



Máster Universitario en Economía y Desarrollo



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Crecimiento económico y consumo de energía en el transporte:
testando la validez de la Curva Ambiental de Kuznets para el Sector
Transporte de América Latina y el Caribe

Federico Reherrmann Del Río

Trabajo de Fin de Máster presentado para optar al Título de Máster
Universitario en Economía y Desarrollo, tutorado por D. María Del Pópulo
Pablo-Romero Gil-Delgado.

Sevilla, 09 de junio de 2017

Índice

RESUMEN:	2
1. Introducción	4
2. Datos	7
2.1. <i>Descripción de las variables</i>	8
2.2. <i>Análisis descriptivo de las variables</i>	9
3. Metodología	14
4. Resultados	18
4.1. <i>Resultados de las estimaciones</i>	18
4.2. <i>Cálculo de las elasticidades</i>	21
5. Conclusiones	24
Referencias	26
ANEXO	30

Crecimiento económico y consumo de energía en el transporte: testando la validez de la Curva Ambiental de Kuznets para el Sector Transporte de América Latina y el Caribe

RESUMEN:

El transporte es considerado un sector estratégico para el desarrollo social y económico de los países y, al mismo tiempo, uno de los sectores más contaminantes de la economía. América Latina se ha consolidado como la región en la que el consumo de energía crece más rápidamente.

El presente trabajo busca analizar como incide el producto per cápita sobre el consumo energético del sector transporte, a través de la estimación de una curva ambiental de Kuznets. Para ello, se dispone de un modelo especificado de datos de panel, para un conjunto de 22 países de Latinoamérica y el Caribe, durante el período 1990-2014.

Los principales resultados indican que no se verifica la curva ambiental de Kuznets, a la vez de que la elasticidad del consumo de energía en el transporte respecto a la renta per cápita no muestra una tendencia a decrecer en el largo plazo. Siete de los países de la muestra presentan niveles de acoplamiento absoluto, mientras que los restantes exhiben acoplamientos parciales.

Asimismo, el grado de apertura comercial refleja efectos ambiguos sobre el consumo de energía, al tiempo que la densidad de la población evidencia una relación negativa, aunque marginal. El grado de urbanización, en cambio, refleja un efecto positivo sobre el consumo de energía.

PALABRAS CLAVE: Curva Ambiental de Kuznets, Crecimiento Económico, Emisiones de CO², Datos de Panel, Transporte, América Latina y el Caribe, Energía.

Economic growth and transport energy consumption: testing de Energy Environmental Kuznets Curve for the Latin America and the Caribbean Transport Sector

ABSTRACT: Transport is considered a strategic sector for the social and economic development of countries and, at the same time, one of the most polluting sectors of the economy. Latin America has been consolidated as the region where energy consumption grows significantly faster.

The following investigation seeks to analyze how the per capita product affects the energy consumption of the transport sector, through the estimation of a environmental Kuznets curve. In order to achieve these results, a specified model of panel data is available for a set of 22 countries in Latin America and the Caribbean, during the period 1990-2014.

The main results indicate that the environmental Kuznets curve is not verified, while the elasticity of energy consumption in transport with respect to per capita income does not show a tendency to decrease in the long term. Seven of the countries in the sample show absolute coupling levels, while the rest exhibit partial couplings.

Likewise, the degree of commercial openness reflects ambiguous effects on energy consumption, while the density of the population shows a negative, although marginal, relationship. The degree of urbanization, on the other hand, reflects a positive effect on energy consumption.

KEY WORDS: Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, CO² Emissions, Panel Data, Transport, Latin America and the Caribbean, Energy.

Crecimiento económico y consumo de energía en el transporte: testando la validez de la Curva Ambiental de Kuznets para el Sector Transporte de América Latina y el Caribe

1. Introducción

La actividad económica de los países juega un papel esencial en la estructura del sector de transportes. Así, de acuerdo con Achour y Belloumi (2016), el crecimiento económico genera cambios en el volumen de transportes y en su organización, provocando a su vez incrementos de consumo energético que, en última instancia, tienen impactos negativos sobre el medio ambiente a través del aumento del nivel de emisiones de gases de efecto invernadero.

Es uno de los sectores más contaminantes en términos de emisiones de dióxido de carbono o equivalentes (CO²); representando el 27.9% del consumo de energía mundial. Para el 2011, el sector de transporte representaba el 62% del consumo final total de petróleo, el 5% de los biocombustibles y el 2% del gas natural y la electricidad (IEA, 2016).

América Latina ha venido creciendo de forma notable desde finales del siglo pasado, debido fundamentalmente a los grandes flujos de inversiones que recibió. Este crecimiento vino acompañado, además, con aumentos sostenidos en la demanda energética, siendo la región del mundo donde el consumo de energía ha crecido más rápidamente (Chang y Carballo, 2011); y en mayor proporción que el PIB durante el período 1990-2011 (Omri et al., 2014; Pablo-Romero y De Jesús, 2016).

El sector transporte no ha sido ajeno a este proceso, el extraordinario incremento de la demanda de *commodities* de la última década, particularmente de China, ha ejercido una fuerte presión sobre el tránsito de materias primas (Keeling, 2013) que finalmente se ha traducido en un notable incremento de la demanda energética del sector. A saber, el consumo energético del transporte se incrementó un 116% en los últimos 25 años, creciendo a un promedio de 3,3% anual. Asimismo, desde 2007 se viene observando un notable incremento de la flota de vehículos, que de acuerdo con Tissot (2012) ha determinado que en el período de 2007 a 2012 aumentara un 50%, desde 113 coches por 1,000 habitantes a 169 coches por 1,000 habitantes.

Dicho crecimiento ha reflejado que en 2014, el sector transporte representó el 36.1% del consumo de energía total en América Latina y el Caribe, en términos de emisiones; seguido por el sector industrial y el residencial, con un 31.8% y 15.6%, respectivamente (IEA, 2017).

Por otro lado, el progresivo aumento en la demanda de energía para el transporte, viene acompañado, además, de una tendencia incipiente hacia el uso de energías menos contaminantes, como el biocombustible y el gas natural, en detrimento del petróleo. No obstante, la estructura energética del transporte sigue basándose fundamentalmente en el petróleo que es, con creces, la fuente de energía más consumida en el sector, con un 88,6%, seguido del biocombustible, el gas natural y la electricidad, con un 7.7%, 3.5%, y 0.2%, respectivamente (IEA, 2017).

La notable relación entre el crecimiento económico y el aumento de consumo energético del sector transporte hace interesante analizar dicho vínculo, con el fin de poder desarrollar medidas de política energética y económica adecuadas para conseguir generar crecimiento económico con un menor consumo de energía, que evite provocar daños medioambientales. En esta línea, los estudios sobre crecimiento económico y medio ambiente han experimentado un fuerte impulso en las últimas décadas. Dentro de ellos, la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets (EKC) se presenta como uno de los marcos teóricos más estudiados, con una extensa literatura contrastada empíricamente, con evidencia tanto a favor como en contra y notables diferencias entre países y regiones ((Shafik y Bandyopadhyay, 1992; Grossman y Krueger, 1993 y 1995; Stern, 1998; Luzzati y Orsini, 2009). Sin embargo, pocos son los trabajos que se han centrado en el sector transporte, uno de los más contaminantes del planeta. Entre ellos, cabe destacar el estudio llevado a cabo por Pablo-Romero et al. (2017) sobre la existencia de curva de Kuznets para este sector, en el marco de los países de la UE; y los trabajos de Azlina et al., (2014) y Alshehry y Belloumi (2017) para el transporte en Malasia y Arabia Saudita, respectivamente

Esta teoría se sustenta en que la relación entre crecimiento económico y deterioro ambiental se manifiesta, en el largo plazo, a través de una curva con forma de “U” invertida (Shafik y Bandyopadhyay, 1992; Grossman y Krueger, 1993; Panayotou, 1993). En la trayectoria dinámica de esta curva, pueden distinguirse tres etapas bien diferenciadas. Una primera fase de subdesarrollo, donde las economías son

predominantemente agrícolas de subsistencia, con niveles de renta y deterioro ambiental bajos. Este período se sucede por una etapa de desarrollo y crecimiento económico, a través de una transición estructural, paulatina y sistemática, hacia una economía industrializada, en simultáneo con un proceso demográfico de urbanización que, en conjunto, provocan elevados niveles de degradación ambiental. Dicho deterioro crece progresivamente hasta un umbral o punto crítico en dónde, paradójicamente, se alcanza cierto nivel de desarrollo en el cuál a medida que aumentan los niveles de renta per cápita, la degradación ambiental disminuye. Esta última fase suele caracterizarse por la transición económica de los países, hacia estructuras especializadas en el sector servicios e intensivas en tecnología, con un fuerte sistema institucional y regulatorio, una población educada, con conciencia ambiental, y una apuesta fuerte a la innovación, con tecnologías limpias y eficientes (Selden y Song, 1994; McConnell, 1997; Rothman y Bruyn, 1998; Andreoni y Levinson, 2001; Nahman y Antrobus, 2005).

