

Cuba: políticas de mitigación y la Curva ambiental de Kuznets

Cuba: mitigation policies and the Environmental Kuznets curve

MSc. Yusimit Betancourt-Alayón, yusimit@cim.uh.cu; Dr.C. José Somoza-Cabrera, pepes@cim.uh.cu

Universidad de La Habana, La Habana, Cuba

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo determinar si existe o no para Cuba una relación no monótona creciente, conocida como la Curva ambiental de Kuznets, entre las emisiones de CO₂, NO_x y SO₂ con relación a los niveles de ingreso como medida del grado de desarrollo en un modelo básico entre 1970 y 2010. Se utilizó, además, un modelo ampliado para explorar la participación de la estructura del producto y del intercambio comercial sobre las emisiones. Se estudiaron estos gases por la importancia que tienen en la intensificación del calentamiento global y, por consiguiente, en el reforzamiento del cambio climático. Se obtuvo una relación positiva de las emisiones de los tres gases con el Producto Interno Bruto, aunque con evidencias de una incipiente senda virtuosa de desarrollo de las emisiones. En ningún caso es posible prescindir de una política integral de desarrollo donde se priorice el diseño de opciones de mitigación.

Palabras clave: cambio climático, curva ambiental de Kuznets, energía, opciones de mitigación de emisiones.

Abstract

This paper aims to determine whether there is for Cuba a growing non-monotonic relationship, known as the Environmental Kuznets Curve, between emissions of CO₂, NO_x and SO₂ in relation to income levels as a measure of the degree of development a basic model from 1970 to 2010. In addition to exploring an extended model involving product structure and trade on emissions. These gases by the importance of the intensification of global warming and therefore in strengthening the climate change are studied. A positive relationship of emissions of the three gases with GDP, although with evidence of an emerging virtuous development path of emissions is obtained, in any case it is possible without a comprehensive development policy which is prioritized design mitigation options.

Keywords: climate change, energy, environmental Kuznets curve, emissions mitigation options.

Introducción

El fenómeno del cambio climático constituye un gran reto tanto para científicos, políticos y la humanidad toda por sus implicaciones en la supervivencia del hombre. El patrón de producción hegemónico ha expandido el ritmo de crecimiento de los contaminantes atmosféricos. El hombre modifica el clima con sustancias y procesos que alteran el balance energético de la tierra. Se producen las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las cuales se centra la discusión política y la atención científica recae en las concentraciones.

Sin embargo, estos dos elementos emisiones–concentraciones no se pueden desligar. Por mucho tiempo las emisiones pasadas permanecerán en la atmósfera. La concentración atmosférica actual del dióxido de carbono (CO₂) es la más alta desde, por lo menos, los últimos 800 000 años y continuará aumentando por la dependencia de los combustibles fósiles (IPCC, 2014). De modo que las negociaciones por el compromiso de mitigar los niveles de emisión urgen de un acuerdo plausible. Es preciso que en el marco del progreso de las naciones se desarrollen las políticas de mitigación de emisiones de GEI como una vía para contribuir a estos dos fines.

Por tanto, el comportamiento de estas emisiones y el papel que juega en su senda la actividad económica es de especial interés. En este sentido, extendido a diferentes elementos del medio ambiente, más allá de los contaminantes atmosféricos, en su relación con el desarrollo económico, se ha retomado la idea del esquema teórico de la Curva de Kuznets por una representación considerable de autores. El auge de este tema se desató a principios de los años 90 floreciendo un gran número de estudios empíricos buscando evidencias de un comportamiento de U–invertida entre la degradación ambiental y el desarrollo económico expresado en el nivel de ingreso. A esta hipótesis se ha bautizado como la Curva Ambiental de Kuznets (CAK).

En este trabajo, por primera vez, se realiza un estudio de la CAK para Cuba entre los años 1970 y 2010. La investigación se orienta al estudio, como variables ambientales, de las emisiones de CO₂, los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el dióxido de azufre (SO₂). El primero por constituir el más importante de los GEI en cuanto a emisiones a la atmósfera y catalizador del calentamiento global. Los segundos como precursores de GEI, aunque los NO_x, también son conocidos como GEI indirectos. Además de que se explora la participación del peso de

la industria en el Producto Interno Bruto (PIB) y de la actividad comercial a partir de bienes sucios. Esta última se incluye con el objetivo de conocer si aplica o no para Cuba la Hipótesis de los Paraísos Contaminantes (HPC).

Cuba ante la CAK: razones para el desarrollo y no solo crecimiento económico

A pesar de que Cuba es un contribuyente “menor” de las emisiones de GEI a la atmósfera sí resulta en el período de estudio con unos niveles medios per cápita de emisión de los tres gases iguales o mayores a la media de América Latina y el Caribe (tabla 1).

