

**RELACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN
ATMOSFÉRICA Y LA CALIDAD
DEL AIRE CON EL
CRECIMIENTO ECONÓMICO Y OTROS
DETERMINANTES:
URUGUAY A LO LARGO DEL SIGLO XX**

Matías Piaggio
Noviembre 2007

INSTITUTO DE ECONOMÍA
Serie Documentos de Trabajo

DT 01/08

Este Documento de Trabajo se publica como parte de la premiación que recibiera el artículo en el “Concurso de artículos basados en monografías de grado de la Licenciatura en Economía” realizado por el Instituto de Economía en las 1eras. Jornadas Académicas del IECON (21/11/2007) .

La relación entre la Contaminación Atmosférica y la Calidad del Aire con el Crecimiento Económico y otros determinantes: Uruguay a lo largo del siglo XX

Matías Piaggio
mpiaggio@iecon.ccee.edu.uy

RESUMEN

La presente investigación propone explorar la relación existente entre el crecimiento económico y la contaminación atmosférica y la calidad del aire (CO₂ y SO₂, respectivamente) en Uruguay (caracterizada como una economía pequeña y abierta) a lo largo del siglo XX. Basado en la teoría por detrás de la *Curva Ambiental de Kuznets (CAK)*, a través de un Modelo de Vectores de Corrección de Errores (VECM) se comprobó la existencia de una relación lineal entre el crecimiento económico y los contaminantes en el período 1955 – 2000. Pero mientras el nivel de emisiones de contaminación atmosférica crece conjuntamente al producto a lo largo de ese período, las emisiones del contaminante indicador de la calidad del aire se comportan de manera inversa a este. En lo que respecta a las emisiones de CO₂, el grado de apertura de la economía resultó ser significativa en la relación de largo plazo, no así en la dinámica de corto plazo. Respecto al nivel de emisiones de contaminantes de la calidad del aire, ninguna otra variable resultó significativa ni en el corto ni en el largo plazo.

Palabras Clave: CO₂, SO₂, crecimiento económico, Curva Ambiental de Kuznets, cointegración, modelo de vectores de corrección de errores.

* El presente trabajo fue presentado para la obtención del título de grado de la Licenciatura en Economía Plan:90 de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República. El autor desea agradecer profundamente la colaboración de Bibiana Lanzilotta por sus enseñanzas y comentarios.

Índice

| | |
|--|-----------|
| <i>1-Introducción</i> | <i>1</i> |
| <i>2 - Crecimiento económico y degradación ambiental – La CAK.....</i> | <i>2</i> |
| <i>2.1 - Enfoque teórico y lecciones del pasado</i> | <i>2</i> |
| <i>2.2 La CAK para un país en particular</i> | <i>4</i> |
| <i>2.3 Posibles formas funcionales de la CAK.....</i> | <i>7</i> |
| <i>2.4 Variables explicativas y sus indicadores</i> | <i>8</i> |
| <i>Estructura Productiva.....</i> | <i>9</i> |
| <i>3. Estimación de la CAK para Uruguay.....</i> | <i>10</i> |
| <i>3.1 Series y variables de estudio.....</i> | <i>10</i> |
| <i>3.2 Estrategia de Análisis y el Modelo Empírico</i> | <i>11</i> |
| <i>4. Conclusiones.....</i> | <i>17</i> |
| <i>5. Bibliografía.....</i> | <i>20</i> |
| <i>Anexo Econométrico</i> | |

1-Introducción

La problemática ambiental ha tomado destacada relevancia en las últimas décadas, tanto en la agenda política internacional como a nivel de la sociedad civil. Innumerables problemas de carácter tanto global como local han comprometido la supervivencia de las especies en el planeta y las condiciones de vida de las poblaciones desde hace varios años.

Problemas referentes a las emisiones de gases de efecto invernadero, la desertificación, de conservación de las especies y de calidad del aire son algunos de los que se han puesto sobre el tapete en la agenda internacional, generando altos compromisos a nivel de las naciones por hacerse cargo de las consecuencias del accionar humano.

Todos estos problemas tienen un origen en común, y es la actividad humana, cuya incidencia sobre la degradación ambiental se ha agudizado desde mediados del siglo XIX. Es en esta línea que desde principios de los 90 se ha comenzado a explorar la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental, ya sea a nivel global, como para algunos países en particular.

A partir de indagar en la relación existente entre contaminantes atmosféricos y de la calidad del aire, y la actividad humana en Uruguay a lo largo del siglo XX se podrá tener alguna evidencia sobre los patrones de crecimiento que ha impulsado el país a lo largo del último siglo. Estos determinantes han de considerar factores tales como la estructura productiva del país, la capacidad del país para atraer inversiones que impulsen procesos tecnológicos más limpios y las variaciones meteorológicas producidas.

La importancia de este tipo de análisis radica en el hecho de que los países tomados individualmente podrían no seguir una trayectoria similar a la *Curva Ambiental de Kuznets (CAK)* estimadas a través de modelos de datos de panel, lo cual altera la conclusión acerca de la relación existente entre el crecimiento económico y el impacto ambiental, y con esto, las posibles medidas a ser llevadas adelante en los países en particular.

La segunda sección de este trabajo presenta las concepciones teóricas y los trabajos que han antecedido a esta investigación, así como sus formas de abordar el tema. La tercera sección presenta el análisis empírico de estimación de la CAK para Uruguay, mientras que la cuarta presenta las conclusiones finales arribadas a partir del análisis.

2 - Crecimiento económico y degradación ambiental – La CAK

2.1 - Enfoque teórico y lecciones del pasado

La actividad económica supone la generación de impactos negativos sobre el ambiente, a través de la explotación de recursos escasos y no renovables. Pero sin embargo, el mecanismo por detrás del proceso de crecimiento económico puede generar condiciones que impulsen actividades que contrarresten este impacto negativo que por si mismo tiene sobre el medio ambiente (Rodríguez y Valetta, 2001).

Esta es la idea por detrás del planteo de la CAK, la cual retoma la hipótesis desarrollada por Kuznets respecto a la relación entre la desigualdad en la distribución del ingreso y el crecimiento económico (ver recuadro), estableciendo la existencia de una relación hipotética entre distintos indicadores de degradación ambiental e ingresos o renta per cápita. Este planteo muestra que en etapas tempranas del crecimiento económico, con bajos ingresos per cápita, los impactos ambientales son crecientes, hasta alcanzar un máximo tras el cuál, el crecimiento del producto se vincula a una caída de esos impactos, la cual se puede atribuir a cambios en la estructura productiva de la economía, delineando una curva con forma de U invertida, al igual que la relación presentada por Kuznets.

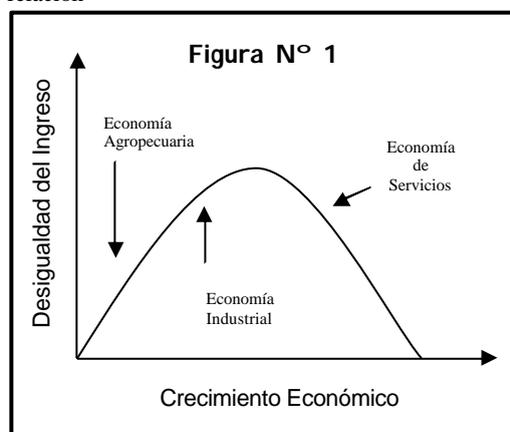
La explicación detrás de esta relación es que en las etapas iniciales del crecimiento los usos productivos dominantes tienen altos impactos ambientales, tanto por la utilización de recursos como por su contaminación, y bajas contribuciones al crecimiento. En las etapas finales, por el contrario, existen procesos productivos con mayor valor agregado, alcanzándose una menor explotación de los recursos, o un uso más eficiente de los mismos.

Uno de los más fuertes cuestionamientos a este modelo es el de **reversibilidad del daño ambiental**, entendiéndose por esto el hecho de que una vez alcanzado el punto de quiebre, un aumento en la producción junto con una caída de la contaminación asociada al mismo, no implica que se puedan reparar los daños ambientales previamente ocasionados en el medio ambiente (Stern et al., 1994)¹.

La validez de la hipótesis acerca de la existencia de la CAK es crucial para el

La relación de Kuznets

La noción básica de las CAK esta inspirada en los trabajos de Simon Kuznets (1955), en los cuales sugería que el crecimiento del producto per cápita de una determinada economía era acompañado de un empeoramiento en la distribución del ingreso, hasta cierto punto de quiebre, a partir del cual la distribución del ingreso comenzaba a mejorar. Esto implica que la relación



entre crecimiento y desigualdad en el ingreso es una función con forma de “U” invertida (Figura 1). La fase inicial de la curva, siguiendo el razonamiento de Kuznets, se corresponde con una economía basada en actividades agropecuarias, al transformarse en una economía industrializada, tanto el crecimiento como la brecha que representa la desigualdad del ingreso se expanden, hasta cierto punto a partir del cual, esta desigualdad va disminuyendo, continuando este proceso a medida que la economía vive un proceso de conversión hacia la producción de servicios.

1. Stern, Common y Barbier, 1994, “Economic Growth and Environmental Degradation: A Critique of the Environmental Kuznets Curve”, citado en Stern, 1996, “Progress on the Environmental Kuznets Curve?”, The Australian National University, Center for Resource and Environmental Studies, Ecological Economics Program, Working Paper N° 9601, citado en Badano y Gersberg (2003).

diseño y la implementación de políticas. En caso de que la evidencia demuestre la existencia de este fenómeno, se debería de razonar según el pensamiento de Beckerman (1992)², quién afirma que “*existe clara evidencia de que, a pesar de que el crecimiento económico generalmente conduce hacia la degradación ambiental en las etapas tempranas del proceso, al final, la mejor, y probablemente la única, manera de aspirar a un ambiente decente es convertirse en ricos*”. De otra manera, en caso de que la hipótesis fuese rechazada, Panayotou (2000)³ afirma: “*para salvar el ambiente, y hasta la actividad económica de si misma, el crecimiento económico deberá de cesar y el mundo deberá de realizar una transición hacia una estado estacionario económico*”.

En los años noventa se llevan acabo las primeras aplicaciones de las CAK, debido a un creciente interés en los temas ambientales y a una mayor disponibilidad de datos relacionados con el tema (Caiata, 2003). Los trabajos de Grossman y Krueger (1991), y de Shafik y Bandyopadhyay (1992) fueron los primeros en trabajar este modelo, siendo este último un estudio de soporte para el Informe Mundial del Desarrollo, de 1992. La idea detrás de que fomentar el crecimiento económico traería consigo mejoras en los indicadores medioambientales es parte del argumento de desarrollo sustentable presentado por las Comisión Mundial sobre Desarrollo y Medio Ambiente, en el famoso documento *Nuestro futuro en común*, en 1987 (Stern, 2003).

El planteo de la CAK fue popularizado por el *Informe Mundial sobre Desarrollo 1992* del Banco Mundial (BIRF, 1992)⁴, donde se afirma que “*la visión acerca de la degradación ambiental asociada, inevitablemente, a una mayor actividad económica, esta basada en supuestos estáticos sobre la tecnología, los gustos y la inversión en gestión ambiental*”, y que “*a medida que el ingreso aumenta, la demanda de mejoras en la calidad ambiental va a crecer, así como los recursos disponibles sobre los cuales invertir*”.

A partir de estos trabajos se desato un boom de investigaciones acerca de la relación planteada por al hipótesis de la CAK, donde se comenzó a trabajar agregando otras variables a la relación. Extensiones al modelo utilizado en los trabajos pioneros han incorporado nuevas variables explicativas a la especificación del modelo. En esta línea, Selden y Song (1994) estudian el comportamiento de contaminantes de la calidad del aire, agregando como variable explicativa al modelo la densidad de población. Panayotou (1997)⁵ incorpora la estructura del sector industrial, para permitir la posibilidad de cambios en la producción a través de métodos de producción más limpios a medida que el ingreso aumenta. Torras y Boyce (1998) incorporan variables que reflejan la distribución del poder en la sociedad, como el analfabetismo, los derechos políticos y las libertades civiles, las cuales encuentran que tienen fuerte impacto sobre la calidad ambiental en los países de bajos ingresos.

2. Beckerman, W., 1992, “*Economic growth an the environment: Whose growth? Whose environment?*”, World Development, citado en Stern (2003) y en Egli (2004)

3. Panayotou, T., 2000, “*Economic Growth and the Environment*”, CID working paper N° 56, citado en Egli (2004).

4. BIRF, 1992, “*World Development Report 1992: Development and the Environment*”, Oxford University Press, citado en Stern (2003).

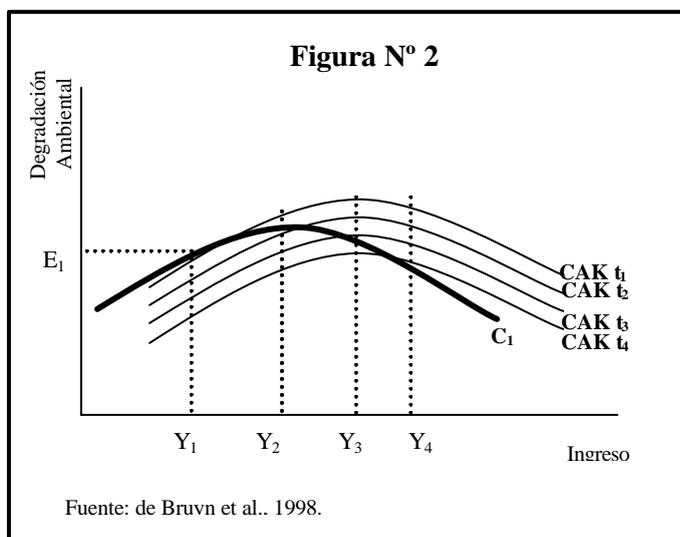
5. Panayotou, T., 1997, “*Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool*”, Environmental and Development Economics, citado en Badano y Gersberg (2003), Deacon y Norman (2004), Egli (2004) y Friedl y Getzner (2005).