En otras palabras, la presión ambiental aumenta más rápido que los ingresos durante las primeras etapas de desarrollo y se desacelera respecto al crecimiento del PIB, a medida que los ingresos aumentan Dinda, (2004).

Esta dinámica, también puede explicarse a través de los efectos escala, composición y tecnología propuestos por Grossman y Krueger (1993). El primero refiere a la relación intuitiva entre crecimiento económico y contaminación, y radica en que mayor actividad económica redundará en mayor deterioro ambiental. El efecto composición refiere a la progresiva terciarización de la economía, donde los países, a pesar de crecer, contaminan cada vez menos. Por último, el efecto tecnología, refiere a la investigación e innovación que hacen los países una vez que son ricos, invirtiendo en tecnologías más limpias y eficientes, capaces de atenuar el deterioro ambiental. En efecto, según esta hipótesis, el crecimiento económico parece ser el problema, pero también la solución a las cuestiones ambientales (Galeotti et al. 2006); el deterioro ambiental es el precio que hay que pagar inicialmente, durante la primera fase de la EKC, para garantizar la calidad del medio ambiente en el largo plazo.

Según Selden y Song (1994), existen cuatro factores determinantes que hacen posible la evidencia empírica de esta teoría: (i) la elasticidad positiva entre ingresos y calidad ambiental; (ii) cambios en la composición de la producción y en los parámetros

de consumo; (iii) aumento del nivel educativo y de la preocupación sobre el medio ambiente; y (iv) sistemas políticos más abiertos y democráticos.

Asimismo, esta relación entre crecimiento económico y degradación ambiental también puede depender de otro tipo de factores como el grado de apertura comercial, la densidad de población, el nivel de urbanización, la innovación tecnológica, la calidad de las instituciones y su marco de regulación y fiscalización (Zilio, 2012; Catalán, 2014), el precio de la energía (Agras y Chapman, 1999; Rodríguez et al., 2016; Pablo-Romero et al., 2017), la estructura productiva (Moonmaw y Unruh, 1997; Panayotou, 1997; Perrings y Ansuategi, 2000; Friedl and Getzner, 2003; Pablo-Romero et al., 2017) las emisiones por kilómetro cuadrado (De Bruyn, 1997); la cantidad de horas trabajadas (Pablo-Romero y De Jesús, 2016), la desigualdad en la distribución de ingresos (Dinda, 2004; Zilio, 2012), los compromisos internacionales (De Bruyn, 1997; Zilio, 2012), o incluso variables rezagadas (Panayotou, 1997; Grossman y Krueger, 1995).

El objetivo de este trabajo es constatar la relación que existe entre el crecimiento económico y el consumo de energía del sector transporte en América Latina, a la vez de identificar si las variables de control seleccionadas -grado de apertura comercial, densidad de población y grado de urbanización- afectan la demanda de energía para el transporte.

El trabajo se estructura de cinco secciones. Tras esta introducción, en el segundo apartado se presentan los datos utilizados, algunos indicadores de resumen, y las fuentes empleadas. En la tercera sección se expone la metodología, con la subsiguiente especificación del modelo de análisis. En la sección cuarta se ilustran los resultados y discusión de los mismos, para contrastar el modelo con la evidencia empírica. Por último, en las conclusiones, se reflexiona sobre los resultados obtenidos con la consecuente serie de recomendaciones de políticas públicas.

2. Datos

En este estudio se han utilizado dos fuentes de información principales. La primera proviene de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2017), específicamente de los balances energéticos e indicadores diversos, contenidos en las estadísticas energéticas sistematizadas. En segundo lugar, se utilizaron las bases de datos del Banco Mundial (2017), que dispone de una serie de índices y estadísticas de desarrollo para todos los países del mundo.

En concreto, se analizaron datos de panel correspondientes a 22 países de Latinoamérica y el Caribe, durante el período 1990 - 2014. Estos países son Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

2.1. Descripción de las variables

El consumo de energía del sector transportes (e) fue extraído de la sección estadística de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2017), obtenido de los balances energéticos de cada país. En concreto, se tomaron los datos de consumo de energía final del sector transportes. Está expresado en miles de toneladas de petróleo equivalente (ktep) sobre la base del valor calorífico neto, y convertido a logaritmos neperianos. Es utilizado como indicador para medir la presión ambiental (Luzzati y Orsini, 2009; Zilio y Recalde, 2011; Pablo-Romero y De Jesús, 2016).

El Producto Interno Bruto per cápita (YP) proviene del apartado estadístico de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2017), de la sección “Indicadores” de cada país. Se tomaron los valores del Producto Interno Bruto (PIB) expresados en miles de millones de dólares americanos a valores de 2010 y convertido a logaritmos neperianos.

El grado de apertura comercial (c) mide el flujo o la propensión a comercializar de cada país. El indicador se calcula como el ratio entre la suma de las exportaciones e importaciones anuales sobre el PIB. La información necesaria para su cálculo -flujo de exportaciones e importaciones- fue extraída de la base de datos de indicadores de desarrollo del Banco Mundial (2017). Al tratarse de un ratio, está expresado en términos porcentuales.

La densidad de población (d) se calcula como la cantidad de personas por kilómetro cuadrado. Está expresada en logaritmos neperianos y fue extraída de la base de datos de indicadores de desarrollo del Banco Mundial (2017).

Finalmente, el grado de urbanización (w) se mide como el porcentaje de la población que reside en áreas urbanas, sujeto a lo que define cada oficina de estadística

nacional. Los datos fueron extraídos de la base de datos de indicadores de desarrollo del Banco Mundial (2017).

La Tabla 1 muestra los principales estadísticos de las variables seleccionadas para estimar la EKC, dónde las filas “overall” representan el promedio de toda la muestra, para todos los años; las “between” refieren a la desviación estándar, y el mínimo y máximo de los promedios para cada país; y las “within” muestran la variación de cada país respecto a su media.

Tabla 1. Principales estadísticos descriptivos

Variable		Mean	Estándar Deviation	Min	Max	Observations
epc (napierian logarithm)	overall	5.23	0.73	1.60	6.69	N = 550
	between		0.71	3.31	6.24	n = 22
	within		0.23	3.52	6.21	T = 25
ypc (napierian logarithm)	overall	1.49	0.76	-0.41	2.81	N = 550
	between		0.75	-0.30	2.54	n = 22
	within		0.19	0.95	2.06	T = 25
c	overall	0.64	0.30	0.14	1.65	N = 550
	between		0.28	0.23	1.39	n = 22
	within		0.11	0.24	1.03	T = 25
d (napierian logarithm)	overall	3.96	1.07	1.84	5.95	N = 550
	between		1.09	2.07	5.76	n = 22
	within		0.11	3.65	4.23	T = 25
u	overall	0.64	0.19	0.09	0.95	N = 550
	between		0.19	0.10	0.92	n = 22
	within		0.04	0.52	0.80	T = 25

Fuente: elaboración propia

Las variables presentan mayor varianza entre los países de la muestra que entre sí mismos, a lo largo del período de estudio. De todas formas, no se observa una gran dispersión entre las unidades.