TABLA 1: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES PRINCIPALES

Variable	Cuba	Media regional	Mínimo	Máximo
PIBppphab	8 700	6 827	5 537	11 755
CO ₂ hab	2,56	2,30	1,85	3,42
NO _x hab	0,016	0,016	0,009	0,022
SO ₂ hab	0,017	0,010	0,013	0,022

Fuente: A partir de las bases de PennWorldTable y SIEE/OLADE¹

Pudiera pensarse que el mayor peso lo tienen los años previos al derrumbe del campo socialista en los cuales se contaron los más altos valores; sin embargo, para finales de los años 90 con la revitalización de la economía nacional los niveles de emisión se recuperan. No alcanzan los niveles observados antes del Período Especial, pero son suficientes para ubicarse por encima de la media de la región.

La vulnerabilidad de las islas en general, y Cuba en particular, ante los impactos del cambio climático, que a pesar de ser un fenómeno global es asimétrico en cuanto a sus repercusiones no dan margen a la no acción. Un mensaje que ha quedado claro con el quinto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC, por sus siglas en inglés] (2014) es que hay que actuar rápido y con decisión si se quieren evitar resultados cada vez más destructivos. Más si se tiene en cuenta que el examen de las variaciones observadas permite adelantar la hipótesis de que el clima en Cuba está transitando hacia un estado climático con características similares a las proyectadas por el IPCC para un efecto invernadero intensificado en la atmósfera terrestre² (Pérez *et al.*, 2013).

¹ Sistema de Información Económico Energético de la Organización Latinoamericana de Energía.

² En particular, el incremento de la temperatura superficial del aire; la reducción del rango diurno de la temperatura; la mayor frecuencia de sequías largas y severas, especialmente en verano; y el aumento de los totales de lluvia asociados a eventos de grandes precipitaciones en invierno, son aspectos inherentes a esas proyecciones que muestran un apreciable nivel de coincidencia (Pérez *et al.*, 2013).

Por tanto, resulta importante conocer la relación entre las emisiones de los tres gases y los niveles de ingreso alcanzados en el país. En el caso de encontrarse una relación lineal positiva denotaría la importancia de la puesta en práctica de las opciones de mitigación de GEI para allanar esta trayectoria. Igualmente, una incipiente relación de U–invertida no significaría dejar de actuar en materia de mitigación pues este comportamiento pudiera revertirse sino se tiene clara una política integral del desarrollo.

Aunque los estimados de crecimiento de la población cubana (ONEI, 2015), son bien discretos, aun los estándares de calidad de vida de dicha población, en términos de consumo de energía, están deprimidos si se valora la situación del sector transporte o la industria. La recuperación de la dinámica de crecimiento en estos sectores no debe obviar la inclusión de acciones eficientes y ambientalmente sostenibles en materia de emisiones.

Por ende, en un contexto en el que el cambio climático perdurará durante muchos siglos, debido a las emisiones pasadas, presentes y futuras de CO₂, donde aumentan las presiones hacia la región en acuerdos de reducción de emisiones, se ratifica la importancia del diseño de estudios de mitigación. En Cuba se cuenta con una experiencia importante a partir de los estudios presentados en la Primera y en la Segunda Comunicaciones Nacionales, compromiso que se contrae al firmar la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

En la CMNUCC se dan los procesos de negociación de reducción de emisiones de GEI y hasta ahora Cuba, como la mayoría de los países no está obligada a establecer metas de atenuación de emisiones. Pero un mundo desarrollado que cada vez presiona más a las naciones en desarrollo y ante las transformaciones de los instrumentos establecidos en materia de mitigación el país debe estar cada vez más adentrado en el cálculo de sus inventarios de emisiones, de las emisiones evitadas con las acciones de mitigación ya concretadas así como del potencial de mitigación con vistas a la captación de fondos y tecnologías en los nuevos mecanismos de apoyo.

De acuerdo con el último inventario de emisiones de GEI realizado en el país, el comportamiento de la tendencia de las emisiones brutas de CO₂, por categorías de fuentes, el mayor peso lo tienen las industrias de la energía, la quema de combustibles para energía en las industrias manufactureras y la construcción y el transporte (Valdés *et al.*, 2012). Mientras

que para los NO_x se repiten los sectores anteriores, así como otros: comercial, institucional y residencial entre los más importantes.

El inventario reporta una tendencia al crecimiento en las emisiones de SO₂. La causa principal es el incremento en la utilización de petróleo crudo nativo en las industrias de la energía y las industrias manufactureras y la construcción, entre éstas en la producción de cemento. Este petróleo tiene un alto contenido de azufre (Valdés *et al.*, 2012).

