99}^2 + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (2)$$

za  $\sigma_{ut}^2$  es constante en el tiempo, esto es,  $\sigma_{ut}^2 = \sigma_t^2$ , implica que  $\sigma_t^2$  se aproxima a su estado estacionario:  $\sigma^2 = \sigma_u^2 / (1 - e^{2\beta})$ .

GRÁFICA 3. *Convergencia de variables medioambientales (1999-2006)*



GRÁFICA 3 (conclusión)



en la que  $MA_{i,99}$  es la variable medio ambiental *per capita* del estado  $i$  en 1999,  $\overline{MA}_{3,i}$  representa el promedio de la variable medio ambiental *per capita* en los últimos tres años del periodo del estado  $i$ ,  $\overline{GDP}_{3,i}$  denota el promedio del PIB real *per capita* en los últimos tres años del periodo del estado  $i$ ,  $GDP_{i,99}$  significa el PIB real *per capita* del estado  $i$  en 1999,  $GGDP_{i,06-99} = 1/7 \log(GDP_{i,06}/GDP_{i,99})$ . Las  $\beta$  y las  $\phi$  son los parámetros a ser estimados.

El cuadro 4 muestra los resultados de las estimaciones de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de la ecuación (2) para las variables medioambientales. Básicamente, la hipótesis de la existencia de la  $\beta$ -convergencia ( $\beta < 0$ ) no puede rechazarse para las variables con los niveles estándar de significación. En relación con la ecuación (1), la significatividad de  $\beta$  es ahora mayor y encontramos convergencia en más variables medioambientales. Las variables para las que se rechaza la hipótesis de convergencia son el volumen

de tratamiento de aguas residuales *per capita* y el volumen de tratamiento de agua *per capita*. Incluimos en esta especificación el promedio de los últimos tres años de la variable medio ambiental ( $\overline{MA}_{3,i}$ ) y los resultados indican que esta variable explica la dinámica de los movimientos en la variable medio ambiental considerada. El volumen de aguas residuales *per capita* ( $VolARes_{it}$ ) es la única variable que no es estadísticamente significativa.

Respecto a las variables del ingreso, incluimos cinco especificaciones:  $GDP_{i,99}$ ,  $GDP_{3,i}$ ,  $GDP_{3,i}^2$ ,  $GGDP_{i,06-99}$  y  $GGDP_{i,06-99}^2$ .<sup>7</sup> Además, debemos señalar que el valor de los parámetros estimados de las  $\phi$  en la ecuación (2) en general no son estadísticamente distintos de 0. Las variables en las que el PIB en 1999 influyó en la dinámica del medio ambiente fue el volumen de aguas residuales y en el volumen de la recolección de basura. En el resto de las variables, independientemente de la especificación de la variable, el ingreso no es una variable que explique el crecimiento o la caída en la variable medioambiental respectiva. Los resultados son relevantes por que no contribuyen a verificar que en el caso de la economía mexicana exista una CAK. El cuadro 4 muestra los resultados de las estimaciones.

Los residuales de la estimación anterior tienen una interpretación interesante. Planteamos la siguiente pregunta: ¿qué estados de México lo han hecho “bien” en el periodo muestral? Una primera aproximación diría: los que han tenido aumentos en sus variables ambientales. Sin embargo, claramente, debería haber algunos matices en la afirmación anterior, como el permitir un pequeño aumento en el cuidado de las variables ambientales antes de considerarlas “sucias” y viceversa. Un residual positivo en la estimación de la ecuación (2) indica que el estado correspondiente ha aumentado el cuidado de su variable ambiental más de lo que se esperaba de acuerdo con su tasa de crecimiento y al nivel inicial de la variable medioambiental en 1999; esto es, un estado limpio. Por otra parte, asociamos un residual negativo a un estado sucio. La gráfica 4 muestra los residuales para cada estado y variable medidos en unidades de desviación estándar. En términos generales un estado lo ha hecho particularmente bien si tiene  $\geq 2$  desviaciones estándar y particularmente mal si el valor de sus residuales es  $\leq -2$  desviaciones estándar para la variable analizada. De esta manera, los estados de México que han incrementado sus áreas naturales protegidas son Aguascalientes, Nayarit y Sinaloa y han disminuido sus áreas naturales protegidas con respecto al

<sup>7</sup> La especificación de las variables se detalla en la ecuación (2).

CUADRO 4. Estimaciones de corte transversal para variables medioambientales<sup>a</sup>

