



Universidad de  
**San Andrés**

**Universidad de San Andrés**

**Departamento de Economía**

Licenciatura en Economía

**¿CÓMO IMPACTA LA PRESIÓN DEMOGRÁFICA SOBRE LAS  
EMISIONES GLOBALES DE DIÓXIDO DE CARBONO?**

Autor Luciana Dovile

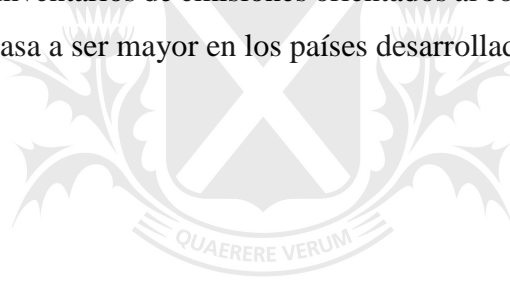
Legajo: 24075

Mentor: Walter Sosa Escudero

Victoria, Mayo 2017

## RESUMEN EJECUTIVO/ ABSTRACT

A pesar de la existencia de diferentes compromisos internacionales para combatir el cambio climático, las emisiones de gases de efecto invernadero continúan creciendo a un ritmo sin precedente. Esto se debe, en parte, a la incapacidad de los inventarios actualmente utilizados de medir el aporte nacional efectivo a las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, lo que permite generar una falsa idea de sustentabilidad. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto del crecimiento poblacional, la afluencia y la tecnología en las emisiones de dióxido de carbono (consumidas y producidas) e intentar responder a qué se debe que el impacto de la población no sea homogéneo si se diferencia a los países según su nivel de desarrollo. Para tal fin, usamos una muestra de 94 países para los años 1990-2008 y encontramos que existe una relación positiva entre la población y las emisiones de dióxido de carbono. La elasticidad población-emisiones en países en desarrollo es mayor que en los desarrollados para datos de emisiones territoriales, mientras que si se utilizan inventarios de emisiones orientados al consumo esta relación cambia y el impacto poblacional pasa a ser mayor en los países desarrollados.



Universidad de  
**San Andrés**

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer a Walter Sosa Escudero, a quien siempre pude acudir cuando me encontré ante alguna dificultad o con alguna pregunta sobre mi investigación. Él me dio la libertad de desarrollar un tema no tan familiar y me guió en la dirección correcta cada vez que lo necesité.

También quiero agradecer a Mariana Conte Grand de la Universidad del CEMA por haber participado en la validación de este proyecto de investigación. Tuve el placer de discutir con ella los temas centrales de este estudio e incluyo sus muy valiosas observaciones a lo largo del trabajo. Le estoy muy agradecida por sus comentarios, su participación y contribución apasionada.

Este logro no habría sido posible sin ellos.



Universidad de  
**San Andrés**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN EJECUTIVO/ ABSTRACT</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>2. LITERATURA PREVIA</b> .....	8
2.1. El Club de Roma y el modelo IPAT.....	8
2.2. “Too poor to be green” y el modelo EKC .....	9
2.3. Críticas al modelo EKC.....	11
<b>3. MODELO EMPÍRICO Y DATOS</b> .....	15
3.1. El modelo.....	15
3.2. Datos .....	17
<b>4. RESULTADOS</b> .....	19
4.1. Discusión .....	22
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	25
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	27
<b>ANEXOS</b> .....	30
Anexo 1: Países incluidos en la muestra .....	30
Anexo 2: Resumen de los estudios recientes que usan el modelo STIRPAT.....	31
<b>FIGURAS Y TABLAS</b> .....	33
Figura 1: La Curva Medioambiental de Kuznets .....	33
Figura 2: Efecto escala, efecto técnica y efecto composición en la EKC.....	34
Figura 3: El desarrollo de los inventarios de emisiones consumidas y producidas para países pertenecientes y no pertenecientes al Anexo B entre 1990-2008 .....	35
Tabla 1: Crecimiento de las emisiones de CO <sub>2</sub> , la población y el PIB per cápita entre 1990-2008.....	35
Tabla 2: Determinantes de las emisiones de CO <sub>2</sub> para todos los países de la muestra.....	36
Tabla 3: Determinantes de las emisiones de CO <sub>2</sub> para los países del Anexo B.....	37
Tabla 4: Determinantes de las emisiones de CO <sub>2</sub> para los países no pertenecientes al Anexo B .....	38

## 1. INTRODUCCIÓN

Toda actividad económica, si bien promueve la generación de riqueza, tiene inevitablemente un impacto ambiental. El impacto de la población sobre el ambiente resulta intuitivo: cada individuo demanda cierta cantidad de energía para satisfacer sus necesidades. *Ceteris paribus*, a mayor número de personas, mayor es la cantidad de energía demandada y, consecuentemente, mayor es la polución atmosférica. En particular, el dióxido de carbono<sup>1</sup> (CO<sub>2</sub>), producto de la deforestación o de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía, es el principal responsable del calentamiento global debido a su perpetuidad y creciente concentración en la atmósfera. Sus emisiones anuales han ido en aumento desde la revolución industrial gracias al crecimiento poblacional y económico, y actualmente alcanzan los niveles más altos de los últimos 800.000 años. De hecho, a pesar de la existencia de distintos acuerdos internacionales para combatir el cambio climático, sus emisiones se incrementaron alrededor del 80% entre 1970 y el 2004 (IPCC, 2014).

El Protocolo de Kioto fue fuertemente criticado por otorgarles a los países desarrollados plena responsabilidad de cumplir sus ambiciosos objetivos cortoplacistas y dejar fuera de la agenda a los países en vías de desarrollo, medidas que le quitaron efectividad. No obstante, la COP 21 realizada en París en 2015 fue un gran paso para combatir el cambio climático ya que introdujo dos grandes mejoras respecto a su predecesor. No solo China y Estados Unidos, los mayores productores de emisiones, se sumaron por primera vez al compromiso internacional, sino que lo que realmente destaca a este acuerdo es que obliga a todos los países signatarios a asumir compromisos cuantificados nacionales de reducción de emisiones de efecto invernadero. Sin embargo, para que estos acuerdos sean efectivos es necesario prestar particular atención a la forma que establecen y miden sus objetivos. Ambos acuerdos sugieren a los países realizar inventarios de las emisiones que producen en su territorio, pero, como sostienen Conte Grand y D'Elia (2014), esto no basta para analizar la contribución que un país hace al cambio climático. Si uno piensa en la ecuación macroeconómica básica (el producto de un país es igual al consumo más la inversión más las exportaciones menos las importaciones), queda claro que las emisiones territoriales (las resultantes de producir en un territorio) difieren de las emisiones por el consumo y la inversión de la comunidad en el contenido de carbono de su comercio internacional (Conte Grand, 2016). Para ejemplificar, supongamos que el mundo está compuesto por dos países: el país A se especializa en la producción de bienes intensivos

---

<sup>1</sup> A lo largo de este trabajo el término emisiones referirá a emisiones de Dióxido de Carbono.

en carbono, mientras que el país B se especializa en bienes carbono-neutros. Supongamos, además, que el país A exporta su producción al país B y que éste exporta sus productos al país A. Si utilizamos el enfoque propuesto por los tratados internacionales para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, el país A tendría mayores emisiones que el país B. En cambio, si permitimos el comercio entre países y asignamos las emisiones de CO<sub>2</sub> al país que consume el bien asociado a ellas, las estimaciones del país A disminuirían y las del país B aumentarían. Es claro, entonces, que a través del comercio -si se contabiliza solo la producción nacional- un país puede crear una ilusión de sostenibilidad (Rothman; 1998) y, en consecuencia, modificar las mediciones de emisiones para que reflejen este intercambio es un primer paso hacia el establecimiento de objetivos eficientes para combatir esta problemática mundial.

La población mundial, al igual que las emisiones, sigue una tendencia creciente en el corto-mediano plazo y el mayor crecimiento tendrá lugar en los países menos desarrollados<sup>2</sup>. Los primeros trabajos en estudiar el impacto de este factor sobre las emisiones suponían una elasticidad unitaria de las emisiones respecto del cambio en la población y, también, que este efecto era homogéneo para diferentes países con distintos niveles de ingreso per cápita (Dietz & Rosa, 1997). Sin embargo, estudios más recientes desestiman la validez de estos supuestos. Más aún, un gran número de estudios comparten dos conclusiones: por un lado, que las emisiones han crecido más rápido que la población y, por el otro, que esta relación es más pronunciada para los países en desarrollo que para los países desarrollados. Morales-Lage et al (2016), en línea con Martínez-Zarzoso et al (2007), analizan el impacto del crecimiento poblacional en las emisiones para los países de la Unión Europea entre 1971 y 2012 y encuentran resultados dispares entre sus viejos y nuevos miembros. Shi (2003), por su parte, encuentra una relación directa entre los cambios poblacionales y las emisiones para 93 países en el período 1975-1996 y concluye que el impacto es considerablemente más pronunciado en los países en vías de desarrollo, con una elasticidad emisión-población de 1.58, en comparación a los países más desarrollados (en donde la elasticidad es de 0.83). Cole y Neumayer (2004) obtienen un resultado similar. De esta forma, los trabajos más recientes no solo corroboran el supuesto que el crecimiento poblacional es una variable significativamente positiva ante las emisiones, sino que también sostienen que en los países menos desarrollados, donde la presión demográfica está en aumento, dicho impacto es mayor. No obstante, a nuestro entender, todavía

---

<sup>2</sup> De hecho, se proyecta que la población mundial va a incrementarse en más de un billón de personas en los próximos 15 años y que la población de los países menos desarrollados se duplicará, pasando de 954 millones de habitantes en 2015 a 1.9 billones en 2050 (UN DESA, 2015).

no se han analizado estos supuestos bajo los distintos principios de medición de emisiones por lo que los resultados podrían no mantenerse.