Por tanto, no se debe perder de vista el consumo de la energía a partir de fuentes fósiles pues son las principales que generan estos tres gases. Según Somoza (2009) existe evidencia de un comportamiento no lineal entre la demanda de energía comercial y el nivel de desarrollo económico, por lo que es de esperar que el incremento del ingreso no provoque un crecimiento proporcional de la demanda de energía final a nivel agregado. Sin embargo, este comportamiento no es igual para todos los sectores. Los sectores industrial, residencial y comercial, presentan una relación no lineal entre la demanda de energía y el crecimiento económico. Por su parte, para el sector transporte existe una relación lineal entre la demanda de energía y el crecimiento del PIB.

De modo que, es de esperar un mayor protagonismo del transporte en la estructura del consumo de energía sectorial. Esto significa, además, un notable incremento del consumo de energía, específicamente de gasolina y diesel, dos de los combustibles más caros, con fuerte impacto en la factura energética, y en el nivel de emisiones tanto de contaminantes locales, externalidades negativas sobre la salud, como de GEI.

Este comportamiento particular del sector transporte indica que a las acciones diseñadas y en diferentes grados de implementación enfocadas a la recuperación, modernización y ordenamiento del sector, se le deberían otorgar el mayor nivel de prioridad dentro de la política económica en general y energéticas y ambiental en particular (Somoza, 2009).

También en el campo de las negociaciones de la CMNUCC, en lo referente al comercio internacional, ha de ser seguido de cerca por las implicaciones que podrían tener medidas basadas en la huella de carbono de un producto. En este sentido, se busca evidencia sobre la participación en el comercio cubano en el intercambio de los llamados bienes sucios³. Las

³ Para este estudio se ha seguido la definición de Cole (2004), a saber: las manufacturas de la madera y productos madereros, manufacturas de químicos y productos químicos, manufacturas de productos minerales no metálicos e industrias básicas de metales. Al no contar con esta separación los datos obtenidos de las bases de CEPAL

estadísticas indican que tal tipo de comercio creció en la última década, aunque en general han tenido un comportamiento irregular (figura 1 y tabla 2).

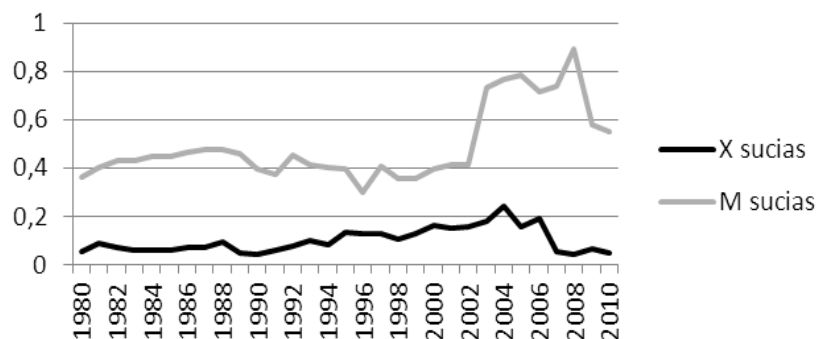


Figura 1: Índice de Exportaciones e Importaciones sucias

Fuente: A partir de las bases de datos de CEPAL

TABLA 2: EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE BIENES SUCIOS (10⁶ USD)

Variable	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Exportaciones Totales	1 665	1 422	1 677	2 332	2 318	2 980	3 578	3 168	2 317	2 678
X de Productos contaminantes	566	564	846	1 404	1 489	422	1 516	983	795	960
%	34	40	50	60	64	14	42	31	34	35
Importaciones totales	5 251	4 176	4 662	5 609	8 084	1 0173	6 575	8 653	5 151	5 489
M de Productos contaminantes	1 329	996	1 063	1 270	1 634	1 606	1 466	2 297	1 360	1 743
%	25	24	23	23	20	16	22	27	26	32

Fuente: A partir de las bases de TRADEMAP

Los principales productos sensibles que exporta Cuba son el níquel y sus manufacturas, al igual que el hierro, cobre y aluminio, además de los productos químicos (farmacéuticos). Los principales receptores de estos productos son los países bajos (Holanda), Canadá, y progresivamente va tomando espacio el intercambio con Venezuela, Brasil y China.

En el caso de las importaciones se han mantenido más estables igualmente con una tendencia a un ligero crecimiento. Se trata de importaciones de hierro, acero, aluminio, caucho, productos plásticos y sus respectivas manufacturas, entre otros. Estos provienen

hubo que tomar para las exportaciones las de bienes intermedios y para las importaciones la de bienes intermedios y carburantes una vez consultadas otras fuentes que también definen a los bienes sucios (Mani y Wheeler, 1998; Murillo, 2007).

fundamentalmente de España, China, Venezuela, Canadá, México, Italia, Alemania y Brasil según las bases de datos de TRADEMAP⁴.

