



Observatorio de Energía y Producción

La relación entre consumos energéticos y nivel de actividad: La curva de Kuznet energético-ambiental, una evidencia



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

SDI
SECRETARÍA DE
DESARROLLO INSTITUCIONAL



ITP
Instituto de Trabajo
y Producción



IDE
Instituto de
Energía

Observatorio de Energía y Producción

La relación entre consumos energéticos y nivel de actividad:
La curva de Kuznet energético-ambiental, una evidencia

Rector de la Universidad Nacional de Cuyo

Ing. Agr. Arturo R. Somoza

Secretario de Desarrollo Institucional

Ing. Agr. Daniel Pizzi

Secretario General del Instituto de Energía

Ing. Dante Bragoni

Secretario General del Instituto de Trabajo y Producción

Mgter. Roberto Roitman

Coordinadora del Observatorio de Energía y Producción

Lic. Iris Perlbach

Equipo de Trabajo

Ing. Dante Bragoni

Mgter. Adriana Pollini

Lic. Martín Maradona

Lic. Iris Perlbach

Marcos Mattar

Institutos Multidisciplinarios UNCUIYO

+54 261 4299986 - ide@uncuyo.edu.ar - itp@uncuyo.edu.ar - www.imd.uncuyo.edu.ar

Resumen

Este trabajo analiza la relación entre la oferta interna de energía primaria (abastecimiento) como indicador de presión ambiental (emisión de gases de efecto invernadero) y el producto bruto geográfico de la provincia de Mendoza, para una serie de tiempo de 30 años. Esta misma estimación se realiza a nivel de país, con el mismo número de años, pero estimando la relación entre consumo de energía primaria (Cepal) y el PBI de Argentina, con el objetivo de testear la hipótesis de la Curva de Kuznet Ambiental en su forma más simple.

Asimismo, esto permite analizar la relación entre el uso de energías limpias con la productividad de la mano de obra a fin determinar la eficiencia de la misma y demanda de niveles de calificación.

Los resultados avalan la existencia de un patrón en forma de U invertida, encontrando que ciertas características propias de los países en desarrollo podrían ser la causa de la forma funcional evidenciada, destacando la existencia de energías más limpias para Mendoza que para el resto del país y la estrecha relación que existe entre consumos energéticos y nivel de actividad.

Introducción

El desarrollo económico podría definirse como un proceso de crecimiento autosostenido de la renta *per capita* que incorpora una serie de cambios estructurales tales como la distribución de la renta y la riqueza, la diversificación de la estructura productiva y la protección del medio ambiente.

Se trata, por tanto, de un concepto más amplio que el crecimiento económico al considerar la sostenibilidad del mismo, ya que una distribución equitativa de la renta, una estructura productiva diversificada y una notable calidad ambiental incidirían positivamente sobre la capacidad de crecimiento futuro.

Una de las cuestiones más debatidas en este contexto es la incidencia que el crecimiento económico puede tener sobre la calidad del medio ambiente ya que, aunque la evidencia empírica no es concluyente, algunos períodos han venido caracterizados por una rápida expansión económica con efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. El origen de este debate se encuentra en los años sesenta cuando se promulgó el objetivo de "crecimiento cero" persiguiendo una mayor protección medioambiental. A principios de la década de los noventa se produjo un nuevo impulso al mismo con la publicación del Informe sobre el Desarrollo del Banco Mundial pues en éste se concluía que había indicadores medioambientales que mejoraban con el crecimiento y otros que se deterioraban. Este hecho llevó a varios autores a argumentar que la relación entre crecimiento económico y empeoramiento de las condiciones medioambientales presentaba una forma de U invertida. Es decir, en las primeras etapas del desarrollo de un país se producían pérdidas en términos de calidad medioambiental que eran compensadas con las ganancias que aparecían una vez que se superaba un determinado umbral de renta *per capita*. Esta relación pasó a denominarse la curva de Kuznet al ser similar a la relación entre desarrollo económico y distribución de la renta promulgada por Simon Kuznet en 1955.

Como consecuencia de lo anterior, han surgido dos corrientes: por un lado, aquélla que considera que el crecimiento económico incide positivamente sobre el medio ambiente, por lo que no es necesario aplicar una política medioambiental, y por otro, la que justifica la aplicación de una política medioambiental activa dado que la evidencia empírica no ha podido confirmar la existencia de esta relación y se desconoce el comportamiento de la misma.

La curva de Kuznet representa la relación que existe entre el desarrollo económico y el deterioro del medio ambiente. Para explicar la forma de esta relación desde una perspectiva teórica, resulta útil emplear los canales por los que el crecimiento incide sobre el medio ambiente y que podemos resumir en tres: el efecto escala, el efecto composición y el efecto tecnológico.

El efecto escala señala que el crecimiento afecta negativamente a la calidad medioambiental pues, a medida que se incrementa la escala de producción, se empleará una mayor cantidad de materias primas y se producirán más emisiones de elementos contaminantes.

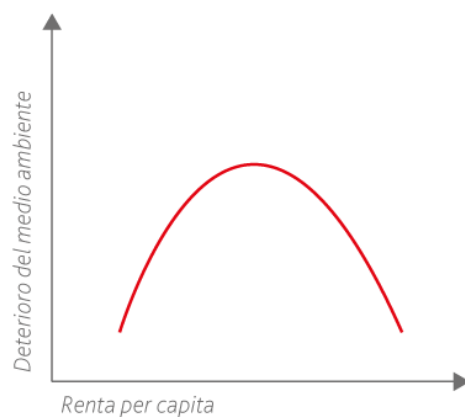
Por lo que respecta al efecto composición, también denominado hipótesis de cambio estructural, el efecto del crecimiento sobre el medio ambiente es ambiguo, pues el deterioro del medio ambiente que se produce en la etapa de transformación de una sociedad rural a una urbana puede no verse compensado por las ganancias que provoca el cambio de una estructura productiva basada en la industria a una economía terciarizada. Un efecto adicional a considerar en este apartado es la posible transmisión de contaminación de los países desarrollados a los países en desarrollo que incidiría negativamente sobre la calidad medioambiental global.

Finalmente, el efecto tecnológico es positivo pues conforme se crece se puede invertir más en investigación y desarrollo y es posible mejorar la tecnología medioambiental. Por otra parte, esta mejora puede ser transferida a los países en desarrollo con efectos positivos sobre el medio ambiente.

En definitiva, la explicación de la forma de U invertida de la curva de Kuznet que aparece en el Gráfico 1 sería la siguiente: en una primera etapa de desarrollo, las empresas incrementarían el tamaño de sus plantas y no contarían con tecnologías limpias, por lo que se produciría un deterioro del medio ambiente. Por otro lado, el paso a una sociedad urbana ejercería una mayor presión sobre las condiciones medioambientales. Sin embargo, a medida que el país avanzara en su estadio de desarrollo, el sector servicios cobraría mayor relevancia y se empezaría a aplicar políticas de reducción de la contaminación, apareciendo un efecto positivo del crecimiento sobre el medio ambiente.