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto del crecimiento poblacional, la afluencia y la tecnología en las emisiones de dióxido de carbono (consumidas y producidas) e intentar responder a qué se debe que el impacto de la población no sea homogéneo si se diferencia a los países según su nivel de desarrollo. Para tal fin, usamos una muestra de 94 países para los años 1990-2008 y distinguimos a los países que pertenecen al Anexo B del Protocolo de Kioto (proxy de países desarrollados) de los que no (proxy de países no desarrollados).

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: la segunda sección presenta el marco teórico, la revisión de la literatura y las hipótesis; la tercera sección detalla el modelo empírico y la metodología utilizada; la cuarta sección describe y discute los resultados, y la quinta sección 5 expone las conclusiones.



Universidad de  
**San Andrés**

## 2. LITERATURA PREVIA

Si bien establecimos que las actividades humanas influyen el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, resulta difícil determinar cuáles son las principales fuentes antropogénicas y hasta qué punto ellas ayudan a aumentar o a disminuir dichas emisiones. Debido a esto y para implementar medidas efectivas para combatir el cambio climático, nace una literatura que examina cuál es el efecto de diversos factores en el ambiente. En particular, la relación entre las emisiones, el ingreso y el crecimiento poblacional de los países ha generado un gran debate.

### 2.1. El Club de Roma y el modelo IPAT

La visión del Club de Roma en su publicación “Límites al Crecimiento” (Meadows et al, 1972) predominó la escena a principios de la década del setenta y sostenía que, a medida que el ingreso crece, el planeta se contamina y que llegará un momento en que ese exceso de contaminación limitará el crecimiento. En esta línea, Ehrlich y Holdren (1971) sugirieron un marco analítico para medir el impacto medioambiental con la ecuación IPAT ( $I = PAT$ ), según la cual los impactos en el ambiente (I) se deben a una combinación de tres fuerzas: la población (P), la “afluencia” (A, aproximada por el ingreso per cápita); y la tecnología (T). Así, se estableció que el crecimiento poblacional y el desarrollo de los países llevan necesariamente al deterioro del ambiente pero, también, que la tecnología es un factor neutral o incluso benéfico (Carson, 2010). Birdsall (1992) especificó dos mecanismos a través de los cuales el crecimiento demográfico aumenta las emisiones de gases de invernadero. En primer lugar, cuanto mayor es una población más energía demanda, ya sea para utilizar como energía, para su industria o transporte, lo que se traduce en un aumento de las emisiones de combustibles fósiles. En segundo lugar, el acelerado crecimiento poblacional suele estar aparejado con altos niveles de deforestación, cambios en el uso de la tierra, y la combustión de la madera para el combustible. Más aún, este crecimiento puede abrumar la capacidad de una sociedad para planificar y adaptarse. Particularmente, en los países en desarrollo que suelen presentar altos niveles de pobreza o falta de derechos de propiedad, el crecimiento de la población ha impedido la adopción de nuevas tecnologías más costosas que detengan o retrasen la degradación ambiental.

El IPAT es una identidad multiplicativa que asume, *ceteris paribus*, proporcionalidad en los efectos de las variables explicativas. En consecuencia, Dietz y Rosa (1994) afirmaron que el modelo es puramente conceptual y que no permite estudiar empíricamente el impacto individual de cada factor. Otra crítica que debió afrontar es característica de todos los modelos



de simulación: estos proyectan lo que va a pasar con cada una de las variables explicativas para luego proyectar las emisiones pero no tienen en cuenta el comportamiento económico de consumidores y empresas (Stanton et al, 2009; Carson, 2010). Es decir, no tienen en cuenta un sistema de precios ni un equilibrio y no pueden hacer un análisis económico de costo-beneficio.

## 2.2. “Too poor to be green” y el modelo EKC

La idea detrás de la evidencia empírica publicada a principios de la década del noventa era “demasiado pobre para ser verde”. Esto es, los países más pobres no son “verdes” bien porque les falta conciencia ecológica (no demandan bienes sustentables porque tienen necesidades más inmediatas), bien porque no pueden financiar la inversión para el cuidado del medioambiente o ambas razones (Martínez-Alier, 1995). Más aún, Beckerman (1992) sostiene que la fuerte correlación entre el ingreso y las medidas de protección ambiental adoptadas por un país demuestra que, en el largo plazo, el modo más seguro para mejorar el medioambiente es “hacerse rico”. El *World Development Report* (1992) propuso acelerar el crecimiento de ingreso equitativo para lograr un producto mundial mayor y así mejores protecciones medioambientales (Ekins, 1993). Esta propuesta es el fundamento detrás de la literatura de la Curva Medioambiental de Kuznets (o EKC por sus siglas en inglés).

El modelo EKC establece que, en las primeras etapas del desarrollo económico, la degradación del medio ambiente empeora a medida que el ingreso per cápita crece, hasta llegar a un punto en el que la tendencia se revierte y se producen mejoras ambientales. Luego, esta hipótesis postula una relación de U invertida entre un indicador ambiental y el ingreso per cápita (**ver Figura 1**). La principal justificación detrás de esta forma considera al medio ambiente un bien normal y, en consecuencia, a medida que los individuos disfrutan de mayores ingresos, exigen una mejor calidad ambiental, ya sea a través de mercados o políticas reguladoras (Beckerman, 1992; Aldy, 2005). Ante esta perspectiva, la curva de Kuznets da una visión alentadora ya que, de ser válida, el crecimiento económico dejaría de ser una amenaza para el medioambiente y sería el medio para promover su cuidado. Cabe destacar, entonces, que el debate del que surge la EKC es casi idéntico al que mantenían en el Club de Roma: ambos bandos se preguntaban si el crecimiento económico debía ser ralentizando o frenado para evitar seguir perjudicando al ambiente. Sin embargo, el contexto en el que surge este interrogante es distinto para cada modelo. La Curva fue propuesta por economistas interesados en el crecimiento y el comercio de los países en el contexto de un acuerdo de comercio

internacional<sup>3</sup>, y no por economistas interesados en los recursos naturales en un contexto donde se buscaba controlar la contaminación generada (Carson, 2010).

La voluminosa literatura sobre la EKC surgió del lado empírico a principios de los años noventa y reportó resultados mixtos e inconclusos. En general, usando distintas bases de datos de contaminación ambiental, los estudios se apoyaron en regresiones cuadráticas o cúbicas simples entre contaminación, niveles de ingreso per cápita y algunas variables de control adicionales. Los trabajos pioneros fueron los de Grossman y Krueger (1991, 1995), Shafik y Bandyopadhyay (1992), Shafik (1994), Selden y Song (1994), Holtz-Eakin y Selden (1995) y Panayotou (1993), siendo este último el que por primera vez empleó el término de EKC. Selden y Song (1994) usan datos de panel para cuatro contaminantes del aire<sup>4</sup> y confirman la existencia de la U invertida; mientras que Holtz-Eakin y Selden (1995), con datos de CO<sub>2</sub>- un gas invisible, inoloro y sin efectos directos sobre la salud humana-, encuentran una relación positiva con el ingreso per cápita. Este último resultado desafía al modelo EKC al evidenciar que se debe hacer una distinción entre externalidades locales y globales. De hecho, Rothman (1998) concluye que los resultados obtenidos en los primeros trabajos dependen del indicador de contaminación utilizado. De esta forma, los trabajos que evidencian la existencia de la Curva suelen estudiar gases locales o contaminantes con costos de reducción bajos y de corto plazo, que se caracterizan por ser de fácil detección y por tener efectos negativos sobre la salud o la calidad de vida de la población (Arrow Et Al., 1995; Panayotou, 1997; Rothman, 1998; Dinda, 2004). Por el contrario, suelen rechazar la hipótesis quienes estudian gases globales o contaminantes que conllevan consecuencias a largo plazo, cuyos efectos no son inmediatos para la salud humana o para su calidad de vida y cuyos costos de reducción son altos (Stern, 2004, Arrow Et Al., 1995; Rothman, 1998; Dinda, 2004). A modo de ejemplo, Shafik (1994) encuentra que algunos indicadores medioambientales mejoran cuando aumenta el ingreso (por ejemplo agua y saneamiento), otros empeoran pero después mejoran (óxido de azufre) y otros empeoran contundentemente (oxígeno disuelto en ríos, desechos sólidos municipales y emisiones de dióxido de carbono). Esta imagen se ajusta a la teoría de la economía ambiental: los impactos de contaminantes locales se internalizan dentro de una economía o región y es probable que, gracias a sus bajos costos de control, den lugar a políticas ambientales para

---

<sup>3</sup> Se trató del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA por sus siglas en inglés) que entró en vigor en 1994 entre los gobiernos de Canadá, de los Estados Unidos y de México.

<sup>4</sup> Los contaminantes utilizados son: partículas en suspensión, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y monóxido de carbono.

corregir sus externalidades antes de que tales políticas se apliquen a problemas externalizados globalmente. En cambio, los contaminantes globales, como los gases de efecto invernadero, generan más incentivos a hacer *free riding*. Por lo tanto, el “efecto espacial”, el efecto relativo sobre la salud (Kaika y Zervas (2013b) y el costo relativo de control (Roca, 2003; Dasgupta et al, 2002) son las características del contaminante estudiado que se ponderan a la hora de conducir (o no) a un patrón EKC.