Metodología empleada

La información referida a las emisiones de CO₂, NO_x y SO₂ (Giga gramos) y el consumo de energía (millones de toneladas equivalentes de petróleo por portador) se obtuvo del sitio del SIEE/OLADE para los años 1970-2010. De las bases de CEPAL se usaron los datos referidos a la Población, al PIB constante (10⁶ USD) y PIB de la Industria (10⁶ USD) también para los mismos años mientras que las exportaciones e importaciones de bienes y servicios (10⁶ USD) cubren 1980-2010. Para estos datos también se revisaron los Anuarios Estadísticos⁵. Finalmente, el PIB a Paridad del Poder de Compra (PPP, por sus siglas en inglés) por habitante (USD/hab. USD de 2005) se obtuvo de las bases del Penn World Table.

Para hacer el estudio primero se calcularon las emisiones *per cápita* de cada gas dividiendo el total de toneladas entre la población. En el caso del PIB a PPP *per cápita* al faltar el año 2010 se calculó a partir de estimar la misma tasa de crecimiento que para el PIB constante *per cápita* del 2009. Con estas variables se estima el modelo básico de la CAK. Para el estudio del modelo ampliándose construyeron las siguientes variables (tabla 3):

TABLA 3: VARIABLES MODELO AMPLIADO

Variable	Cálculo	Objetivo
VP	PIB de la Industria entre el PIB constante	Evaluar estructura del PIB
IC	La suma del total de las X e M entre el PIB constante(Intensidad comercial)	Determinar el impacto de todo el intercambio comercial
Xs	Exportaciones sucias entre el total de X	Determinar si se cumple la HPC
Ms	Importaciones sucias entre el total de M	Determinar si se cumple la HPC

Como resultado del tránsito de una fase industrial a una economía de servicio se espera que el coeficiente del peso de la industria en el producto (VP) resulte con signo positivo en favor de las emisiones pues supuestamente los países subdesarrollados se encuentran en amplia explotación de los sectores intensivos en energía. No obstante, puede resultar negativo, sobre todo, para naciones que dependen fundamentalmente de los servicios.

⁴ Los mercados con que se dan estos intercambios son bien similares a lo que predomina en el área. Los principales países exportadores e importadores de este tipo de productos en la región son: Brasil, México, Chile, Venezuela, Argentina, Perú, Trinidad y Tobago y Colombia. Estos bienes se intercambian mayormente con los Estados Unidos, China, Canadá y los propios países del área.

⁵ Se utilizaron para los datos entre 1980 y 1998 y entre 2008 y 2010.

De acuerdo con la HPC y a sus posibles implicaciones en una CAK favorable a los países desarrollados se espera que el coeficiente de las exportaciones sucias (Xs) tenga signo positivo y el de las importaciones sucias (Ms) tenga signo negativo, lo cual refuerza un coeficiente positivo de la intensidad comercial (IC).

Se parte del estudio de raíces unitarias para cada variable con el empleo de las pruebas Dickey Fuller ampliado (DFA) y Phillips–Perron (PP). La diferencia entre ambos se encuentra en el supuesto de correlación serial en las regresiones del contraste. Para el caso de DFA se aplica la prueba DFGLS⁶ para determinar el retardo óptimo de la variable. Se aplican ambas pruebas a las variables en diferencias esperando sean I (1).

Luego se estima la ecuación (1) para el modelo básico donde E son las emisiones *per cápita* y X el PIB a PPP per cápita. El modelo se estima con y sin tendencia y luego se repite el cálculo retirando el término cúbico y luego el cuadrático. Para el modelo ampliado se utiliza la misma ecuación adicionando VP, Xs, Ms e IC.

$$\ln (E)_{it} = \beta_1 \ln X_{it} + \beta_2 (\ln X_{it})^2 + \beta_3 (\ln X_{it})^3 + \mu_{it} \quad (1)$$

En aquellas estimaciones donde las variables del PIB han sido significativas al menos al 90% se les realiza el proceso de determinación de la existencia de cointegración, o sea relación a largo plazo. Para ello se aplica la prueba de Phillips–Ouliaris que consta de tres pasos para un modelo $Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + u_t$ (Pérez, 2008).

Una vez elegidas las formas funcionales se determina el Mecanismo de Corrección de Errores (MCE) asociado a la cointegración para calcular la velocidad de ajuste. A la estimación elegida, en dependencia de la existencia de relación a largo plazo, de las desviaciones estándares de los coeficientes y del R² se le aplican un conjunto de pruebas que pueden estar alterando la estimación resultante. Se trata de:

Heterocedasticidad: se determina ante la Prueba Breush–Pagan/Cook–Weisberg. De existir se corrige bajo la opción de un modelo robusto (Wooldridge, 2001).