2.2. Análisis descriptivo de las variables

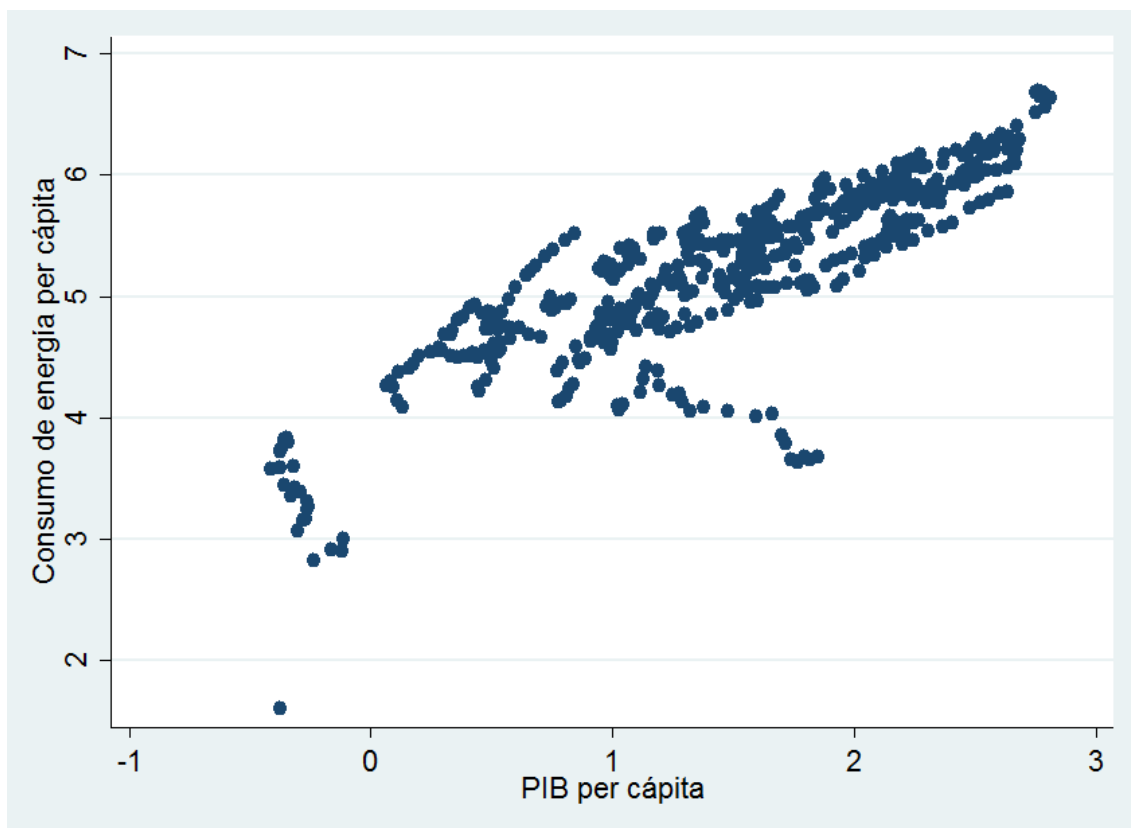
La Figura 1 muestra el diagrama de dispersión entre el PIB per cápita y el consumo de energía per cápita del sector transportes para los países latinoamericanos a lo largo del período estudiado, dónde se aprecia cierta correlación lineal.

No se observa un punto de inflexión en el que, a medida que aumenta el PIB el nivel de emisiones de CO2 comienza a descender, por lo que se puede sospechar que, a través de la evidencia empírica, la hipótesis de “U” invertida de Kuznets no se cumple

para el caso de estudio. En otras palabras, el crecimiento económico está fuertemente asociado al nivel de emisiones.

Ahora bien, esto es solo una aproximación, que no permite cuantificar los efectos del crecimiento económico sobre el consumo energético y no contempla los posibles efectos de otras variables -de control-.

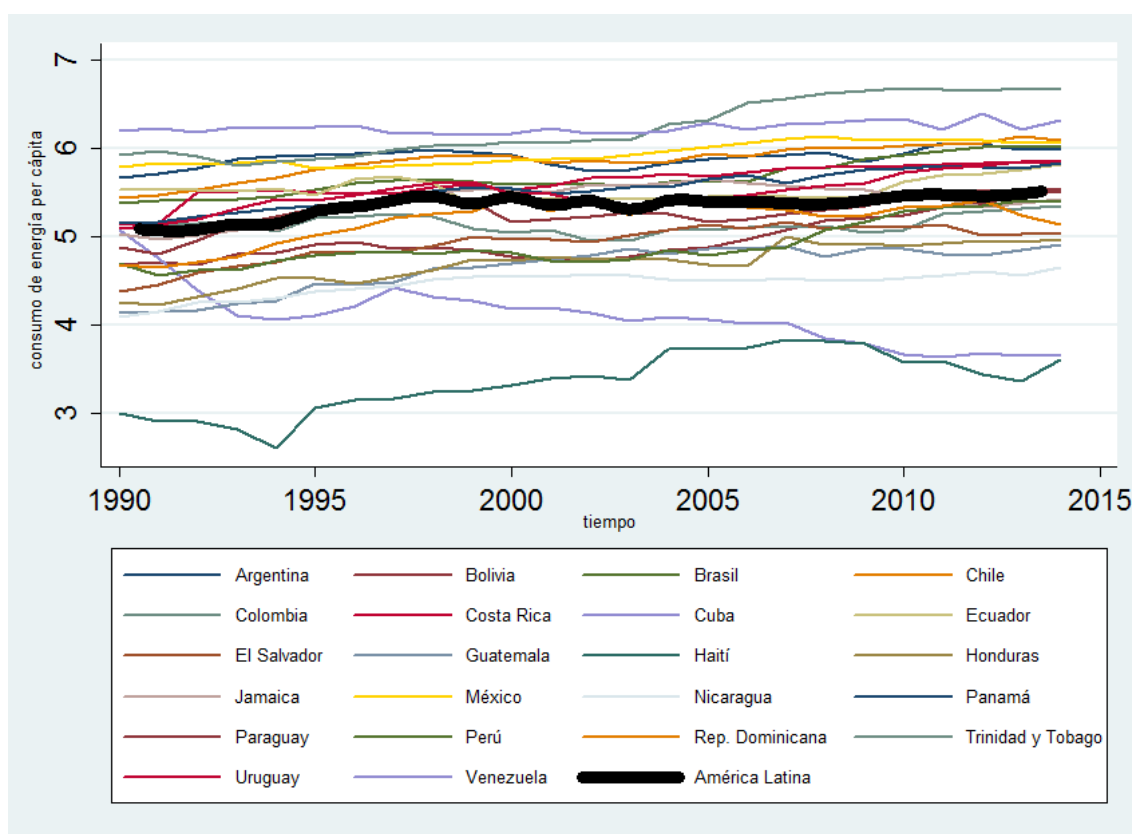
Figura 1. Diagrama de dispersión del consumo de energía y PIB per cápita



Fuente: elaboración propia

Las Figuras 2 y 3 muestran el consumo de energía per cápita del sector Transporte y la evolución del PIB per cápita de todos los países de la muestra durante el período de estudio. El consumo energético mostró una tendencia creciente durante el período. En términos globales, la demanda de energía ha crecido a una tasa anual de 3.3% en toda la región. En América Latina se consumen, en promedio, 5.23 mil toneladas de petróleo equivalente (ktep) por persona por año destinados al transporte (IEA, 2017). El único país que disminuyó el consumo de energía fue Cuba, en un promedio de -4,7% anual. En el otro extremo, Haití experimentó un crecimiento promedio de 15.0%. La tasa de crecimiento del resto de los países osciló entre 2% y 6%.

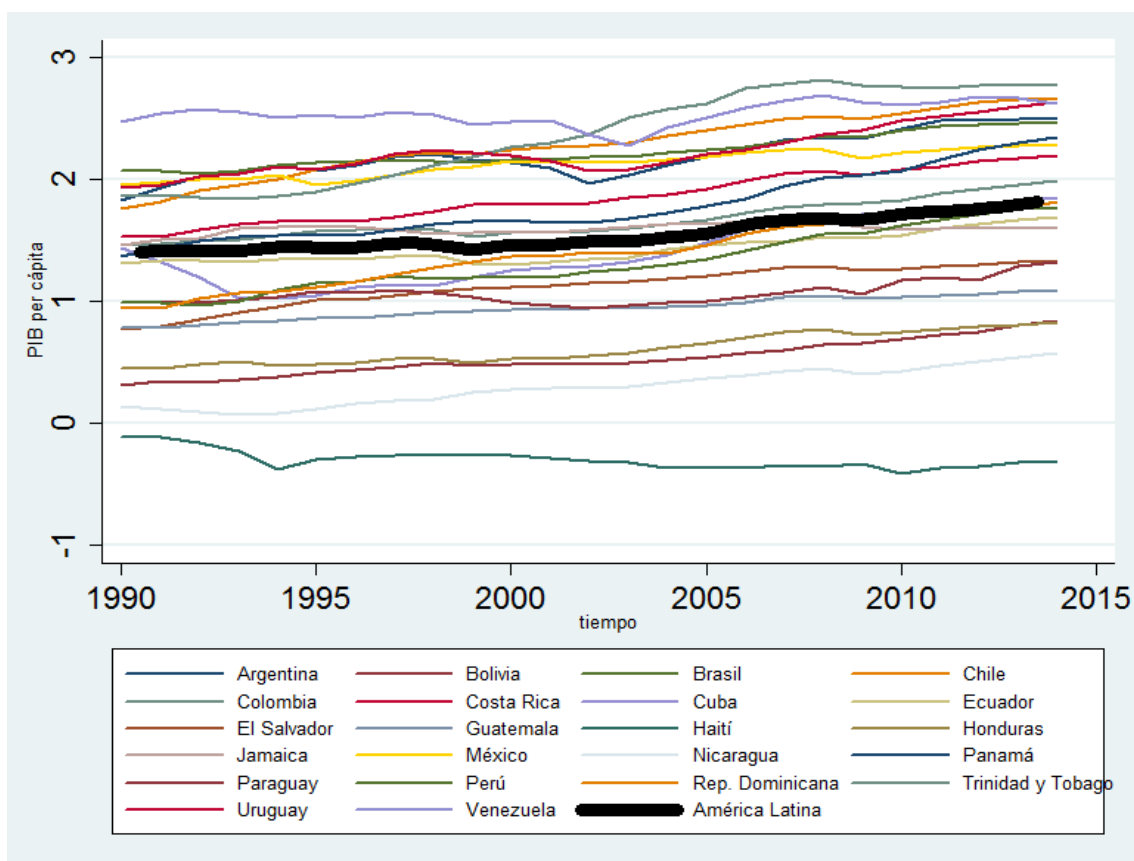
Figura 2. Evolución del consumo de energía