### **2.3. Críticas al modelo EKC**

Stern (2004) sostiene que la U invertida de la EKC es un fenómeno esencialmente empírico y que su literatura es econométricamente débil, ya que no suele tener en cuenta las propiedades estadísticas de los datos utilizados<sup>5</sup> y la adecuación de los modelos no suele ser correcta (Wagner, 2008). Más aún, argumenta que las críticas a esta literatura se concentran bajo cuatro categorías: problemas de heteroscedasticidad, de simultaneidad, de sesgos por variables omitidas y problemas de cointegración. Además, se critica el supuesto implícito de que el ingreso está normalmente distribuido entre países. El ingreso per cápita representa el ingreso promedio de un agente representativo de una economía. En general, los trabajos de esta literatura combinan esta variable para distintos países con la intención de estimar el nivel de ingresos medio que corresponde al punto de retorno del patrón EKC (Lieb, 2003; Panayotou, 2003; Dinda, 2004). No obstante, la distribución mundial del ingreso está sesgada con un mayor número de personas por debajo de la renta media mundial (Stern, 2004), lo que le resta validez a esta suposición. De hecho, incluso si damos por válidos a los puntos de retorno estimados en la literatura, los niveles de ingreso en los países donde vive gran parte de la población están considerablemente por debajo de esos puntos de viraje, por lo que las condiciones ambientales tenderían a empeorar en la mayoría de los países durante un período prolongado de tiempo antes de mejorar. Inclusive, hay trabajos que encuentran el punto máximo de la función por fuera de los rangos de ingresos de la muestra (Aldy, 2005). Es claro entonces que, de ser válidas las estimaciones, el nivel de ingresos estimado no representa un nivel alcanzable para el agente económico representativo y, por consiguiente, el modelo pierde capacidad de aplicación práctica.

---

<sup>5</sup> Mir y Storm (2016) sostienen que los resultados suelen ser sensibles a la muestra de países y al período utilizado; y que la U invertida suele presentarse para países desarrollados o para muestras de un mismo país para un período determinado de años. Así, afirman que no hay evidencia inequívoca y robusta que apoye a la EKC.

Otra crítica que recibieron estos trabajos empíricos es que, al usar modelos tan simples, no pudieron explicar cuál era el motivo por el cual la relación con forma de U se producía; y, como la causalidad es fundamental desde el punto de vista de las aplicaciones de política, surgió una literatura teórica para tratar de salvar esa brecha de interpretación<sup>6</sup>. Varios autores sostienen que las dos fuerzas fundamentales detrás del patrón EKC son el progreso técnico y los cambios estructurales (Grossman and Krueger, 1995; Arrow et al., 1995; Kaika y Zervas, 2013a). El primero incluye cualquier mejora en la tecnología de producción que resulte en un menor uso de insumos por unidad de producto y/o la adopción de tecnologías más limpias que sustituyan a las tecnologías viejas y sucias en la producción de bienes (llamamos a esto **efecto técnica**). Por su parte, los cambios estructurales implican la transición de la producción industrial -intensiva en contaminación- al sector de servicios basado en información, que se considera menos contaminante (Panayotou, 2003). Llamamos **efecto composición** a este cambio en los patrones de producción. Las primeras etapas del crecimiento económico, cuando domina la producción primaria, se caracterizan por la abundancia de recursos naturales y una generación limitada de desechos. A medida que la economía se industrializa, se produce un agotamiento significativo de los recursos naturales y se acumulan desechos. Esto se conoce como el **efecto escala** de la producción sobre el medio ambiente. En la **Figura 2** se puede observar que este efecto genera una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental cuando la economía pasa de la agricultura (sector primario) a la actividad industrial (sector secundario). En esta etapa, el desarrollo económico ofrece la oportunidad de invertir en industrias y servicios intensivos en información (efecto composición), así como mejorar las técnicas de producción o adoptar tecnologías más limpias (efecto técnica). Como se observa en la **Figura 2**, estos dos efectos pueden superar el efecto escala y generar la tendencia decreciente de la curva EKC (Dinda, 2004).

Sin embargo, este mecanismo solo representa a la producción de una economía sin tener en cuenta a su consumo. De esta forma, si la demanda de bienes intensivos en energía es satisfecha por importaciones, los estudios EKC deberían también considerar cambios en la elasticidad-ingreso de la demanda de estos bienes (Rothman, 1998; Cole, 2004; Kaika y Zervas, 2013a). En esta línea, varios autores sostienen que la U invertida surge como resultado del comercio internacional (Suri and Chapman, 1998; Cole, 2004; Dasgupta et al, 2002; Aldy,

---

<sup>6</sup> Ver Stern (2004), Dinda (2005), Kijima et al (2010) y Carson (2010) para buenas revisiones de la literatura teórica y empírica de la EKC.

2005). De hecho, Grossman and Krueger (1995) proponen que la **exportación de industrias contaminantes o fuga de carbono** es otra justificación para dicho modelo. Según ellos, hay una reubicación de las industrias contaminantes procedentes de países desarrollados, con estrictas regulaciones ambientales, hacia los menos desarrollados, con regulaciones ambientales más débiles, con un uso menos eficiente de la energía y, por tanto, más contaminantes<sup>7</sup>. Por consiguiente, que una economía disminuya su nivel de polución puede representar, simplemente, un traspaso de una industria y su contaminación a otro país del que después importará los bienes producidos.

“Cada vez hay más pruebas de que el rápido crecimiento del comercio internacional y el cambio de la actividad económica de los países del Anexo B hacia los servicios son importantes para impulsar el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países no pertenecientes a dicho Anexo (...) esto explica alrededor de una cuarta parte del crecimiento de las emisiones por la quema de combustibles fósiles desde el 2000 (Le Quéré et al, 2009)”

Gráficamente, en la **Figura 2**, la pendiente descendente puede reflejar una combinación entre la transición de la industria manufacturera a la de los servicios, como también un aumento en las importaciones de productos manufacturados intensivos en emisiones. En consecuencia, lo que parecen ser mejoras en la calidad ambiental puede ser en realidad indicadores de una mayor capacidad de los consumidores en las naciones ricas de distanciarse de la degradación ambiental asociada a su consumo (Rothman, 1998). Cabe destacar entonces que, de ser esto cierto, el proceso de mejora ambiental es temporal y no es infinitamente replicable, ya que los países pobres de hoy serán incapaces de encontrar otros países desde los cuales importar productos intensivos en carbono a medida que ellos mismos se enriquecen (Andreoni y Levinson, 2001; Stern, 2004; Aldy, 2005; Mir y Storm, 2016). Ante estas circunstancias, los países en desarrollo tendrán que afrontar la difícil tarea de reducir su polución en lugar de exportarla a otros países (Arrow et al 1995).

La fuga de carbono aplicada a contaminantes locales puede ser una opción racional; no obstante, en el caso de contaminantes globales, los consumidores asumirán sus costos independientemente de dónde ocurra la producción (Peters y Hertwich, 2008). Sería de esperar, entonces, que la política óptima para estos contaminantes considerara las implicancias del comercio internacional. Como analizamos en la primera sección, el **Principio de consumo** para la elaboración de inventarios de gases de efecto invernadero conecta las emisiones

---

<sup>7</sup> A esto se lo conoce en inglés como *'the pollution haven effect'*.

producidas al país consumidor y, en consecuencia, su implementación eliminaría este problema de *outsourcing* de contaminantes<sup>8</sup> (Munksgaard y Pedersen, 2001; Peters y Hertwich, 2008).

El efecto del crecimiento poblacional sobre diferentes variables de degradación ambiental ha sido ampliamente estudiado en los últimos años (**Ver Anexo 2**). Si bien varios autores han incorporado los dos principios de mediciones a sus trabajos empíricos<sup>9</sup>, a nuestro entender, todavía no se han realizado estudios que analicen este efecto abordando esta problemática. Para salvar este problema, en la siguiente sección, estudiaremos el impacto de la densidad poblacional sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> teniendo en cuenta estos dos principios de contabilidad.



---

<sup>8</sup> Si en cambio se utiliza el **Principio de producción** para medir las emisiones de un país que cubre su demanda importando bienes, la fuga de carbono será inadvertida, lo que resultará en un sesgo hacia la aceptación de la hipótesis EKC.

<sup>9</sup> Ver los trabajos de: Munksgaard y Pedersen (2001); Aldy (2005); Peters y Hertwich (2008, a, b); Levinson (2009); Nakano et al (2009); Peters et al (2011); Mir y Storm (2016)

### 3. MODELO EMPÍRICO Y DATOS

#### 3.1. El modelo

Siguiendo a Morales-Lage et al (2016), este trabajo utiliza el modelo STIRPAT (*Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology*) como marco teórico y analítico. Dicho modelo es una versión estocástica de la ecuación IPAT y fue formulado por Dietz y Rosa (1997) para verificar si la elasticidad entre población y emisiones es unitaria<sup>10</sup>. La **ecuación 1** muestra la especificación de este modelo:

$$I_i = aP_i^\beta A_i^\gamma T_i^\delta e_i \quad (1)$$

donde  $a$  es una constante,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  son los exponentes a estimar,  $e$  es el término error y la unidad de análisis son países representados por el subíndice  $i$ . Esta relación surge del análisis de diferentes factores que influyen sobre el **impacto ambiental (I)**:

- A. **Tamaño poblacional (P)**: a mayor población, mayores son las emisiones;
- B. **“Afluencia” (A- aproximada por el PIB per cápita)**: cuanto mayor el ingreso de un país, más emisiones genera;
- C. **Nivel de daño medioambiental de la tecnología (T)**: causado por la intensidad energética consumida. Es de esperar que las economías industriales sean intensivas en energía y que, en consecuencia, produzcan mayores emisiones. De ser así, las economías enfocadas al sector servicios deberían ser menos intensivas en energía y sus emisiones menores (Shi, 2003).