⁶ Prueba modificada de DF transformada por una Regresión de Mínimos Cuadrados Generalizados (DFGLS, siglas en inglés).

Autocorrelación: se determina ante las pruebas Breusch–Godfrey, el alternativo de Durbin y el estadístico d de Durbin Watson. Para su corrección se utiliza la regresión Prais–Winsten y Cochrane–Orcutt.

Variables omitidas: se constató a partir de la prueba de especificación incorrecta de la regresión (RESET⁷) de Ramsey para variables omitidas.

Finalmente, se calcula el Punto de Retorno (PR) en correspondencia a la forma funcional elegida (cuadrática o cúbica) o se analiza la relación según el coeficiente del PIB lineal, el cual se interpreta como elasticidad.

Resultados y discusión

Los resultados que se presentan (tabla 4) corresponden a las estimaciones luego de corregir la presencia de autocorrelación y de heterocedasticidad las cuales significaron la variación de las estimaciones previas. Lo anterior denota la importancia de realizar este tipo de pruebas para la consistencia y validez de los resultados.

TABLA 4: ESTIMACIONES DEL MODELO BÁSICO

PIB a PPP pc.		Mejor ajuste CO ₂		Mejor ajuste NO _x		Mejor ajuste SO ₂	
MIN	MAX	elasticidad		PR		elasticidad	
5 537	11 755	/	0,710 575 7	∩	11 222	/	0,585 008

Legenda: Las formas funcionales sombreadas son aquellas que presentan variables omitidas

Se puede observar que para el CO₂ y el SO₂ se obtiene una relación lineal creciente. Nótese, además, que presentan elasticidades mayores a un 0,50 % de incremento de las emisiones por cada 1 % de incremento de PIB lo que denota una fuerte relación. Sin embargo, resultan bajas comparadas con estudios internacionales que ubican para el CO₂ y el SO₂ elasticidades bien superiores de 1,62 y 1,17 respectivamente (Shafik, 1994) para países de bajos y medianos ingresos. También para el SO₂ reportan Stern y Common (2001) una elasticidad de 0,55 para los países no–OECD, entre los cuales están varias naciones del área, lo cual converge con el resultado aquí obtenido.

Para los NO_x se obtiene una relación de U–invertida con un PR muy pegado al máximo de ingreso lo que no es conclusivo de una CAK dada las pocas observaciones. Además, este

⁷ Las siglas RESET de esta prueba corresponden a su nombre en inglés, *regression specification error test*, que es en la forma en que se conoce.

contaminante de los tres analizados es el más propenso a moverse con el nivel de ingreso, en gran parte por las necesidades de transporte, este comportamiento puede estar más ligado a la depresión que presenta este sector y no a un cambio tecnológico. No obstante, es importante tener en cuenta que este resultado en el caso que indique el comienzo de una senda sostenible puede ser revertido sino está presente la intervención del Estado para la mitigación de emisiones.

Para este contaminante se calcula la elasticidad mínima y máxima sustituyendo en la forma funcional (cuadrática) el valor mínimo y máximo del PIB a PPP *per cápita*, respectivamente. Las mismas arrojan valores de 1,919 y $-0,126$. El paso de elasticidades medias positivas a elasticidades máximas negativas puede estar explicado por el hecho de que, a pesar de una tendencia absoluta al crecimiento de las emisiones, estas últimas se están desacelerando debido a una mayor implementación de medidas de sustitución de combustibles o la penetración de fuentes renovables de energía.

Los resultados para el CO₂ y para los NO_x son sensibles a variables omitidas lo que implica que se deben incluir otras variables para ver su participación. No pasa así para el SO₂ quizás debido a que es más clara su presencia a partir de la explotación y uso del crudo nacional. No obstante, la presencia de residuos estacionarios (series cointegradas) en todas las estimaciones demuestra la correspondencia de una relación de largo plazo entre los tres gases y los niveles de ingreso lo que valida el modelo. Esto refuerza la importancia del impulso de estrategias ambientales integradas a las proyecciones de otros sectores para la continuidad del proceso de desarrollo. Tener en cuenta otros factores que influyen en el comportamiento de las emisiones, más allá del crecimiento económico, resulta no solo relevante por lo antes mencionado, sino que es necesario ya que algunas relaciones obtenidas están sujetas a variables omitidas.