Variable	$\alpha$	$\beta_1, MA_{i,99}$	$\beta_2, \overline{MA}_{3,i}$	$\phi_1 GDP_{i,99}$	$\phi_2 \overline{GDP}_{3,i}$	$\phi_3 \overline{MA}_{3,i}$	$\phi_4 GGDP_{i,06-99}$	$\phi_5 GGDP_{i,06-99}^2$	R <sup>2</sup>
<i>APpc<sub>i,t</sub></i>	0.3711 (0.9641)	-0.0476 (-2.6437)	0.11871 (3.2276)	0.2089 (1.2362)	-0.2716 (-1.4530)	0.0032 (1.6601)	-16.7816 (-0.6154)	712.7816 (1.4756)	0.7464
<i>ANProtpc<sub>i,t</sub></i>	-0.068 (-0.7466)	-54400.07 (-9.9467)	48958.14 (9.1336)	0.0172 (0.6136)	-0.0066 (-0.2727)	-0.00023 (-1.7087)	1.3133 (0.2260)	-1.9718 (-0.0169)	0.8381
<i>SRpc<sub>i,t</sub></i>	-0.0919 (-0.2224)	-20.001 (-2.3055)	10.4311 (2.9660)	-0.0143 (-0.0997)	0.0326 (0.2534)	-0.00045 (-0.8151)	-7.6212 (-0.2728)	212.33 (0.4234)	0.4687
<i>VolARes<sub>i,t</sub></i>	-0.8541 (-0.4042)	-0.00033 (-1.3293)	0.000195 (0.0592)	1.5767 (2.0486)	-1.6174 (-2.0070)	0.0052 (0.7030)	118.2635 (0.7830)	-1265.482 (-0.4631)	0.3454
<i>VeReBapc<sub>i,t</sub></i>	0.0071 (0.0458)	-2099.168 (-5.5583)	1438.676 (4.2063)	0.0347 (0.6207)	-0.0349 (-0.7378)	9.58E-05 (0.4539)	9.8952 (1.0820)	-202.2591 (-1.1663)	0.8595
<i>VolReBa<sub>i,t</sub></i>	0.3183 (0.5230)	-6.2063 (-5.7696)	3.5705 (4.7509)	0.2607 (1.1111)	-0.32957 (-1.51004)	0.00268 (2.2794)	22.55609 (0.57743)	-132.1680 (-0.18308)	0.8420
<i>PTpc<sub>i,t</sub></i>	-0.0609 (-0.5664)	-2843.158 (-3.5326)	1811.421 (3.8319)	0.0724 (1.7708)	-0.0616 (-1.7576)	-0.00017 (-0.9604)	5.0605 (0.7720)	25.198 (0.1957)	0.4818
<i>CAPINSpC<sub>i,t</sub></i>	-0.0152 (-0.1899)	-91.1894 (-6.0515)	54.2954 (6.0516)	0.0344 (1.3130)	-0.0277 (-1.2038)	-0.00011 (-0.8495)	3.5216 (0.6842)	29.8087 (0.2697)	0.7041
<i>VolTratpc<sub>i,t</sub></i>	1.4675 (0.9413)	-0.0174 (-1.6463)	0.0348 (2.2887)	-0.7877 (-1.3130)	0.6840 (1.2807)	0.0011 (0.5623)	-105.872 (-1.1556)	415.6118 (0.1874)	0.5171
<i>LicAmb<sub>i,t</sub></i>	0.5320 (1.0420)	-3398.065 (-2.6416)	*	-0.0472 (-0.2887)	0.0344 (0.2376)	0.00022 (0.3307)	-19.389 (-0.5502)	411.7001 (0.6047)	0.3619

<sup>a</sup> Estadístico *t* entre paréntesis.



promedio Chihuahua, Michoacán y San Luis Potosí. Aunque una gran cantidad de estados ha aumentado los árboles plantados, los estados que lo han hecho particularmente bien son Guanajuato, Michoacán, Morelos y Sonora y mal Colima, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Se puede apreciar que los estados en lo general han reducido la capacidad instalada de aguas residuales, sin embargo, los estados con la mayor reducción son Hidalgo, San Luis Potosí y Oaxaca y los que han aumentado su capacidad son Michoacán, Puebla y Tabasco.

Respecto a las licencias ambientales, los estados que lo han hecho particularmente bien son Nuevo León y Puebla y los que han disminuido más las licencias que se otorgaban respecto a 1999 son Baja California Sur, Chiapas y Michoacán. Los estados que más han incrementado sus plantas de tratamiento de aguas son Oaxaca, Baja California, Coahuila y Sinaloa y los estados que han disminuido en esta variable son Jalisco, Sonora y Tamaulipas. La variable que tiene una interpretación distinta es la de volumen de recolección de basura. En este caso, cuanto menores residuales es mejor, de tal manera que los estados que lo han hecho mejor son Durango y Nuevo León y peor (estados que han aumentado su recolección de basura) son Campeche y Guanajuato. De este modo, podemos observar que no hay estados que hayan tenido un cuidado medioambiental de forma general (bueno o malo) en todas las variables estudiadas aquí.<sup>8</sup>