Si a la ecuación 1 le agregamos la variable urbanización y le aplicamos logaritmos naturales, el modelo para datos en panel toma la siguiente forma:

$$\ln CO2CONS_{it} = a_0 + a_1 \ln(P_{it}) + a_2 \ln(A_{it}) + a_3 \ln(IND_{it}) + a_4 \ln(SV_{it}) + a_5 \ln(EI_{it}) \\ + a_6 \ln(URB_{it}) + Y_t + C_i + u_{1it} \quad (2)$$

$$\ln CO2PROD_{it} = b_0 + b_1 \ln(P_{it}) + b_2 \ln(A_{it}) + b_3 \ln(IND_{it}) + b_4 \ln(SV_{it}) + b_5 \ln(EI_{it}) \\ + b_6 \ln(URB_{it}) + Y_t + C_i + u_{2it} \quad (3)$$

---

<sup>10</sup> La principal diferencia entre los modelos STIRPAT y EKC es que el último asume que la elasticidad población-degradación es unitaria (que, por supuesto, es solo una posibilidad y puede entrar en conflicto con la realidad) y, en consecuencia, utiliza su variable dependiente en términos per cápita. En cambio, STIRPAT tiene como objetivo estimar esa elasticidad para lo que usa las emisiones totales e incluye el tamaño poblacional como una variable independiente.

donde el subíndice  $i$  representa a los países y  $t$  representa los diferentes años del panel.  $CO2CONS_{it}$  es la cantidad de toneladas de emisiones de dióxido de carbono consumidas en cada país y año, mientras que  $CO2PROD_{it}$  es la cantidad de toneladas de dichas emisiones producidas para cada país y año;  $P_{it}$  es la población total de cada país;  $A_{it}$  es el PIB per cápita basado en la paridad del poder adquisitivo (PPA)<sup>11</sup>;  $URB_{it}$  es el porcentaje de la población urbana sobre el total de población y  $u_{1it}$  y  $u_{2it}$  son el término error correspondiente a cada regresión. Bongaarts (1992) sugirió que la diferencia en la intensidad energética entre países se debe a las diferentes estructuras económicas de cada país. Por eso, la variable T de la **ecuación 1** es aproximada por las siguientes variables:  $IND_{it}$  es la participación de la actividad industrial en el PIB,  $SV_{it}$  es la participación del sector de servicios en el PBI y  $EI_{it}$  o intensidad energética es un indicador de cuánta energía se necesita para producir una unidad de producto (ratio entre el suministro de energía y el PIB medido en PPA). La constante  $C_i$  representa los efectos fijos individuales y captura todo aquello que no varía en el tiempo que determina a la variable dependiente y es específico de cada país, como la ubicación geográfica, las diferencias climáticas, la dotación de recursos naturales y las políticas y regulaciones medioambientales. Al controlar por no observables que son constantes en el tiempo, incluir esta *dummy* soluciona el problema de endogeneidad de *cross-section*. A su vez, las emisiones pueden verse afectadas por factores que son compartidos por todos los países en un determinado momento del tiempo (fluctuaciones macroeconómicas o cambios en los precios internacionales de la energía);  $Y_t$  es una *dummy* por año que captura estos efectos fijos por tiempo y soluciona el problema de *times series* al eliminar todas aquellas cosas que en el tiempo se mueven juntas. Agregar estas *dummies* es un tratamiento estándar para el análisis de paneles de datos y ayuda a minimizar posibles sesgos de heterogeneidad y problemas de estimaciones espurias (Wooldridge, 2009).

El modelo ha sido estimado en logaritmos para facilitar la estimación de efectos transversales y temporales. Gracias a esto, los coeficientes de las variables explicativas pueden ser directamente interpretados como elasticidades: estos indican el cambio porcentual en  $CO_2$  como respuesta a un cambio del 1% en la población cuando los otros factores son constantes.

---

<sup>11</sup> La Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) sirve para comparar ingresos entre países considerando el costo de vida en cada país, no solamente las diferencias en el tipo de cambio (por eso es que se habla de paridad en el “poder adquisitivo”).



### 3.2. Datos

Para estimar el modelo STIRPAT utilizamos datos que comprenden el período 1990-2008 para 94 países a los que dividimos según si pertenecen o no al Anexo B del Protocolo de Kioto. El **Anexo 1** provee una lista de los países incluidos en la muestra, que representan aproximadamente el 89% de la población mundial. Utilizamos la base de datos de emisiones creada<sup>12</sup> por Peters et al (2011) y obtenemos las otras variables de los Indicadores de Desarrollo Mundial publicados por el Banco Mundial. Cabe destacar que nuestra muestra presenta dos limitaciones que pueden llegar a sesgarla: i) incluye a los países para los cuales a ese momento habían datos de emisiones de CO<sub>2</sub> (solo 94 de un total de 216); ii) considera a solo uno de los seis gases de efecto invernadero, no obstante el más importante ya que en 2010 representaba el 76% de las emisiones globales. Para evitar posibles sesgos, se podrían realizar mejoras al presente trabajo al emplear muestras de datos que abarquen más naciones para un período más extenso de tiempo.

La **Tabla 1** provee la estadística descriptiva del panel de datos utilizado<sup>13</sup>. Entre 1990 y 2008 las emisiones territoriales de nuestra muestra crecieron 37.74% y las consumidas 38.48%, mientras que la población se incrementó 25.31%. Luego, las emisiones (sin importar el principio utilizado) aumentaron a una tasa mayor que la población. No obstante, si comparamos los cambios en las emisiones y la población por subgrupos la conclusión anterior solo se sostiene para los países menos desarrollados, resultado que está en línea con las conclusiones establecidas en la literatura. Tanto las emisiones consumidas (115.79%) como las producidas (126.4%) en los países no pertenecientes al Anexo B crecieron a una tasa mayor que su población (30.69%). Más aún, las emisiones de los países menos desarrollados (empleando los dos principios) crecieron más deprisa que las de los países del Anexo B, y su población se incrementó significativamente más (30.69% vs 7.51%). Sin embargo, el incremento del PIB per cápita de los grupos fue similar. Dicha tabla nos permite entender la importancia de usar

---

<sup>12</sup> Peters et al (2011) utilizaron la matriz insumo-producto para confeccionar una base de emisiones de dióxido de carbono (producidas y consumidas) para 113 países de 1990 a 2008 siguiendo la metodología TSTRD. Para tal fin, emplearon los datos de emisiones anuales generadas por la quema de combustibles fósiles y la producción de cemento y gas del *Carbon Dioxide Information Analysis Center* (CDIAC, <http://cdiac.ornl.gov>). El período contemplado nos permite analizar los datos desde el año base del Protocolo de Kyoto (1990).

<sup>13</sup> Es importante destacar que la diferencia a nivel mundial entre las emisiones basadas en la producción y las basadas en el consumo debería ser nula; sin embargo, en nuestra muestra de 94 países las emisiones consumidas exceden, en promedio, a las producidas.

ambas metodologías para la medición de los gases de efecto invernadero. Las emisiones del Anexo B, según el criterio de producción, disminuyeron 1.83% al mismo tiempo que su PIB per cápita aumentó 64.13%, lo que indica un desacople del crecimiento respecto de las emisiones. Empero esta reducción no basta para cumplir los objetivos que el grupo debía alcanzar según el Protocolo de Kioto (una reducción del 5%). Ahora bien, al utilizar la metodología que tiene en cuenta el comercio internacional vemos que para este grupo las emisiones no han disminuido sino aumentado 6.6%, lo que indica que su desacople se podría explicar gracias a la fuga de carbono. En cambio, las emisiones consumidas de los países no pertenecientes a este Anexo crecieron a una tasa menor que las producidas, lo que sostiene la teoría de que exportaron su producción a los países desarrollados. En la siguiente sección evaluaremos la robustez de estas relaciones controlando por otros factores.



Universidad de  
**San Andrés**

## 4. RESULTADOS

Para estudiar si el efecto de la presión poblacional difiere según el ingreso de los países, dividimos nuestra estimación en dos partes. Primero, estimamos la totalidad de la muestra y luego, basándonos en la clasificación del Protocolo de Kioto, la dividimos en dos subgrupos (**ver Anexo 1**): los miembros del Anexo B (35 economías ricas y desarrolladas) y los países que no miembros del Anexo B (59 economías en desarrollo).

Corrimos los test de White y Breuch-Pagan para comprobar si hay heteroscedasticidad en nuestra muestra. Al rechazar la hipótesis nula, aplicamos la corrección de White para tener una estimación robusta de la matriz de varianza-covarianza. El resultado del test de Wald nos lleva a rechazar la hipótesis nula que postula que los efectos individuales no son significativos. De esta forma, no podemos aceptar la existencia de un intercepto común y consistente para todos los países (supuesto que hace el modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios u OLS por sus siglas en inglés) ya que cada país de la muestra tiene un punto de partida distinto. Para abordar este problema, aplicamos el modelo Efectos Fijos o FE del término de en inglés *Fixed Effects*. Con el objeto de dilucidar si el modelo de efectos aleatorios (o RE del inglés *Random Effects*) realiza una mejor estimación que el modelo de efectos fijos, corrimos el test de Hausman, que verifica la ortogonalidad de los efectos aleatorios con los regresores. Bajo la hipótesis nula de no correlación, ambos modelos son consistentes pero el modelo FE es ineficiente, mientras que la alternativa asume que el modelo de FE es consistente pero no el modelo RE. Los resultados de la prueba de Hausman nos llevan a rechazar la hipótesis nula y, por lo tanto, el modelo FE es eficiente y consistente. Las **ecuaciones 2 y 3** fueron estimadas para toda la muestra y los resultados se exponen en la **Tabla 2**. Las estimaciones de todas las variables bajo el modelo FE (columnas 5 y 6) son significativas y tienen el signo esperado (a excepción de la variable SV que reporta un efecto pequeño y no significativo en el caso de la ecuación 3).