Se puede dar el caso de que el empeoramiento registrado en el primer período no se viera compensado por la mejora posterior, en cuyo caso la relación sería creciente y no en forma de U invertida. Desde un punto de vista estrictamente teórico se esgrimen dos motivos por los que el resultado final puede ser favorable.

Curva de kuznet para el medio ambiente



Por una parte, se argumenta que la demanda de calidad ambiental presenta una elasticidad renta mayor que la unidad, por lo que los incrementos en el nivel de renta provocan aumentos en la demanda de productos y tecnologías verdes que son satisfechos por los productores y por el sector público a través del empleo de procesos productivos poco contaminantes y de una política medioambiental, respectivamente. Adicionalmente se señala que el empleo de tecnologías no contaminantes presenta rendimientos crecientes en términos de reducción de la polución, al existir unos costes fijos elevados asociados a su incorporación, lo que implicaría unas mayores posibilidades del empleo de éstas por los países desarrollados.

Por otra parte, se considera que puede existir un mecanismo endógeno de corrección del daño ambiental, pues dado que el aumento en el nivel de producción lleva asociado un mayor empleo de materias primas y de recursos naturales, éstos se encarecerán y, a niveles elevados de desarrollo, se puede producir una reducción en la cantidad demandada de materias primas y recursos naturales.

Desarrollo económico y política Medio ambiental

Como ya se ha indicado, es posible justificar teóricamente la existencia de una relación en forma de U invertida entre el desarrollo económico y medio ambiente. Este hecho supondría que no es necesario aplicar una política de protección del medio ambiente, pues con la promoción del crecimiento sería suficiente. No obstante, existen tres factores que justificarían la aplicación de medidas de protección ambiental: en primer lugar, la curva de Kuznet puede existir pero se desconoce el nivel de renta a partir del cual el deterioro de la calidad del medio ambiente empieza a reducirse. En segundo lugar, si consideramos que la contaminación puede acumularse nada nos asegura que los países en desarrollo atravesarán el mismo proceso que los desarrollados.

Finalmente, la evidencia empírica no es concluyente a la hora de justificar la existencia de la curva de Kuznet, pues los resultados son ambiguos y dependen del indicador de contaminación empleado. Por ello, se señala que existen algunas medidas de política medioambiental que pueden ser útiles para evitar una contaminación mundial excesiva.

Así, hay expertos que consideran que la creación de derechos de propiedad asociados a la contaminación que puedan ser intercambiados redundaría en una mejora de la calidad medioambiental al permitir la internalización de los efectos externos negativos generados por la actividad productiva como, por ejemplo, la contaminación. Los problemas asociados a esta estrategia son la dificultad de atribución del derecho y los costes de transacción que pueden aparecer en las negociaciones.

Por otra parte, se argumenta que la transmisión de tecnología respetuosa con el medio ambiente provocaría mejoras en la calidad de éste y permitiría garantizar la sostenibilidad del crecimiento económico. No obstante, dado que el mercado en el que se comercializa la tecnología es imperfecto, pues ésta tiene características de bien público (no es rival en el consumo y es parcialmente excluible) debe existir un conjunto de patentes que otorguen los incentivos necesarios a la inversión en I+D ya que, en otro caso, los rendimientos de la inversión en tecnología podrían perderse. En este contexto, la existencia de un sistema de subsidios selectivos a las empresas innovadoras podría resolver parcialmente el problema.

Por último, se considera que es posible emplear una política medioambiental diferenciada para reducir la contaminación. Una política de este tipo exigiría una reducción mayor de la contaminación en los países desarrollados que en los países en desarrollo para evitar que estos últimos tengan que realizar un desembolso excesivo para adquirir tecnologías de producción ecológicas. El dilema que surge en esta alternativa es cuál debe ser el alcance de la diferenciación para no desincentivar a los

países en desarrollo a proteger el medio ambiente, pues si las posibilidades de contaminación son elevadas puede no existir incentivo a producir sin contaminar y si éstas son excesivamente reducidas puede impedir la aparición del desarrollo económico.

Por tanto, la aplicación de una política ambiental activa se enfrenta a dos problemas; por un lado, la posibilidad de que sea mejor no aplicar regulación medioambiental, pues el crecimiento puede incidir positivamente sobre la calidad del medio ambiente y, por otro, las limitaciones asociadas a cada una de las alternativas planteadas. No obstante, el desconocimiento del comportamiento de la relación entre desarrollo económico y medio ambiente justificaría la aplicación de medidas que protejan la calidad del medio ambiente.

Poniendo el acento en la parte empírica, la relación entre crecimiento económico y medio ambiente ha sido extensamente explorada en la teoría económica. Sin embargo, recién a partir de la década del 90, la mayor disponibilidad de datos en materia ambiental permitió profundizar su análisis empírico.

Los trabajos de Grossman y Krueger (1991), Shafik y Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1993) y Selden y Song (1994) entre otros, evidenciaron que la relación entre el ingreso *per capita* y determinados indicadores de degradación ambiental no es fija a lo largo del sendero de crecimiento de cada economía sino que presenta un patrón parecido a una U invertida.

En términos generales esta hipótesis, llamada por primera vez Curva de Kuznet Ambiental (CKA) por Panayotou (1993), plantea una relación de largo plazo entre crecimiento económico y cualquier medida de contaminación plausible de ser utilizada como indicador de degradación ambiental.

En las últimas décadas, el interés en el fenómeno del calentamiento global motivó el estudio de los determinantes de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), de las que el sector energético, el transporte y la industria resultan ser mayormente responsables.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar la validez de la hipótesis de la CKA para el consumo de energía primaria para Argentina y Mendoza en un período de treinta años.

Revisión de la literatura sobre CKA

Desde principios de la década del 90, y a partir de una serie de trabajos pioneros, entre los que se destacan el de Grossman y Krueger (1991) y el de Panayotou (1993), la discusión acerca de la relación entre crecimiento económico y medio ambiente se ha centrado en el análisis de la hipótesis conocida como Curva de Kuznet Ambiental (CKA), así llamada por su similitud con la relación que Kuznet (1955) estableciera entre crecimiento económico y desigualdad en la distribución del ingreso.

La CKA sostiene que existe entre el crecimiento económico y la degradación ambiental una relación funcional con forma de U invertida, lo que significa que el deterioro ambiental es una función creciente del nivel de actividad económica hasta un determinado nivel crítico de renta o turning point a partir del cual mayores niveles de renta se asocian a niveles progresivamente mayores de calidad ambiental y al uso de energías más limpias.

Para Galeotti, Lanza y Pauli (2006), la pendiente en forma de U invertida contiene un mensaje de peso: el producto bruto interno es al mismo tiempo la causa y la cura del problema ambiental. Por otro lado, y si la hipótesis resultara inequívocamente cierta, sería válido el argumento de Beckerman (1992) según el cual la mejor –y probablemente la única- manera de mejorar la calidad ambiental en la mayoría de los países es que éstos se vuelvan ricos.