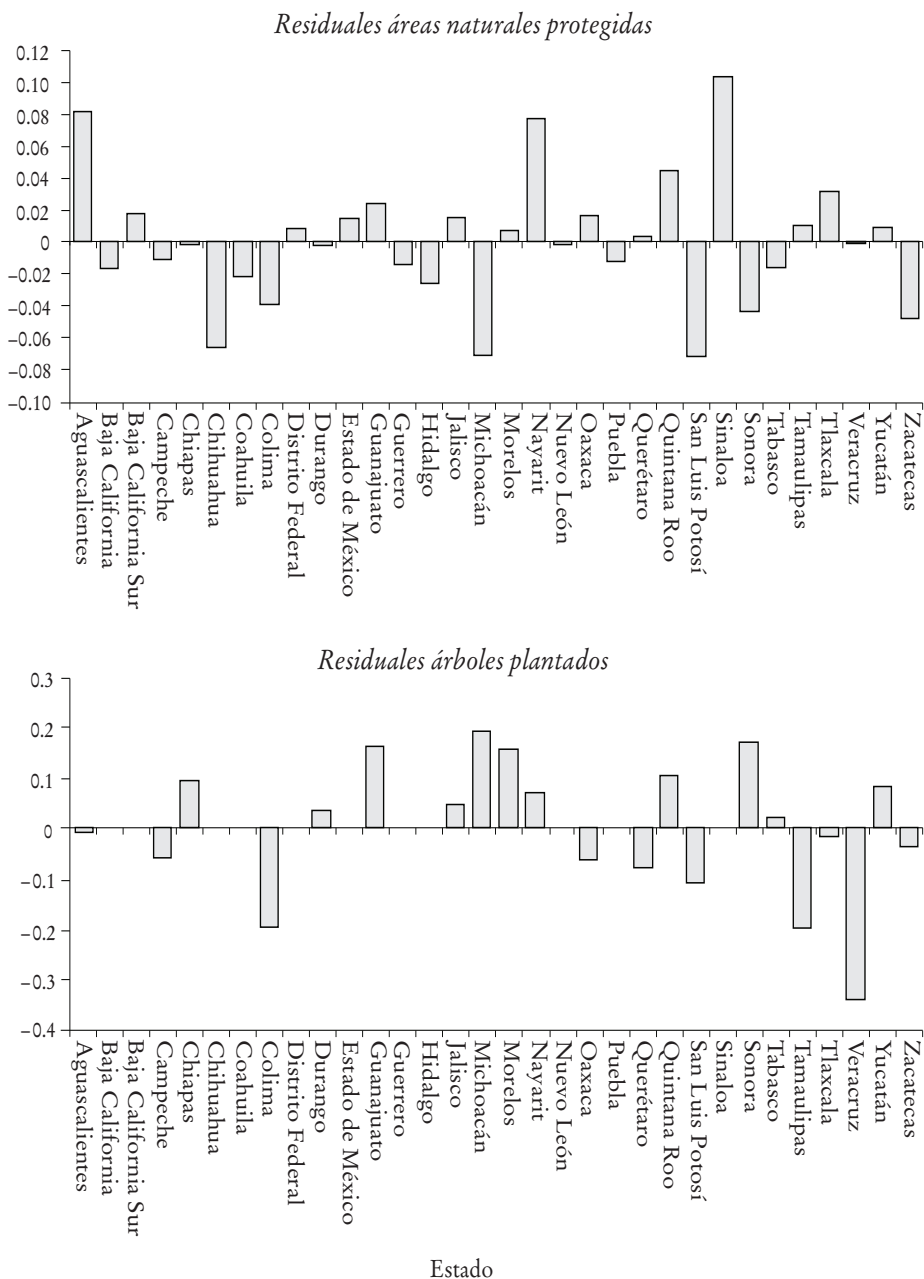
## 2. *Datos de panel*

En el modelo de convergencia anterior no tomamos en cuenta la evolución periodo a periodo de las variables ambientales para cada uno de los estados de México. Sin embargo, como es muy conocido, la evolución anual podría ayudarnos a tener “expectativas” hacia el futuro. Además, respecto a las variables medioambientales observamos heterogeneidad entre las 32 entidades

<sup>8</sup> En el resto de las variables podemos apreciar que: *i*) en los vehículos recolectores de basura destacan Baja California Sur y Michoacán como estados que han aumentado en número esta variable de cuidado ambiental respecto a la media y Colima es la entidad que ha disminuido los vehículos recolectores de basura; *ii*) en capacidad instalada destacan Michoacán, Nuevo León y Sinaloa como los estados que han mejorado de manera particular respecto al resto de las entidades federativas y las que lo han hecho peor son Campeche, Tamaulipas y Zacatecas; *iii*) Nuevo León y Sonora son los estados que más han aumentado su superficie reforestada mientras que Tamaulipas es el estado que más ha disminuido el cuidado en esta variable medioambiental; *iv*) Nuevo León, Oaxaca y Zacatecas son los estados que más han aumentado el tratamiento de aguas y los estados que han disminuido en volumen su tratamiento de aguas son Baja California Sur, Durango, Coahuila y Tlaxcala.

GRÁFICA 4. Residuales de variables medioambientales (1999-2006)

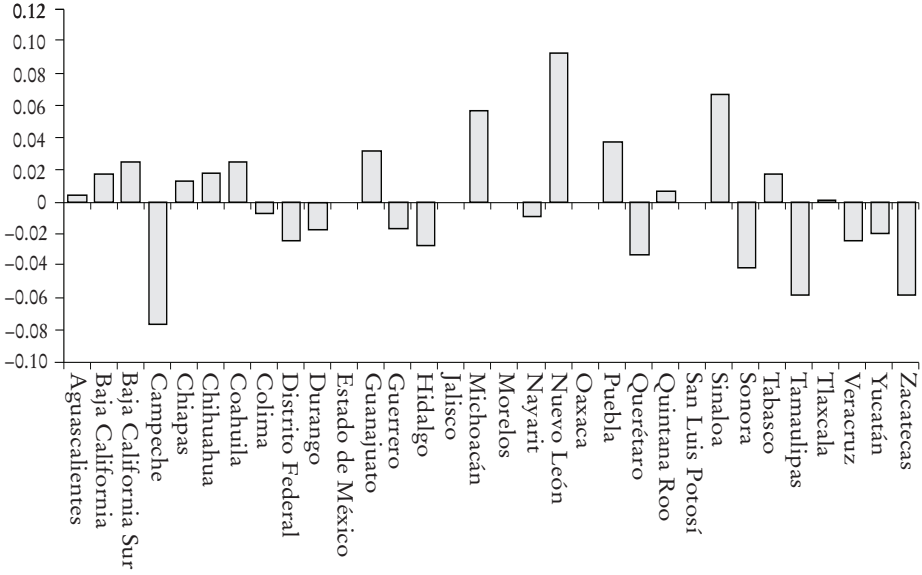
(Valores estandarizados)