Existen trabajos desarrollados en Uruguay que se han abocado a estudiar, la relación entre el crecimiento económico y el impacto ambiental a través del análisis de datos de panel para conjuntos de países dados. Entre estos se encuentra el trabajo monográfico de Rodríguez y Valetta (2001), quienes estudian la relación entre el nivel de emisiones de CO₂ y el crecimiento económico para un conjunto de 40 países incluyendo variables adicionales referidas a la estructura productiva del país, el nivel de educación de la población y el comportamiento innovador empresarial. Por otro lado, Badano y Gersberg (2003) se plantean indagar en la relación entre contaminantes tanto de nivel global como nivel local (CO₂ y SO₂) en tres dimensiones del desarrollo sostenible (ambiental, económica y social) en los países de América Latina y el Caribe. Caiata (2003) indaga, al igual que el primero de los trabajos nombrados, en la relación entre el nivel de emisiones de CO₂ y el crecimiento económico, en un conjunto de 101 países, incorporando a la relación variables adicionales que contemplan aspectos sociales y económicos.

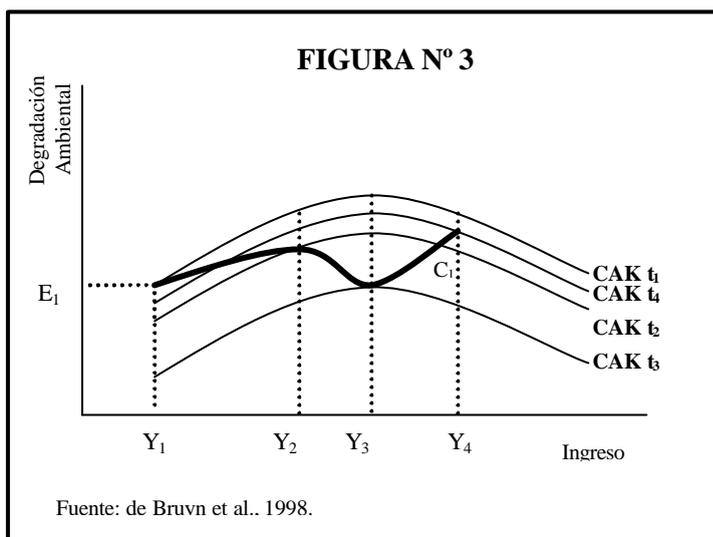
Estos modelos que testean el cumplimiento de la CAK son construidos a partir de datos de panel o cross – country, desarrollando la relación entre impacto ambiental y crecimiento económico para cierto grupo de países a lo largo de un período determinado (o en un momento dado). A partir de este tipo de análisis, no es posible concluir acerca de la relación existente a lo largo del tiempo entre el crecimiento económico y el impacto ambiental para un país en particular (de Bruyn et al., 1998), y por ende, de las medidas de política que este debiera de implementar.

2.2 La CAK para un país en particular

Una fuerte crítica a esta teoría viene a través de la presunción de que la mejora ambiental demostrada a través de las CAK, serian en realidad indicadores de la **habilidad de los consumidores en los países ricos** para distanciarse ellos mismos de la degradación ambiental asociada con su propio consumo (Rothman, 1998). Los efectos de la especialización en el comercio (Modelo Herckscher – Ohlin), donde los países en desarrollo se especializarían en la producción de bienes intensivos en trabajo y recursos naturales, mientras que los países desarrollados lo harían en bienes intensivos en capital, provocando que el desgaste de la utilización de los recursos naturales no se de de manera similar en ambos bloques de países (Suri y Chapman, 1998).



De acuerdo con la figura 2, apreciamos que para todo momento del tiempo, el impacto ambiental para un país en particular es determinado por los cuatro periodos estimados para la CAK a través del análisis de datos cruzados para el conjunto de países, pero la evolución individual del país C₁ que se describe a través la curva resaltada, la cual presenta una trayectoria diferente de las EKC. En particular, el punto de quiebre para ese país se da en el momento Y₂, antes del momento



Y_3 , que se obtiene a partir del análisis de datos cruzados.

Esto evidencia que mientras la CAK obtenida a través del análisis de datos de panel determina una relación con forma de “U” invertida, nada hace esperar que dicha relación para un país en particular se mueva de acuerdo a esa trayectoria.

En este sentido, la figura 3 describe un escenario en el

cual se asume que la CAK del periodo 4 se encuentra por encima de la CAK de los periodos 2 y 3. Como consecuencia de esto, se determina el patrón de impacto ambiental para el país C_1 a través de una curva con forma de N, donde luego de haber alcanzado el nivel de impacto ambiental correspondiente al instante Y_3 , este vuelve a aumentar en el siguiente período. Este escenario podría llegar a producirse cuando la estimación de la CAK no presente un coeficiente de tendencia temporal significativo, determinando que las CAK no evolucionen en una dirección uniforme. El hecho de que los países tomados individualmente no sigan una trayectoria similar a las CAK estimadas a través de modelos de datos de panel, altera las conclusiones acerca de la relación existente entre el crecimiento económico y el impacto ambiental, y con esto, las posibles medidas a ser llevadas adelante en los países en particular.

A partir de esta situación, es pertinente especificar un modelo alternativo que permite estimar directamente los efectos del crecimiento económico sobre el impacto ambiental para un país en particular. Esta aplicación se puede adaptar fácilmente al debate de la CAK, donde la contaminación puede ser vista como una función de los materiales vertidos en la economía, que incluya el avance tecnológico y la disminución de la contaminación. En este sentido se ha de plantear un modelo reducido en el cual los determinantes del impacto ambiental para un país vienen dados por el crecimiento del producto y la intensidad de dicho impacto, la que depende de cambios en la composición de las actividades económicas, de la tecnología y de los procesos de sustitución en materiales y energía (de Bruvn et al, 1998).

Una CAK encontrada a partir de estimaciones con datos cross – country puede, simplemente, reflejar la conjunción de una relación positiva entre el deterioro ambiental y el ingreso en los países desarrollados con una negativa en los países en desarrollo, y no una relación en sí que se aplique a ambas categorías de países. Esta CAK sería solo un artefacto estadístico (Friedl y Getzner, 2003). Este argumento se aplica en parte a las estimaciones basadas en datos de panel. Debido a los cortos periodos que cubren las series temporales de polución, los conjuntos de datos de panel suelen contener poca, o ninguna, superposición entre las observaciones entre los países desarrollados y aquellos en desarrollo (esto no sería válido para aquellos estudios que utilizan conjuntos de datos de panel con observaciones superpuestas) (Egli, 2004).

Adicionalmente, ese tipo de modelo asume homogéneamente que todos los coeficientes estimados no varíen a pesar de ser estimados para un amplio espectro de países, abarcando desde países pobres hasta países ricos y naciones altamente industrializadas (Egli, 2004).

La evidencia mas creíble a favor de la CAK como soporte para llevar adelante políticas, sería la demostración de que esta describe la experiencia respecto al crecimiento de los países de manera individual (Deacon y Norman, 2004).

Entre los trabajos que abordan la problemática desde este enfoque se encuentran el de Bryun et al. (1998), que concluyen que la trayectoria temporal de distintas emisiones contaminantes (CO₂, NO_x y SO₂) de Holanda, Alemania Oriental, el Reino Unido y Estados Unidos, en forma independiente para cada uno de ellos en estas emisiones está positivamente correlacionada con el crecimiento económico, y que la reducción de emisiones se debe dar como consecuencia de cambios estructurales y tecnológicos en la economía. Por otro lado, Friedl y Getzner (2004) encuentran un relación del tipo de curva N, entre el nivel de emisiones de CO₂ y el crecimiento económico en Austria, identificando un cambio de tipo estructural a mediados de los setenta como consecuencia de la crisis del petróleo. Egli (2004) estudia la relación entre el crecimiento y la degradación ambiental (medida a través de 8 contaminantes: CH₄, CO, CO₂, NH₃, NMVOC, NO_x, PM y SO₂) en Alemania entre los años 1966 – 2002, encontrando evidencia de una relación en el sentido de la hipótesis de la CAK solamente para los contaminantes NO_x y NH₃ (U – invertida y forma de N respectivamente).

Deacon y Norman (2004) examinan la relación del ingreso respecto a tres contaminantes (SO₂, Humo Negro y Partículas Suspendidas), para 25 países, tomados cada uno de ellos de manera individual, encontrando resultados dispares según el país que se examina. En la mayoría de los casos la relación encontrada no fue distinta de lo que se esperaba que sucediera en cada país, pudiendo las emisiones de SO₂ ser controladas por las economías con mayores niveles de ingreso, pero no por las de menores, mientras que para los otros dos contaminantes, si bien la relación siempre era creciente para los países mas pobres, no siempre era de U – invertida para los países más ricos. Unruh y Moomaw (1998) presentan evidencia acerca de la hipótesis de CAK no es representativa para reflejar la evolución que sigue la relación entre el impacto ambiental y el crecimiento económico para 16 países tomados de forma individual, en el período 1950 - 1992. Proponen un análisis de sistemas dinámicos no lineal que brinda una completa descripción de la trayectoria que sigue la contaminación para cada país, arribando a la conclusión de que la evolución de la emisión de CO₂ sigue una trayectoria no lineal a través del tiempo, que se corresponde con los quiebres producidos en la trayectoria del nivel de ingreso.

Otros estudios para un país en particular fueron llevados adelante por Vincent (1997)⁶, quién presenta evidencia del no cumplimiento de la hipótesis de CAK para Malasia y

6. Vincent, J.R., 1997, "Testing for environmental Kuznets Curves within a developing country", Environmental and Development Economics, Vol. N° 2, pags. 417 - 431, Cambridge University Press, citado en Friedl y Getzner (2004), Egli (2004), y Hung y Shaw (2004).

Carson et al. (1997)⁷, quienes encuentran una relación negativa entre siete contaminantes y el nivel de ingreso en los EE.UU en el período 1988 – 1994. Hung y Shaw (2004) estudian la relación entre los contaminantes NO₂ y CO y el ingreso a través de ecuaciones simultáneas, encontrando que los contaminantes mantienen una relación de U – invertida respecto al ingreso, pero que estos no afectan el comportamiento de este.

Finalmente, Bertoni y Román (2006) estudian la relación entre el nivel de emisiones de CO₂ y el crecimiento a partir del estudio de la relación entre el desarrollo económico y el consumo energético, siendo este el único trabajo que aborda el tema para Uruguay y en particular. Estos deducen un comportamiento que se corresponde con la hipótesis de la CAK, pero a diferencia de lo que se encuentra por detrás de esta teoría, resaltan que la caída del indicador de contaminación atmosférica no se corresponde con un crecimiento de los indicadores de desarrollo, sino que viene asociado al importante proceso de desindustrialización que sufre la economía uruguaya en las últimas décadas del siglo XX.

2.3 Posibles formas funcionales de la CAK

Las primeras aplicaciones de la CAK, llevadas a cabo por Grossman y Krueger (1991, 1994), y Shafik y Bandyopadhyay (1992) especificaban el modelo de manera tal de explicar la relación entre la degradación ambiental y el ingreso, tanto por sus valores de nivel como por los términos al cuadrado y cúbico de este último, a través de un modelo reducido de la siguiente forma:

$$(1) \quad E_t = b_0 + b_1 Y_t + b_2 Y_t^2 + b_3 Y_t^3 + b_4 t_t + e_t$$

donde E denota el indicador de polución, Y el ingreso, t es el termino de tendencia, que se agrega para tener en cuenta el progresos tecnológico, el subíndice t denota el indicador del tiempo, y e es el termino de error normalmente distribuido. Una CAK resultaría de obtener valores para los parámetros tal que, $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, y $\beta_3 = 0$. El nivel de ingreso al cual la degradación ambiental comienza a declinar es llamado punto de inflexión del ingreso. Este se obtiene a partir de la derivada primera de la ecuación (1) respecto al ingreso, e igualándola a cero, a partir de lo cual se alcanza el resultado: $-\beta_1/2\beta_2$. Con valores tal que $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, y $\beta_3 > 0$ se obtendría una trayectoria con forma de N, donde existiría un segundo punto de inflexión, a partir del cual la degradación ambiental comenzaría a crecer nuevamente.

En caso de que una curva con forma de N fuera encontrada, el segundo punto de inflexión se daría para países con niveles de ingreso per cápita relativamente altos, lo cual ocurre en muy pocos países, por lo tanto, este resultado deberá leerse con cautela. Ambas estimaciones, con y sin el término de ingreso cúbico parecen ser apropiadas.

Una relación monótona, creciente o decreciente, entre el ingreso y la calidad ambiental es alcanzada si solamente β_1 es significativo (con símbolo positivo o negativo, respectivamente), mientras que los otros estimadores de las variables correspondientes al ingreso, en este caso β_2 y β_3 , serian no significativas.

7. Carson, R.T., Jeon, Y., y McCubbin, D.R., 1997, "The relationship between air pollution emissions and income: US data", Environment and Development Economics, Vol N° 2, pags. , Cambridge University Press, citado en Egli (2004), Deacon y Norman (2004) y Hung y Shaw (2004).

Esta *especificación tradicional*, ha recibido críticas a nivel académico, debido a que se argumenta que esta especificación omite variables importantes, que pueden ser determinantes de la degradación ambiental (Frield y Getzner, 2004). Es así que surge la *especificación ampliada de la CAK*.

Valiosas contribuciones aportaron Panayoutou (1997)⁸ y de Bruyn et al. (1998) respecto a la omisión de variables importantes en la especificación de la relación de la CAK, al igual que el resto de los trabajos antes mencionados que incorporan este aspecto.

La relación no lineal entre los indicadores de polución ambiental y el ingreso per cápita pasaría a ser especificada a través de un modelo reducido de la siguiente manera:

$$(2) \quad E_t = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 Y_t + \mathbf{b}_2 Y_t^2 + \mathbf{b}_3 Y_t^3 + \mathbf{b}_4 t + \mathbf{b}_5 Z_t + \mathbf{e}_t$$

donde E denota el indicador de polución, Y el ingreso, t es el termino de tendencia, que se agrega para tener en cuenta el progresos tecnológico, Z es un vector que contiene las variables adicionales (y β_5 es el vector de parámetros correspondientes a estas), el subíndice t denota el indicador del tiempo, y e es el termino de error normalmente distribuido.