Uno de los supuestos implícitos en esta afirmación es que, en un tiempo determinado, el crecimiento económico traerá consigo la transferencia tecnológica necesaria para alcanzar mayores niveles de calidad ambiental, dando por sentado que los únicos obstáculos que enfrenta dicha transferencia son de carácter temporal. Sin embargo, resulta evidente de que el derrame de tecnologías limpias desde los países innovadores hacia los menos desarrollados no es en ningún caso automático, y enfrenta dificultades no sólo técnicas sino también institucionales y socio-culturales. En términos teóricos, los motivos esgrimidos para explicar el cambio de pendiente a partir de dicho punto de transición son múltiples.

La elasticidad ingreso y demás características de la demanda de calidad ambiental ha sido, y continúa siendo, uno de las principales -y más sencillas- explicaciones de la pendiente de la CKA (Selden y Song, 1994; Beckerman, 1992).

El argumento se basa en la idea de que los sectores más pobres de la sociedad no demandarán mejoras ambientales en la medida que no cubran otras necesidades básicas, como nutrición, educación o asistencia sanitaria. Sin embargo, es natural pensar que una vez que los individuos han alcanzado un determinado nivel de vida, otorguen mayor valor a los bienes y servicios ambientales, elevando su disposición a pagar por ellos en una proporción mayor al crecimiento del ingreso (Roca, 2003).

Otro conjunto importante de explicaciones para la pendiente de la CKA está conformado por las transformaciones de las estructuras productivas y los efectos del proceso de crecimiento económico sobre el medio ambiente esbozados por Grossman y Krueger (1991) en su trabajo sobre los efectos del NAFTA sobre el medio ambiente: los efectos escala, composición y tecnología.

El primero de ellos se da simplemente porque mayor actividad económica genera más residuos, mayor volumen de emisiones contaminantes y por ende mayor daño ambiental. Así definido, el efecto escala puede interpretarse como el deterioro en la calidad ambiental necesario para sostener el crecimiento del producto.

En forma simultánea, a medida que la producción crece y la economía se desplaza de una fase a otra dentro del proceso de desarrollo, se genera un cambio en la estructura productiva. El proceso de industrialización alcanza un punto máximo, y en estadios superiores de desarrollo, el crecimiento de la actividad trae aparejado un cambio hacia una economía basada en el sector servicios, claramente menos contaminante que la actividad industrial. Este último, llamado efecto composición, viene dado por cambios en la estructura productiva misma de una economía y genera mejoras en la calidad ambiental a medida que el producto sigue elevándose más allá del mencionado punto crítico.

El tercer efecto definido por Grossman y Krueger (1991) es también positivo para el medio ambiente y, al igual que el anterior, explicaría la pendiente negativa de la CKA a partir del turning point. El efecto tecnología implica que una nación más rica tiene mayor capacidad para invertir recursos en actividades de investigación y desarrollo con vistas a la innovación y el desarrollo de tecnologías limpias. Por lo tanto, a mayores niveles de ingreso per cápita, mayor será la calidad ambiental obtenida a través de la implementación de mejoras tecnológicas.

El pensamiento generalizado de que el desarrollo económico y la calidad ambiental son metas contradictorias refleja únicamente el efecto escala (Stern, 2004). Sin embargo, es posible que el mismo sea contrarrestado por los efectos composición y tecnología una vez superados los primeros estadios del crecimiento (Vukina et al., 1999).

El comercio internacional es otra vía habitual para explicar la pendiente de la CKA (Arrow et al. 1995; Stern et al., 1996; Dasgupta et al., 2001). Su efecto sobre la calidad ambiental es ambiguo, debido a que nuevamente tiene lugar un juego de fuerzas entre los tres efectos definidos por Grossman y Krueger (1991) combinados ahora con la posibilidad de "exportar" e "importar" daño ambiental incorporado en los flujos comerciales.

Pese a los numerosos argumentos esgrimidos a favor de la hipótesis de la CKA, no hay razones de peso para suponer que la relación planteada entre renta *per capita* y calidad ambiental se verifica de modo automático (Bimonte, 2002), por lo que en principio el crecimiento económico no sería sustituto perfecto de la política ambiental (Arrow et al., 1995).

Consumo energético: impacto y evolución

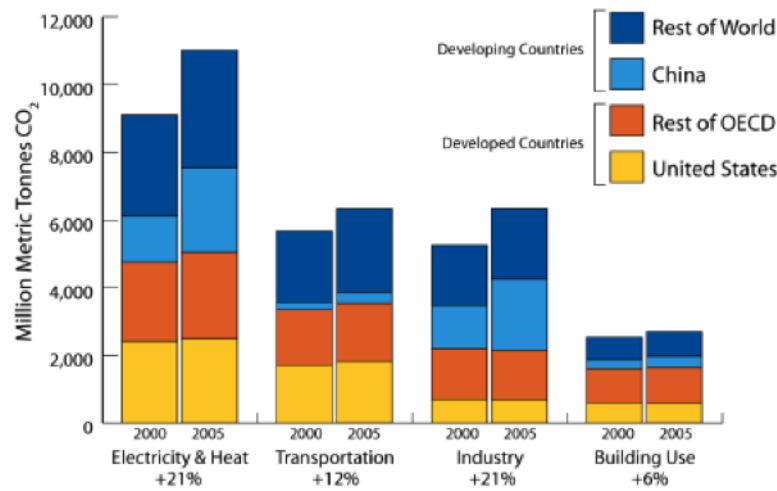
La principal motivación del uso de la energía para testear la existencia de la CKA, radica en el rol que cumple el consumo energético en la presión antropogénica total sobre el medio ambiente.

Según la European Environment Agency (2009) la producción de electricidad y calor es la fuente más importante de las emisiones de CO² (responsables de un tercio de las mismas) y de dióxido de azufre (SO²), mientras que para el óxido nitroso (NO_x) el sector energético es la segunda fuente en relevancia detrás del transporte. Por su parte, el World Resources Institute (WRI) (2009) subraya que el uso energético es responsable de la mayor parte de las emisiones de GEI, ya que la mayoría de las actividades económicas producen dichos gases en forma directa, mediante el uso de combustibles fósiles, o en forma indirecta por medio del consumo del calor y electricidad. Es importante destacar que la composición de las matrices energéticas, y particularmente la estructura de su sector eléctrico, cobra particular relevancia. Los países con sectores eléctricos altamente dependientes de tecnologías de generación térmicas presentarán mayores niveles de emisiones de GEI a nivel global.

Por otra parte, se destaca la relevancia conjunta que en los principales países desarrollados ha tenido la eficiencia energética y las políticas de sustitución de combustibles, particularmente en la generación eléctrica, con el fin de alcanzar los objetivos de la disminución de las emisiones. Particularmente en el caso de las economías europeas, la eficiencia energética permitió una reducción del 12% de la utilización de combustibles fósiles por unidad eléctrica producida en el período 2000-2005, mientras que el aumento en la participación de energía nuclear y renovable en la generación eléctrica permitió una reducción de los combustibles fósiles del 2%. Finalmente, la sustitución entre combustibles fósiles de menor calidad ambiental a combustibles de mayor calidad (por ejemplo carbón mineral a gas natural) permitió una reducción del 16% de las emisiones del CO² en el período 1990-2005.