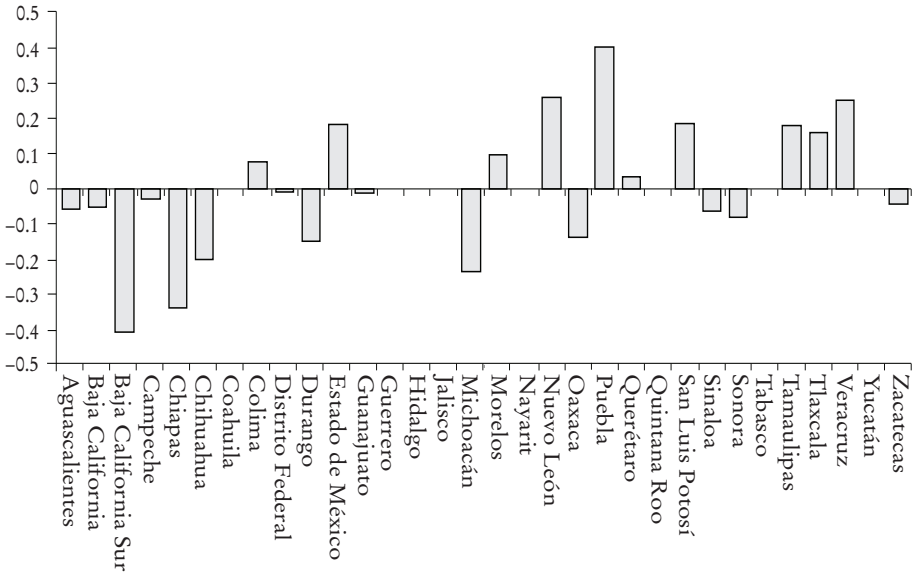
GRÁFICA 4 (continuación)

(Valores estandarizados)

*Residuales capacidad instalada*



*Residuales licencias ambientales*

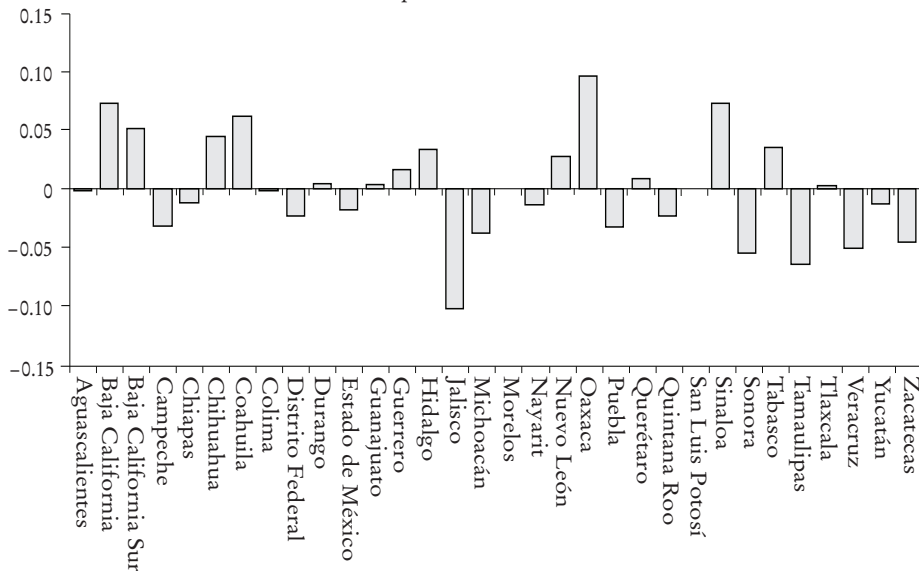


Estado

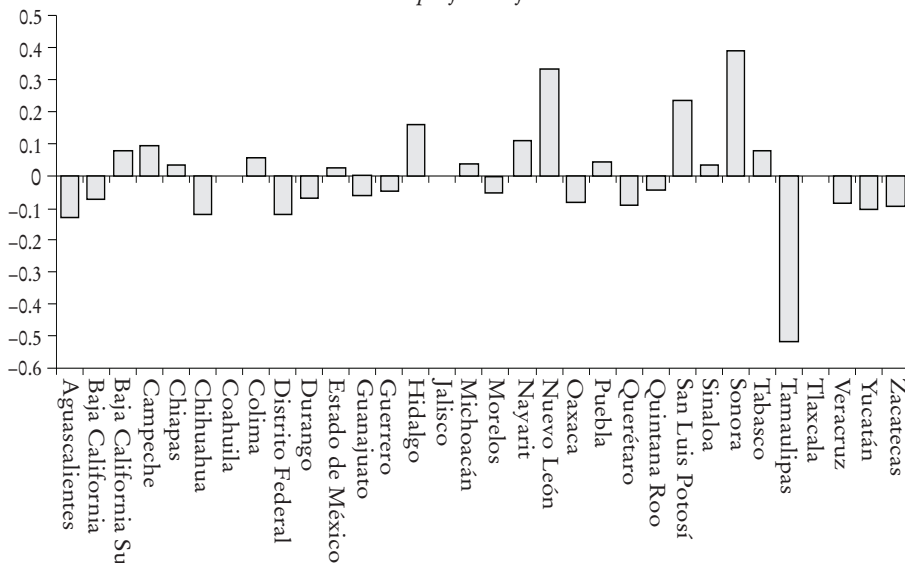
GRÁFICA 4 (continuación)