Fuente: elaboración propia

El PIB per cápita muestra una trayectoria creciente durante el período, con una tasa de crecimiento anual de 2.3%, con la excepción de Haití, único país cuyo nivel de ingresos disminuyó durante el período. Como se puede observar en la Figura 3, los países de América Latina que tuvieron menor renta per cápita en 2014 fueron Haití, Nicaragua, Honduras y Bolivia, con menos de 2.500 dólares americanos por habitante. En el otro extremo, Trinidad y Tobago, Chile, Uruguay y Venezuela ostentaron el mejor bienestar económico, con rentas superiores a los 13.500 dólares americanos por persona. Como se observa, existe una fuerte heterogeneidad entre la renta per cápita de los países en estudio. Para 2014 la renta osciló desde 728 dólares americanos por habitante (Haití), hasta 16.207 (Trinidad y Tobago), con un promedio de 7.503 y una mediana de 6.255 dólares americanos.

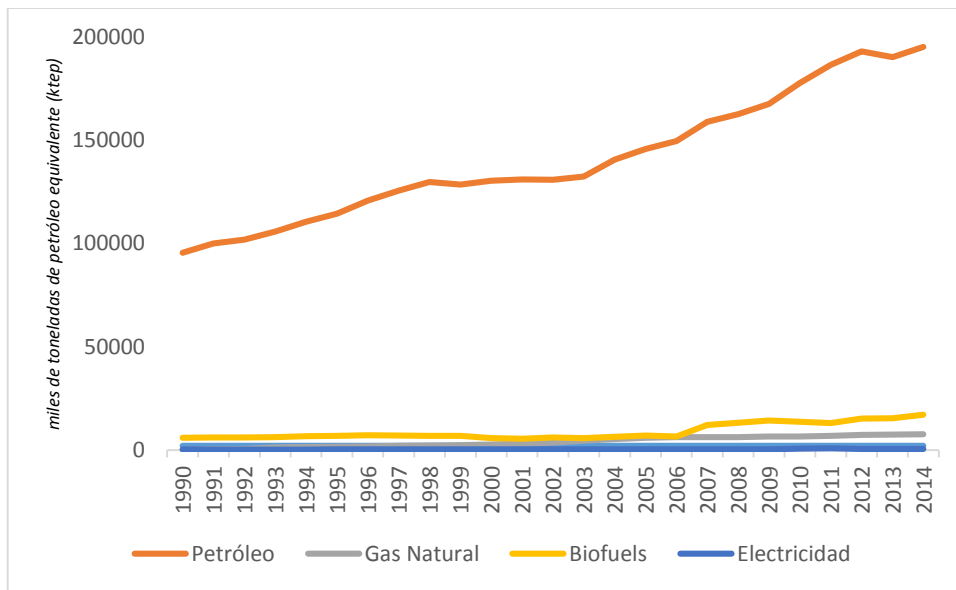
Figura 3. Evolución del PIB per cápita



Fuente: elaboración propia

La Figura 4 muestra la evolución del consumo de energía para el transporte, por fuentes, protagonizada por el petróleo. A partir de 2007 se experimenta el surgimiento de energías alternativas como el gas natural o el biocombustible; si bien su aplicación es reciente se encuentran en progresivo ascenso.

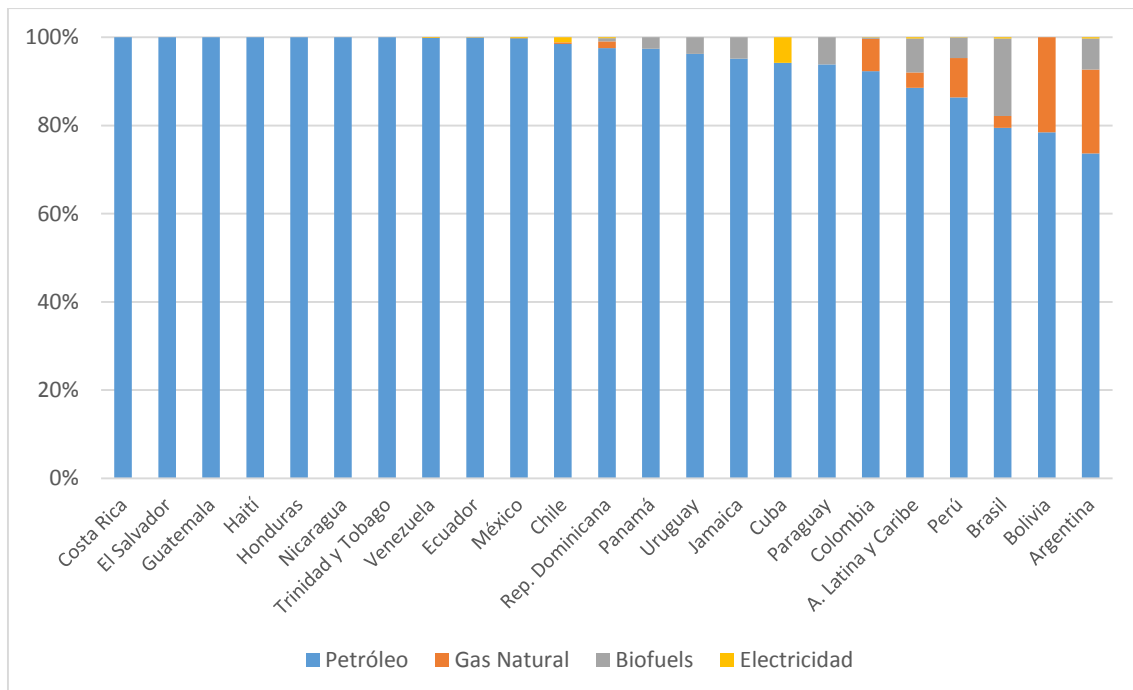
Figura 4. Evolución del consumo de energía por fuentes, período 1990 – 2014



Fuente: elaboración propia

La Figura 5 también ilustra la fuerte dependencia del sector transporte sobre petróleo, donde el 89% de la demanda proviene de este hidrocarburo. Se destacan los casos de Argentina y Bolivia, donde el gas natural representa un 19% y 22% del consumo total respectivamente; y el de Brasil, donde el 18% de la energía es producida en base a biocombustible.

Figura 5. Estructura del consumo de energía por fuente, año 2014



Fuente: elaboración propia

Las políticas públicas para la fomentar el uso de energías renovables en América Latina son incipientes, pero se desarrollan paralelamente a lo largo de todo el continente. Básicamente se centran en dos tipos de estímulos para potenciar la utilización de energías alternativas a los combustibles fósiles. Por un lado, está la práctica de incentivos de tipo fiscal-impositivo, más precisamente, la exoneración de diversos tipos de impuestos.

En segundo lugar, la promoción del uso de biocombustibles, a través de mandatos de mezcla; esto son, cuotas de etanol o biodiesel que deben mezclarse con la gasolina estándar. En concreto, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, México, Panamá, Perú y Uruguay tienen mandatos de mezcla de biocombustible que oscilan entre 5% y 10%, según la legislación de cada país; con el caso extraordinario del etanol en Brasil, que contiene el 27% de la mezcla (IRENA, 2015). El éxito de esta política ha sido fluctuante, ya que depende de la variación de los precios internacionales de las materias primas necesarias para la generación de biocombustibles, tales como azúcar, aceite de palma, maíz, etc.

Cabe destacar el caso de Brasil, que es uno de los mayores productores de etanol del mundo y el mayor exportador de este combustible. El Plan Nacional de Energía de Brasil planea, para el año 2030, que el 27.6% de su matriz energética para el transporte provenga de energías renovables y derivados de la caña de azúcar. Argentina, en tanto, se consolida como uno de los mayores productores globales de energía de biodiesel Sheinbaum et al. (2011).

3. Metodología

El modelo general para testear la curva ambiental de Kuznets se especifica de la siguiente manera:

$$e_{it} = A_{it} + \beta_1 YP_{it} + \beta_2 YP_{it}^2 + \beta_3 YP_{it}^3 + u_{it} \quad [1]$$

Dónde e representa el consumo de energía per cápita; YP el PIB per cápita; A representa la suma de los efectos generales, temporales e individuales de cada país; y la variable u el término de error. Por último, los términos i y t refieren a los países y los años, respectivamente.