El gráfico siguiente muestra la emisión de CO² de los principales sectores en 2000 y 2005 según información del WRI. Tal como se puede observar, el sector energético, junto con el sector industrial, ha sido uno de los principales responsables del incremento en las emisiones de CO² entre ambos años. Por otra parte, se observa que las economías en desarrollo explican el mayor incremento en las emisiones de ambos sectores, principalmente el energético. Este hecho se encuentra directamente relacionado con dos aspectos que se discutirán seguidamente: el rol del consumo energético en el proceso de crecimiento nacional, y la composición de las matrices energéticas.

Emisiones globales de CO² por sectores y regiones

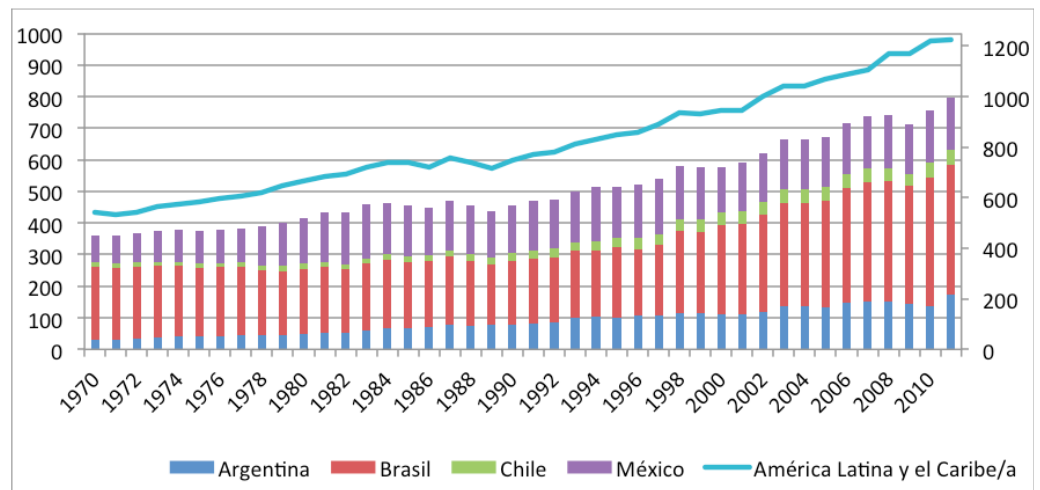


Fuente: IEA (2007) y CDIAC(2008) citado en World Resources Institute (WRI) (2009)

Una segunda motivación del uso de la energía para testear la hipótesis de Kuznet es la relación que existe entre el consumo energético y crecimiento económico. Si bien la discusión respecto a la causalidad entre ambas variables no ha arrojado aún resultados únicos (Asafu-Adjaye, 2000; Oh y Lee, 2004; Lee, 2005; Soyta y Sari, 2003; Francis et al., 2007; Zachariadis, 2007; Lee, 2007; Sari y Soyta, 2007), lo cierto es que existe cierto consenso respecto a su existencia. Stern (2004), por ejemplo, subraya que se verifica, en mayor o menor medida, una estrecha relación entre el consumo de energía y el crecimiento del PBI, que varía, a raíz de distintos factores, de acuerdo al grado de desarrollo de la estructura económica de los países.

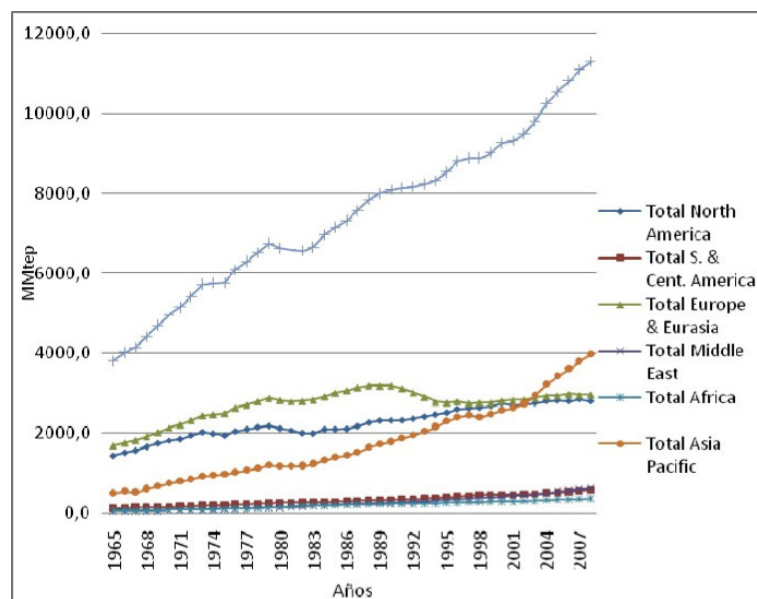
Tal como se evidencia en los Gráficos que se inserta a continuación, el consumo de energía se muestra uniformemente creciente para todo el período, excepto para los años 1980-1983, aspecto que se explica mayoritariamente como efecto del aumento de los precios del principal recurso energético en la matriz energética mundial, el petróleo, luego de la segunda crisis del petróleo en 1979. Para el resto de los años, la tasa de crecimiento promedio del consumo energético fue del 4% para el período anterior y del 2% para el período posterior. En lo que respecta a la composición del consumo por regiones, se observa la participación predominante de América del Norte y los países Europeos, y un reciente aumento en la participación de los países del Pacífico, claramente comandada por el consumo de China. La participación de ALyC en el consumo energético no supera el 5% del total del consumo mundial en todo el período de análisis.

Evolución del Consumo de Energía Primaria en el área de América Latina y el Caribe



Fuente: elaboración propia en base a CEPAL, datos en miles de barriles equivalentes de petróleo

Evolución del Consumo de Energía Primaria 1965-2008 en el mundo



Fuente: elaboración propia en base a BP Statistical Review of World Energy, 2009.

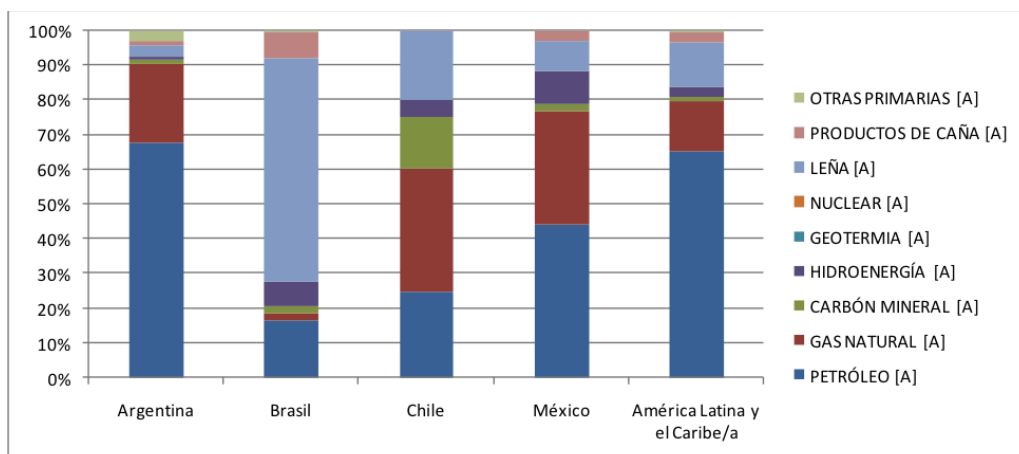
La reducción en la tasa de crecimiento del consumo energético en el período posterior a la segunda crisis del petróleo se debe, en gran medida, a la desaceleración del consumo energético en los principales países desarrollados, particularmente europeos, en relación a su crecimiento económico, lo que se observa en la caída de su Intensidad Energética¹. Tal como lo subraya Stern (2004) la variación en la intensidad energética, uno de los principales aspectos que parecen explicar la reducción de las emisiones de CO² en los países de la OCDE, se encuentra en parte determinada por el cambio de combustibles de menor calidad a combustibles de mayor calidad, el cambio a industrias con menor intensidad energética, y los efectos de políticas de promoción a las tecnologías que incrementan la eficiencia energética.