(Valores estandarizados)

*Residuales plantas de tratamiento*



*Residuales superficie reforestada*

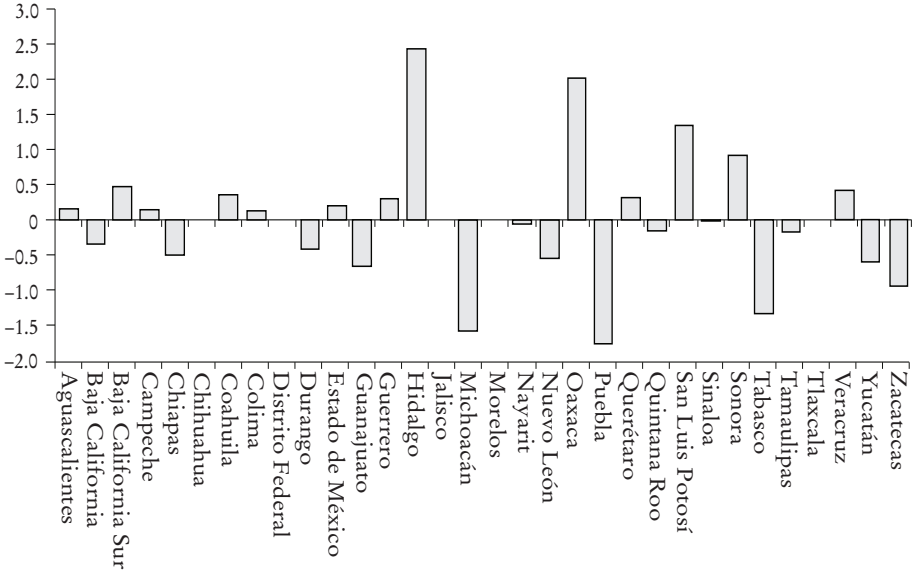


Estado

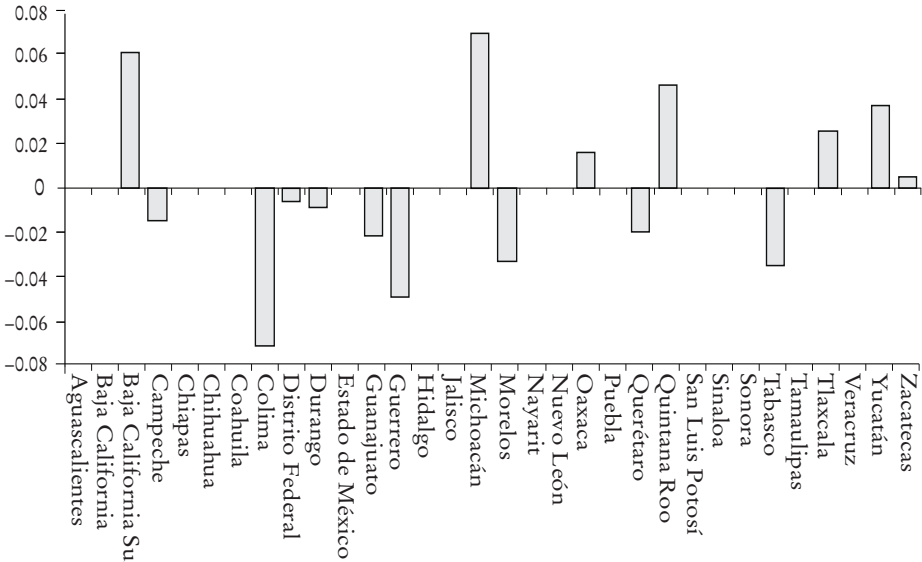
GRÁFICA 4 (continuación)

(Valores estandarizados)