El valor cercano a 1 del coeficiente  $\rho(0.967)$  o  $\rho(0.961)$ , respectivamente, puede inducir al modelo FE al problema de no estacionalidad que genera estimaciones espurias. Formalmente, una variable se define como estacionaria si su varianza y su valor esperado no dependen del tiempo, y si la covarianza entre el valor de la variable en el tiempo  $t$  y en  $t + s$  tampoco lo hace. Solamente la inferencia estadística con variables estacionarias proporciona resultados válidos y esto se debe a que si las variables son no estacionarias, cualquier correlación entre la variable explicativa y la dependiente podría deberse a la tendencia en ambas variables, que es causada por una tercera variable no incluida en el modelo. Para comprobar si

los datos utilizados son estacionarios realizamos el test propuesto por Levin et al. (2002) que, bajo la hipótesis nula, asume que hay un proceso de raíz unitaria común y que los coeficientes auto regresivos son idénticos para todos los países. Los resultados del test nos hacen aceptar la existencia de raíces unitarias en niveles para la variable población. No obstante, todas las variables son estacionarias cuando les tomamos primeras diferencias<sup>14</sup>. Esto implica que sufren de autocorrelación en primer orden. Luego, si tomamos primeras diferencias (o FD por su denominación en inglés *first differences*) y estimamos por OLS, las variables pasan a ser series estacionarias con menor correlación lo que soluciona el problema. Como sostiene Wooldridge (2009), realizar este cambio en las variables ayuda a reducir o incluso a eliminar el problema de correlación serial. En consecuencia, como los estimadores en FD abordan adecuadamente todas las preocupaciones econométricas importantes<sup>15</sup> (autocorrelación, heteroscedasticidad y no-estacionalidad), preferimos los coeficientes de los modelos de FD.

Para mejorar la estimación, repetimos el proceso anterior para los dos subgrupos de países antes mencionados y presentamos los resultados obtenidos en las **Tablas 3 y 4**. Las estimaciones del modelo FD se presentan, respectivamente, en las columnas 7 y 8. Para los países **pertenecientes al Anexo B (Ver Tabla 3)**, el tamaño poblacional es positivo y significativo. Más aún, el efecto de esta variable es más que proporcional (1.544) cuando se utilizan emisiones consumidas, por lo que se refuerza la idea de que usar un único sistema de medición de las emisiones puede subestimar las estimaciones de los efectos. La elasticidad entre la “afluencia” y las emisiones es significativa y casi unitaria (0.986), mientras que la participación de la industria y los servicios en el PIB no son significativos para ningún modelo<sup>16</sup>. Las variables urbanización e intensidad energéticas son significativas y tienen el signo esperado. Este resultado está en línea con los trabajos de Cole & Neumayer (2004),

---

<sup>14</sup> Como sostiene Liddle (2015), al tomar primeras diferencias para transformar las variables en estacionarias los coeficientes estimados pasan a interpretarse como cambios porcentuales en la tasa de crecimiento de la variable dependiente por los cambios porcentuales en la tasa de crecimiento de variables independientes.

<sup>15</sup> Cramer (2002) manifestó su preocupación por la potencial retroalimentación de la contaminación en la población. Si bien el efecto directo es probable que sea pequeño ya que la mortalidad por polución es escasa (y cero en este momento con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>), a nivel local podría haber motivos para preocuparse por el sesgo de simultaneidad ya que la contaminación podría tener un efecto sobre la migración neta. Sin embargo, dado que el alcance es transnacional nuestra investigación no debería presentar problemas de causalidad inversa.

<sup>16</sup> Corrimos el modelo para toda la muestra y para los dos grupos por separado sin las variables participación el sector industrial y servicios en el PIB y no se produjeron cambios significativos (todas las variables restantes continuaron siendo significativas).

Poumanyvong y Kaneko (2010), Liddle y Lung (2010), Zhu y Peng (2012) e Iwata y Okada (2014) quienes encuentran una relación positiva entre la tasa de urbanización de un país y su nivel de emisiones. Un punto a destacar es que el efecto de la ineficiencia energética en los países ricos es más que proporcional (1.082) cuando se emplea el principio de producción. Dado que los tratados internacionales utilizan estos inventarios, deberían incentivar a este grupo de países a mejorar su eficiencia energética en post de disminuir su impacto ambiental.

Los resultados de las estimaciones para los países **no pertenecientes al Anexo B** se presentan en la **Tabla 4**. El coeficiente estimado del tamaño poblacional para la **ecuación 2** no es significativo, mientras que para la **ecuación 3**, la elasticidad población-emisiones es significativa y más que proporcional<sup>17</sup>. A diferencia del otro subgrupo, el efecto de la participación del sector servicios en la economía es significativo y tiene el signo esperado, en consecuencia, el desarrollo de este sector ayudaría a los países emergentes a disminuir su polución. Es importante destacar la elasticidad unitaria entre el nivel de urbanización y las emisiones de los países menos desarrollados, sobre todo porque este fenómeno está centrado en este grupo de países donde ocurrirá casi el 99 por ciento de la urbanización de acá a 2050 (Runde, 2015). Luego, podría resultar intuitivo que el estilo de vida llevado a cabo en las ciudades implique mayor generación de polución ya que está relacionado con un mayor consumo de energía, servicios, sistemas de transporte y viviendas más pequeñas<sup>18</sup>. Incluso, el incremento de la tasa de urbanización puede significar un aumento de la superficie deforestada de un país en respuesta a la necesidad espacial para la expansión urbana. Esto generaría una reducción de este sumidero de carbono que implicaría menor absorción y mayores emisiones en la atmósfera.

---

<sup>17</sup> El impacto ambiental de la población puede cambiar con el nivel de desarrollo (ingreso) o el tamaño de la población. Debido a eso, corrimos un modelo que permite una relación no lineal entre la población y las emisiones al incluir la variable población al cuadrado. Sin embargo, la variable lineal y la cuadrática resultan estadísticamente insignificantes, lo que nos lleva a concluir que la relación es lineal en lugar de cuadrática. Reiteramos la prueba para la variable ingreso per cápita y el resultado también nos hace rechazar la existencia una relación no lineal. En concordancia con lo que presentamos en la sección 2.2, no es sorprendente que no exista una relación no lineal para el ingreso ya que estamos utilizando datos de CO<sub>2</sub> que es un contaminante global. Vale señalar que esta conclusión contradice los resultados de numerosos estudios que aplican el modelo EKC. Cole y Neumayer (2004) argumentan que esta diferencia se debe a que la relación no lineal suele presentarse a partir de la variable T (de la ecuación 1) que no es incluida en las regresiones *reduced-form* de dicho modelo.

<sup>18</sup> Cole y Neumayer (2004) concluyen que la disminución del tamaño medio de los hogares urbanos impactan negativamente sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

El modelo 7 para ambos grupos de países presenta resultados similares en relación al efecto de la intensidad energética para datos de emisiones consumidas. No obstante, esta elasticidad es considerablemente mayor para los países más desarrollados cuando se utilizan datos de emisiones territoriales. Esto es, que los países desarrollados sean más ineficientes (o, equivalentemente, consuman más energía por unidad de producto) que los países en vías de desarrollo tiene un efecto mayor sobre el ambiente y esto puede deberse a que el producto del primer grupo de países es mayor. Luego, el impacto de este factor sobre la polución debería indicar la dirección de las medidas a adoptar por estos países a la hora de establecer sus metas y objetivos medioambientales.

Finalmente, en concordancia con Liddle (2015), las elasticidades emisiones-población estimadas son mayores que las elasticidades emisiones-afluencia para todos los países analizados sin importar su nivel de desarrollo o el principio de medición de gases de efecto invernadero utilizado (**ver Tablas 2, 3 y 4**). En cambio, las elasticidades ingreso son más robustas que las elasticidades población, resultado que se aplica, nuevamente, a todos los países analizados sin importar su nivel de desarrollo o el principio utilizado. Esto implica que las elasticidades ingreso son parecidas entre datos de emisiones de producción y consumo, e incluso entre países del Anexo B y los países no pertenecientes a dicho Anexo; mientras que las elasticidades población son más dispares.

#### **4.1. Discusión**

Encontramos una relación positiva entre la población y las emisiones de dióxido de carbono y, particularmente, la elasticidad población-emisiones es más que proporcional para la muestra completa de países (**Tabla 2-** modelo 7 y 8). Sin embargo, el supuesto establecido en la literatura que sostiene que este efecto es más fuerte en países en vías de desarrollo se cumple condicional al principio de emisiones de CO<sub>2</sub> utilizado. De esta forma, la elasticidad población en países en desarrollo (países no pertenecientes al Anexo B) es mayor que en los desarrollados (Anexo B) para datos de emisiones territoriales, resultado que coincide con las conclusiones a las que llegan Shi (2003), Martínez- Zarzoso (2007) y Morales- Lage et al (2016) (**ver Tabla 3 y 4-** modelo 8). En cambio, cuando se utilizan inventarios de emisiones orientados al consumo esta relación cambia y el impacto poblacional pasa a ser mayor en los países desarrollados (**ver Tabla 3 y 4-** modelo 8).

La **figura 3** ilustra el desarrollo de los inventarios de emisiones consumidas y producidas para países pertenecientes y no pertenecientes al Anexo B, y nos ayudará pensar posibles

mecanismos detrás de estas conclusiones. Entre 1990 y 2008 los miembros del Anexo B han reducido sus emisiones producidas de CO<sub>2</sub> pero han aumentado sus emisiones consumidas; mientras que las emisiones locales y consumidas de los países no pertenecientes a dicho anexo se han más que duplicado (con incrementos del 126% y 116% respectivamente). Muchos de los países desarrollados son importadores netos de emisiones (esto es, el contenido de carbono de sus importaciones supera al de sus exportaciones), por lo cual las emisiones por los bienes que consumen son mayores que las que surgen de lo que se produce en el país. El *outsourcing* de contaminantes implica que los países en desarrollo generen más emisiones en sus territorios que los países desarrollados y que estos importen gases de efecto invernadero a través del comercio de bienes. Luego, que estos países abastezcan su demanda de bienes intensivos en carbono en el extranjero explicaría por qué la elasticidad población-emisiones es mayor para los países desarrollados cuando se emplean datos consumidos del gas. El principio de producción territorial, al ignorar estas transacciones y asumir que lo produce un país iguala a su consumo, subestima el consumo nacional de emisiones de los países desarrollados y sobrestima el de los países no desarrollados, lo que podría explicar que la elasticidad población-CO<sub>2</sub> sea mayor en países en vías de desarrollo para datos de consumo.