¹ La intensidad energética es la cantidad de energía requerida para producir una determinada cantidad de producto o servicio, la cantidad de energía usada para calentar o enfriar un determinado espacio, o transportar una persona a lo largo de cierta distancia. La relación energía/PBI es un indicador usual de la intensidad energética de toda la economía. (Cleveland y Christopher, 2007)

La sustitución entre distintos tipos de recursos primarios en la matriz energética, implica necesariamente una reducción en el consumo final de energía, no debido a un cambio cultural en el consumo energético, sino debido a la utilización de fuentes más eficientes que disminuyen el consumo final de energía. Diversos estudios empíricos encuentran que las reducciones en la intensidad energética observadas en los estadios iniciales de desarrollo se deben mayormente a cambios en la composición del uso del combustible, e incluso a cambios en la calidad del combustible utilizado (Kaufmann, 1992; Cleveland et al., 1984). Así, la composición inicial de la matriz energética de cada país y su evolución en el tiempo juega un rol fundamental al momento de explicar la intensidad energética del mismo. El análisis de la evolución de la composición histórica del consumo energético, directamente relacionada con la evolución histórica de la economía mundial, muestra que durante el siglo XIX el uso de la leña como combustible principal fue reemplazado por el carbón mineral, incrementando necesariamente la presión ambiental medida por emisiones de CO², siendo luego éste reemplazado por el petróleo y el gas natural, e incluso, en cierta medida por el consumo de electricidad, producida en base a energía nuclear e hidroeléctrica (Stern, 2004).

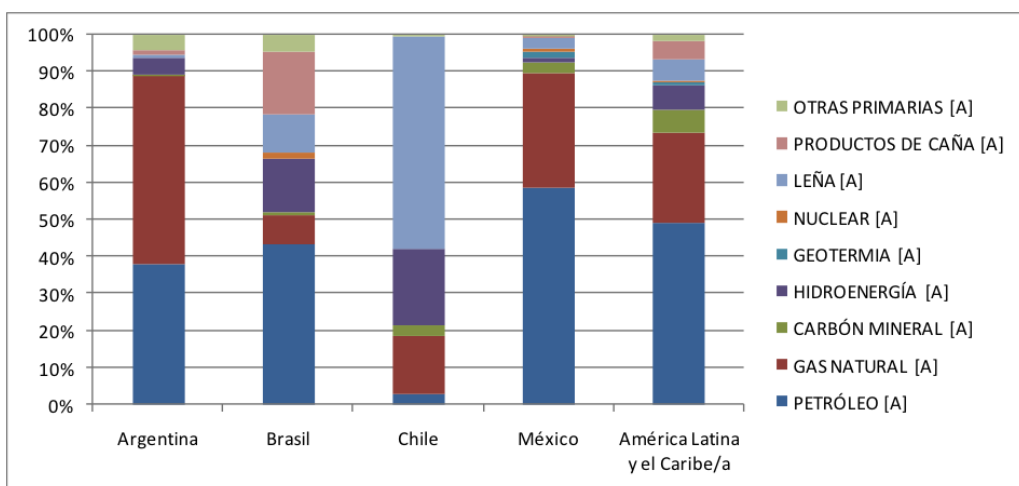
Del mismo modo, si se analiza la evolución de las matrices energéticas primarias del mundo se observa claramente que los países de mayor grado de desarrollo han evidenciado dicho cambio en su matriz energética, evolucionando hacia el uso de fuentes de energía más eficientes, e incluso recientemente han introducido cierta participación de las nuevas fuentes de energías renovables (energía eólica, geotérmica, solar, mareomotriz, etc.). No obstante, los países de menor grado de desarrollo, y más claramente los países pobres muestran aún un alto grado de participación de la biomasa (particularmente leña) en sus matrices energéticas primarias, lo que se relaciona directamente con el grado de desarrollo de los mismos. El Grafico 4 muestra el cambio en la participación de las fuentes primarias de energía en el balance energético entre los años 1973 y 2006. Entre los principales aspectos a ser remarcados se encuentra la alta participación de los recursos fósiles en las matrices del mundo, participación que es aún mayor en los países de la OCDE que en los países de ALyC. Sin embargo, en la comparación entre ambas regiones, se evidencia que la OCDE ha reducido en mayor medida el uso de dichos recursos en relación a lo acontecido en ALyC, región que ha intensificado la penetración del gas natural en su matriz energética y disminuido el uso del petróleo. Un aspecto de vital importancia en lo que respecta al impacto sobre el medio ambiente del sector energético es la alta participación del Carbón Mineral en la oferta interna de energía primaria de la región de la OCDE, que en el año 2006 representaba el 20% de la misma, mientras que en ALyC constituía solamente el 3%. Respecto al rol de los recursos renovables en las matrices, la hidroenergía representa el 2% de la matriz mundial, el 2% en los países de la OCDE y el 9% en ALyC. Tal como puede observarse, la participación de los Combustibles Renovables y Desechos es mayor en ALyC, constituyendo en 2006 el 14% de la oferta debido principalmente al uso de la biomasa para la cobertura de los requerimientos energéticos en el sector residencial y la industria en esta región en desarrollo. Finalmente, las nuevas fuentes de energía se encuentran mayormente desarrolladas en los países de la OCDE en relación a la región de ALyC, aspecto que se encuentra principalmente relacionado con los altos costos relativos de estas tecnologías respecto a las tecnologías de generación eléctrica más maduras en sus desarrollos tecnológicos (tecnologías de generación térmica y nuclear), con las faltas de fondos para la inversión y mecanismos institucionales para la promoción menos maduros en los países en desarrollo en relación a los países desarrollados.