Mientras que la inclusión de la variable del ingreso per cápita como variable independiente en los estudios para un país en particular parece no tener discusión, la elección de las otras variables explicativas si, dado que, a diferencia de los estudios cross-country, diferencias que son específicas del país, pero consistentes a lo largo del tiempo en ese país, no influyen sobre las series temporales.

2.4 Variables explicativas y sus indicadores

Tras el objetivo de estudiar el impacto del crecimiento económico sobre la contaminación atmosférica y la calidad del aire, de manera que los indicadores refrieran específicamente a esta problemática. En general, existen varios contaminantes que pueden ser utilizados, como ser el CO₂, SO₂, los óxidos de nitrógeno y los CHC. Se tomarán como indicadores de la contaminación atmosférica las emisiones de CO₂, mientras que las emisiones de SO₂ nos brindarán no sólo un indicador ambiental como contaminante de la atmósfera, sino que también representa el impacto ambiental respecto a la calidad del aire.

Cuatro transformaciones de las variables son comúnmente utilizados para los diferentes contaminantes o indicadores de impacto ambiental: i) emisiones per cápita, ii) emisiones por nivel de producción (intensidad de polución), iii) niveles ambientales de polución (concentraciones, impactos en ciertas áreas determinadas), y iv) emisiones totales. Al estudiar la relación respecto al CO₂, contaminante global, será pertinente trabajar con emisiones totales, ya que lo relevante de este contaminante es el nivel de emisiones a nivel agregado entre los países, mientras que el otro contaminante será tomado según la primer especificación, per cápita, considerando que representa una problemática local.

Respecto a las variables adicionales, dos fenómenos en particular han interesado ser contrastados a la hora de estudiar la relación entre la contaminación atmosférica y de la

8. Panayoutou, T., 1997, "Demystifying the Environmental Kuznets Curve: turning a black box into a policy tool", Environmental and Development Economics, citado en Frield y Getzner (2004).

calidad del aire y el crecimiento económico:

(i) los cambios estructurales en la economía, los cuales reflejarían la posible transición desde una economía basada en producción de materias primas hacia productos industrializados, y a partir de allí hacia economías basadas en la producción de servicios, dado el impacto en la degradación ambiental causado por cada una de las estructuras productivas, y (ii) la exportación de la contaminación desde los países desarrollados hacia aquellos en vías de desarrollo, a través de la emigración de las actividades productivas más contaminantes, desde los primeros hacia los segundos. En este mismo sentido, la relación entre el comercio y los procesos de producción contaminantes podría darse de manera inversa, implicando el crecimiento del comercio mundial y las políticas internacionales hacia métodos de producción eco – amigables, haciendo crecer las presiones acerca de política ambiental (como la legislación de EE.UU., o el Protocolo de Kyoto), por el otro (Friedl y Getzner, 2004).

| Variables Incluidas en el Análisis | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Modelo Tradicional | Impacto Ambiental |
| | Nivel de Ingreso |
| Modelo Ampliado | Estructura Productiva |
| | Comercio Internacional |
| | Variaciones Climatológicas |

Por lo tanto, en el estudio será tomado en cuenta el peso del sector industrial en el PIB, lo cual permite conocer el peso de la actividad económica más contaminante en la estructura productiva del país, y así tener en cuenta posibles cambios estructurales en las economías y en sus modelos de producción.

Como ya vimos, la implicancia del comercio internacional juega un rol fundamental en la problemática ambiental nacional. El incentivo a inversiones extranjeras, la instalación de industrias transnacionales y la diversificación de los productos exportados (produciendo un aumento en los valores del comercio internacional) traen consigo la implementación de tecnologías más limpias en los procesos productivos y con el, el fortalecimiento de las normas ambientales y el acceso a mercados con mayores exigencias en la calidad de los procesos productivos de los bienes que consumen (Grossman y Kruger, 1991 y Friedl y Getzner, 2004). Es decir, la aplicación de procesos productivos ambientalmente amigables podría traer consigo no solo un crecimiento económico debido al crecimiento de los volúmenes comercializados, sino que también lo haría ejerciendo una presión hacia la reconversión de los procesos industriales que se ejecutan actualmente en los países subdesarrollados.

De todas maneras, un mayor grado de apertura no asegura por si solo el crecimiento económico (Gitli y Hernández, 2002), ni tampoco el bienestar medio ambiental (Martinez Alier y Muradian, 2000). Si bien la aplicación de tecnologías limpias como consecuencia de la atracción de inversiones extranjeras, la apertura de nuevos mercados y el fortalecimiento de las normas ambientales parecerían jugar un rol favorable desde el punto de vista de la contaminación atmosférica y de la calidad del aire, esto no implica que lo sea para el ambiente en general de un país en particular.

Esto se da, por que a nivel global, existen problemáticas como la exportación de la contaminación desde los países desarrollados hacia aquellos en vías de desarrollo a través de la emigración de las actividades productivas más contaminantes desde los primeros hacia los segundos, como por ejemplo, la forestación, temática muy actual hoy

en día en Uruguay. Por eso, se ha de interpretar cautelosamente la inclusión de una variable como el grado de apertura en el análisis, teniendo en cuenta que solamente lograremos aislar el efecto de este sobre los niveles de emisiones de contaminantes atmosféricos y de la calidad del aire, y no del ambiente en general, problemática que es mucho más profunda, y acerca del la cual no se puede ser concluyente a partir de este análisis.

Por último, se ha de incluir las variaciones climatológicas, las cuales inciden en la concentración de emisiones contaminantes a través de los hábitos de la población respecto a la intensidad de actividades contaminantes (Friedl y Getzner, 2004).

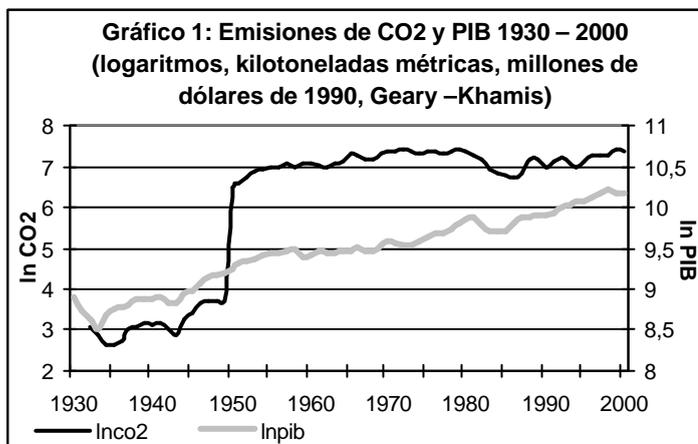
Sería pertinente también incluir variables que reflejen el accionar institucional respecto a la gestión ambiental, como podría ser el gasto público en gestión ambiental, pero este tipo de información no se encuentra disponible, y trascendería los objetivos de este trabajo el generar tal información, creyendo que sería muy difícil hacerlo para el período deseado.

Por último, no se incluirá la densidad poblacional como variable adicional, como sugerían Selden y Song (1994)⁹, debido a que la variación de esta no es relevante a lo largo del período de estudio en el Uruguay.

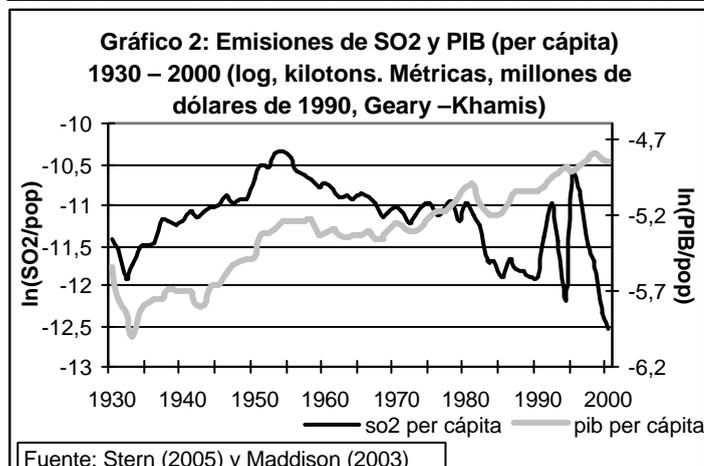
3. Estimación de la CAK para Uruguay

3.1 Series y variables de estudio

El nivel de emisiones de CO₂ emitidas por Uruguay a lo largo del siglo pasado experimenta un importante incremento en 1950, pasando de 40.000 toneladas métricas en 1949 a 671.000 en 1950. Esto se debe exclusivamente a problemas estadísticos, ya que a partir del año 1955 se cuenta con datos estadísticos de energía proporcionados por Naciones Unidas. A partir de 1955 el nivel de emisiones de CO₂ ha crecido de manera sostenida, alcanzando el máximo en 1979, año en el cual se emitieron 1.693.000 toneladas métricas, sosteniéndose los niveles de emisiones hasta fines de siglo. Claramente la serie presenta una caída relevante en 1983, seguramente



Fuente: Carbon Dioxid Information Analysis Centre y Maddison (2003)



Fuente: Stern (2005) y Maddison (2003)

9. Selden, T. y Song, D., 1994, op. cit.

asociado a la crisis sufrida en el país en esa época.

| Cuadro 1: Variables | | | | |
|--|------------------|--|--|-------------|
| Variable | Nombre | Unidades | Fuente | Período |
| Dióxido de Carbono (en logaritmos) | <i>lnco2</i> | Kilotoneladas métricas | Carbon Dioxide Information Analysis Center | 1932 – 2002 |
| Dióxido de Azufre (en logaritmos) | <i>lnso2</i> | Kilotoneladas métricas per cápita | Stern (2005) | 1850 – 2000 |
| PBI (en logaritmo) | <i>lnpib</i> | Dólares americanos del año 1990 (millones) | Maddison | 1870 – 2004 |
| PBI ² (en logaritmo) | <i>lnpib^2</i> | Dólares americanos del año 1990 (millones) | Maddison | 1870 – 2004 |
| PBI ³ (en logaritmo) | <i>lnpib^3</i> | Dólares americanos del año 1990 (millones) | Maddison | 1870 – 2004 |
| PBI per cápita (en logaritmo) | <i>lnpib_p</i> | Dólares americanos del año 1990 (millones) | Maddison | 1870 – 2004 |
| PBI per cápita ² (en logaritmo) | <i>lnpib_p^2</i> | Dólares americanos del año 1990 (millones) | Maddison | 1870 – 2004 |
| PBI per cápita ³ (en logaritmo) | <i>lnpib_p^3</i> | Dólares americanos del año 1990 (millones) | Maddison | 1870 – 2004 |
| Peso del Sector Industrial | <i>Indust</i> | % | Instituto de Economía | 1900 – 1955 |
| | | | BCU | 1955 - 2000 |
| Grado de Apertura | <i>open</i> | % | Penn World Table | 1950 - 2000 |
| Variaciones Meteorológicas | <i>T</i> | °C | Dirección Nacional de Meteorología | 1951 - 2000 |

Claramente se ve a partir del análisis gráfico como el nivel de emisiones de dióxido de carbono evoluciona de manera conjunta al crecimiento económico del país.

Por otro lado, las emisiones de SO₂ a lo largo del siglo pasado presentan un comportamiento creciente entre los años 1930 y 1950, año en el cual alcanza el máximo de emisiones (71.111 toneladas métricas). A partir de 1955 hasta 1990 las emisiones de SO₂ caen de manera sostenida, profundizándose esta caída a principios de los 80's, al igual que las emisiones de CO₂, como consecuencia de la crisis. Adjudicamos el comportamiento irregular de la serie en la última década del siglo XX a las técnicas de estimación utilizadas por Stern (2005). Queda claramente plasmado a partir del análisis gráfico de la serie como a partir de 1955 está cambia la tendencia, evolucionando de manera inversa al producto del país.

En función de la especificación del modelo anteriormente plasmada y las variables adicionales a ser consideradas, se detallan en el Cuadro 1 las variables que serán consideradas en el análisis.

3.2 Estrategia de Análisis y el Modelo Empírico

El modelo a fue especificado para estudiar la existencia de una relación de largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, partiendo de la especificación ampliada de la CAK, al tiempo que se estimará el Modelo de Corrección de Errores, complementario a la relación de equilibrio de largo plazo, el cual permitirá estudiar la dinámica en el corto plazo entre la degradación ambiental y sus determinantes.

De esta manera, el modelo empírico queda determinado tal que, $\ln E_t = f(\ln \text{pib}, \ln \text{pib}^2, \ln \text{pib}^3, \text{indust}, \text{open}, T)$, donde E_t corresponde al indicador de degradación ambiental en el momento t , las variables relacionadas al producto serán tomadas en niveles o per cápita, según el contaminante que se este estudiando, y el resto de las variables se corresponden con las definidas anteriormente.

Siguiendo a Borghessi (1999), el ambiente es un factor de producción relevante en muchos países subdesarrollados cuya producción se basa fuertemente en los recursos naturales como fuente de insumos. De esta manera, la degradación ambiental reducirá la capacidad de producción, y por ende, de crecimiento. En la misma dirección Arrow et al. (1995)¹⁰ critican este tipo de modelos por tomar por considerar al ingreso como una variable exógena.

En pos de salvar este problema, se utilizarán las técnicas multivariantes de cointegración desarrolladas por Johansen. Esta técnica permite detectar empíricamente la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo (relaciones de cointegración) entre las n variables de interés. Eso permite determinar la existencia de r relaciones de cointegración, o lo que es equivalente, la existencia de $n-r$ tendencias comunes entre las n series de interés. El análisis de cointegración parte de la especificación de un modelo vectorial autorregresivo con mecanismo de corrección del error (VECM) para un vector de variables endógenas. Esta especificación resume su dinámica de corto plazo¹¹.