Para evitar posibles problemas de multicolinealidad, las variables fueron transformadas, restando las medias geométricas de la muestra. Asimismo, se han incorporado tres variables de control usualmente utilizadas en la literatura previa, dónde c refiere al grado de apertura comercial, d a la densidad de población y w al grado de urbanización. En efecto, el modelo ampliado se especifica de la siguiente manera:

$$\bar{e}_{it} = \bar{A}_{it} + \beta_1 \bar{Y}_{it} + \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \delta_1 \bar{c}_{it} + \delta_2 \bar{d}_{it} + \delta_3 \bar{w}_{it} + u_{it} \quad [2]$$

Dónde \bar{e}_{it} y \bar{Y}_{it} son las desviaciones de las respectivas variables con respecto a la media geométrica de la muestra. \bar{A}_{it} es la suma de los efectos individuales de cada país (δ_i) y los efectos temporales (α_t), dónde i y t refieren a los países y los años, respectivamente. Asimismo, \bar{c}_{it} , \bar{d}_{it} y \bar{w}_{it} son las variables de control contempladas en el modelo.

El grado de apertura comercial ha sido extensamente estudiado en la literatura de la EKC (Arrow et al., 1995; Stern et al., 1996; Dinda, 2004; Nahman y Antrobus, 2005; Kasman y Duman, 2015).

Es factor determinante para explicar la hipótesis ambiental de Kuznets; sin embargo, no hay un consenso acerca del efecto que genera, ya que el impacto que tiene sobre el medio ambiente es ambiguo (Dinda, 2004)

El comercio internacional puede, por un lado, ser beneficioso para el medio ambiente, en la medida de que incentiva el uso eficiente de los recursos –naturales y energéticos- por la competencia entre los países y el efecto escala. Por otro lado, el comercio promueve el agotamiento de los recursos naturales y la relocalización de industrias en países con tecnologías más contaminantes (Dinda, 2004; Lau et al., 2014).

Las industrias intensivas en contaminación migran desde los países desarrollados hacia los más pobres, que son quienes suelen tener marcos regulatorios más laxos, aprovechándolo como una ventaja comparativa (Dinda, 2004).

En definitiva, el comercio internacional puede contribuir a aumentar el daño ambiental en algunos países y disminuirlo en otros, dependiendo de la estructura productiva y la regulación ambiental de cada uno (Dinda, 2004). La evidencia empírica revela que las industrias contaminantes tienden a desplazarse hacia los países en

desarrollo, con menores estándares de calidad ambiental. El nivel de contaminación global sigue siendo el mismo, solo que algunos países lo “exportan” y otros lo “importan” (Dinda, 2004; Zilio, 2012; Kanemoto et al., 2014). Los países en desarrollo se constituyen como exportadores netos y los países desarrollados como importadores netos de bienes intensivos en contaminación.

Según Dinda, (2004), la verificación de la EKC en los países desarrollados puede deberse en parte por el resultado de sus políticas de energías renovables y eficiencia energética, pero también puede ser el resultado de cambios en la especialización internacional; dónde los países pobres concentran la producción "sucias" mientras que los países más ricos se especializan en la producción "limpia" y de servicios.

Dentro de los diversos estudios que contrastan el comportamiento de la apertura comercial, Kasman y Duman (2015), verificando la hipótesis de EKC para los candidatos y nuevos miembros de la Unión Europea durante el período 1992-2010, encuentran que la elasticidad de la apertura comercial respecto del consumo de energía es de 0.11, lo que significa que un aumento del 1% de la apertura comercial redundaría en un incremento del 0.11% en la demanda de energía. Por su parte, Lau et al. (2014) concluyen que el nivel de emisiones de CO₂ presenta una fuerte correlación positiva con el PBI y el nivel de apertura comercial en Malasia, para el período 1970-2008. Un incremento del 1% en el comercio internacional aumenta en 0,274% las emisiones.

Por otro lado, la densidad de la población ha sido utilizada como variable proxy de la intensidad espacial de la actividad económica, para ver el efecto que tiene sobre el medio ambiente (Kaufmann et al, 1998, Arouri et al, 2012).

Kaufmann et al. (1998) encontraron una relación positiva entre densidad poblacional y deterioro del medioambiente, que se potencia con el incremento del nivel de ingresos per cápita. Más precisamente, Poumanyvong et al. (2012) reconocieron que la densidad de la población es uno de los factores determinantes del aumento de la demanda de energía para el transporte, sobre todo urbano.

Asimismo, Apergis y Ozturk (2015) concluyen, para un conjunto de países de Asia, que la densidad de población afecta a la EKC, ya que mayores niveles de densidad implican un menor punto de inflexión de la curva de Kuznets, lo que se traduce en una

mayor cantidad emisiones. Para Dinda (2004) la densidad de población provoca el aumento en las emisiones, con efectos más fuertes en los países de bajos ingresos.

Por último, el impacto del grado de urbanización sobre el deterioro ambiental también ha sido estudiado por numerosos investigadores (Poumanyvong y Kaneko, 2010; Madlener y Sunak, 2011; Martínez-Zarzoso y Maruotti, 2011; Poumanyvong et al., 2012; Wiedenhofer et al., 2013; Kasman y Duman, 2015).

La relación entre urbanización y emisiones no es concluyente, especialmente para los países en desarrollo. Una de sus limitaciones es que en muchos países en desarrollo la urbanización no va acompañada de crecimiento económico (Madlener y Sunak, 2011).

Martínez-Zarzoso y Maruotti (2011) constatan que la relación entre el nivel de urbanización de los países desarrollados y el nivel de emisiones se presenta en forma de “U” invertida, verificando la hipótesis de EKC.

Poumanyvong et al. (2012) miden el impacto de la urbanización en el uso de energía para el transporte, para países en diversas etapas de desarrollo económico - ingresos bajos, medios y altos- durante el período 1975–2005.

Los autores concluyen que la urbanización influye positivamente sobre el flujo y consumo de energía del transporte para los tres conjuntos de países. El impacto es mayor en los países de ingresos altos, seguido por los de ingresos bajos y medios. En concreto, un aumento del 1% en la tasa de urbanización aumenta el consumo de energía en el transporte en un 0,81% para los países de ingresos bajos, 0,37% para los de ingresos medios y el 1,3%, para los de ingresos altos.

Teniendo en cuenta lo anterior y, siguiendo los estudios precedentes de Pablo-Romero y Sánchez Braza (2017), con el fin de estimar adecuadamente la ecuación [2] anterior y evitar estimaciones espurias, se ha transformado dicha ecuación en términos de primeras diferencias. De este modo, puede expresarse la ecuación a estimar como sigue:

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_1 \bar{c}_{it} + \Delta \delta_2 \bar{d}_{it} + \Delta \delta_3 \bar{w}_{it} + u_{it} \quad [3]$$

Dónde $\Delta \bar{A}_{it} = \alpha_{t-1} = \alpha_t$

Inicialmente se estima el modelo estándar básico, sin incluir el término de renta per cápita al cubo. A continuación, se incorpora el término cúbico de la renta per cápita, y progresivamente se van complejizando los modelo estimados, a medida que se agregan las distintas variables de control. Ya que no hay un consenso generalizado sobre la incorporación de la variable YP en términos cuadráticos o cúbicos (Pablo-Romero y De Jesús, 2016), se decidió aplicar el término cúbico en todas las modelizaciones, exceptuando la primera.

Por otro lado, de la estimación de [3], se puede deducir la elasticidad del consumo de energía en el sector transporte respecto al PIB per cápita:

$$ela_{it} = \beta_1 + 2\beta_2 \bar{Y}_{it} + 3\beta_3 \bar{Y}_{it}^2 \quad [4]$$

Estas diferencias, que va cambiando en el tiempo y entre los países, permiten explicar en qué medida las variaciones del PIB per cápita hacen variar el consumo energético del sector Transporte. Elasticidades negativas indican que, aún creciendo el PIB, el consumo de energía disminuye. De tal modo, si $ela_{it} < 0$: significa que existe un desacoplamiento total. Elasticidades positivas significarán que el consumo de energía aumenta cuando el PIB lo hace. Así, si $0 \leq ela_{it} < 1$, entonces el consumo de energía aumenta cuando lo hace el PIB, pero en menor proporción. Se habla de un desacoplamiento parcial. Si $ela_{it} = 1$ el consumo de energía aumenta en la misma medida que el PIB per cápita, acoplamiento perfecto. Finalmente, si $ela_{it} \geq 1$, el consumo de energía aumenta en mayor proporción que el PIB per cápita, por lo que el nivel de acoplamiento es absoluto.