Lo anterior está muy ligado a que la tendencia, o sea, la variable tiempo, resultó significativa con signo negativo tanto para el CO₂ como el SO₂. Este impacto puede estar dado por la implementación de opciones de mitigación como la sustitución de petróleo por gas natural. Si bien en 1980 dentro de la Oferta Total de Energía Primaria (OTEP) el gas natural era menor al 1 % en 2010 alcanzó a ser del 10 %.

No obstante, a estos esfuerzos el resultado neto es el incremento de las emisiones lo cual se ha evidenciado como relación no espuria, o sea de largo plazo. Esto, además, permite determinar qué ocurre en el corto plazo a partir del MCE asociado a la cointegración, el que arroja el coeficiente de velocidad de ajuste de las emisiones contaminantes al largo plazo. Esto permite superar el hecho de que los ajustes respecto al equilibrio de largo plazo no se produzcan de forma instantánea como sugiere una ecuación estática como la de la CAK. Es posible considerar que el ajuste entre degradación ambiental y nivel de actividad económica sea lento (Piaggio y Padilla, 2010), lo cual es válido para Cuba.

Como muestra la tabla 5, para los tres contaminantes el coeficiente de velocidad de ajuste está por debajo del 50 % y son además todas negativas⁸ lo cual está en concordancia con ajustes lentos. En cuanto a la significación del ingreso en el corto plazo se mantienen las mismas relaciones para el CO₂ y el SO₂ este último con una elasticidad superior y el tiempo, aunque sigue con signo negativo deja de ser significativo lo cual es lógico pues los cambios tecnológicos y/o de eficiencia requieren de tiempo para su efectividad. Por su parte, los resultados de los NO_x al no ser significativos denotan aún más su sensibilidad ante la ausencia de otras variables que puedan explicar mejor su comportamiento.

TABLA 5: MECANISMO DE CORRECCIÓN DE ERRORES PARA EL MODELO BÁSICO

Gas	Velocidad de ajuste	Coefficiente lineal	Coefficiente cuadrático	t
CO ₂	-0,257 42	0,793 00		-0,000 82*
NO _x	-0,070 43*	-5,758 18*	0,358 55*	-0,002 15
SO ₂	-0,416 95	0,726 03		-0,000 36*

Leyenda: * Coeficientes no significativos

Se presentan los resultados con la inclusión de las otras variables previstas en el estudio (tabla 6). Es notable en el modelo ampliado la no presencia de heterocedasticidad y autocorrelación. En cuanto a la presencia de variables omitidas desaparece para el CO₂ y aunque aún persiste para los NO_x la prueba F indica el alto nivel de significación conjunta de las variables incluidas en el modelo. Esto refuerza la importancia de incluir otras variables en el modelo de la CAK.

⁸ Esto está indicando que si el nivel de emisiones del contaminante se aparta en el período t de la tendencia de largo plazo, en el período t+1 comienza a retornar a una velocidad de ajuste cercana al valor del coeficiente de ajuste * 100.

**TABLA 6: ESTIMACIONES RESULTANTES
CON EL RESTO DE LAS VARIABLES**

PIB a PPP pc.		Mejor ajuste CO ₂		Mejor ajuste NO _x		Mejor ajuste SO ₂	
MIN	MAX	(PR)		(PR)		(elasticidad)	
7 101	11 755	I	7060/9769	I	7506/9603*	/	0,554 1264

Leyenda: * Presencia de variables omitidas

Tanto para el CO₂ como para los NO_x varía la relación obtenida entre emisiones y el nivel de ingreso. Esto indica que las variables agregadas tienen incidencia en la relación incluso aunque se mantenga la misma forma funcional como para el SO₂ que se mueve un tanto el coeficiente del PIB lineal. Nuevamente los PR que se obtienen son bien pegados a los niveles máximos de PIB por lo que siguen siendo válidas las explicaciones concernientes a este aspecto. Puede suceder que este incipiente comportamiento de descenso sea coyuntural y, por tanto, reversible si se restablecen los comportamientos anteriores o se “relajan” las regulaciones ambientales o normas productivas o si se salta al uso de combustibles más baratos (accesibles) pero más sucios como el paso a carbón en la generación de electricidad en China sustituyendo petróleo o gas natural.

La influencia de las variables agregadas, a partir de sus coeficientes estimados queda reflejada en la tabla 7. Resulta notable como para el CO₂ y los NO_x el peso de la industria en el producto es significativo en la explicación de las emisiones y repercute positivamente en las emisiones de CO₂ y para los NO_x. Lo cual contrasta con Cuba ser un país mayormenteterciario, esto además llama la atención en la importancia de no perder de vista el impacto de una revitalización de la industria nacional en las emisiones, pueden aquí ya estar significando el níquel y otros recursos extractivos primarios.