*Residuales volumen de aguas residuales*



*Residuales vehículos recolectores de basura*

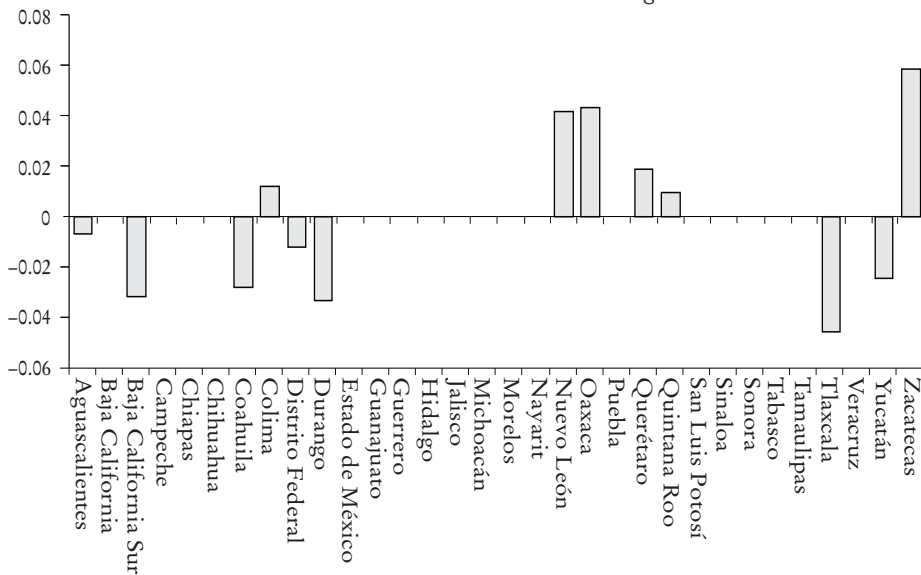


Estado

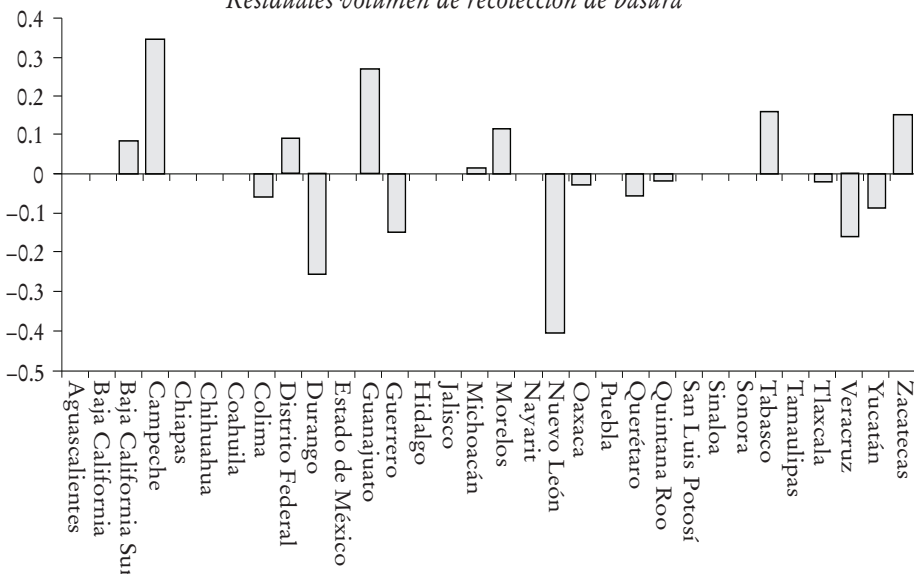
GRÁFICA 4 (conclusión)

(Valores estandarizados)

*Residuales volumen de tratamiento de aguas*



*Residuales volumen de recolección de basura*



Estado

federativas de México lo cuál sugiere la pertinencia de observar los estados por variable y para cada uno de los años del periodo muestral. Por ejemplo, no todos los estados tienen las mismas características en México, según la estructura económica, las instituciones, la población, etc., de tal manera que se esperaría que cada estado convergiera hacia distintos estados estacionarios. Además, las variables ambientales podrían estar medidas de manera imperfecta y los errores de medición de un estado podrían persistir en el tiempo. Todos estos factores refuerzan la idea de utilización de técnicas de datos de panel para estudiar la convergencia en un conjunto heterogéneo de estados.

Especificamos un modelo de datos de panel con efectos fijos.<sup>9</sup> Característicamente, la especificación de ecuación que toma en cuenta la evolución de las variables periodo a periodo es la siguiente:

$$GMA_{i,t} = \alpha_i + \beta \log(MA_{i,t-T}) + \psi_1 GGDP_{i,t} + \psi_2 \log GDP_{i,t-T} + v_{i,t} \quad (3)$$

en la que  $GMA_{i,t}$  es el operador de diferencias para cualquier variable  $MA$ , es decir,  $GMA_{i,t} = \Delta \log MA_{i,t} = \log(MA_{i,t}) - \log(MA_{i,t-1})$ . Si  $|1 + \beta| < 1$ , la ecuación de convergencia sugiere que la variable está convergiendo hacia un pseudo estado estacionario, definido por  $\Delta \log(MA_{i,t}) = 0$ , o equivalentemente,  $\log(MA_{i,t}) = \alpha_i/\beta$ , para todo  $t$ , que podría ser característico para cada estado si  $\alpha_i$  difiere entre estados.  $\alpha_i$  capta la heterogeneidad inherente (e invariante en el tiempo) de las variables ambientales entre los estados que no está explicado por el crecimiento promedio del ingreso estatal y el ingreso medio. Cuanto más cercana se encuentre  $\beta$  a 1, más rápido será el proceso de convergencia.

La etapa de diagnóstico mostró residuales positivos (en promedio para todos los estados). Hay varios factores, como los cambios tecnológicos y los efectos en la regulación ambiental, que podrían causar que los residuales de la estimación fuesen sistemáticamente positivos. Queremos estimar la ecuación (3) sin considerar los últimos factores. El cuadro 5 resume las estimaciones del modelo de efectos fijos para las variables ambientales consideradas en este artículo. Las estimaciones se realizaron para las 32 entidades federativas. Como se puede observar de las estimaciones, la variable medioambiental tiene un efecto positivo significativo en la tasa de aumento de las

<sup>9</sup> Una prueba de homogeneidad  $F$  sugiere el uso de un modelo en el que el parámetro es estado dependiente. La prueba de Hausman no rechaza la hipótesis del modelo de efectos fijos. Utilizamos el método de mínimos cuadrados no lineales para aplicar la restricción de los parámetros. Toda la inferencia se basa en la prueba de heteroscedasticidad de White.