Se optó por llevar adelante el análisis en dos períodos en particular, en función del comportamiento de las series y de la disponibilidad de datos. El primero de ellos en todo el período de análisis: 1930 – 2000 (a partir de 1932 para el dióxido de carbono), ya que es el de mayor duración para el cual tenemos datos confiables de las series. No existe información acerca del grado de apertura de la economía ni de la temperatura media nacional para el total de este período, pero sí para el resto de las variables, es por eso que estas son omitidas en este caso. En el período 1930 – 1955 las emisiones de SO₂ presentan un comportamiento creciente, cambiando su tendencia a partir de ese año, al tiempo que el comportamiento de las emisiones de CO₂ presentan una trayectoria creciente todo a lo largo del período, pero experimentan un brusco incremento en el año 1950. El segundo análisis se efectuó para el subperíodo 1955 – 2000, debido a que para este existen registros para todas las variables de interés, al tiempo que marca un cambio en el comportamiento de la serie de emisiones de SO₂ y contempla el salto producido en el aumento de las emisiones de CO₂.

3.3 Estacionariedad de las series y Análisis de Cointegración

Se aplicó el análisis de raíces unitarias siguiendo la metodología de Dickey – Fuller Aumentado (ADF) para estudiar el grado de integración de las series. A partir de éste se determinaron las transformaciones pertinentes para llevar adelante el análisis de cointegración.

Los contrastes ADF indicaron en todos los casos la existencia de una raíz unitaria en niveles, excepto en el caso de las variaciones climatológicas, la cual (como era de esperar) no presenta raíces unitarias (Cuadro 2).

10. Arrow, K., Constanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C.S., Jansson, B.O., Levin, S., Mäler, K-G., Perrings, C., y Pimentel, D., 1995, *Economic growth, carrying capacity, and the environment*, Science, citado en Stern (2003).

¹¹ Para ver el desarrollo del modelo ver Banerjee et al. (1993)

A partir de estos resultados se llevó adelante el análisis de cointegración entre las variables en ambos períodos elegidos, incluyendo las variaciones climatológicas como variable exógena, la cual únicamente influirá en la dinámica de corto plazo.

El análisis de cointegración parte de la especificación de un VECM con las variables endógenas antes definidas. Se procedió a la estimación del VECM para cada uno de los contaminantes, para el cual se efectuó la realización de los contrastes de exclusión de las variables para determinar cuales variables integran las posibles relaciones de equilibrio, y tests de exogeneidad, los cuales determinan aquellas variables que son exógenas en estas relaciones. Para esto último se realizaron únicamente los contrastes de exogeneidad débil, con el fin de determinar cuales son aquellas variables que no reaccionan ante desviaciones de largo plazo.

Es posible que en casos en que existan múltiples relaciones de cointegración, una variable sea exógena con relación a los parámetros de una relación de cointegración, pero no respecto a lo de otras. Esto es debido al hecho de que las condiciones de

| Cuadro 2: Test de Raíces Unitarias | | | | | | | | | |
|--|----------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|
| Test ADF H ₀ : Existe R.U. | | Series en Niveles | | | | Series en Primeras Diferencias | | | |
| Variab- les | Período | Estadís- tico | Cte / Tend | Retardos ¹ | Rech H ₀ (95%) | Estadís- tico | Cte / Tend | Retardos ¹ | Rech H ₀ (95%) |
| <i>lnco₂</i> | 1955 - 2000 | 0.565448 | No/No | 0 | No | -5.977228 | No/No | 1 | Si |
| | 1932 - 2000 | 0.950682 | No/No | 0 | No | -7.754936 | No/No | 0 | Si |
| <i>lnso_{2_p}</i> | 1955 - 2000 | 1.992729 | No/No | 8 | No | -6.799789 | No/No | 1 | Si |
| | 1930 - 2000 | 0.461807 | No/No | 0 | No | -8.143065 | No/No | 1 | Si |
| <i>lnpib</i> | 1955 - 2000 | -3.04682 | Si/Si | 1 | No | -4.771365 | No/No | 0 | Si |
| | 1932 - 2000 | -2.86849 | Si/Si | 1 | No | -6.67024 | No/No | 0 | Si |
| <i>lnpib²</i> | 1955 - 2000 | -2.98254 | Si/Si | 1 | No | -4.719733 | No/No | 0 | Si |
| | 1932 - 2000 | -2.97565 | Si/Si | 1 | No | -6.51379 | No/No | 0 | Si |
| <i>lnpib³</i> | 1955 - 2000 | -2.91760 | Si/Si | 1 | No | -4.671277 | No/No | 0 | Si |
| | 1932 - 2000 | -3.06343 | Si/Si | 1 | No | -6.35983 | No/No | 0 | Si |
| <i>lnpib_p</i> | 1955 - 2000 | -1.398159 | No/No | 0 | No | -5.022254 | No/No | 0 | Si |
| | 1930 - 2000 | -1.650844 | No/No | 0 | No | -7.338158 | No/No | 0 | Si |
| <i>lnpib_p²</i> | 1955 - 2000 | -1.370121 | No/No | 0 | No | -5.062445 | No/No | 0 | Si |
| | 1930 - 2000 | -1.593363 | No/No | 0 | No | -7.456534 | No/No | 0 | Si |
| <i>lnpib_p³</i> | 1955 - 2000 | -1.342101 | No/No | 0 | No | -5.105551 | No/No | 0 | Si |
| | 1930 - 2000 | -1.540062 | No/No | 0 | No | -7.569461 | No/No | 0 | Si |
| <i>indust</i> | 1955 - 2000 | -0.795071 | No/No | 0 | No | -6.235314 | No/No | 0 | Si |
| | 1930 - 2000 | -0.361994 | No/No | 0 | No | -7.802268 | No/No | 0 | Si |
| <i>open</i> | 1955 - 2000 | -3.967201 | No/No | 0 | No | -8.803365 | No/No | 0 | Si |
| <i>T</i> | 1955 - 2000 | -6.838990 | No/No | 0 | No | -6.320015 | No/No | 3 | Si |

¹El número de retardos se determinó según el criterio SIC.

exogeneidad débil se definen con relación a un determinado vector de cointegración, y no respecto al sistema completo. En el caso que exista solamente una relación de cointegración, la validez de un modelo uniecuacional con un mecanismo de corrección del error depende de que $n-1$ variables del sistema sean débilmente exógenas respecto a la relación de cointegración considerada.

CO₂

Para este contaminante se encontró una relación de cointegración solamente en el período 1955 – 2000 entre las variables definidas por el vector de variables $y_t = [lnco_2, lnpi_b, open]$, habiendo inculcido en la especificación para realizar el Test de Johansen un término constante.

El Cuadro 3 presenta los coeficientes de cointegración “normalizados”, en las últimas cuatro columnas se presentan los estadísticos correspondientes a los tres vectores de cointegración posibles a través de los estadísticos de traza y de máximo valor propio. Se aprecia en este cuadro que no es posible rechazar la hipótesis nula de existencia de una relación de cointegración al 95% de confianza, lo que indica que las trayectorias de largo plazo de las tres series consideradas son explicadas por dos tendencias de largo plazo.

| Vectores de cointegración normalizados | Variables | | | | Test de Rango | | Test de Rango | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------|--------|---------------|----------------------|---------------|------------------------------------|
| | <i>lnco₂</i> | <i>lnpi_b</i> | <i>open</i> | cte | Auto-valor | Estadístico de Traza | Auto valor | Estadístico de Máximo Valor Propio |
| H ₀ : rango = 0 (ninguna rel. de coint.) | 1 | -1,367 | 0,0575 | 4,143 | 0.3743 | 31.4679* | 0.3743 | 21.5744* |
| H ₀ : rango = 1 (una relación de cointegración) | 1,955 | 1 | -0,026 | -3.029 | 0.191 | 9.89353 | 0.191 | 9.7549 |
| H ₀ : rango = 2 (dos relación de cointegración) | 35,12 | -98,68 | 1 | 71.94 | 0.003 | 0.13853 | 0.003 | 0.1385 |

* (**) Significativo al 5% (1%).
De acuerdo del criterio de Akaike (AIC) fueron seleccionados 3 retardos para la estimación del modelo.

Al aplicar los test de exclusión de las variables de la relación de largo plazo¹², ninguna de las variables del vector antes definido se encontró ausente de la relación de largo plazo. Por otro lado, al investigar la exogeneidad de las variables, se encontró que únicamente el grado de apertura resultó ser débilmente exógeno, al tiempo que ni las emisiones de dióxido de carbono ni el producto los son. Este resulta ser novedoso, por no ser común la aplicación de modelos multiecuacionales en este tipo de análisis, arribando un resultado opuesto al que arribaron Hung y Shaw (2004) en un estudio similar en Taiwan, quienes concluyen que la degradación atmosférica no impacta sobre el nivel de ingreso.

Una vez comprobada la existencia de una relación de cointegración, se volvió a estimar la ecuación de equilibrio de largo plazo imponiendo la restricción de exogeneidad a la variable *open*, arribándose al siguiente resultado:

$$(3) \quad \ln co_{2,t} = 1,13 \ln pi_{b,t} - 0,049 \cdot open_t - 2,14$$

¹² Todos los resultados son presentados de manera ampliada en el Anexo Econométrico.

La interpretación de esta relación indica que el nivel de emisiones de dióxido de carbono mantiene una relación estable en el largo plazo, siendo ésta una variable endógena y quedando determinada por una relación lineal del producto y del grado de apertura, a razón de 1,13 con el primero, y de -0,05 con el segundo. Es decir, el nivel de emisiones de dióxido de carbono queda determinado en el largo plazo en gran medida por el nivel de producto de manera positiva, mientras que el grado de apertura juega un rol amortiguador del nivel de emisiones del país, pero su influencia es muy pequeña. El resultado es coincidente con los alcanzados por Rodríguez y Valetta (2001) y Caiata (2003), acerca de la existencia de una relación positiva entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico para los niveles de actividad presentados por Uruguay a lo largo del período que se ha trabajado en el presente análisis.

Por otro lado, la significación y el signo de la variable que representa el comercio internacional son consistentes con los resultados alcanzados por Caiata (2003) y Friedl y Getzner (2003), a pesar de que la medida que toma este último trabajo solamente considera el peso de las importaciones respecto al nivel de actividad.

Al igual que en el período anterior, se coincide con Rodríguez y Valetta (2001) en la no significación del peso del sector industrial como determinante de las emisiones de dióxido de carbono.

El hecho de que exista una única relación de cointegración permite modelizar los efectos sobre las emisiones de dióxido de carbono a través de un modelo uniecuacional con mecanismo de corrección de errores (MCE).

$$(4) \quad d(\lnco2) = -0.17*(res3 (-1)) - 0.5585*d(\lnco2(-2)) + 1.5658*d(\lnpib(-1))$$

donde $res9$ es el residuo de las estimación de largo plazo especificada en (3), es decir, el mecanismo de corrección del error. El coeficiente correspondiente a $res3$ (-0.17) se ha de interpretar como la velocidad de ajuste del nivel de emisiones de dióxido de carbono (variable endógena) al equilibrio de largo plazo. 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 17%. En a la dinámica de corto plazo se encontró significativo el primer retardo de la primera diferencia de \lnpib y el segundo retardo de la primera diferencia de $\lnco2$. Es decir, en el corto plazo, en nivel de actividad del país afecta al nivel de emisiones de dióxido de carbono con una magnitud mayor a como lo hace en la relación de largo plazo (1,52), mientras que las emisiones del contaminante de dos períodos previos lo hacen sobre en nivel actual. No fueron incluidas las variaciones climatológicas por no ser significativas.

SO₂

Una única relación de largo plazo fue encontrada para este contaminante solamente en el período 1955 – 2000, determinada por el vector de variables $x_t = [\lnso2, \lnpib]$. La especificación utilizada para realizar el Test de Johansen incluyó término constante, y cuatro variables ficticias que representan intervenciones correspondientes a acontecimientos anómalos. Estas corresponden a un cambio transitorio en 1959, el cual viene dado por el nivel de actividad, y a dos cambios de nivel en los años 1982 y 1995, la primera debido como consecuencia de la crisis económica que sufrió el país a principios de los 80's y la segunda como consecuencia de las técnicas de estimación utilizadas para estimar los niveles de emisión del contaminante. Por último, en 1992 se

realizó otra intervención correspondiente a un cambio transitorio, también debido a las técnicas empleadas para estimar la serie del contaminante en los años noventa.

| Cuadro 4: Test de Johansen | | | | | | | |
|--|-------------------------|--------------------------|------------|---------------|----------------------|---------------|------------------------------------|
| Vectores de cointegración normalizados | Variables | | | Test de Rango | | Test de Rango | |
| | <i>lnso₂</i> | <i>lnpib_p</i> | <i>cte</i> | Autovalor | Estadístico de Traza | Autovalor | Estadístico de Máximo Valor Propio |
| H ₀ : rango = 0 (ninguna relación de cointegración) | 1 | 4,2174 | 32.8977 | 0.4056 | 25.872** | 0.4056 | 23.933** |
| H ₀ : rango = 1 (una relación de cointegración) | -2,3041 | 1 | 7.8005 | 0.0412 | 1.9395 | 0.04127 | 1.9395 |

* (**) Significativo al 5% (1%).
De acuerdo del criterio de Akaike (AIC) fue seleccionado 1 retardo para la estimación del modelo.

Se aprecia en el Cuadro 4 que no es posible rechazar la hipótesis nula de existencia de una relación de cointegración al 99% de confianza, lo que indica que las trayectorias de largo plazo de las dos series consideradas son explicadas por una tendencia de largo plazo.

Mientras que todas las variables del vector definido superaron los test de exclusión, al aplicar los test de exogeneidad débil, únicamente el nivel de actividad resultó débilmente exógeno. Este resultado es coincidente con el que arribaron Hung y Shawn (2004) en Taiwán para este mismo contaminante, indicando la no existencia de retroalimentación entre estas variables en el largo plazo.