4. Resultados

4.1. Resultados de las estimaciones

La Tabla 2 muestra los resultados de estimar la ecuación [3] por mínimos cuadrados generalizados factibles (FGLS), cuando de forma progresiva se han ido incorporando variables al modelo, con el fin de analizar adecuadamente su influencia sobre el consumo de energía en el sector Transporte. Todas las estimaciones se han

realizado en presencia de heterocedasticidad, autocorrelación y dependencia transversal de las variables, de acuerdo con los resultados de los test de Wald –ver Greene (2000)-, Wooldridge (2002) y Pesaran (2004), respectivamente. Por último, todas las estimaciones incluyen dummies temporales.

Las estimaciones de los nueve modelos analizados (ver anexo), conllevan a resultados semejantes, por lo que se puede concluir que existe cierta robustez en los resultados. En vista de que los resultados no difieren sustancialmente entre las distintas estimaciones, nos concentraremos en el Modelo 9., que representa el modelo ampliado con todas las variables de control contempladas, tal cual está expresado en [3].

Tabla 2. Estimación de EKC por Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (MCGF)

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
YP_{it}	1.322*** (0.029)	0.666*** (0.028)	0.672*** (0.031)	0.675*** (0.027)	0.672*** (0.031)	0.672*** (0.027)	0.664*** (0.033)	0.671*** (0.027)	0.653*** (0.029)
YP_{it}^2	-0.494*** (0.024)	-0.351*** (0.017)	-0.354*** (0.018)	-0.349*** (0.016)	-0.354*** (0.018)	-0.351*** (0.016)	-0.348*** (0.019)	-0.351*** (0.016)	-0.341*** (0.017)
YP_{it}^3	-	0.313*** (0.014)	0.312*** (0.015)	0.314*** (0.014)	0.312*** (0.015)	0.312*** (0.014)	0.309*** (0.016)	0.312*** (0.014)	0.305*** (0.015)
C_{it}	-	-	0.001*** (0.001)	-0.001*** (0.001)	0.001*** (0.001)	0.001*** (0.001)	-0.019*** (0.002)	-	-0.013*** (0.002)
d_{it}	-	-	-	-	-	-0.001*** (0.001)	-	-0.001*** (0.001)	-0.001*** (0.001)
u_{it}	-	-	-	-	-	-	0.019*** (0.002)	0.001*** (0.001)	0.014*** (0.002)
F	55278***	17594***	26279***	29742***	26573***	1816529***	45870***	1968189***	1067506***

Fuente: elaboración propia

El valor de β_1 representa la elasticidad del punto central en la muestra. Exceptuando el modelo (1), que excluye el término de renta per cápita al cubo, el coeficiente de YP_{it} osciló entre 0.653 y 0.675, siendo en todos los casos significativo. Es decir, el crecimiento de la actividad económica de 1% genera un aumento en el consumo de energía de aproximadamente 0.66%. El valor negativo de β_2 indica que en un tramo de la curva hay crecimiento económico y al mismo tiempo una reducción en el consumo de energía. Sin embargo, este desacoplamiento es momentáneo ya que $\beta_3 > 0$, lo que implica que la relación entre ambas variables vuelve a ser positiva. Estos signos indican que la curva tiene forma de N.

Respecto a las variables de control, cabe decir que todas ellas son significativas. En el caso del grado de apertura comercial (c), el efecto sobre el consumo de energía es ambiguo, aunque en los casos en donde la relación es positiva los niveles se aproximan a cero. Así, para el modelo (7) el coeficiente de c asciende a -0.019 y para el modelo (9) a -0.013 .

Por otro lado, la densidad de población (d) parece tener una relación inversa al consumo energético pero marginal, menor a 0.1% ; mientras el grado de urbanización (w), en cambio, muestra efectos positivos sobre el nivel de consumo de energía en el transporte. Dependiendo del modelo empleado -(7), (8) y (9)- el coeficiente de w es 0.019 , 0.001 y 0.014 , respectivamente.

En resumen, todos los parámetros son significativos y los coeficientes similares entre los distintos modelos, con $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$; concluyendo que no se cumple la hipótesis de “U” invertida de la EKC, si no que se verifica una curva en forma de “N”, implicando que no hay un punto de inflexión en el cual mayores niveles de renta redundan en mejoras ambientales. Inicialmente, a niveles de renta bajos, el deterioro ambiental crece a medida que lo hacen los ingresos; hasta un punto crítico o *turning point* en el que la relación pasa a ser inversa, momentáneamente.

Hasta este punto la trayectoria es similar a la que predice la EKC. Sin embargo, esa relación inversa se verifica hasta cierto umbral de renta en el que la relación entre ambas variables vuelve a ser positiva. En este sentido, Catalán (2014) señala que las economías en desarrollo, lejos de disminuir sus niveles de emisiones a medida que crecen, mantienen una relación positiva y creciente. En otras palabras, los beneficios son transitorios, ya que en el largo plazo el crecimiento económico redundará en un mayor nivel de emisiones.

En efecto, la relación entre el consumo de energía para el transporte y el crecimiento económico no sigue una correspondencia lineal sino que varía a lo largo del tiempo. Los resultados coinciden con los trabajos de Zilio y Recalde (2011) y Pablo-Romero y De Jesús (2016) para el consumo total de energía en Latinoamérica, en dónde tampoco se verifica la EKC. En ambos se constata que la elasticidad crece exponencialmente en el largo plazo, es decir, el consumo de energía es muy sensible al crecimiento económico, aumentando en mayor proporción que la actividad económica.

Ciertos factores, típicos de los países en desarrollo, tales como factores sociales, institucionales y económicos hacen que algunos elementos de la hipótesis de Kuznets se pongan en duda frente a ciertos contextos. En estos países, el dinamismo económico suele ejercer un mayor estrés ambiental en virtud de la estructura productiva extractiva, intensiva en recursos naturales. A esto se suma la relocalización de industrias contaminantes provenientes de los países industrializados, en busca de zonas con escasa regulación ambiental (Dinda, 2004; Zilio, 2012; Kanemoto et al., 2014; Lau et al., 2014).

Chang y Carballo (2011), en tanto, concluyen que solo en 4 de 20 países latinoamericanos en estudio es posible implementar políticas de conservación energéticas sin afectar el crecimiento económico. A saber, estos son Argentina, República Dominicana, México y Panamá. (1971-2005)

Zilio y Recalde (2011), en tanto, testean la hipótesis de EKC para 21 países de América Latina y el Caribe durante el período 1970-2007, rechazando la hipótesis de “U” invertida; siendo Brasil, Argentina, Colombia y Chile los países que mejor han creado un marco institucional para desarrollar energías más eficientes.

Por último, Pablo-Romero et al. (2017) realizan una investigación similar para el consumo de energía del sector transporte –residencial y productivo- para los países de la Unión Europea, comprobando que no se verifica la hipótesis de la EKC. Asimismo, constatan que, si bien la elasticidad del consumo de energía respecto de la actividad económica viene disminuyendo desde la década de los 90, aún no ha alcanzado el *turning point*, en el cuál el crecimiento económico coincide con mejoras en las condiciones ambientales. En definitiva, la elasticidad sigue siendo positiva pese a que muestra una tendencia decreciente.

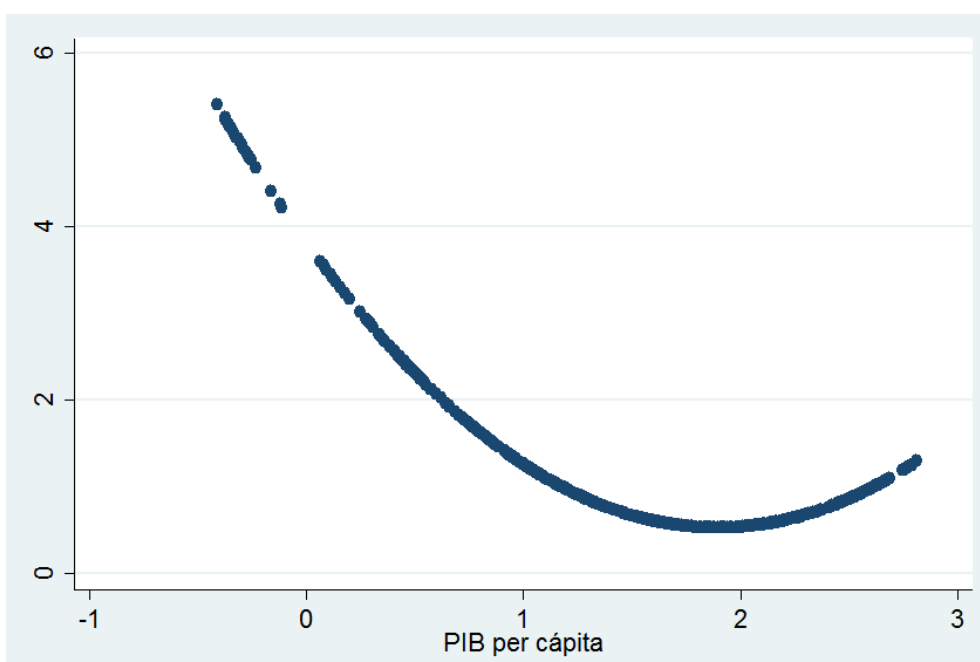
4.2. Cálculo de las elasticidades

La elasticidad nos permite cuantificar el impacto que tiene una variación en la actividad económica sobre el consumo de energía per cápita. El coeficiente β_1 posibilita deducir que en el punto central de la muestra, la elasticidad del consumo de energía per cápita en el transporte respecto a la renta per cápita es positiva, y gira en torno a 0.65. No obstante, la elasticidad varía a lo largo del tiempo y de los países de la muestra. Estas

elasticidades se calculan a partir de los coeficientes estimados del modelo 9, de acuerdo con [4].