CUADRO 5. Estimaciones de datos de panel para las variables ambientales<sup>a</sup>

Variables	Efectos fijos			MCG		
	$\log MA_{i,t} - T - \beta$	$\Delta GDP_{i,t} - \psi_1$	$GDP_{i,T} - \psi_2$	$\log MA_{i,t} - T - \beta$	$\Delta GDP_{i,t} - \psi_1$	$GDP_{i,T} - \psi_2$
<i>APpc<sub>i,t</sub></i>	-0.680 (-9.776)	2.182 (0.351)	12.068 (2.561)	-0.696 (-12.638)	-1.888 (-0.772)	1.293 (0.566)
<i>ANProtpc<sub>i,t</sub></i>	-0.365 (-7.077)	1.121 (2.391)	0.934 (2.436)	-0.410 (-9.338)	0.317 (1.652)	0.300 (1.820)
<i>SRpc<sub>i,t</sub></i>	-0.830 (-10.197)	5.131 (2.345)	-0.704 (-0.425)	-0.571 (-7.951)	0.625 (0.820)	-0.858 (-1.751)
<i>VolARes<sub>i,t</sub></i>	-0.848 (-10.841)	0.892 (0.775)	2.335 (2.826)	-0.694 (-14.922)	0.516 (1.750)	0.285 (4.412)
<i>VeReBapc<sub>i,t</sub></i>	-0.924 (-10.657)	-1.709 (-0.299)	-7.601 (-1.900)	-0.950 (-39.707)	-1.365 (-1.970)	-4.439 (-6.325)
<i>VolReBai<sub>i,t</sub></i>	-0.376 (-4.655)	0.171 (0.366)	0.104 (0.253)	-0.174 (-6.709)	0.542 (4.426)	0.480 (4.581)
<i>PTpc<sub>i,t</sub></i>	-0.536 (-8.843)	0.559 (1.091)	0.412 (0.958)	-0.477 (-8.463)	0.329 (1.991)	0.392 (2.125)
<i>CAPINSpC<sub>i,t</sub></i>	0.529 (8.620)	6.093 (0.804)	-23.689 (-3.664)	0.673 (12.523)	2.843 (2.405)	-10.536 (-7.266)
<i>VolTratpc<sub>i,t</sub></i>	-0.575 (-8.421)	-2.582 (-1.176)	1.918 (1.161)	-0.662 (-17.088)	-1.411 (-2.508)	1.073 (2.061)

<sup>a</sup> Estadístico *t* entre paréntesis.



variables ambientales; esto se aplica para todas las variables consideradas en el trabajo, es decir, en la dinámica de las variables medioambientales influye el estado en el periodo  $t - 1$ .

El efecto de la tasa de crecimiento del ingreso en las variables medioambientales en general es no estadísticamente significativo excepto para la superficie reforestada y áreas naturales protegidas. Sin embargo, los estimadores de los  $\psi$  en el cuadro 5 sugieren que hay diferencias considerable de acuerdo con el estado considerado. Estudiar estas diferencias va más allá de este trabajo.

Utilizamos el método de MCO para las estimaciones de panel. Sin embargo, un comportamiento anómalo de un estado en particular podría sesgar la estimación de coeficientes comunes. Por ello, también utilizamos el método de mínimos cuadrados generalizados (MCG), que pondera los estados considerados. La inferencia se basa en la prueba de heteroscedasticidad de White-matriz de covarianzas consistente.

El cuadro muestra que las  $\beta$  estimadas se encuentran en el intervalo  $(-1.0)$  para todas las variables y son estadísticamente diferente de 0 al 1% de significatividad. Estos resultados refuerzan la evidencia en favor de aceptar la  $\beta$ -convergencia entre los estados de México en las variables medioambientales. Los estados están convergiendo lentamente hacia su pseudo estado estacionario. Existe una relación entre PIB y las variables medioambientales estadísticamente diferente de 0 en vehículos recolectores de basura, plantas de tratamiento de aguas, capacidad instalada para el tratamiento de aguas, volumen de tratamiento de aguas y licencias ambientales.

Existen pruebas de convergencia y una relación monótona entre el grado de cuidado medio ambiental y crecimiento económico para plantas de tratamiento de aguas y licencias ambientales, congruentes con la CAK.

## CONCLUSIONES

En este artículo utilizamos el análisis de convergencia ( $\beta$  y  $\sigma$ ) y de datos de panel para verificar la hipótesis que a medida que los estados de México crecen económicamente cuidan más el medio ambiente. Las variables utilizadas en este trabajo son las disponibles por INEGI ([www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)) referentes a los inventarios ambientales entre las que se encuentran: volumen de aguas residuales, volumen de recolección de basura, áreas naturales protegidas y licencias ambientales entre otras. Las pruebas estadísticas

utilizadas no confirman las hipótesis planteadas. Otro enfoque que se estudia es el de introducir el papel del crecimiento económico en la evolución del cuidado del medio ambiente según la premisa de la curva de Kuznets medioambiental, la cual establece qué economías que se encuentra en etapa de crecimiento están menos preocupadas por el medio ambiente que las ya desarrolladas. Encontramos que existe  $\beta$ -convergencia para las árboles plantados, áreas naturales protegidas, volumen de tratamiento de aguas y licencias ambientales. Esto sugiere que los niveles iniciales de las variables en los estados en 1999 contribuyen en la explicación del porqué algunos estados de México han incrementado o disminuido su cuidado en variables ambientales más que otros estados.