Se volvió a estimar la ecuación de equilibrio de largo plazo tras haber comprobado la existencia de una relación de cointegración, imponiendo las restricciones de exogeneidad a la variable *lnpib*, arribándose al siguiente resultado:

$$(5) \quad \ln so2_p_t = 33,78 - 4,38 \ln pib_p$$

Esta relación indica que el nivel de emisiones de dióxido de azufre mantiene una relación estable en el largo plazo, siendo esta la variable endógena y quedando determinada por una relación lineal del producto, a razón de -4,38. Por ende, el nivel de emisiones de dióxido de azufre queda determinado en el largo plazo en por el nivel de producto, impactando este casi cuatro veces su magnitud, a través de una relación inversa. Estos resultados son consistentes con los resultados alcanzados por Shafik y Bandyopadhyay (1992) y Torras y Boyce (1998), dado que los niveles de actividad que presenta Uruguay en la serie trabajada siempre nos ubica en los tramos decrecientes de las curvas que estos estiman utilizando análisis cross - country. No sucede lo mismo con los resultados alcanzados por Grossman y Krueger (1991) ni Badano y Gersberg (2003), donde la coincidencia es parcial, ya que si bien para gran parte de los niveles de actividad de la serie trabajada se encuentra en los tramos decrecientes de las curvas por estos estimadas, para ciertos niveles de actividad Uruguay se encontraría en los tramos crecientes de estas.

Los efectos sobre las emisiones de dióxido de azufre pueden ser modelizadas a través de un modelo uniecuacional con MCE, debido a que existe una única relación de cointegración y solamente una de las variables resultó ser débilmente exógena:

$$(6) (\ln so2_p) = -0.2356 * (res(5)) - 0.09297 + 0.372829 * d(fe=1992) + 1.76675 * d(fe \geq 1995)$$

donde $res8$ es el residuo de las estimación de largo plazo especificada en (5), es decir, el mecanismo de corrección del error, mientras $d(fe=1992)$ corresponde a una intervención debido a un cambio transitorio en ese año, al tiempo que $d(fe \geq 1995)$ es una variable ficticia correspondiente a una intervención debido a un cambio de nivel en dicho año. Estas intervenciones son realizadas debido a anomalías presentes en la serie como consecuencia de las técnicas de estimación empleadas por Stern (2005).

La velocidad de ajuste (el coeficiente correspondiente a $res5$) del nivel de emisiones de dióxido de azufre (variable endógena) al equilibrio de largo plazo es de -0,24. Por ende, 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 24% por período.

Respecto a la dinámica de corto plazo, no se encontró significativo ningún retardo correspondiente a ninguna de las variables. Es decir, las variaciones de las variables no tienen un efecto inmediato sobre el nivel de emisiones de dióxido de azufre en el siguiente período. No fueron incluidas las variaciones climatológicas, que no resultaron significativas.

4. Conclusiones

En primer lugar, a partir del análisis de las series de emisiones de dióxido de carbono y de azufre, se dividió el estudio en dos períodos: 1930 a 2000, y el subperíodo 1955 a 2000. Esta periodización fue efectuada debido al cambio en la tendencia observada en la evolución de las emisiones de dióxido de azufre en el año 1955, al tiempo que las emisiones de dióxido de carbono pegan un salto sustancial cinco años antes. También se tuvo en cuenta a la hora de realizar esta división el hecho de que para el subperíodo elegido se contaba con información para todas las variables de interés.

A partir de este resultado, se procedió al estudio de la relación entre el nivel de actividad, el nivel de emisiones de estos contaminantes y otros posibles determinantes. Se ha comprobado empíricamente la existencia de una relación lineal de largo plazo para ambos contaminantes en el subperíodo 1955 – 2000, mientras que en el período 1932 – 2000 no se halló ninguna relación de cointegración. Las relaciones de largo plazo halladas para el período reducido son de distinto signo. Mientras que las emisiones de dióxido de carbono crecen conjuntamente con el crecimiento económico, la relación de este último respecto a las emisiones de dióxido de azufre es inversa. El comportamiento dispar de las emisiones de estos contaminantes respecto al crecimiento económico no es algo novedoso respecto a los resultados encontrados en la literatura. Este puede ser explicado por diversos factores. El hecho de que las emisiones de dióxido de carbono sean un contaminador a nivel global, mientras que las emisiones contaminantes de dióxido de azufre se perciben a nivel local a través de la calidad del aire parece ser parte de esta diferencia en los comportamientos. Las acciones que buscan una mejora ambiental tienden a darse cuando existen costos locales generalizados y beneficios privados y sociales sustanciales. De manera que existen pocos incentivos para actuar sobre la contaminación cuando su costo es asumido por terceros. Es así que cuando los costos pueden ser externalizados, el crecimiento económico no tendrá en consideración esta dimensión (Shafik y Bandyopadhyay, 1992).

La caída en el nivel de emisiones de dióxido de azufre parece no corresponderse con un crecimiento de los indicadores de desarrollo, sino que más bien parecería ser fruto del fuerte proceso de desindustrialización que ha sufrido la economía uruguaya en la segunda mitad del siglo XX, como concluyen Bertoni y Román (2006) respecto al otro contaminante. Este se dio como consecuencia del agotamiento del modelo de sustitución de importaciones implantado en el país a partir de la década del 30 (Astori, 1986), y el fracaso de los modelos que se implantaron posteriormente, como el de exportaciones de bienes no tradicionales, en la década de los 70.

Varios trabajos han presentado una relación creciente entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico para los niveles de actividad que presenta la serie trabajada, como Rodríguez y Valetta (2001), Badano y Gersberg (2003), Caiata (2003). Por otro lado, también se han encontrado resultados que presentan una relación inversa entre el crecimiento y las emisiones de dióxido de azufre para los niveles de actividad con que se trabajó, como Shafik y Bandyopadhyay (1992), Torras y Boyce (1997) y parcialmente Grossman y Krueger (1991) y Badano y Gersberg (2003).

Es así que la hipótesis acerca de la existencia de una relación de U – invertida, como lo plantea la teoría, es rechazada, ya que la evidencia empírica muestra que esta relación es lineal (creciente o decreciente en función del contaminante).

En segundo lugar se procedió a estudiar otros determinantes a través de la inclusión de variables adicionales (peso de la industria en el producto, grado de apertura y variaciones climatológicas) como determinantes de las emisiones de dióxido de carbono y de azufre.

El peso de la industria en el PIB resultó ser no significativa como determinante de ninguno de los dos contaminantes. Este resultado es consistente con los arribados por Rodríguez y Valetta (2001) y Caiata (2003), en los modelos que estos estiman para países en desarrollo. El resto de los estudios que han sido revisados, o bien no presentan esta variable como determinante de los contaminantes, o trabajan con ella, pero no presentan resultados respecto a los contaminantes trabajados en esta investigación. Esto parece estar mostrando que el sector industrial uruguayo tiene poca incidencia como sector productivo emisor de contaminantes atmosféricos y de calidad del aire. Esto podría darse por los procesos tecnológicos de la industria uruguaya en general, o por su progresiva disminución en la actividad del país.

Respecto al grado de apertura, solamente resultó ser significativa con relación a las emisiones de dióxido de carbono, y con una relación inversa. Parece ser razonable este resultado respecto a la naturaleza de ambos contaminantes y los resultados arribados en trabajos anteriores, ya que no se han encontrado trabajos que encuentren al comercio internacional como determinantes de las emisiones de dióxido de azufre. Esto ha de darse por su carácter de indicador de contaminación de la calidad de aire, lo cual lo convierte en un problema local, y no global, a diferencia de lo que sucede con el otro contaminante.

Esta relación inversa podría estar reflejando dos características particulares del crecimiento uruguayo a lo largo del último siglo. Por un lado, podría interpretarse como la mejora en los procesos tecnológicos (tecnologías más limpias) como consecuencia de que la atracción de inversión extranjera, y el fortalecimiento de las normas ambientales

nacionales, y su impacto sobre los controles ambientales a los procesos productivos aún vigentes en el país. Pero por otro lado, la misma composición de las exportaciones del país, concentrada principalmente en productos con procesos productivos no contaminantes (no emisores de contaminantes atmosféricos y de la calidad del aire), como ser productos básicos y agroindustriales, y de importaciones (importándose aquellos bienes provenientes de procesos productivos contaminantes), es lo que esté por detrás del comportamiento de esta variable. Ambos factores han de ser tenidos en cuenta a la hora de interpretar como actúa este determinante. Nuevamente, este resultado es consistente con los ya arribados en la literatura examinada, como Caiata (2003) y Friedl y Getzner (2004).

Las variaciones climatológicas, representadas por la desviación de la temperatura media anual respecto a la media, no resultó ser significativa como determinante de las emisiones de ninguno de los contaminantes. Esto es opuesto al resultado arribado por Friedl y Getzner (2005) para Austria, que encuentran que las variaciones en la temperatura inciden sobre el consumo de energía de la población, y por ende, en el nivel de emisiones contaminantes. Es de suponer que en el caso de Uruguay, el clima “templado” que lo caracteriza, supone que las leves variaciones que se han registrado en el nivel medio de temperatura global (de 0,6°C a lo largo del último siglo) hacen que ésta variable no afecte al consumo de energía..

En tercer lugar, se encontró que en la dinámica de corto plazo, no todas, solo incide el propio nivel del producto sobre el nivel de emisiones de dióxido de carbono.

El resultado parece ser razonable, si consideramos que la relación de largo plazo para este contaminante está determinada por el producto y el grado de apertura. De esta manera, podría esperarse que esta última variable no tenga impactos inmediatos sobre el nivel de emisiones de dióxido de carbono. Respecto a la dinámica de corto plazo entre las emisiones de dióxido de azufre y el nivel de producto, el nivel de actividad no tendría un impacto inmediato.

En suma, los resultados arribados son coincidentes con lo que marca la literatura del tema. De todas formas, se identifican debilidades en el análisis, como ser el origen de las estimaciones de los contaminantes y la no inclusión de otras variables adicionales de interés, por falta de información, como podrían ser variables referidas a la educación e institucionales, como si lo han hecho trabajos previos que se han desarrollado en el país en períodos más cortos y a través de datos de panel. La interpretación de los resultados arribados en referencia a la dinámica de corto plazo es plenamente intuitiva, ya que no se cuenta con estudios similares en la literatura para poder contrastarlos.

5. Bibliografía

- Andreoni, J. y Levinson, A., 1998, “*The simple analytics of the Enviromental Kuznets Curve*”, *National Bureau of Economic Research*, Working Paper N° 6739, <http://papers.nber.org/papers/w6739>.
- Astori, D., 1986, “*Tendencias recientes de la economía uruguaya*”, Fondo de Cultura Universitaria – Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo Uruguay.
- Aten, B., Heston, A. y Summers, R., 2002, “*Penn World Table Version 6.1*”, Center for International Comparisons at the University of Pennsylvania (CICUP), http://pwt.econ.upenn.edu/php_site/pwt_index.php.
- Badagian, A. L., 2004, “*Solución planteado para el taller 3 del curso de Econometría II*”, *Curso de Econometría II de la Facultad de CCEEA*, <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catectr/material/taller3.pdf>.
- Badano, F. y Gersberg, S., 2003, “*La Curva de Kuznets Medioambiental desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible*”, Trabajo Monográfico correspondiente a la Licenciatura de Economía Plan 1990 de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República.
- Bandyopadhyay, S. y Shafik, N., 1992, “*Economic growth and environmental quality: time series and cross – country evidence*”, documento de respaldo para el “*World Development Report 1992*”, Banco Mundial.
- Banerjee, A., Dolado, J., Galbraith, J. y Hendry, D., 1993, “*Cointegration, Error Correction, and the econometric análisis of Non – Stationary Data*”, Oxford University Press.
- Bardesio, M., 2006, “*Mundo Caliente: buenas y malas para Uruguay*”, artículo publicado en el diario El País de Montevideo, el 24/9/2006.
- Berrens, R., Bohara, A. y Gawande, K., 2001, “*A consumption – based theory of the environmental Kuznets curve*”, *Ecological Economics* Vol. 37, pags. 101 – 112.
- Bertino, M. y Tajam, H., 1999, “*El PBI de Uruguay: 1900 – 1955*”, Instituto de Economía, Facultad de CC.EE.A., Universidad de la República.
- Bertoni, R y Román, C., 2006, “*Estimaciòn y Análisis de la EKC para Uruguay en el siglo XX*”, XXI Jornadas Anuales de Economía, Banco Central del Uruguay, www.bcu.gub.uy/autoriza/peiees/jor/2006/iees03j3390806.pdf.
- Borghesi, S., 1999, “*The Environmental Kuznets Curve: a Survey of the Literature*”, European University Institute.