La Figura 6 muestra que la elasticidad se presenta en forma de U, y que a pesar de descender en determinadas circunstancias, en ningún momento alcanza valores menores a cero. Para valores negativos o relativamente bajos de PIB per cápita, la elasticidad disminuye, hasta cierto umbral dónde comienza a crecer exponencialmente.

Figura 6. Elasticidad del consumo de energía per cápita en el transporte respecto al PIB per cápita



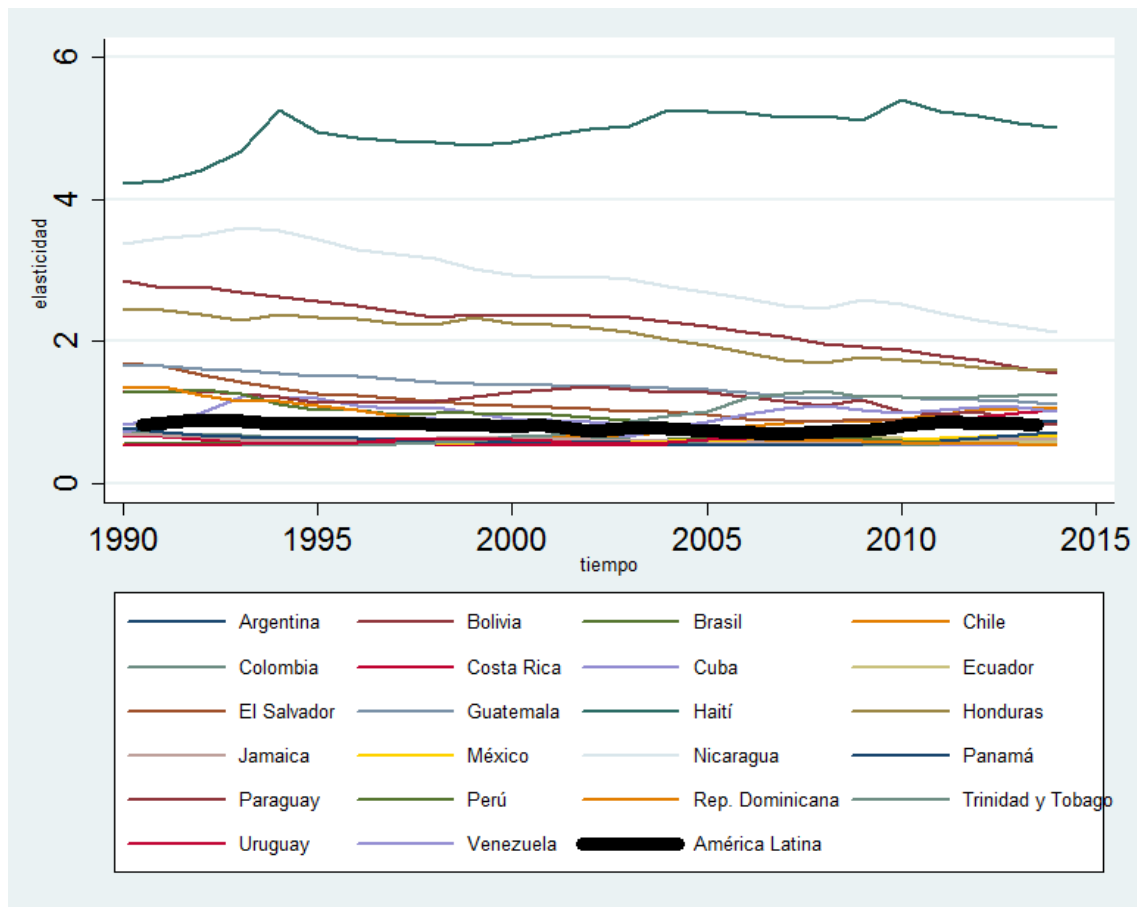
La Figura 7 muestra el valor de dichas elasticidades para los distintos países de la muestra, a lo largo del periodo estudiado. Individuamente, todos los países de la muestra presentan elasticidades positivas, es decir, a medida que crecen las economías crece el consumo de energía. Se destaca la fuerte heterogeneidad que hay entre los países, dónde se distingue Haití, con guarismos extraordinariamente altos.

Asimismo, se observa que la elasticidad de los países no es constante en el tiempo, y que hay una clara tendencia general a la disminución hasta 2007, dónde empieza a crecer hasta superar el nivel inicial, principalmente por el ligero incremento en los cuatro países que más consumen energía en el continente: Brasil, México, Venezuela y Argentina. Para el año 2014, la elasticidad para toda América Latina y el Caribe se ubicó

en 1.11; lo que significa que un aumento del PIB de 1% genera un aumento en el consumo de energía para el transporte de 1.11%.

Por otra parte, Bolivia, Honduras, Nicaragua y Guatemala han presentado una buena evolución, disminuyendo sistemáticamente sus elasticidades durante el período de estudio, aunque aún mantienen niveles elevados. Haití, en cambio, mantuvo una tendencia creciente y con niveles inusualmente elevados en comparación con el resto.

Figura 7. Evolución de la elasticidad del consumo de energía del transporte con respecto al PIB per cápita.



Fuente: elaboración propia

Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Jamaica, México, Panamá, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela fueron los únicos países que presentan un desacoplamiento parcial, ya que mostraron elasticidades promedio menores a la unidad. Para el resto de los países el acoplamiento es absoluto.

5. Conclusiones

Latinoamérica se consolida como la región donde la demanda de energía crece más rápidamente. Dentro de ella, el consumo de energía para el sector Transporte es responsable de más de un tercio del consumo final total, por lo que es central hacer foco en este sector para mitigar las emisiones de CO₂.

El presente estudio analiza la relación entre el ingreso per cápita y el consumo de energía en el Transporte, bajo la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets para 22 países de Latinoamérica y el Caribe durante el período 1990 – 2014. Complementariamente, a partir de la estimación de la EKC, se han calculado las elasticidades, para determinar en qué medida las variaciones del PIB per cápita hacen variar el consumo energético del sector Transporte.

Los resultados empíricos indican que la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico no asume, en el largo plazo, la forma de “U” invertida, rechazando la hipótesis de EKC para el sector Transporte en América Latina.

Mientras que el nivel de comercio internacional refleja efectos ambiguos sobre la demanda de energía, la densidad de la población parece no alterar el consumo energético.

El grado de urbanización, en cambio, refleja un efecto positivo sobre el consumo de energía, ya que a medida que la población se establece en las ciudades tiende a demandar más energía para transportarse y acceder a ciertos bienes.

El consumo energético de los países de la región se muestra muy sensible al desempeño económico. Lejos de disminuir, la demanda de energía aumenta en mayor proporción que el crecimiento económico, mostrando una elasticidad conjunta del consumo energético respecto al PIB de 1.11 para 2014.

Esto pone en evidencia que el crecimiento económico, por sí solo, no es capaz de garantizar la disminución del nivel de emisiones de CO₂ en el largo plazo. El crecimiento económico, en lugar de corregir el deterioro ambiental, lo exacerba, requiriendo cada vez más energía.

Factores como la equidad, la eficiencia energética, políticas regulatorias claras y fiscalizadas y un programa coherente para el desarrollo de energías renovables son determinantes para el desarrollo sustentable.

Es necesario desarrollar un conjunto de medidas que tiendan a disminuir o, al menos atenuar, el deterioro ambiental. En un continente con perspectivas de crecimiento económico y demográfico en el mediano plazo, y con una tendencia de demanda creciente de energía, la escasa capacidad institucional, la ineficiencia energética, la desigualdad y las dificultades de transferencia tecnológica se constituyen como los principales escollos a superar para asegurar un desarrollo sostenible.