El efecto del ingreso de un país, bajo el principio de consumo, es casi idéntico para los dos grupos de países. Sin embargo, si utilizamos el principio territorial, parecería ser que la elasticidad ingreso-emisiones es mayor y casi unitaria para los países más desarrollados, resultado opuesto a lo que encuentra Liddle (2015) ya que la elasticidad de la afluencia resulta menor para los países desarrollados en su trabajo. Este resultado también está en contra de la intuición que respalda al modelo EKC, que sostiene que el crecimiento económico es un medio para mejorar las condiciones ambientales. En cambio, nuestro resultado sugiere que el crecimiento económico en los países más ricos tiene un impacto negativo sobre el ambiente. Si los bienes carbono intensivos son bienes normales en los países desarrollados, un aumento de su ingreso implicaría un aumento en la demanda de estos bienes lo que generaría una degradación del ambiente vía el mecanismo explicado por la figura 3.

En la **Tabla 2** se observa que el efecto de la población sobre las emisiones es mayor cuando se utiliza el principio de consumo. Todo país tiene cierta cantidad de población que demanda cierta cantidad de energía y el efecto colateral de la producción de esa energía es cierta cantidad de emisiones. Supongamos que se produce una expansión demográfica, esto aumentaría la cantidad de energía demandada y las emisiones generadas. Si la demanda por energía fuese satisfecha con importaciones, estas emisiones nuevas serían inadvertidas por el

principio territorial pero serían consideradas por el de consumo. Luego el motivo por el cual la elasticidad población es mayor para el principio consumo es porque esta metodología refleja la verdadera necesidad de población de la población de cada país. Notar que bajo la metodología de medición vigente en los tratados internacionales el efecto de la población está siendo subestimado y, por ende, sería muy positivo que estos sugieran realizar inventarios que contemplen los dos principios para medir emisiones o una forma de medición mixta que les permitan realizar estimaciones más precisas para tomar decisiones más fundamentadas a la hora combatir el cambio climático. En conclusión, tanto la población, como la urbanización, la intensidad energética y el crecimiento económico son variables que favorecen (y en casos más que proporcionalmente) el aumento de emisiones de dióxido de carbono y, en consecuencia, son factores que un gobierno debería tener en cuenta a la hora de establecer sus metas u objetivos nacionales contra el cambio climático.



Universidad de  
**San Andrés**



## 5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, implementamos el modelo STIRPAT para estudiar el efecto del crecimiento poblacional, la afluencia y la tecnología en las emisiones de dióxido de carbono (consumidas y producidas) e intentamos responder a qué se debe que el impacto de la población no sea homogéneo si se diferencia a los países según su nivel de desarrollo. Para tal fin, usamos una muestra de 94 países para el período 1990-2008 y distinguimos a los países que pertenecen al Anexo B del Protocolo de Kioto (proxy de países desarrollados) de los que no (proxy de países no desarrollados). El principal aporte de este estudio es haber incorporado en su análisis los dos principios de mediciones de emisiones que, a nuestro entender, ningún trabajo que analice el efecto poblacional sobre el medio ambiente ha realizado aún.

Partimos de dos grandes supuestos establecidos en la literatura: i) las emisiones han crecido más rápido que la población, ii) esta relación es más pronunciada para los países en desarrollo que para los países desarrollados. Nuestros resultados sugieren que existe una relación positiva entre la población y las emisiones de dióxido de carbono, y que el primer supuesto se cumple cuando se analiza a la muestra completa de países. Por el contrario, la validez del segundo supuesto está sujeta al principio de emisiones de CO<sub>2</sub> utilizado. De esta forma, la elasticidad población en países en desarrollo es mayor que en los desarrollados para datos de emisiones territoriales, mientras que si se utilizan inventarios de emisiones orientados al consumo esta relación cambia y el impacto poblacional pasa a ser mayor en los países desarrollados.

Además, encontramos que el efecto del ingreso de un país, bajo el principio de consumo, es casi idéntico para los dos grupos de países, pero, si se emplea el principio territorial, parecería ser que la elasticidad ingreso-emisiones es mayor y casi unitaria para los países más desarrollados, resultado opuesto a las conclusiones a las que llega el modelo EKC por las que el crecimiento económico es un medio para mejorar las condiciones ambientales. A su vez, encontramos evidencia de que el efecto de la población sobre las emisiones es mayor cuando se utiliza el principio de consumo y que la elasticidad emisiones-población es mayor que la elasticidad emisiones-afluencia para todos los países analizados sin importar su nivel de desarrollo o el principio de medición de gases de efecto invernadero utilizado. En cambio, las elasticidades ingreso son más robustas que las elasticidades población, resultado que se aplica, nuevamente, a todos los países analizados sin importar su nivel de desarrollo o el principio utilizado.

¿Podemos reducir nuestros problemas ambientales? Podemos, pero para eso debemos entender que resolver estos problemas implica mucho más que distanciarnos de la degradación ambiental que producimos y que no se trata de un problema local sino global. Debido a eso, necesitamos que todos los países cumplan los objetivos asumidos en París o posteriormente y, sobretodo, que los distintos acuerdos internacionales empleen metodologías sinceras que mejoren la medición y estimación de nuestros impactos.



Universidad de  
**San Andrés**

## BIBLIOGRAFÍA

- Aldy, J. E.** (2005). An environmental Kuznets curve analysis of US state-level carbon dioxide emissions. *The Journal of Environment & Development*, 14(1), 48-72.
- Andreoni, J., y Levinson, A.** (2001). The simple analytics of the environmental Kuznets curve. *Journal of public economics*, 80(2), 269-286.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S. ...y Pimentel, D.** (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
- Beckerman, W.** (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment? *World development*, 20(4), 481-496.
- Birdsall, N.** (1992). Another look at population and global warming (Vol. 1020). *World Bank Publications*.
- Bongaarts, J.** (1992). Population growth and global warming. *Population and Development Review*, 18(2), 299-319.
- Carson, R. T.** (2010). The environmental Kuznets curve: seeking empirical regularity and theoretical structure. *Review of Environmental Economics and Policy*, 4(1), 3-23.
- Cole, M. A.** (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological economics*, 48(1), 71-81.
- Cole, M. A., y Neumayer, E.** (2004). Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment*, 26(1), 5-21.
- Conte Grand, M. y D'Elia, V.** (2014). Impacto comercial. *La Nación*. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1746609-impacto-comercial>. Última consulta: 25 de mayo de 2017.
- Conte Grand, M.** (2016). ¿Es posible desacoplar crecimiento económico de impacto ambiental?. *Infobae*. Disponible en: <http://opinion.infobae.com/mariana-conte-grand/2016/06/04/es-posible-desacoplar-crecimiento-economico-de-impacto-ambiental/> Última consulta: 25 de mayo de 2017
- Cramer, J. C.** (2002). Population growth and local air pollution: methods, models and results. In W. Lutz, A. Prskawetz, y W.C. Sanderson (Eds.) *Population and Environment*. A supplement to Vol. 28, 202, Population and Development Review. New York: Population Council.
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., y Wheeler, D.** (2002). Confronting the environmental Kuznets curve. *The Journal of Economic Perspectives*, 16(1), 147-168.
- Dietz, T., y Rosa, E. A.** (1994). Rethinking the environmental impacts of population, affluence and technology. *Human ecology review*, 1(2), 277-300.
- Dietz, T., y Rosa, E. A.** (1997). Effects of population and affluence on CO<sub>2</sub> emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(1), 175-179.
- Dinda, S.** (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455.
- Dinda, S.** (2005). A theoretical basis for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 53(3), 403-413.
- Ehrlich P.R., Holdren J.P.** (1971) Impact of population growth. *Science*, 171(3977), 1212-1217.
- Ekins, P.** (1993). 'Limits to growth' and 'sustainable development': grappling with ecological realities. *Ecological Economics*, 8(3), 269-288.
- Grossman, G. M., y Krueger, A. B.** (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. 3914). *National Bureau of Economic Research*.
- Grossman, G. M., y Krueger, A. B.** (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Holtz-Eakin, D., y Selden, T. M.** (1995). Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic growth. *Journal of public economics*, 57(1), 85-101.
- Iwata, H., y Okada, K.** (2014). Greenhouse gas emissions and the role of the Kyoto Protocol.

*Environmental Economics and Policy Studies*, 16(4), 325-342.

**Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

**Kaika, D., y Zervas, E.** (2013a). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO<sub>2</sub> emissions case. *Energy Policy*, 62(C), 1392-1402.

**Kaika, D., y Zervas, E.** (2013b). The environmental Kuznets curve (EKC) theory. Part B: Critical issues. *Energy Policy*, 62(C), 1403-1411.

**Kijima, M., Nishide, K., y Ohyama, A.** (2010). Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(7), 1187-1201.

**Le Quéré, C., Raupach, M. R., Canadell, J. G., Marland, G., Bopp, L., Ciais, P...y Friedlingstein, P.** (2009). Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience*, 2(12), 831-836.

**Levinson, A.** (2009). Technology, international trade, and pollution from US manufacturing. *The American economic review*, 99(5), 2177-2192.