Bibliografía

- Borrayo López, R., 2002, “*Sustentabilidad y Desarrollo Económico*”, Instituto de Investigaciones Económicas – Universidad Nacional Autónoma de México, McGraw – Hill.
- Boyce, J.K., y Torras, M., 1998, “*Income, Inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve*”, ”, *Ecological Economics*, Vol 25, N° 2, pags 147 – 160.
- Bradford, D., Schlieckert, R. y Shore, S., 2000, “*The Environmental Kuznets Curve: exploring a fresh specification*”, National Bureau of Economic Research, working paper 8001, <http://www.nber.org/papers/w8001>
- Caiata, G., 2003, “*La relación entre el crecimiento económico y la dimensión ambiental*”, Trabajo Monográfico correspondiente a la Licenciatura de Economía Plan 1990 de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República.
- Carwardine, M., 1992, “*Manual de conservación del medio ambiente*”, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).
- Chapman, D. y Suri, V., 1998, “*Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets Curve*”, ”, *Ecological Economics*, Vol 25, N° 2, pags 195- 208.
- Common, M. y Stern, D., 2000, “*Is there an environmental Kuznets Curve for Sulfur?*”, *Journal of Environmental Economics and Management*, N° 41, pags. 162 – 178.
- Davidsdottir, B., Garnham, S., Kauffman, R.K. y Pauly, P., 1998, “*The determinants of atmospheric SO₂ concentrations, reconsidering the environmental Kuznets Curve*”, *Ecological Economics*, Vol 25, N° 2, pags 209 - 220.
- de Bruyn, S.M. y Rothman, D.S., 1998, “*Probing into the enviromental Kuznets curve hipótesis*”, *Ecological Economics*, Vol 25, N° 2, pags 143-45.
- de Bruyn, S.M., van den Bergh, J.C. y Opschoor, J.B., 1998, “*Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves*”, *Ecological Economics*, Vol. 25, N° 2, pags 161-75,
- Deacon, R. y Norman, C., 2004, “*Does the Environmental Kuznets Curve describe how individual countries behave?*”, Department of Economics, University of California.
- DINAMA, 2003, “*Auto Evaluación de la Capacidad Nacional para atender los compromisos emergentes de las Convenciones de Cambio Climático, Biodiversidad y Desertificación en Uruguay*”, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, proyecto URU/03/G31 del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Bibliografía

- Egli, H., 2004, “*The Environmental Kuznets Curve – Evidence from Time Series Data for Germany*”, ETH Zurich, <http://ideas.repec.org/p/eth/wpswif/03-28.html>.
- Enders, W., 1995, “*Applied Econometric Time Series*”, John Wiley & Sons Inc.
- Ferrer-i-Carbonell, A. y van den Bergh J., 1999, “*Economic Theories of Sustainable Consumption*”, *Faculteit der Economische Wetenschappen en Econometric*, Serie Research Memoranda.
- Florig, H.K. y Sun, G., 2002, “*Determinants of air pollution management in urban China*”, *Smoke and Mirrors: Air Pollution as a Social and Political Artifact Workshop*, Center for Global, International, and Regional Studies.
- Friedl, B. y Getzner, 2004, “*Determinants of CO₂ emissions in a small open economy*”, *Ecological Economics* Vol. 45, pags. 133 – 148.
- Gitli, E. y Hernández, G., 2002, “*La existencia de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) y su impacto sobre las negociaciones internacionales*”, Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sustentable, Serie Documentos de Trabajo 009 – 2002.
- González Guyer, F., 1992, “*Medio Ambiente y Relaciones Internacionales: de Estocolmo a Río de Janeiro, 1972 – 1992*”, en Magariños, M. (coord), “*Política sobre Medio Ambiente y desarrollo: Uruguay y la conferencia mundial de Río de Janeiro*”, Ministerio de Relaciones Exteriores y Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
- Grossman, G. y Krueger, A., 1991, “*Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*”, National Bureau of Economic Research, working paper N° 3914.
- Grossman, G. y Krueger, A., 1994, “*Economic growth and the environment*”, National Bureau of Economic Research, working paper N°4634.
- Gudynas, E., 2001, “*Tensiones y posibilidades de la ecología política en Uruguay*”, en Gudynas, E. (compilador), “*Políticas ambientales en Uruguay*”, Coscoroba, pags. 187 – 208.
- Gudynas, E., 2004, “*Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*”, Coscoroba.
- Hettige, H., Mani, M. y Wheeler D., 1998, “*Industrial Pollution in Economic Development (Kuznets revisited)*”, Banco Mundial, working paper N° 1876.
- Hung, M.F. y Shaw, D., 2004, “*Economic Growth and the Environmental Kuznets Curve in Taiwan: a simultaneity model analysis*”, en in Boldrin, M., Chen, B.L. y Wang, P. (eds.), “*Human Capital, Trade and Public Policy in Rapidly Growing Economies: From Theory to Empirics*”, pags. 269-290.

Bibliografía

- Husar J.D., Husar, R.B. y Lefohn A.S., 1999, “*Estimating Historical Anthropogenic Global Sulfur Emission Patterns for the Period 1850-1990*”, Atmospheric Environment, 33(21):3435-3444, <http://www.asl-associates.com/sulfur1.htm>
- IEA, 2006, “*World Energy Outlook: summary and conclusions*”, International Energy Agency.
- IPCC, 2004, “*16 years of Scientific Assessment in Support of the Climate Convention*”, Organización Mundial de Meteorología – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- IPCC, 2005, “*Carbon Dioxide Capture and Storage*”, Organización Mundial de Meteorología – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Cambridge University Press.
- Jackson, T. y Marks, N., 1999, “*Consumption, sustainable welfare and human needs – with references to UK patterns between 1954 and 1994*”, Ecological Economics, Vol 28, N° 3, pags 421-41.
- Jacob, R., 1989, *Breve historia de la industria uruguaya*, Fundación de Cultura Universitaria – Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo.
- Johansen, S., 1992, “*Cointegration in Partial Systems and the Efficiency of Single-equation Analysis*”, Journal of Econometrics, 52, 3, 389-402
- Kuznets, S., 1955, “*Economic Growth and Income Inequality*”, AER.
- Lanziolotta, B., Llambi, C. y Mordecki, G., 2003, “*La influencia regional sobre la economía uruguaya – Un análisis de los últimos veinte años*”, Área de Coyuntura Económica, Instituto de Economía, Facultad de CC.EE.A de la Universidad de la República.
- Leis, H., 2001, “*La modernidad insustentable: las críticas del ambientalismo a la sociedad contemporánea*”, Colección Ecoteca N° 24, Nordan.
- Levinson, A., 2000, “*The Ups and Downs of the Environmental Kuznets Curve*”, UCF/CentER conference on Environment.
- Lorenzo, F., 2006, “*Notas Docentes del curso Series Temporales*”, Maestría en Economía de la Facultad de Ciencias Económicas y Administración de la Universidad de la República.
- Martínez Alier, J., 1999, “*Introducción a la Economía Ecológica*”, Editorial Rubes.
- Martínez Alier, J. y Muradian, R., 2001, “*Trade and Environment: from a ‘Southern’ perspective*”, Ecological Economics, Vol. 36, pags. 281 – 297.
- Martínez Alier, J., y Roca Jusmet, J., 2001, “*Economía Ecológica y Política Ambiental*”, Fondo de Cultura Económica, México.

Bibliografía

- Moomaw, W.R. y Unruh, G.C., 1998, “*An alternative analysis of apparent EKC type transitions*”, *Ecological Economics*, Vol 25, Nº 2, pags 221-29.
- Müller, B., Müller-Fürstenberger, G. y Wagner, M., 2004, “*Exploring de Carbon Kuznets Hypothesis*”, Oxford Institute of Energy Studies.
- Naciones Unidas, 1992, “*Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*”, Organización de las Naciones Unidas.
- Naciones Unidas, 1998, “*Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*”, Organización de las Naciones Unidas.
- OMC, 2005, “*Estadísticas del comercio internacional 2005*”, Organización Mundial del Comercio.
- Oyhantabal, W., 2005, “*Créditos de carbono y crisis del petróleo: ¿la hora de la agroenergía?*”, Anuario de OPYPA 2005. www.mgap.gub.uy
- Padilla, E. y Roca Jusmet, J., 2003, “*Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España: la curva de Kuznets ambiental y el Protocolo de Kyoto*”, *Revista Economía Industrial*, Nº351.
- PNUMA, 2002, “*GEO 3: Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, <http://www.grida.no/geo/geo3/>.
- PNUMA, 2003, “*Cambio Climático: compendio informativo*”, Unidad de Cambio Climático, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
- PNUMA, 2003, “*GEO América Latina y el Caribe: Perspectivas del Medio Ambiente 2003*”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- PNUMA, 2003, “*GEO Year Book 2003*”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, www.pnuma.org
- PNUMA, 2004, “*GEO Montevideo: Informe Ambiental*”, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Intendencia Municipal de Montevideo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Grupo Ambiental Montevideo.
- PNUMA, 2005, “*GEO Year Book 2004/5*”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, www.pnuma.org
- PNUMA, 2006, “*GEO Year Book 2006*”, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, www.pnuma.org
- Rodríguez, A. y Valetta, R., 2001, “*La relación entre Crecimiento Económico y Contaminación Ambiental*”, Trabajo Monográfico correspondiente a la Licenciatura de Economía Plan 1990 de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República.

Bibliografía

- Rothman, D., 1998, “*Environmental Kuznets Curves – real progress or passing the buck?*”, *Ecological Economics*, Vol 25, Nº 2, pages 177-94.
- Stagl, S., 1999, “*Delinking economic growth from environmental degradation? A literature survey on the Environmental Kuznets Curve Hypothesis*”, Department of Economics, Viena University of Economics and Business Administration.
- Stern, D. y Perman, R., 1999, “*The environmental Kuznets curve: Implications of non-stationarity*”, Centre for Resource and Environmental Studies Ecological Economics Program, The Australian National University.
- Stern, D., 2002, “*Explaining changes in global sulfur emissions: an econometric decomposition approach*”, *Ecological Economics* Nº 42, pages. 201 – 220.
- Stern, D., 2003, “*The Environmental Kuznets Curve*”, International Society for Ecological Economics - Internet Encyclopedia of Ecological Economics, <http://www.ecoeco.org/publica/encyc.htm>
- Stern, D., 2004, “*The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve*”, *World Development* Vol. 32, No. 8, pp. 1419–1439.
- Stern, D., 2005, “*Global sulfur emissions from 1850 to 2000*”, *Chemosphere* vol 58, pages. 193 – 175.
- Tuan, N.A., 1999, “*Evidence of the Environmental Kuznets Curve for CO₂: emissions in six-country analysis*”, Institut d’Economie et de Politique de l’Energie,
- UCC, 2004, “*Segunda Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*”, Unidad de Cambio Climático, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
- UCC, 2005, “*Análisis de la estadística climática y desarrollo y evaluación de escenarios climáticos e hidrológicos de las principales cuencas hidrográficas del Uruguay y de su Zona Costera (Río Uruguay, Río Negro, Laguna Merín, Río de la Plata y Océano Atlántico)*”, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
- UNFCCC, 2005, “*Sexta recopilación y síntesis de las comunicaciones nacionales iniciales de las partes no incluidas en el anexo I de la Convención*”, Convención Marco sobre el Cambio Climático, Naciones Unidas.
- Wagner, M., 2006, “*The Carbon Kuznets Curve: a cloudy picture emitted by bad econometrics?*”, Economics Series, Institute for Advance Studies, Viena.

Anexo Econométrico

| | CO ₂ 1955 - 2000 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|----------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| <i>lnCO₂</i> | 1 | 1 | 1* | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1* | 1* | 1 | 1 |
| | 0.1523 | 0.9337 | 6.020623 | 1.5604 | 1.9775 | 1.6329 | 2.0261 | 1.7381 | 9.1198 | 3.451884 | 8.3427 | |
| | 0.6963 | 0.3339 | 0.014140 | 0.2115 | 0.1596 | 0.2012 | 0.1546 | 0.1873 | 0.0025 | 0.063180 | 0.0038 | |
| <i>lnPIB</i> | -0.8139 | -0.5111 | -1.3676 | -4.5949* | -1.3620 | -1.7081 | -192.4568* | -51.7509 | -6141.618* | -6419.95 | -465.2853 | |
| | 0.1848 | 0.4419 | 9.3681 | 10.065 | 1.4769 | 2.5592 | 3.9740 | 0.1626 | 11.1719 | 2.284356 | 0.0752 | |
| | 0.6672 | 0.5061 | 0.0022 | 0.0015 | 0.2242 | 0.1096 | 0.0462 | 0.6867 | 0.0008 | 0.130684 | 0.7838 | |
| <i>lnPIB²</i> | | | | | 0.0640 | 0.0841 | 9.6087* | 2.4258 | 627.35* | 652.5554 | 45.255 | |
| | | | | | 0.7454 | 1.5172 | 3.7674 | 0.1372 | 11.2073 | 2.256062 | 0.0681 | |
| | | | | | 0.3879 | 0.2180 | 0.0522 | 0.7110 | 0.0008 | 0.133092 | 0.7940 | |
| <i>lnPIB³</i> | | | | | | | | | -21.3520* | -22.0992 | -1.4729 | |
| | | | | | | | | | 11.2424 | 2.227601 | 0.0622 | |
| | | | | | | | | | 0.0007 | 0.135564 | 0.8029 | |
| <i>Indust</i> | | -11.0531 | | -17.3128* | | 6.6777 | | -11.1851 | | 6.5261 | | |
| | | 1.9785 | | 7.7121 | | 2.0307 | | 0.8435 | | 0.885511 | | |
| | | 0.1595 | | 0.0054 | | 0.1541 | | 0.3583 | | 0.346697 | | |
| <i>Open</i> | | | 0.0575* | 0.1404* | | | 0.144238* | 0.1297* | | | 0.0750* | |
| | | | 11.2198 | 9.7723 | | | 9.2611 | 4.3342 | | | 23.936 | |
| | | | 0.0008 | 0.0017 | | | 0.0023 | 0.0373 | | | 0.0000 | |
| <i>cte</i> | | | 4.1437 | 36.6870 | | | 950.1397 | 264.6513 | 20026.44 | 21034.95 | 1589.689 | |
| <i>a(1,1)</i> | -0.0038 | 0.0011 | -0.1403* | -0.0275 | -0.1905 | -0.1389 | 0.008660 | -0.0255 | -0.2058 | -0.0894 | -0.0071 | |
| | 0.01323 | 0.0009 | 4.4841 | 0.6228 | 1.7171 | 2.5724 | 0.0712 | 0.4095 | | 1.137612 | 0.0145 | |
| | 0.9084 | 0.9749 | 0.0342 | 0.4299 | 0.1900 | 0.1087 | 0.7894 | 0.5221 | | 0.286158 | 0.9039 | |

Los valores en cursivas corresponden al estadístico χ^2 del test de razón verosimilitud, y su valor-p, respectivamente, del contraste de exclusión para los β , y el contraste de exogeneidad débil para a .
* representa que la variable es significativa al 10%, 5% o 1%.

Modelo (3) representa la existencia de una relación de largo plazo lineal entre las emisiones de CO₂, el PIB y el grado de apertura.