**TABLA 7: RESULTADOS DEL ANÁLISIS
INCLUYENDO OTRAS VARIABLES**

Gas	VP	XS	MS	IC
CO ₂	0,258*	-0,068**	-0,139**	0,2744*
NO _x	0,607 9*	-0,158*	-0,260*	0,2923*
SO ₂	0,130 0	0,062 1	0,062 1*	0,120**

Leyenda: *, ** Significativas al 99 y 95%

La influencia del comercio de los bienes sucios en el caso de las importaciones resultó con signo negativo tal como se esperaba. Mientras las exportaciones sucias también arrojan coeficientes negativos para el CO₂ y los NO_x, solo resultan con una relación positiva en el SO₂ donde no es significativo y sí significativas las importaciones sucias, pero con una

relación también positiva. Sin embargo, o estas variables no recogen todo el impacto de la actividad de bienes sucios o la fuente de los datos no es precisa, o son los productos primarios lo que tienen el peso fundamental en la contaminación atmosférica.

Este análisis está asentado en que la intensidad comercial, variable que recoge el impacto total del intercambio comercial, resulta con un coeficiente significativo para los tres contaminantes y en todos ellos con signo positivo. Lo cual está indicando que por cada porcentaje de incremento de las exportaciones más las importaciones entre el producto las emisiones de CO₂ crecen en un 0,27 %, las de lo NO_x en un 0,29 % y en menor medida las emisiones del SO₂ en un 0,12 %.

En resumen, la intensidad comercial es significativa y positiva para los tres gases. Esto indica que en alguna medida el comercio influye en el crecimiento de las emisiones, esto es importante porque aquí se incluyen todos los bienes que intercambia el país. Aquí entra a jugar no solo lo que se produce sino lo que se consume que como advierten Suri y Chapman (1998) se ha de tener en cuenta en el análisis. Esto sugiere realizar un análisis con una nueva desagregación de estas variables o con nuevas fuentes de datos. Sin embargo, la evidencia conlleva a la vigilia de la política comercial sobre todo para prevenir posibles afectaciones ante las actuales discusiones que rondan en materia de un comercio internacional a favor del medio ambiente.

Teniendo en cuenta que el principal contribuyente a las emisiones de los tres gases en estudio en el país lo constituye el sector energético se efectuó el estudio incluyendo la variable consumo de energía *per cápita*. El consumo de energía resulta significativo en las estimaciones para cada uno de los contaminantes (tabla 8).

TABLA 8: RESULTADOS OBTENIDOS INCLUYENDO EL CONSUMO DE ENERGÍA PER CÁPITA

Período	PIB a PPP pc		CO ₂		NO _x		SO ₂	
	Mín.	Máx.	FF	Elasticidad o PR	FF	Elasticidad o PR	FF	Elasticidad o PR
1970-2010	5537	11755	∩	13780	∩	9 830	U	7 753
	Consumo energía pc			0,221 987		0,186 328 6		0,508 035 2
	Tendencia			-0,009 976 7		-0,021 049 4		0,006 500 2*

Leyenda: * Coeficiente no significativo

Tal y como plantea la literatura consultada el coeficiente de la misma es positivo para los tres gases por lo que explica en parte el incremento de las emisiones de estos. Mientras que para el CO₂ y los NO_x la elasticidad consumo de la energía de las emisiones apenas oscila en un

0,20 con una participación de la tendencia a la baja de las emisiones, dado el coeficiente negativo de ésta, para el SO₂ la elasticidad es de 0,50, se mantiene una relación creciente, ahora en forma de U, lo cual es reafirmado por el signo obtenido por la tendencia. En el caso del SO₂ el resultado es coherente con el alto contenido de azufre que presenta el crudo cubano y su creciente extracción y empleo como ya se ha comentado.

Se obtiene un comportamiento de U–invertida para el CO₂ y los NO_x pero igualmente con PR o fuera del rango o bien pegado al límite lo que no es conclusivo. Sin embargo, dada la recurrencia de esta situación no se puede obviar su correspondencia con la creciente preocupación gubernamental por la implementación de opciones de mitigación ya sean vinculadas a la eficiencia, al cambio de energético o de estructura de procesos o la penetración de una nueva tecnología. Parte de estas opciones se han visto concretadas en el marco del Programa de Ahorro Energético en Cuba o la “Revolución Energética”.

Sin embargo, es importante continuar y priorizar esta estrategia para no revertir un incipiente proceso de disminución de las emisiones que indican las curvas obtenidas. Sobre todo, si se tiene en cuenta que en la OTEP los hidrocarburos representan el 90 % de la misma al 2010 y en la generación de electricidad solo está presente un 3,8 % de fuentes renovables de energía.