No encontramos pruebas de que el crecimiento económico influya en el cuidado ambiental para todas las variables; sin embargo, el promedio del PIB en los últimos tres años del periodo muestral (2004-2006) nos permiten explicar el volumen de aguas residuales. El promedio de la variable ambiental en los últimos tres años confirma la existencia de la  $\beta$ -convergencia para todas las variables medioambientales consideradas aquí.

En el caso de la evolución anual de las variables consideradas mediante el análisis de datos de panel, encontramos que el crecimiento del PIB influye de manera positiva en los vehículos recolectores de basura, en las plantas de tratamiento de aguas y en las licencias ambientales, y de manera negativa en el volumen de recolección de basura y en el volumen de tratamiento de aguas.

De esta manera, en términos generales, encontramos para la economía mexicana que *i*) existe  $\beta$ -convergencia y  $\sigma$ -convergencia en árboles plantados, áreas naturales protegidas y licencias ambientales;<sup>10</sup> es decir, las 32 entidades de la economía mexicana se están acercando entre sí en su cuidado ambiental a la vez que están disminuyendo la dispersión; *ii*) en general, no hay relación entre crecimiento económico y aumento en el cuidado de las variables medioambientales, excepto para el volumen de aguas residuales y volumen de recolección de basura, y *iii*) los resultados sugieren que México está lejos de preocuparse por el medio ambiente.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barro, R. J., y X. Sala-i-Martin (1992), "Convergence", *Journal of Political Economy* 100(1), pp. 107-182.

<sup>10</sup> Existe  $\beta$ -convergencia para la variable de volumen de tratamiento de aguas.

- Barro, R. J., y X. Sala-i-Martin (2003), *Economic Growth*, segunda edición, The MIT Press.
- Cole, M. A. (2004), "Trade, the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages", *Ecological Economics*, vol. 48, núm. 1, enero, pp. 71-81.
- Dasgupta, S., B. Laplante, H. Wang y D. Wheeler (2002), "Confronting the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 16 (1), pp. 147-168.
- De la Fuente, A. (2003), "Convergence Equations and Income Dynamics The Sources of OECD Convergence, 1970-95", *Economica* 70, pp. 655-671.
- Dinda, A. (2005), "A Theoretical Basis for the Environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, vol. 53 (3), pp. 403-413.
- Cropper, M., y C. Griffiths (1994), "The Interaction of Population Growth and Environmental Quality", *The American Economic Review*, vol. 84, núm. 2, Papers and Proceedings of the Hundred and Sixth Annual Meeting of the American Economic Association, pp. 250-254.
- Grossman, G., y A. Krueger (1995), "Economic Growth and the Environment", *Quarterly Journal of Economics* 110(2), pp. 353-377.
- Hettige, H., M. Mani y D. Wheeler (2000), "Industrial Pollution in Economic Development: The Environmental Kuznets Curve Revisited", *Journal of Development Economics* 62, pp. 445-476.
- Holtz-Eakin, D., y T. Selden (1995), "Stoking the Fires? CO2 Emissions and Economic Growth", *Journal of Public Economics* 57(1), pp. 85-101.
- Kijima, M., K. Nishide y A. Ohyama (2010), "Economic Models for the Environmental Kuznets Curve: A Survey", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 34 (7), pp. 1187-1201.
- Komen, M. H. C., S. Gerking y H. Folmer (1997), "Income and Environmental R&D: Empirical Evidence from OECD Countries", *Environment and Development Economics*, 2, pp. 505-515.
- Norton, Seth W. (1998), "Property Rights, the Environment and Economic Well-Being", Peter J. Hill y Roger E. Meiners (comps.), *Who Owns the Environment?*, Oxford, Roman & Littlefield Publishers, Inc.
- Panayotou, T. (2000), "Economic Growth and the Environment", CID Working Paper núm. 56, Environment and Development Paper núm. 4.
- Roca, J., y V. Alcántara (2001), "Energy Intensity, CO2 emissions and the Environmental Kuznets Curve. The Spanish Case", *Energy Policy*, vol. 29, núm. 7, junio, pp. 553-556.
- (2003), "Do Individual Preferences Explain the Environmental Kuznets Curve?", *Ecological Economics*, vol. 45 (1), pp. 3-10.
- Sala-i-Martin, X. (1994), "Cross Sectional Regressions and the Empirics of Economic Growth", *European Economic Review* 38(3-4), pp. 739-747.

- Sala-i-Martin, X. (1996), "The Classical Approach to Convergence Analysis", *The Economic Journal* 106(437), pp. 1019-1036.
- Selden, T. M., y D. Song (1994), "Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management* 27, pp. 147-162.
- Shafik, N. (1994), "Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis", Oxford Economic Papers, Oxford University Press.
- , y S. Bandyopadhyay (1992), "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Section Evidence", Policy Research Working Paper núm. WPS904, Washington, Banco Mundial.
- Stavins, R. N. (2001), "Experience with Market-Based Environmental Policy Instruments", *The Handbook of Environmental Economics*, mimeografiado.
- Stern, D., M. Common y E. Barbier (1996), "Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development", *World Development*, vol. 24, núm. 7, pp. 1151-1160.