Modelo (9), representa una relación entre las emisiones de CO₂ y el PIB con forma de N, pero no se puede comprobar la significación de la velocidad de ajuste a la relación de largo plazo por que la inclusión del la variable *lnpib₃* presenta problemas de multicolinealidad.

Anexo Econométrico

Modelo (3):

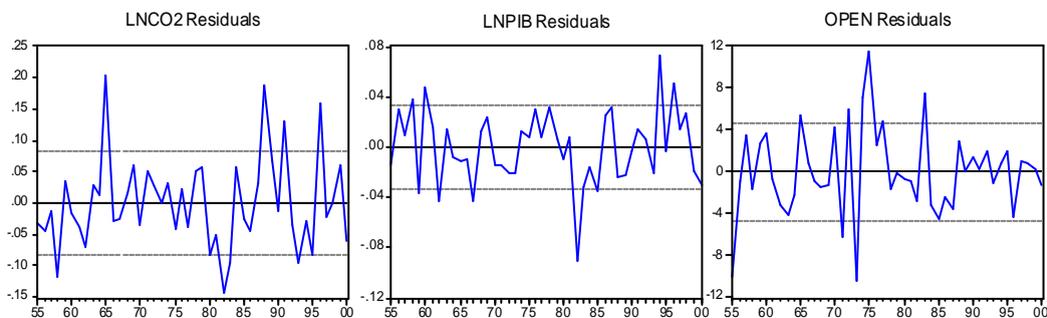
Modelo Irrestricto

Sample: 1955 2000
 Included observations: 46
 Standard errors in () & t-statistics in []

| Cointegrating Eq: | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| LNCO2(-1) | 1.000000 | | | |
| LNPIB(-1) | -1.367626 (0.36756) [-3.72084] | | | |
| OPEN(-1) | 0.057595 (0.01111) [5.18475] | | | |
| C | | 4.143700 | | |
| Error Correction: | | D(LNCO2) | D(LNPIB) | D(OPEN) |
| CointEq1 | | -0.140386 (0.06273) [-2.23808] | 0.082732 (0.02474) [3.34442] | -3.278851 (3.43565) [-0.95436] |
| D(LNCO2(-1)) | | 0.240288 (0.14617) [1.64389] | 0.128407 (0.05765) [2.22754] | -4.353601 (8.00611) [-0.54379] |
| D(LNCO2(-2)) | | -0.564266 (0.14250) [-3.95985] | -0.035429 (0.05620) [-0.63046] | 2.852772 (7.80490) [0.36551] |
| D(LNCO2(-3)) | | 0.295965 (0.15039) [1.96793] | 0.049108 (0.05931) [0.82797] | -16.25869 (8.23745) [-1.97375] |
| D(LNPIB(-1)) | | 1.556416 (0.37242) [4.17922] | 0.135518 (0.14687) [0.92270] | -65.66149 (20.3983) [-3.21898] |

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| D(LNPIB(-2)) | -0.330579 (0.43974) [-0.75176] | -0.338704 (0.17342) [-1.95307] | 21.35366 (24.0857) [0.88657] |
| D(LNPIB(-3)) | 0.306987 (0.41131) [0.74636] | -0.366170 (0.16221) [-2.25738] | -3.018609 (22.5287) [-0.13399] |
| D(OPEN(-1)) | 0.002714 (0.00416) [0.65252] | -0.003905 (0.00164) [-2.38077] | -0.149566 (0.22781) [-0.65655] |
| D(OPEN(-2)) | 0.001024 (0.00404) [0.25322] | -0.003881 (0.00159) [-2.43464] | 0.113342 (0.22139) [0.51194] |
| D(OPEN(-3)) | 0.005780 (0.00320) [1.80425] | -0.000911 (0.00126) [-0.72107] | -0.141231 (0.17547) [-0.80487] |
| C | | -0.020369 (0.01784) [-1.14203] | 0.026544 (0.00703) [3.77378] |
| R-squared | 0.507162 | 0.462677 | 0.394650 |
| Adj. R-squared | 0.366351 | 0.309156 | 0.221693 |
| Sum sq. resids | 0.248464 | 0.038643 | 745.3964 |
| S.E. equation | 0.084255 | 0.033228 | 4.614872 |
| F-statistic | 3.601724 | 3.013770 | 2.281778 |
| Log likelihood | 54.81412 | 97.61546 | -129.3325 |
| Akaike AIC | -1.904962 | -3.765890 | 6.101413 |
| Schwarz SC | -1.467678 | -3.328606 | 6.538696 |
| Mean dependent | 0.009623 | 0.016111 | 0.170412 |
| S.D. dependent | 0.105846 | 0.039977 | 5.230992 |
| Determinant Residual Covariance | 0.000161 | | |
| Log Likelihood (d.f. adjusted) | 23.98057 | | |
| Akaike Information Criteria | 5.123326 | | |
| Schwarz Criteria | 1.342464 | | |
| | 2.773575 | | |

Residuos



Anexo Econométrico

Test de Normalidad de los Residuos

Test de Johansen

| Component | Jarque-Bera | df | Prob. |
|-----------|-------------|----|--------|
| 1 | 3.225839 | 2 | 0.1993 |
| 2 | 2.335868 | 2 | 0.3110 |
| 3 | 1.057618 | 2 | 0.5893 |
| Joint | 6.619325 | 6 | 0.3575 |

Unrestricted Cointegration Rank Test

| Hypothesized No. of CE(s) | Eigenvalue | Trace Statistic | 5 Percent Critical Value | 1 Percent Critical Value |
|------------------------------|------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| None * | 0.374378 | 31.46793 | 29.68 | 35.65 |
| At most 1 | 0.191088 | 9.893531 | 15.41 | 20.04 |
| At most 2 | 0.003007 | 0.138538 | 3.76 | 6.65 |

(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level
Trace test indicates 1 cointegrating equation(s) at the 5% level
Trace test indicates no cointegration at the 1% level

| Hypothesized No. of CE(s) | Eigenvalue | Max-Eigen Statistic | 5 Percent Critical Value | 1 Percent Critical Value |
|------------------------------|------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| None * | 0.374378 | 21.57440 | 20.97 | 25.52 |
| At most 1 | 0.191088 | 9.754993 | 14.07 | 18.63 |
| At most 2 | 0.003007 | 0.138538 | 3.76 | 6.65 |

(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level
Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating equation(s) at the 5% level
Max-eigenvalue test indicates no cointegration at the 1% level

Contrastes de Exclusión

Cointegration Restrictions:

B(1,1)=0
Convergence achieved after 5 iterations.
Not all cointegrating vectors are identified
LR test for binding restrictions (rank = 1):
Chi-square(1) 6.020623
Probability 0.014140

Cointegration Restrictions:

B(1,2)=0
Convergence achieved after 16 iterations.
Not all cointegrating vectors are identified
LR test for binding restrictions (rank = 1):
Chi-square(1) 9.368130
Probability 0.002208

Cointegration Restrictions:

B(1,3)=0
Convergence achieved after 5 iterations.
Not all cointegrating vectors are identified
LR test for binding restrictions (rank = 1):
Chi-square(1) 11.21985
Probability 0.000809

Anexo Económico

Contrastes de Exogeneidad (débil)

Cointegration Restrictions:

$$A(1,1)=0$$

Convergence achieved after 12 iterations.

Not all cointegrating vectors are identified

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 4.484195

Probability 0.034210

Cointegration Restrictions:

$$A(2,1)=0$$

Convergence achieved after 37 iterations.

Not all cointegrating vectors are identified

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 10.67739

Probability 0.001085

Cointegration Restrictions:

$$A(3,1)=0$$

Convergence achieved after 7 iterations.

Not all cointegrating vectors are identified

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 0.827815

Probability 0.362905

Relación de Equilibrio

Sample: 1955 2000

Included observations: 46

Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegration Restrictions:

$$A(3,1)=0, B(1,1)=1$$

Convergence achieved after 14 iterations.

Restrictions identify all cointegrating vectors

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 0.827815

Probability 0.362905

| Cointegrating Eq: | CoIntEq1 |
|-------------------|-----------|
| LNCO2(-1) | 1.000000 |
| LNPIB(-1) | -1.130398 |

OPEN(-1)

(0.33190)

[-3.40587]

0.048804

(0.01003)

[4.86545]

C

2.141305

| | |
|--------------------------------|----------|
| Determinant Residual | 0.000162 |
| Covariance | |
| Log Likelihood | 23.56666 |
| Log Likelihood (d.f. adjusted) | 4.994249 |
| Akaike Information Criteria | 1.348076 |
| Schwarz Criteria | 2.779187 |

Dinámica de Corto Plazo

| Error Correction: | D(LNCO2) | D(LNPIB) | D(OPEN) |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| CoIntEq1 | -0.170690 (0.06981) [-2.44492] | 0.092140 (0.02806) [3.28370] | 0.000000 (0.00000) [NA] |
| D(LNCO2(-1)) | 0.251744 (0.14458) [1.74122] | 0.123482 (0.05825) [2.11974] | -4.335730 (8.07528) [-0.53691] |
| D(LNCO2(-2)) | -0.558525 (0.14043) [-3.97729] | -0.040129 (0.05658) [-0.70923] | 3.166873 (7.84347) [0.40376] |
| D(LNCO2(-3)) | 0.292580 (0.14817) [1.97461] | 0.046159 (0.05970) [0.77317] | -15.66174 (8.27592) [-1.89245] |
| D(LNPIB(-1)) | 1.565883 (0.36657) [4.27174] | 0.144414 (0.14770) [0.97777] | -67.41971 (20.4742) [-3.29291] |
| D(LNPIB(-2)) | -0.294451 (0.43567) [-0.67586] | -0.348306 (0.17554) [-1.98420] | 20.59916 (24.3338) [0.84653] |
| D(LNPIB(-3)) | 0.358165 (0.40954) [0.87455] | -0.376674 (0.16501) [-2.28269] | -4.510839 (22.8746) [-0.19720] |

| | | | |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| D(OPEN(-1)) | 0.003206 (0.00408) [0.78545] | -0.003754 (0.00164) [-2.28239] | -0.198388 (0.22801) [-0.87009] |
| D(OPEN(-2)) | 0.001506 (0.00399) [0.37784] | -0.003778 (0.00161) [-2.35254] | 0.071687 (0.22264) [0.32199] |
| D(OPEN(-3)) | 0.005940 (0.00314) [1.89442] | -0.000781 (0.00126) [-0.61826] | -0.168128 (0.17512) [-0.96007] |
| C | -0.022528 (0.01775) [-1.26918] | 0.026865 (0.00715) [3.75634] | 1.350458 (0.99141) [1.36217] |
| R-squared | 0.519712 | 0.453413 | 0.386541 |
| Adj. R-squared | 0.382487 | 0.297246 | 0.211267 |
| Sum sq. resid | 0.242137 | 0.039309 | 755.3811 |
| S.E. equation | 0.083176 | 0.033513 | 4.645677 |
| F-statistic | 3.787297 | 2.903378 | 2.205354 |
| Log likelihood | 55.40741 | 97.22233 | -129.6385 |
| Akaike AIC | -1.930757 | -3.748797 | 6.114719 |
| Schwarz SC | -1.493473 | -3.311513 | 6.552003 |
| Mean dependent | 0.009623 | 0.016111 | 0.170412 |
| S.D. dependent | 0.105846 | 0.039977 | 5.230992 |

Anexo Econométrico

| | | CO ₂ 1932 - 2000 | | | | | |
|--------------------------|--|-----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| | | 1* | 1* | 1 | 1 | 1* | 1 |
| <i>lnCO₂</i> | | 8.4211 | 6.0197 | 1.1608 | 0.1512 | 6.1430 | 0.8300 |
| | | 0.0037 | 0.0141 | 0.2812 | 0.6973 | 0.0131 | 0.3622 |
| <i>lnPIB</i> | | -0.92396* | -0.3872 | -5.9499 | -39.979* | 4515.137* | -15296.87* |
| | | 12.94728 | 0.3759 | 2.0810 | 16.692 | 25.175 | 26.611 |
| <i>lnPIB²</i> | | 0.000320 | 0.5397 | 0.1491 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | | | | 0.5295 | 3.6884* | 463.8722* | 1598.625* |
| <i>lnPIB³</i> | | | | 1.3371 | 12.614 | 23.615 | 25.312 |
| | | | | 0.2475 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 |
| <i>Indust</i> | | | | | | -15.8731* | -55.6374* |
| | | | | | | 22.172 | 24.128 |
| <i>cte</i> | | | | | | 0.0000 | 0.0000 |
| | | | -22.5313 | | 149.752 | | -71.6301* |
| <i>a(1,1)</i> | | | 0.6998 | | 2.4543 | | 4.8810 |
| | | | 0.4028 | | 0.1172 | | 0.0271 |
| | | | | | | 14630.90 | 48754.78 |
| | | -0.0029* | -0.0019 | -0.0076 | -0.0006 | -0.0009 | -0.0004 |
| | | 5.7611 | 0.1434 | 2.3019 | 0.7031 | 0.0628 | 0.0768 |
| | | 0.0163 | 0.7048 | 0.1292 | 0.4017 | 0.8020 | 0.7816 |

Los valores en cursivas corresponden al estadístico Chi² del test de razón verosimilitud, y su valor-p, respectivamente, del contraste de exclusión para los β, y el contraste de exogeneidad débil para α.

* representa que la variable es significativa al 10%, 5% o 1%.

Modelo (1) fue el único que presentó una relación de largo plazo, pero fue descartado por no presentar una relación de cointegración consistente.