Producción de energía primaria Año 1970 en América Latina



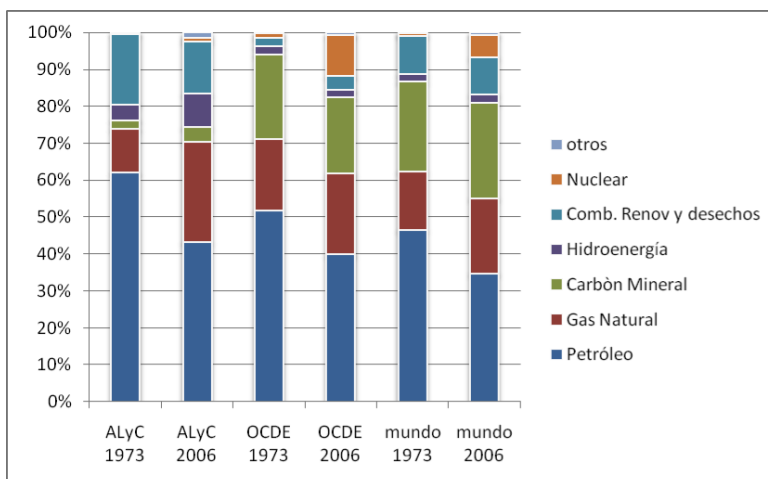
Fuente: elaboración propia en base a CEPAL, datos en miles de barriles equivalentes de petróleo.

Producción de energía primaria Año 2011 en América Latina



Fuente: elaboración propia en base a CEPAL, datos en miles de barriles equivalentes de petróleo.

Composición Matriz Energética Primaria 1973-2006



Fuente: elaboración propia en base a BP Statistical Review of World Energy (2009) y OLADE/SIEE

El segundo aspecto mencionado por Stern respecto a la disminución en la intensidad energética de los países desarrollados se refiere al cambio en la estructura económica a medida que se incrementa el grado de desarrollo de los mismos. Es decir, el paso desde una economía agrícola, a una economía industrial energo-intensiva y finalmente a una economía con mayor peso de los servicios. Este argumento se condice con el efecto composición planteado por Grossman y Krueger (1991) desarrollado en la segunda sección.

Rothman (1998) destaca que este cambio estructural en las economías parece comprobarse, tanto en los análisis de corte transversal como en los análisis de panel. El autor reproduce los resultados de un análisis empírico realizado por Maddison (1989, en Rothman, 1998) en el que se muestra la evolución histórica de los tres sectores de la actividad económica (agricultura, industria y servicios) en Estados Unidos y Reino Unido. Como se observa en el Gráfico 5, en ambas economías se observa claramente la reducción en la participación del sector agrícola. Mientras a mediados del siglo XIX dicho sector representaba en el PBI el 60% y 40% respectivamente, entre 1950 y 1960 dichas participaciones se redujeron al 10% y 15% y fueron inferiores al 5% en el año 2000 en ambos países. Al mismo tiempo se observa que la participación de la industria se incrementó inicialmente para disminuir luego de 1950 llegando a representar un valor cercano al 20% en ambos países hacia el año 2000. El comportamiento de ambas actividades se ve compensado por una tendencia creciente en el sector servicios, que se acentuó en ambos casos a partir de principios del siglo XX, llegando en el año 2000 a representar el 70% del PBI.

En el caso de ALyC, tal como se observa, la tendencia de la composición del PBI, a partir de información de EarthTrends del WRI, muestra un comportamiento relativamente estable entre 1965 y 2006, con una tendencia levemente decreciente de la agricultura (que constituyó el 5.2% del PBI en el año 2006). En el caso de la industria y los servicios, ambos presentan una tendencia contrapuesta a partir del año 1987, creciendo la participación de los servicios (67% en 2006) disminuyendo la participación de la industria (27.2%).

Metodología para la estimación de los modelos

Series

Para analizar la validez de la hipótesis de la curva de Kuznet energético-ambiental para Argentina y Mendoza durante el período comprendido entre 1980 y 2011, se utilizó la evolución del PBI de Argentina y el PBG de Mendoza, y el consumo de energía primaria (Fuente Cepal), como indicador del consumo energético, medido en kilo toneladas equivalentes de petróleo (Ktep). En concordancia con los argumentos expuestos por Luzzati y Orsini (2009), la variable que mide el consumo de energía primaria es utilizada en términos absolutos con el objetivo de representar el impacto ambiental a nivel global. Primero se efectúan estimaciones para Argentina y luego para Mendoza. En el caso de Mendoza, como variable dependiente se usa la oferta interna de energía primaria (abastecimiento), estimado por Javier Castillo.

Especificación del modelo

Una vez analizadas las propiedades temporales de las series que conforman los datos, se procedió a la especificación del modelo para analizar la relación funcional entre el PBI total y el consumo de energía primaria para Argentina y la oferta interna de energía primaria para Mendoza.

El modelo propuesto se ajusta a la especificación más simple de la CKA. Esto no implica el desconocimiento de que existe un gran número de factores que influyen claramente en la oferta interna de energía y por ende deberían incluirse como regresores, sino solamente que la forma funcional plan-

teada sólo aspira a captar la relación empírica existente entre el PBI total y el consumo energético. La especificación propuesta es la siguiente:

$$\text{LOGENERGE} = \text{C}(1) + \text{C}(2) * \text{LOGPBI} + \text{C}(3) * \text{TASAPBI}$$

Fuente de datos consultados:

Energe: Consumo de energía primaria (Cepal), (en Ktep) del país o región. Balances Energéticos, Secretaría de Energía de la Nación.

PBI: Producto Bruto Interno de Argentina elaborado por el Sistema de Cuentas Nacionales del Ministerio de Economía a precios constantes de 1993.

PBG: Serie 1991-2011 DEIE FCE- Serie 1980-1989 base de datos provinciales del centro de investigaciones en administración pública (BASE CIAP)

Autor: Javier Castillo. Consumo de energía primaria para Mendoza. Trabajo de tesis serie de balances energéticos de la provincia de Mendoza, (1980-2009).

Estimación para Argentina

Dependent Variable: LOGENERGE

Method: Least Squares

Date: 06/05/13 Time: 11:42

Sample (adjusted): 1980 2010

Included observations: 31 after adjustments

LOGENERGE=C(1)+C(2)*LOGPBI+C(3)*TASAPBI

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	83013.91	56963.70	1.457312	0.1562
C(2)	-3347499.	4594.019	-728.6645	0.0000
C(3)	3544558.	17978.32	197.1573	0.0000
R-squared	0.999947	Mean dependent var		-41402654
Adjusted R-squared	0.999944	S.D. dependent var		772418.3
S.E. of regression	5801.664	Akaike info criterion		20.26144
Sum squared resid	9.42E+08	Schwarz criterion		20.40022
Log likelihood	-311.0524	Hannan-Quinn criter.		20.30668
F-statistic	265869.5	Durbin-Watson stat		1.750942
Prob(F-statistic)	0.000000			

Estimación para Mendoza

Dependent Variable: ENERPRIM

Method: Least Squares

Date: 06/05/13 Time: 20:19

Sample: 1980 2011

Included observations: 32

ENERPRIM=C(1)+C(2)*LOGPBG

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-14241.43	3685.639	-3.864033	0.0006
C(2)	1259.632	231.8310	5.433406	0.0000
R-squared	0.495984	Mean dependent var		5778.875
Adjusted R-squared	0.479183	S.D. dependent var		662.7200
S.E. of regression	478.2693	Akaike info criterion		15.23869
Sum squared resid	6862246.	Schwarz criterion		15.33030
Log likelihood	-241.8190	Hannan-Quinn criter.		15.26905
F-statistic	29.52190	Durbin-Watson stat		0.614001
Prob(F-statistic)	0.000007			