**Liddle, B.** (2015). What are the carbon emissions elasticities for income and population? Bridging STIRPAT and EKC via robust heterogeneous panel estimates. *Global Environmental Change*, 31, 62-73.

**Liddle, B., y Lung, S.** (2010). Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts. *Population and Environment*, 31(5), 317-343.

**Lieb, C. M.** (2003). The environmental Kuznets curve. A survey of the empirical literature and of possible causes. *Department of Economics, Discussion Paper Series*. Discussion paper series, N° 391.

**Martinez-Alier, J.** (1995). The environment as a luxury good or “too poor to be green”? *Ecological economics*, 13(1), 1-10.

**Martínez-Zarzoso, I., Bengochea-Morancho, A., y Morales-Lage, R.** (2007). The impact of population on CO<sub>2</sub> emissions: evidence from European countries. *Environmental and Resource Economics*, 38(4), 497-512.

**Meadows, D. H., Randers, J., y Behrens III, W. W.** (1972). The limits to growth: a report to the club of Rome (1972). *Universe Books*, New York. ISBN: 0-87663-165-0

**Mir, G. U. R., y Storm, S.** (2016). Carbon Emissions and Economic Growth: Production-based versus Consumption-based Evidence on Decoupling. Working paper.

**Morales-Lage, R., Bengochea-Morancho, A., y Martínez-Zarzoso, I.** (2016). The determinants of CO<sub>2</sub> emissions: evidence from European countries (No. 2016/04). Working paper.

**Munksgaard, J., y Pedersen, K. A.** (2001). CO<sub>2</sub> accounts for open economies: producer or consumer responsibility? *Energy policy*, 29(4), 327-334.

**Nakano, S., Okamura, A., Sakurai, N., Suzuki, M., Tojo, Y., y Yamano, N.** (2009). The Measurement of CO<sub>2</sub> Embodiments in International Trade: Evidence from the Harmonized Input-Output and Bilateral Trade Database (No. 2009/3). *OECD Publishing*.

**Panayotou, T.** (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development (No. 292778). *International Labour Organization*.

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

**Panayotou, T.** (2003). Economic Growth and the Environment. *Center for International Development at Harvard University*. Disponible en: <http://EconPapers.repec.org/RePEc:wop:cidhav:56>. Última consulta: 25 de mayo de 2017.

**Peters, G. P., y Hertwich, E. G.** (2008, a). CO<sub>2</sub> Embodied in International Trade with Implications

for Global Climate Policy. *Environmental science y technology*, 42(5), 1401-1407.

**Peters, G. P., y Hertwich, E. G.** (2008, b). Post-Kyoto greenhouse gas inventories: production versus consumption. *Climatic Change*, 86(1), 51-66.

**Peters, G. P., Minx, J. C., Weber, C. L., y Edenhofer, O.** (2011). Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(21), 8903-8908.

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

**Roca, J.** (2003). Do individual preferences explain the Environmental Kuznets curve? *Ecological Economics*, 45(1), 3-10.

**Rothman, D. S.** (1998). Environmental Kuznets curves—real progress or passing the buck? A case for consumption-based approaches. *Ecological economics*, 25(2), 177-194.

**Runde, D.F.** (2015). Urbanization, Opportunity, and Development. *Center of Strategic y International Studies*. Disponible en: <https://www.csis.org/analysis/urbanization-opportunity-and-development>. Última consulta: 25 de mayo de 2017.

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

**Shafik, N., y Bandyopadhyay, S.** (1992). Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence (Vol. 904). *World Bank Publications*.

**Shafik, N.** (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis. *Oxford economic papers*, 757-773.

**Shi, A.** (2003). The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975–1996: evidence from pooled cross-country data. *Ecological Economics*, 44(1), 29-42.

**Stanton, E. A., Ackerman, F., y Kartha, S.** (2009). Inside the integrated assessment models: Four issues in climate economics. *Climate and Development*, 1(2), 166-184.

**Stern, D. I.** (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, 32(8), 1419-1439.

**Suri, V., y Chapman, D.** (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 195-208.

**United Nations - Department of Economic and Social Affairs (UN DESA).** (2015). World Population Prospects- 2015 Revision. New York, USA. Disponible en: [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key\\_Findings\\_WPP\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf). Última consulta: 28 de Mayo de 2017.

**Wagner, M.** (2008). The carbon Kuznets curve: a cloudy picture emitted by bad econometrics? *Resource and Energy Economics*, 30(3), 388-408.

**Wooldridge, J. M.** (2009). Introducción a la econometría. Un enfoque moderno. 4a edición. *South-Western Cengage Learning*. ISBN-13: 978-607-481-312-8 ISBN-10: 607-481-312-4

**World Bank.** (2017) World Development Indicators. Disponible en: <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

**Zhu, Q., y Peng, X.** (2012). The impacts of population change on carbon emissions in China during 1978–2008. *Environmental Impact Assessment Review*, 36, 1-8.

## ANEXOS

### **Anexo 1: Países incluidos en la muestra**

**Países no pertenecientes al Anexo B del Protocolo de Kioto (59):** Albania, Argentina, Armenia, Azerbaiyán, Bangladesh, Bielorrusia, Bolivia, Botsuana, Brasil, Cambodia, Pequeños estados del Caribe, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Chipre, Ecuador, Egipto, Etiopía, Georgia, Guatemala, Hong Kong, India, Indonesia, República Islámica de Irán, Kazajstán, Corea, República Kirguiza, República Democrática Popular Lao, Madagascar, Malawi, Malasia, Malta, Mauricio, México, Marruecos, Mozambique, Myanmar, Nicaragua, Nigeria, Pakistán, Panamá, Paraguay, Perú, Filipinas, Senegal, Singapur, Sudáfrica, Sri Lanka, Tanzania, Tailandia, Túnez, Turquía, Uganda, Uruguay, Venezuela, Vietnam, Zambia y Zimbabue.

**Países pertenecientes al Anexo B del Protocolo de Kioto (35):** Australia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Croacia, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Federación Rusa, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Reino Unido, Ucrania, Estados Unidos de América.

## Anexo 2: Resumen de los estudios recientes que usan el modelo STIRPAT.

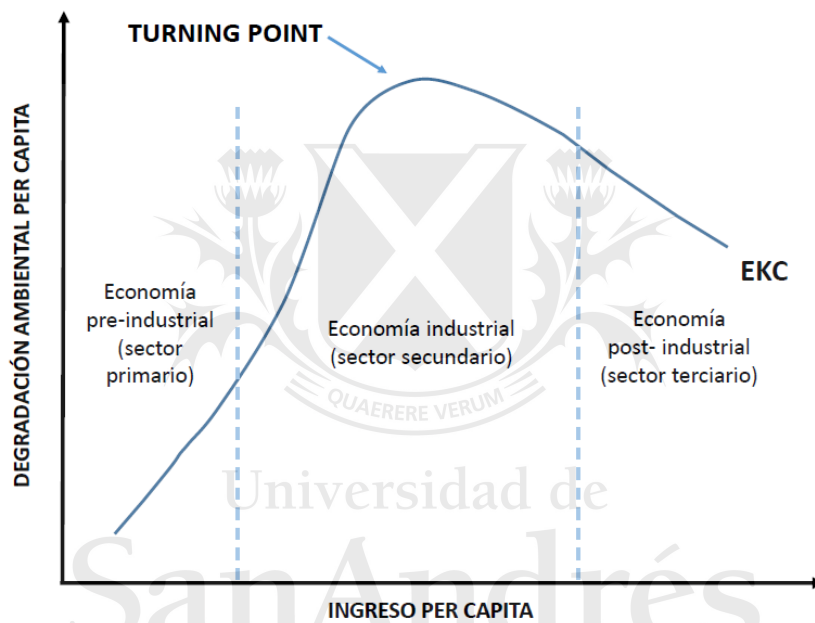
<b>Autores</b>	<b>Período</b>	<b>Países</b>	<b>Variable dependiente</b>	<b>Variables independientes</b>	<b>Método de estimación</b>	<b>Fuente de datos</b>
Shi (2003)	1975-1996	93 divididos según su nivel de ingreso (bajos, medianos y altos)	CO <sub>2</sub>	Población, PIB per cápita, participación de la industria y el sector servicios en el PIB, población económicamente activa sobre el total	OLS, GLS, FE	Banco Mundial (2001)
Cole y Neumayer (2004)	1975-1988	86 divididos en países desarrollados y en vías de desarrollo	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	Población, tasa de urbanización, estructura de edad de la población, PIB per cápita, intensidad energética, participación de la industria en el PIB	OLS, FD	ASL y Asociados, Banco Mundial (2002), ITU (2002)
Martinez-Zarzoso et al (2007)	1975-1999	23 países europeos	CO <sub>2</sub>	Población, PIB per cápita, participación de la industria en el PIB, intensidad energética	OLS, FE, RE, GMM	Banco Mundial (2001)
Poumanyong y Kaneko (2010)	1975-2005	99 países divididos según su nivel de ingreso (bajos, medianos y altos)	CO <sub>2</sub> y consumo energético	Población, PIB per cápita, participación de la industria y el sector servicios en el PIB, intensidad energética, urbanización	OLS, FE, PW, FD	Banco Mundial (2007), IEA (2009)
Liddle y Lung (2010)	1960-2005	17 países desarrollados	CO <sub>2</sub> y consumo energético	Población, PIB per cápita, ratio población entre 20-34, 35-49, 50-64, 65-79 sobre total, ratio población urbana, ratio consumo energético en viviendas e industria, ratio energía alternativa sobre energía total, cociente entre vías y calles	OLS, FE	Banco Mundial, IEA, Fondo Monetario internacional, International Road Federation,