Referencias

Achour, H., & Belloumi, M. (2016). Decomposing the influencing factors of energy consumption in Tunisian transportation sector using the LMDI method. *Transport Policy*, 52, 64-71.

Agras, J., & Chapman, D. (1999). A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Ecological Economics*, 28(2), 267-277.

Alshehry, A. S., & Belloumi, M. (2017). Study of the environmental Kuznets curve for transport carbon dioxide emissions in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1339-1347.

Andreoni, J., & Levinson, A. (2001). The simple analytics of the environmental Kuznets curve. *Journal of public economics*, 80(2), 269-286.

Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16-22.

Arouri, M. E. H., Youssef, A. B., M'henni, H., & Rault, C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO 2 emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*, 45, 342-349.

Azlina, A. A., Law, S. H., & Mustapha, N. H. N. (2014). Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO 2 emission in Malaysia. *Energy Policy*, 73, 598-606.

Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19-37.

Chang, C. C., & Carballo, C. F. S. (2011). Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, 39(7), 4215-4221.

De Bruyn, S. M. (1997). Explaining the environmental Kuznets curve: structural change and international agreements in reducing sulphur emissions. *Environment and development economics*, 2(04), 485-503.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455.

Friedl, B., & Getzner, M. (2003). Determinants of CO 2 emissions in a small open economy. *Ecological economics*, 45(1), 133-148.

Galeotti, M., Lanza, A., & Pauli, F. (2006). Reassessing the environmental Kuznets curve for CO 2 emissions: a robustness exercise. *Ecological economics*, 57(1), 152-163.

- Greene W. *Econometric analysis*. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2000.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1993). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *The US Mexico Free Trade Agreement*, Cambridge Press, MIT.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- IEA, 2016. *Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos*.
- IEA. *Balances Energéticos*. AGENCIA Internacional de Energía; 2017. <<<https://www.iea.org/statistics/statisticssearch>>> [acceso 05.04.17].
- IRENA, 2015. *Energías Renovables en América Latina 2015: Sumario de Políticas*.
- Kaufmann, R. K., Davidsdottir, B., Garnham, S., & Pauly, P. (1998). The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 209-220.
- Kanemoto, K., Moran, D., Lenzen, M., & Geschke, A. (2014). International trade undermines national emission reduction targets: New evidence from air pollution. *Global Environmental Change*, 24, 52-59.
- Kasman, A., & Duman, Y. S. (2015). CO₂ emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: a panel data analysis. *Economic Modelling*, 44, 97-103.
- Keeling, D. J. (2013). Transport research challenges in Latin America. *Journal of Transport Geography*, 29, 103-104.
- Lau, L. S., Choong, C. K., & Eng, Y. K. (2014). Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: Do foreign direct investment and trade matter?. *Energy Policy*, 68, 490-497.
- Luzzati, T., & Orsini, M. (2009). Investigating the energy-environmental Kuznets curve. *Energy*, 34(3), 291-300.
- Madlener, R., & Sunak, Y. (2011). Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management?. *Sustainable Cities and Society*, 1(1), 45-53.
- Martínez-Zarzoso, I., & Maruotti, A. (2011). The impact of urbanization on CO₂ emissions: evidence from developing countries. *Ecological Economics*, 70(7), 1344-1353.
- McConnell, K. E. (1997). Income and the demand for environmental quality. *Environment and development Economics*, 2(4), 383-399.

Moomaw, W. R., & Unruh, G. C. (1997). Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO₂ emissions. *Environment and Development Economics*, 2(04), 451-463.

Nahman, A., & Antrobus, G. (2005). The environmental Kuznets curve: a literature survey. *South African Journal of Economics*, 73(1), 105-120.

Omri, A., Nguyen, D. K., & Rault, C. (2014). Causal interactions between CO₂ emissions, FDI, and economic growth: evidence from dynamic simultaneous-equation models. *Economic Modelling*, 42, 382-389.

Pablo-Romero, M. P., Cruz, L., & Barata, E. (2017). Testing the transport energy-environmental Kuznets curve hypothesis in the EU27 countries. *Energy Economics*, 62, 257-269.

Pablo-Romero, M. D. P., & De Jesús, J. (2016). Economic growth and energy consumption: The Energy-Environmental Kuznets Curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1343-1350.

Pablo-Romero, M. D. P., & Sánchez-Braza, A. (2017). Residential energy environmental Kuznets curve in the EU-28. *Energy*, 125, 44-54.

Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development (No. 992927783402676). International Labour Organization.

Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and development economics*, 2(04), 465-484.

Perrings, C., & Ansuategi, A. (2000). Sustainability, growth and development. *Journal of economic studies*, 27(1/2), 19-54.

Pesaran MH. General diagnostic tests for cross section dependence in panels. Cambridge Working Papers WP0435. Cambridge: Faculty of Economics, University of Cambridge; 2004.

Poumanyong, P., & Kaneko, S. (2010). Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 70(2), 434-444.

Poumanyong, P., Kaneko, S., & Dhakal, S. (2012). Impacts of urbanization on national transport and road energy use: Evidence from low, middle and high income countries. *Energy Policy*, 46, 268-277.

Rodríguez, M., Pena-Boquete, Y., & Pardo-Fernández, J. C. (2016). Revisiting Environmental Kuznets Curves through the energy price lens. *Energy Policy*, 95, 32-41.

Rothman, D. S., & de Bruyn, S. M. (1998). Environmental Kuznets Curve [Special issue]. *Ecological Economics*, 25(2).

Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), 147-162.

Shafik, N., Bandyopadhyay, S., 1992. Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence. Policy Research Working Paper, World Development Report, WPS 904.

Sheinbaum, C., Ruíz, B. J., & Ozawa, L. (2011). Energy consumption and related CO 2 emissions in five Latin American countries: changes from 1990 to 2006 and perspectives. *Energy*, 36(6), 3629-3638.

Stern, D. I. (1998). Progress on the environmental Kuznets curve?. *Environment and development economics*, 3(02), 173-196.

Tissot, R. (2012). Latin America's energy future. Inter-American Development Bank.

WDI. World Development Indicator. The World Bank; 2014. <<<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>>> [acceso 05.04.17].

Wiedenhofer, D., Lenzen, M., & Steinberger, J. K. (2013). Energy requirements of consumption: Urban form, climatic and socio-economic factors, rebounds and their policy implications. *Energy Policy*, 63, 696-707.

Wooldridge J. *Econometric analysis of cross section and panel data*. Massachusetts: MIT Press; 2002.

Zilio, M. I. (2012). Curva de Kuznets ambiental: La validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de Economía*, 35(97), 43-54.

Zilio, M., & Recalde, M. (2011). GDP and environment pressure: the role of energy in Latin America and the Caribbean. *Energy Policy*, 39(12), 7941-7949.

ANEXO

El Modelo 1. Representa la versión estándar básica para estimar la curva ambiental de Kuznets, sin incluir el término de renta per cápita al cubo:

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + u_{it}$$

El Modelo 2. Representa la versión estándar básica para estimar la curva ambiental de Kuznets, incluyendo el término de renta per cápita al cubo:

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + u_{it}$$

El Modelo 3. A partir de este modelo, se presentan los modelos ampliados, todos comprenden al término de renta per cápita al cubo, y una o más variables de control, en este caso el grado de apertura comercial (c):

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_1 \bar{c}_{it} + u_{it}$$

El Modelo 4. Representa el modelo ampliado con la variable de control densidad de población (d):

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_2 \bar{d}_{it} + u_{it}$$

El Modelo 5. Representa el modelo ampliado con la variable de control grado de urbanización (w):

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_3 \bar{w}_{it} + u_{it}$$

El Modelo 6. Representa el modelo ampliado con las variables de control grado de apertura comercial (c) y densidad de población (d):

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_1 \bar{c}_{it} + \Delta \delta_2 \bar{d}_{it} + u_{it}$$

El Modelo 7. Representa el modelo ampliado con las variables de control grado de apertura comercial (c) y grado de urbanización (w):

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_1 \bar{c}_{it} + \Delta \delta_3 \bar{w}_{it} + u_{it}$$

El Modelo 8. Representa el modelo ampliado con las variables de control densidad de población (d) y grado de urbanización (w):

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_2 \bar{d}_{it} + \Delta \delta_3 \bar{w}_{it} + u_{it}$$

El Modelo 9. Representa el modelo ampliado con las variables de control grado de apertura comercial (c), densidad de población (d) y grado de urbanización (w):

$$\Delta \bar{e}_{it} = \alpha_t + \Delta \beta_1 \bar{Y}_{it} + \Delta \beta_2 \bar{Y}_{it}^2 + \Delta \beta_3 \bar{Y}_{it}^3 + \Delta \delta_1 \bar{c}_{it} + \Delta \delta_2 \bar{d}_{it} + \Delta \delta_3 \bar{w}_{it} + u_{it}$$