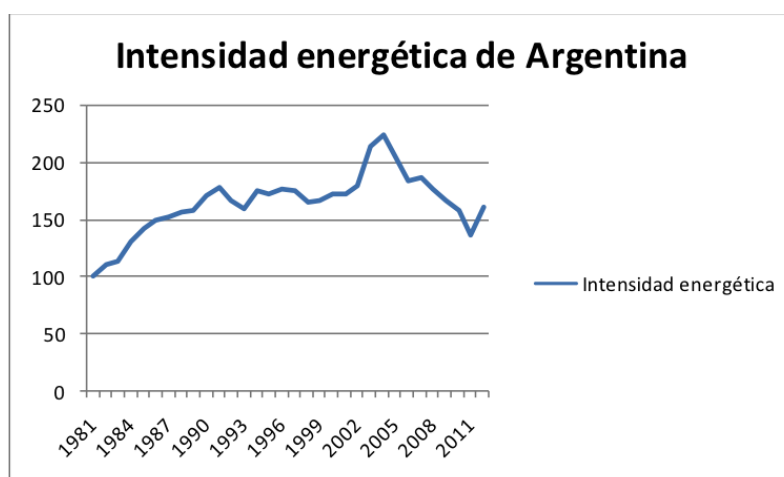
En el caso de Mendoza, la estimación no resulta tan significativa como para Argentina, y eso puede deberse a la distinta estructura productiva regional. Es posible que si en vez de tomar el PBG total, se tomaran los datos de los sectores productores de bienes y se incluyeran otras variables, la estimación mejoraría. En este caso, se ha tratado de lograr una estimación similar a la de Argentina, para comparar resultados.

Más allá de las dos variables incluidas en la regresión, es probable que existan ciertas diferencias en los resultados de las estimaciones, debido a la diversidad de las estructuras económicas características de las dos economías analizadas (Argentina y Mendoza), y de la disponibilidad de recursos energéticos disponibles.

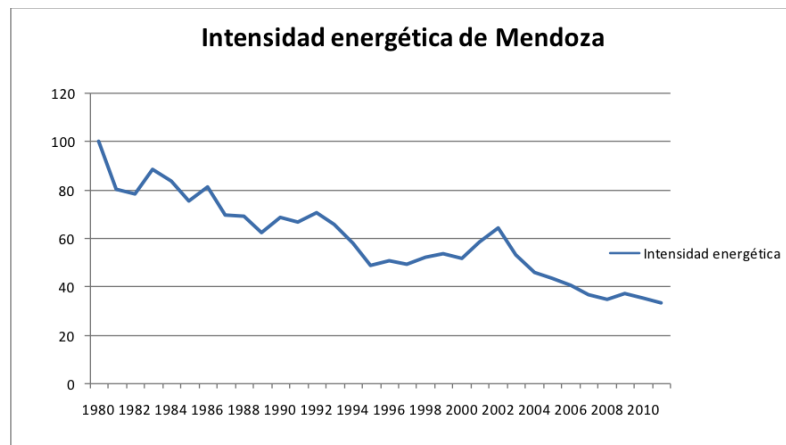
Esta consideración podría incorporarse al modelo a través de una variable dummy específica para relevar cambios estructurales producidos en las variables utilizadas.

Resultados

Los resultados obtenidos para Argentina presentan un coeficiente asociado al término lineal que resulta significativo y presenta signo negativo, en tanto que el coeficiente del término cuadrático no resultó significativo, ni tampoco presentó el signo correcto, por lo cual se lo intentó reemplazar por la tasa del PBI que si resulta significativo para intentar captar parte de los residuos no explicados. Una forma de completar el modelo econométrico es analizar la intensidad energética que es la cantidad de energía requerida para producir una determinada cantidad de producto o servicio, la cantidad de energía usada para calentar o enfriar un determinado espacio, o transportar una persona a lo largo de cierta distancia. La relación energía/PBI es un indicador usual de la intensidad energética de toda la economía. (Cleveland y Christopher, 2007).



Para el caso de Argentina, mostraría una cierta eficiencia energética a partir del año 2005/2010, a partir del consumo de energía primaria estimada por Cepal para Argentina.



En el caso de Mendoza, se ve que la cantidad de energía primaria requerida para un PBG creciente tiende a disminuir con el paso del tiempo, mostrando un mejor desempeño o el uso de energías más limpias que Argentina. Sin embargo, estas conclusiones exigirían un estudio más intensivo de todos los factores que intervienen en la generación de energía y en la producción de bienes y servicios.

Un aspecto muy interesante, que podría explicar la diferencia de resultados entre Argentina y Mendoza es, por un lado, la diferente dotación de recursos energéticos entre una y otra economía y por otro lado, la diferente estructura productiva, ya que la importante participación del sector servicios puede contribuir a disminuir la presión ambiental medida en términos de consumo energético.

Si bien la matriz energética primaria está centrada en recursos fósiles, en Mendoza se observa una importante participación de la hidroenergía. También se ha observado recientemente una tendencia a establecer el marco institucional requerido para el desarrollo de fuentes de energía más limpias tal es el caso de Brasil, Argentina, Colombia y Chile, entre otros.

Comentarios finales

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos cobra fuerza la necesidad de delinear un programa de política energético-ambiental integral atendiendo a las características específicas de cada región y a las diferentes necesidades en cada caso.

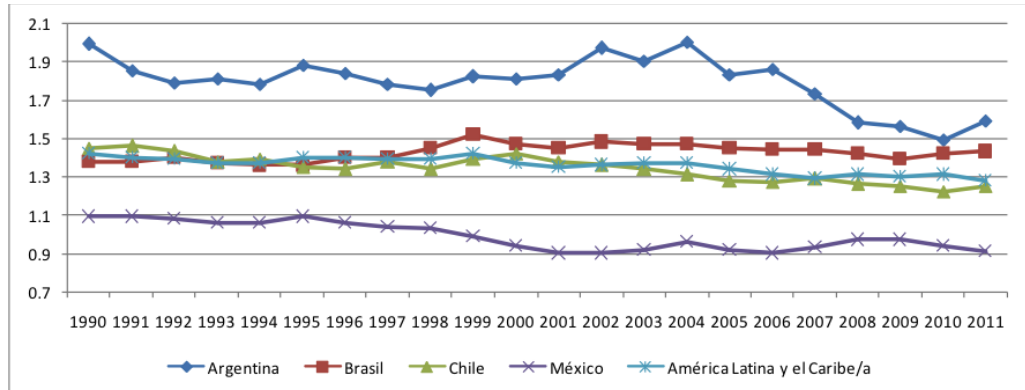
En el caso de los países en desarrollo las políticas tendientes a lograr la seguridad de abastecimiento, diversificación de las matrices energéticas y uso racional y eficiente de la energía parecen ser especialmente importantes, no sólo con el objeto de disminuir el impacto ambiental del consumo energético, sino también de reducir la vulnerabilidad de los sectores más afectados de la sociedad. Para completar la información referente a la contaminación y al impacto ambiental, en el anexo figuran las estimaciones de Intensidad energética (Consumo total de energía (primaria y secundaria)) para los principales países de América Latina y las emisiones de CO² de la combustión de petróleo en los principales países de América Latina y de Asia.