Anexo Econométrico

| | SO ₂ 1955 - 2000 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------|------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) |
| | 1* | 1* | 1* | 1 | 1* | 1* | 1* | 1* | 1* | 1 | | 1* |
| <i>lnSO₂</i> | 10.28077 | 5.9504 | 3.2247 | 0.1405 | 5.2832 | 18.7444 | 16.9675 | 4.3090 | 3.3782 | 1.6933 | | 3.4196 |
| | 0.001344 | 0.0147 | 0.0725 | 0.7077 | 0.0215 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0379 | 0.0660 | 0.1931 | | 0.0644 |
| | 4.21737* | 3.2337* | 2.1443* | 30.8316* | -9.2948* | 110.4274* | 75.6910* | 105.805* | -85.6670 | 19645.53* | | 14197.33* |
| <i>lnPIB</i> | 21.72898 | 7.7612 | 2.8792 | 7.5949 | 9.1931 | 7.9570 | 5.9148 | 5.1164 | 1.6145 | 8.2014 | | 12.389 |
| | 0.000003 | 0.0053 | 0.0897 | 0.0058 | 0.0024 | 0.0047 | 0.0150 | 0.0237 | 0.2038 | 0.0041 | | 0.0004 |
| | | | | | -1.3638* | 10.5073* | 7.4000* | 10.1082* | -31.0539 | 3832.293* | | 2769.288* |
| <i>lnPIB²</i> | | | | | 10.372 | 7.6263 | 5.7834 | 5.0985 | 1.4182 | 8.1563 | | 12.376 |
| | | | | | 0.0012 | 0.0057 | 0.0161 | 0.0239 | 0.2336 | 0.0042 | | 0.0004 |
| | | | | | | | | | -2.8838 | 249.0760* | | 179.9379* |
| <i>lnPIB³</i> | | | | | | | | | 1.3076 | 8.1132 | | 12.363 |
| | | | | | | | | | 0.2528 | 0.0043 | | 0.0004 |
| | | 3.5533 | | 101.9974* | | 11.8536* | | 9.8671 | | 31.5689* | | 13.1629 |
| <i>Indust</i> | | 0.4507 | | 6.8628 | | 8.7697 | | 2.2766 | | 7.4580 | | 2.2058 |
| | | 0.5019 | | 0.0088 | | 0.0030 | | 0.1313 | | 0.0063 | | 0.1374 |
| | | | 0.0095 | -0.5166* | | | 0.0548* | 0.0106 | | | | 0.0648 |
| <i>Open</i> | | | 0.0766 | 6.3859 | | | 10.053 | 0.1138 | | | | 4.3209 |
| | | | 0.7819 | 0.0115 | | | 0.0015 | 0.7358 | | | | 0.0376 |
| <i>cte</i> | 32.89775 | 27.2005 | 21.894 | 164.1102 | | 298.2832 | 202.7717 | 285.177 | | 33557.83 | | 24251.52 |
| | -0.2486 | -0.2451* | -0.3067* | -0.0040 | -0.1740* | -0.2881* | -0.3791* | -0.3343* | -0.1187* | -0.1621* | | -0.2142* |
| <i>a(1,1)</i> | 21.98053 | 6.5002 | 5.0680 | 0.0448 | 8.6008 | 7.5112 | 9.0068 | 3.7923 | 3.6869 | 8.6462 | | 8.8835 |
| | 0.000003 | 0.0107 | 0.0243 | 0.8323 | 0.0033 | 0.0061 | 0.0026 | 0.0514 | 0.0548 | 0.0032 | | 0.0028 |

Los valores en cursivas corresponden al estadístico χ^2 del test de máxima verosimilitud, y su valor-p, respectivamente, del contraste de exclusión para los β , y el contraste de exogeneidad débil para a .

* representa que la variable es significativa al 10%, 5% o 1%.

Modelo (1) representa la existencia de una relación de largo plazo entre las emisiones de dióxido de azufre y el crecimiento económico en el período 1955 – 2000.

Modelo (6) es descartado por la magnitud de los coeficientes.

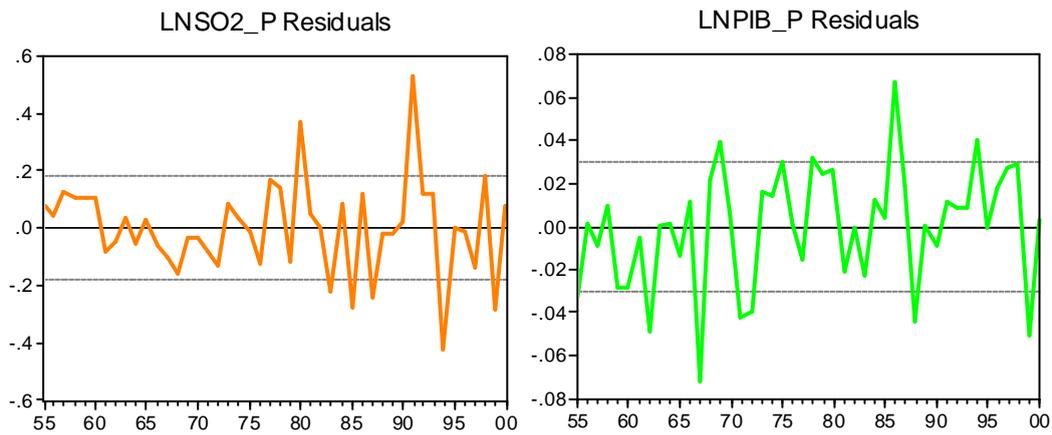
Anexo Econométrico

Modelo (1)

Modelo Irrestricto

| | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Sample: 1955 2000 | | | [-0.63273] | [-4.00916] |
| Included observations: 46 | | | | |
| Standard errors in () & t-statistics in [] | | | | |
| Cointegrating Eq: | | CointEq1 | | |
| LNSO2_P(-1) | 1.000000 | | | |
| LNPIB_P(-1) | 4.217377 (0.70244) [6.00394] | | | |
| C | 32.89775 | | | |
| Error Correction: | | D(LNSO2_P) | D(LNPIB_P) | |
| CointEq1 | -0.248603 (0.04883) [-5.09068] | -0.004861 (0.00830) [-0.58586] | | |
| D(LNSO2_P(-1)) | 0.162614 (0.08583) [1.89458] | 0.022339 (0.01458) [1.53185] | | |
| D(LNPIB_P(-1)) | 1.060792 (0.72234) [1.46855] | 0.457151 (0.12273) [3.72495] | | |
| C | -0.092587 (0.02772) [-3.34024] | 0.008137 (0.00471) [1.72778] | | |
| D(FE=1959) | -0.083743 (0.13235) | -0.090153 (0.02249) | | |
| | | | D(FE>=1982) | 0.136300 (0.18324) [0.74382] |
| | | | D(FE=1992) | 0.370671 (0.12735) [2.91054] |
| | | | D(FE>=1995) | 1.760171 (0.19211) [9.16229] |
| | | | R-squared | 0.764951 |
| | | | Adj. R-squared | 0.721652 |
| | | | Sum sq. resids | 1.199795 |
| | | | S.E. equation | 0.177690 |
| | | | F-statistic | 17.66688 |
| | | | Log likelihood | 18.59811 |
| | | | Akaike AIC | -0.460787 |
| | | | Schwarz SC | -0.142763 |
| | | | Mean dependent | -0.047817 |
| | | | S.D. dependent | 0.336797 |
| | | | Determinant Residual Covariance | 2.82E-05 |
| | | | Log Likelihood | 119.2074 |
| | | | Log Likelihood (d.f. adjusted) | 110.4189 |
| | | | Akaike Information Criteria | -4.018211 |
| | | | Schwarz Criteria | -3.302656 |

Residuos



Test de Normalidad de los Residuos

| Component | Jarque-Bera | df | Prob. |
|-----------|-------------|----|--------|
| 1 | 0.693778 | 2 | 0.7069 |
| 2 | 1.999547 | 2 | 0.3680 |
| Joint | 2.693325 | 4 | 0.6104 |

Anexo Económico

Test de Johansen

Contrastes de Exclusión

Unrestricted Cointegration Rank Test

| Hypothesized No. of CE(s) | Eigenvalue | Trace Statistic | 5 Percent Critical Value | 1 Percent Critical Value |
|------------------------------|------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| None ** | 0.405651 | 25.87284 | 15.41 | 20.04 |
| At most 1 | 0.041287 | 1.939540 | 3.76 | 6.65 |

*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level

Trace test indicates 1 cointegrating equation(s) at both 5% and 1% levels

| Hypothesized No. of CE(s) | Eigenvalue | Max-Eigen Statistic | 5 Percent Critical Value | 1 Percent Critical Value |
|------------------------------|------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| None ** | 0.405651 | 23.93330 | 14.07 | 18.63 |
| At most 1 | 0.041287 | 1.939540 | 3.76 | 6.65 |

*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating equation(s) at both 5% and 1% levels

Cointegration Restrictions:

$$B(1,1)=0$$

Convergence achieved after 1 iterations.

Not all cointegrating vectors are identified

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 10.28077

Probability 0.001344

Cointegration Restrictions:

$$B(1,2)=0$$

Convergence achieved after 1 iterations.

Not all cointegrating vectors are identified

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 21.72898

Probability 0.000003

Contrastes de exogeneidad (débil)

Cointegration Restrictions:

$$A(1,1)=0$$

Convergence achieved after 8 iterations.

Not all cointegrating vectors are identified

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 21.98053

Probability 0.000003

Cointegration Restrictions:

$$A(2,1)=0$$

Convergence achieved after 3 iterations.

Not all cointegrating vectors are identified

LR test for binding restrictions (rank = 1):

Chi-square(1) 0.387419

Probability 0.533659

Anexo Económico

| | | Dinámica de Corto Plazo | Relación de Equilibrio |
|--|----------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Sample: 1955 2000 | | Cointegrating Eq: | CointEq1 |
| Included observations: 46 | | LNSO2_P(-1) | 1.000000 |
| Standard errors in () & t-statistics in [] | | LNPIB_P(-1) | 4.389044 (0.73343) [5.98426] |
| Cointegration Restrictions: A(2,1)=0,B(1,1)=1 | | C | 33.78189 |
| Convergence achieved after 12 iterations. | | Determinant Residual | 2.82E-05 |
| Restrictions identify all cointegrating vectors | | Covariance | |
| LR test for binding restrictions (rank = 1): | | Log Likelihood | 119.0137 |
| Chi-square(1) | 0.387419 | Log Likelihood (d.f. adjusted) | 110.4065 |
| Probability | 0.533659 | Akaike Information Criteria | -4.017676 |
| | | Schwarz Criteria | -3.302120 |

| Error Correction: | D(LNSO2_P) | D(LNPIB_P) | D(FE>=1982) | 0.135798 | -0.113709 |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| CointEq1 | -0.235679 (0.04658) [-5.05969] | 0.000000 (0.00000) [NA] | | (0.18331) [0.74082] | (0.03115) [-3.65060] |
| D(LNSO2_P(-1)) | 0.158086 (0.08566) [1.84541] | 0.022129 (0.01456) [1.52022] | D(FE=1992) | 0.372824 (0.12737) [2.92718] | 0.027646 (0.02164) [1.27741] |
| D(LNPIB_P(-1)) | 1.067348 (0.72302) [1.47623] | 0.456111 (0.12286) [3.71254] | D(FE>=1995) | 1.766752 (0.19230) [9.18763] | -0.039563 (0.03268) [-1.21078] |
| C | -0.092978 (0.02774) [-3.35218] | 0.008142 (0.00471) [1.72763] | R-squared | 0.764745 | 0.531716 |
| D(FE=1959) | -0.084345 (0.13241) [-0.63701] | -0.090175 (0.02250) [-4.00797] | Adj. R-squared | 0.721409 | 0.445454 |
| | | | Sum sq. resids | 1.200845 | 0.034672 |
| | | | S.E. equation | 0.177767 | 0.030206 |
| | | | F-statistic | 17.64669 | 6.163916 |
| | | | Log likelihood | 18.57800 | 100.1093 |
| | | | Akaike AIC | -0.459913 | -4.004752 |
| | | | Schwarz SC | -0.141888 | -3.686727 |
| | | | Mean dependent | -0.047817 | 0.008381 |
| | | | S.D. dependent | 0.336797 | 0.040563 |

| | | SO ₂ 1930 - 2000 | | | | | |
|--------------------|--------|-----------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|
| | | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| | | 1 | 1 | 1* | 1* | 1* | 1* |
| lnSO ₂ | | 1.6262 | 2.4085 | 6.1440 | 9.7876 | 6.2074 | 16.1411 |
| | | 0.2022 | 0.1206 | 0.0131 | 0.0017 | 0.0127 | 0.0000 |
| lnPIB | | 2.5519* | 3.5438* | 48.837* | 77.330* | -1253.81* | -44.5174* |
| | | 4.8864 | 8.3072 | 5.6064 | 11.053 | 6.7199 | 19.484 |
| lnPIB ² | | 0.0270 | 0.0039 | 0.0178 | 0.0008 | 0.0095 | 0.0000 |
| | | | | 4.4547* | 7.2379* | -241.704* | -15.8228* |
| lnPIB ³ | | | | 5.3998 | 11.075 | 6.9654 | 19.825 |
| | | | | 0.0201 | 0.0008 | 0.0083 | 0.0000 |
| Indust | | | | | | -15.4775* | -1.4504* |
| | | | | | | 7.1917 | 19.995 |
| cte | | | -31.330* | | 15.604* | | 14.1610* |
| | | | 6.9345 | | 8.7650 | | 14.944 |
| a(1,1) | | | 0.0084 | | 0.0030 | | 0.0001 |
| | | 25.3377 | 37.3661 | 144.739 | 213.665 | -2149.364 | |
| | | -0.07* | -0.0837* | -0.2017* | -0.0226 | -0.0179 | 0.0091 |
| | 5.5382 | 10.033 | 10.327 | 0.0630 | 0.0627 | 0.0147 | |
| | 0.0186 | 0.0015 | 0.0013 | 0.8017 | 0.8022 | 0.9032 | |

Los valores en cursivas corresponden al estadístico Chi² del test de máxima verosimilitud, y su valor-p, respectivamente, del contraste de exclusión para los β, y el contraste de exogeneidad débil para α.

* representa que la variable es significativa al 10%, 5% o 1%.

Modelo (3) presenta un coeficiente α significativo, pero los coeficientes no son posible de ser interpretados económicamente.