El comportamiento de la demanda energética de la economía cubana se explica primero en base al incremento de la participación de los servicios en el PIB; y segundo, a la combinación de los efectos de la recuperación de las capacidades de producción ociosas, el tránsito hacia actividades “menos exigentes” en el uso de la energía y su incidencia en la intensidad energética agregada, y por la materialización de un conjunto de medidas de ahorro y uso racional de la energía implementadas hacia los finales de la década del 90. Acciones que pueden estar reflejando una incipiente disminución de las emisiones como se ha venido presentando lo cual no obstante se ha enfatizado en que no tiene que ser conclusivo por razones ya discutidas.

Pues a estas razones es importante traer a colación el tema de que aunque estudios realizados aportan evidencias a favor de la hipótesis de que la economía cubana está transitando por una etapa de desmaterialización opiniones muy autorizadas señalan que este fenómeno podría obedecer más a un fenómeno de desindustrialización (García y Landa, 2007).

Por lo que se reitera que un despunte de la industria nacional sin una adecuada política de desarrollo económica, social y ambiental representaría un aumento de las emisiones de los tres gases en estudio. Por tanto, se deben priorizar estratégicamente las políticas de mitigación. Un análisis preliminar a los programas de inversiones priorizados por el gobierno, permite adelantar incrementos notables de la demanda de energía a nivel global y en particular del sector industrial. El mayor peso de estos programas se concentra en las actividades de refinación y extracción de petróleo, petroquímica y la extracción y procesamiento de minerales no ferrosos o sea bienes sucios. Tales inversiones no solo incrementarían la intensidad energética de la economía en su conjunto, sino que, además, ejercerían fuertes tensiones sobre la balanza comercial y del medio ambiente.

Conclusiones

1. *Se constata una relación positiva entre las emisiones de CO₂, NO_x y SO₂ y el PIB o se calculan PR pegados a los límites máximos de ingreso, lo que no es conclusivo de una CAK. No obstante, en caso de estar significando un incipiente comportamiento de U–invertida es vital continuar con el avance de las políticas en materia de medio ambiente en general y de mitigación en particular en sinergia con las políticas de desarrollo del país. Así como las proyecciones de políticas en términos de comercio exterior.*

Referencias bibliográficas

1. Alan Heston, R.S. (2012). Penn World Table Version 7.1 Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania Recuperado de https://pwt.sas.upenn.edu/php_site/pwt_index.php
2. Cole, M.A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48, p.71-81.
3. García, A. y Landa, Y. (2007). Reorientación del Sector Industrial Cubano. XIV *Jornada Científica del INIE* (ponencia). La Habana, Cuba.
4. IPCC (2014). *Quinto informe de evaluación*. Informe de Síntesis. New York.
5. Murillo, D.R. (2007). La competitividad exportadora de los sectores ambientalmente sensibles y la construcción de un patrón exportador sostenible en América Latina y el Caribe. Capacitación en Comercio y Medio Ambiente, N.U. CEPAL.
6. Mani, M.; Wheeler, D. (1998). In Search of Pollution Havens? Dirty Industry in the World Economy, 1960-1995. *Journal of Environment and Development*, 7(3),p.215-247.

7. Oficina Nacional de Estadística e Información [ONEI]. *Anuarios Estadísticos* 1980, 1998 y 2008–2010, 2015. La Habana, Cuba.
8. Pérez, C. (2008) *Econometría Avanzada. Técnicas y herramientas*. Madrid: Editorial P.P. Hall.
9. Pérez *et al.* (2013). Variaciones y cambios del clima. En Planos, E.; Vega, R., Guevara, V., *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba* (p.43-92). La Habana: Editorial INSMET, AMA y CITMA.
10. Piaggio, M. y Padilla, E. (2010). CO₂ emissions and economic activity: heterogeneity across countries and non stationary series. Department of Applied Economics, Universidad Autónoma de Barcelona, España.
11. Shafik, N. (1994). Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis. *Oxford Economic Papers*, 46, p.757-773.
12. SIEE/OLADE. Sistema de Información. Económica-Energética de la Organización Latinoamericana de Energía. Recuperado de <http://sieve.olade.org/SIEE>.
13. Somoza, J. (2009). *Estimación de la demanda de energía. Cuba en el contexto de América Latina y el Caribe*. (Tesis inédita de doctorado). Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
14. Stern, D.I. y Common, M.S. (2001). Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management*, 41,p.162-178.
15. Suri, V. y Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25, p.195-208.
16. Valdés *et al.*, (2012). *Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990–2006*. La Habana: Editorial CITMA, AMA, Instituto de Meteorología.
17. Wooldridge, J.M. (2001). *Introducción a la Econometría: un enfoque moderno*. México: Editorial T. Learning.