Bibliografía

- Alzugaray, J.J. 1973. Panorama del desarrollo siderúrgico español, *Dyna*, 12.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R. and Dasgupta, P. 1995. Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. *Science*, 268, April.
- Beckerman, W. 1992. Economic growth and the environment: whose growth? Whose environment? *World Development*, 20, 481-496.
- Bringezu, S., Schtz, H., Steger, S. and Baudisch, J. 2004. International comparison of resource use and its relation to economic growth. The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. *Ecological Economics*, 51, 97-124.
- Carpintero, O. y Naredo J.M. 2007. El metabolismo de la economía española. Flujos de energía, materiales y su incidencia ecológica. Centro de Investigación para la Paz, 2004, 321-349.
- Constantini, V. and Monni, S. 2008. Environment, human development and economic growth. *Ecological Economics*, 64, 867-880.
- Cole, M. and Raynor, A. The Environmental Kuznet Curve: An empirical analysis. *Environ. Devel. Econ.*, 2(4), 401-416.
- Culas, R. 2007. Deforestation and environmental Kuznet curve: an institutional perspective. *Ecological Economics*, 61, 429-437.
- De la Torre, L. 2010. El protagonismo de la energía en la clasificación ambiental de los proyectos de minerales de hierro, XV Congreso Geológico, Perú.
- Fernández de Pinedo, E. 2003. Desarrollo Crisis y Reconversión de la siderurgia española a través de una empresa Vizcaína, AHV (1929-1996). *Ekonomiaz*, 54.
- Federación siderometalúrgica de CC.OO. 1998. Perspectivas de futuro de la industria siderúrgica en España, Cuadernos de la Federación, 9.
- Friedl, B. and Getzner, M. 2002. Environment and growth in a small open economy: an EKC case-study for Austrian CO₂ emissions. *Diskussionsbeiträge des Instituts für Wirtschaftswissenschaften der Universität Klagenfurt*, Nr. 2002/02, Klagenfurt.
- Huang, W. and Lee, G. 2008. GHG emissions, GDP growth and the Kyoto Protocol: A revisit of Environmental Kuznet Curve hypothesis. *Energy Policy*, 36, 239-247.
- Holtz-Eakin, D. and Selden, T.M. 1995. Stoking the fires? CO₂ emissions and economic growth. *Journal of Public Economics*, 57, 85-101.
- Grossman, G. and Krueger, A. 1991. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *BER Working Paper*, 3914.
- Jia, S., Yang, H., Zhang, S. and Wang, L. Industrial Water Use Kuznet Curve: Evidence from Industrialized Countries and Implications for Developing Countries, 132(3).
- Kauppi, P. et al. 2006. Returning forests analyzed with the forest identity. *PNAS*, 103(46).
- Malembaum, W. 1978. *World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000*. Mc Graw-Hill, NY.
- Prados de la Escosura, L. 2007. Inequality, Poverty, And The Kuznet Curve In Spain, 1850-2000, Working Papers in Economic History, Universidad Carlos III de Madrid.
- Selden, T. and Song, D. 1994. Environmental Quality and Development: Is There a Kuznet Curve for Air Pollution Emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 147-162.
- Stern, D. 2003. The Environmental Kuznet Curve, International Society for Ecological. *Statistical Yearbook 2010*. World Steel Association (Worldsteel Committee on Economic Studies), Brussels.
- UNCTAD 2009. *World Investment Report*, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

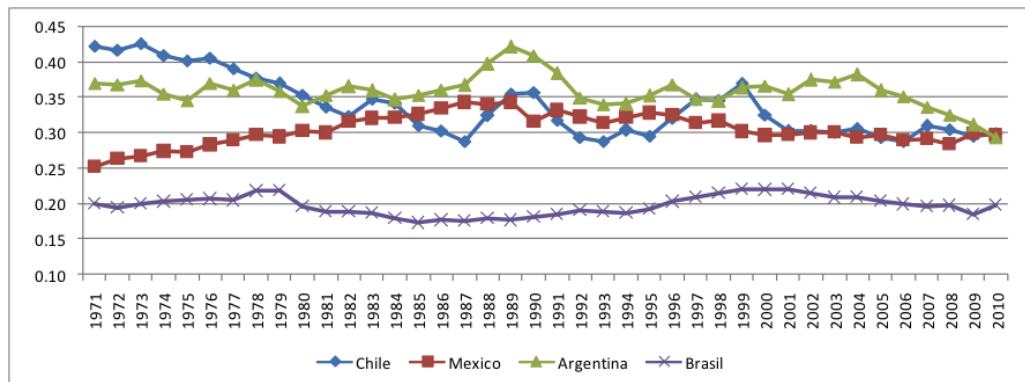
Anexo

Intensidad energética – Consumo total de energía (primaria y secundaria)



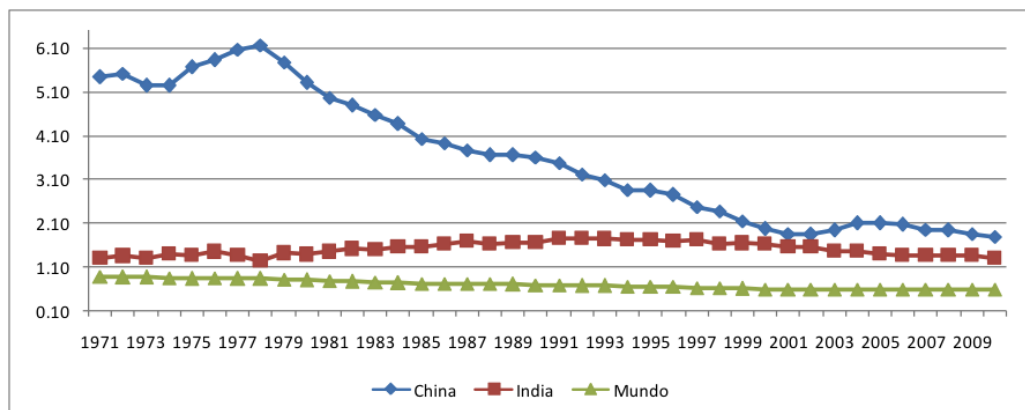
Fuente: elaboración propia en base a CEPAL Consumo total de energía (en miles de barriles equivalentes de petróleo) por millón de dólares de PIB (a precios constantes de 2005).

Emisiones de CO² de la combustión de petróleo – América Latina



Fuente: elaboración propia en base IEA, Paris, 2012, kg CO² / US dollar (a precios del 2005)

Emisiones de CO² de la combustión de petróleo – Principales países en desarrollo de Asia



Fuente: elaboración propia en base IEA, Paris, 2012, kg CO² / US dollar (a precios del 2005)



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

SDI
SECRETARÍA DE
DESARROLLO INSTITUCIONAL



ITP
Instituto de Trabajo
y Producción



IDE
Instituto de
Energía