Zhu y Peng (2012)	1978-2008	China	CO <sub>2</sub>	Población, tasa de urbanización, ratio población económicamente activa sobre total, tamaño de los hogares, gasto anual per cápita	Ridge regression	CDIAC (2011), Anuario Estadístico de China
Iwata y Okada (2014)	1990-2005	119	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y HCFs-PFCs-SF <sub>6</sub>	Población, urbanización, PIB per cápita, intensidad energética, % valor agregado manufacturas	GLS, FE, RE y GMM	Banco Mundial (2009)
Liddle (2015)	1971-2011	26 países de la OECD y 54 países no pertenecientes a la OCDE	CO <sub>2</sub>	Población, PIB real per cápita, participación de la energía primaria consumida de combustibles que no son fósiles, intensidad energética industrial	CMG, AMG	IEA
Morales-Lage et al (2016)	1971-2012	28 países de la Unión Europea	CO <sub>2</sub>	Población, PIB per cápita, participación de la industria en el PIB, intensidad energética	OLS, FE, RE, FD, GMM	IEA, Banco Mundial
<p><b>Referencias:</b> Ordinary Least Squares (OLS), Fixed Effects (FE), Prais-Winsten regression (PW), First differenced (FD), General Least Squares (GLS), Generalized Methods of Moments (GMM), Common correlated effects mean group estimator (CMG), Augmented mean group estimator (AMG), International Energy Agency (IEA), Carbon Dioxide Information Analysis Center of Oak Ridge National Laboratory, USA (CDIAC)</p>						

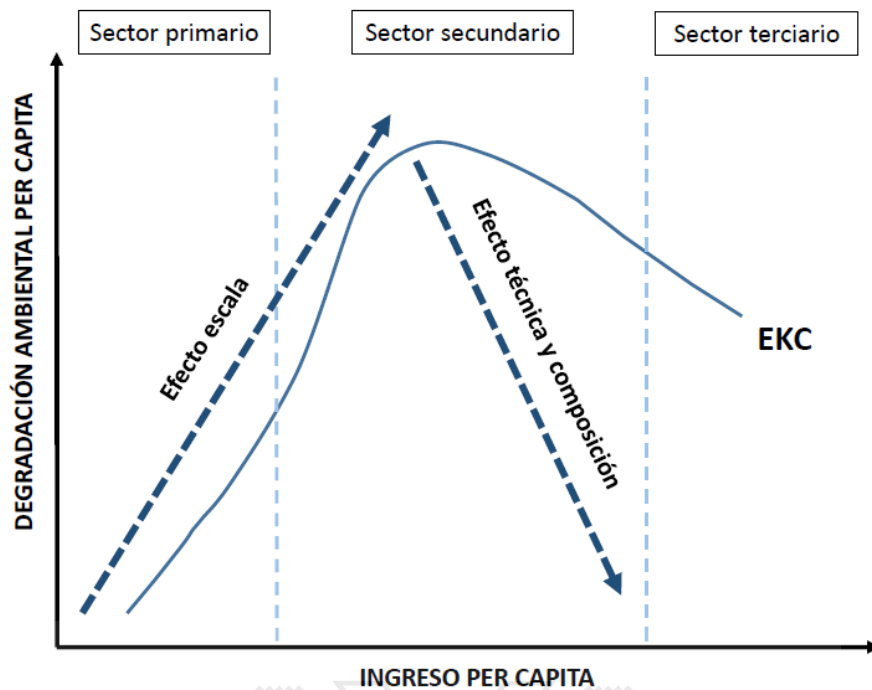


## FIGURAS Y TABLAS

**Figura 1: La Curva Medioambiental de Kuznets.** La variable dependiente, en el eje de las ordenadas, es un indicador de degradación ambiental que puede ser las emisiones de un contaminante del aire, la concentración de un contaminante particular a nivel local o una forma alternativa de degradación como la deforestación. La variable independiente, en el eje de las abscisas, es el ingreso o crecimiento económico per cápita, que es calculado como el cociente entre el PBI y la población de un país. El punto máximo de la curva (en inglés *turning point*) representa el nivel de ingreso per cápita a partir del cual la degradación ambiental puede desacoplarse del proceso de crecimiento económico. Para niveles más altos, este crecimiento mejora la calidad del ambiente.



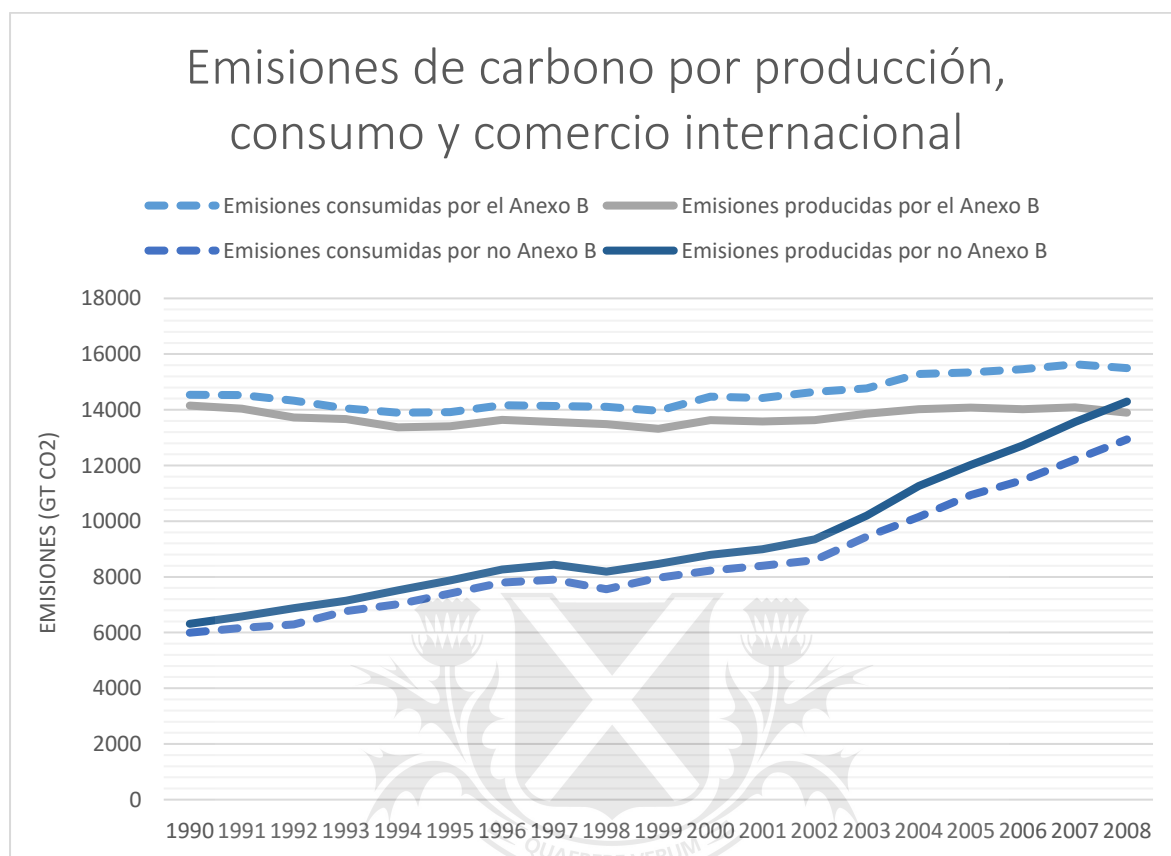
Fuente: Elaboración propia basada en Kaika y Zervas (2013a)



Fuente: Elaboración propia basada en Kaika y Zervas (2013a)

**Figura 2: Efecto escala, efecto técnica y efecto composición en la EKC.** A medida que la economía se industrializa, se produce un agotamiento significativo de los recursos naturales y se acumulan desechos (**efecto escala**). Este efecto genera una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental cuando la economía pasa de la agricultura (sector primario) a la actividad industrial (sector secundario). En esta etapa, el desarrollo económico ofrece la oportunidad de invertir en industrias y servicios intensivos en información (**efecto composición**), así como mejorar las técnicas de producción o adoptar tecnologías más limpias (**efecto técnica**). Estos últimos dos efectos pueden superar el efecto escala y generar la tendencia decreciente de la curva EKC.

**Figura 3: El desarrollo de los inventarios de emisiones consumidas y producidas para países pertenecientes y no pertenecientes al Anexo B entre 1990-2008**



**Tabla 1: Crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, la población y el PIB per cápita entre 1990-2008**

Países	1990	2008	Incremento
<b>CO<sub>2</sub> territorial (Mt CO<sub>2</sub>)</b>			%
Anexo B	14,151.40	13,892.99	-1.83%
No Anexo B	6,314.74	14,296.75	126.40%
Total	20,466.14	28,189.74	37.74%
<b>CO<sub>2</sub> consumido (Mt CO<sub>2</sub>)</b>			%
Anexo B	14,539.34	15,498.31	6.60%
No Anexo B	5,995.35	12,937.34	115.79%
Total	20,534.69	28,435.65	38.48%
<b>Población (en millones)</b>			%
Anexo B	1,109.35	1,192.65	7.51%
No Anexo B	3,669.73	4,795.83	30.69%
Total	4,779.08	5,988.47	25.31%
<b>PIB per cápita (en millones)</b>			%
Anexo B	771,847.90	1,266,840.04	64.13%
No Anexo B	410,582.90	678,690.89	65.30%
Total	1,182,430.80	1,945,530.93	64.54%

**Tabla 2: Determinantes de las emisiones de CO<sub>2</sub> para todos los países de la muestra**

VARIABLES	(1) Cons OLS	(2) Prod OLS	(3) Cons RE	(4) Prod RE	(5) Cons FE	(6) Prod FE	(7) Cons FD	(8) Prod FD
Inp	0.978*** (0.00690)	1.043*** (0.00744)	0.960*** (0.0321)	0.963*** (0.0448)	1.214*** (0.133)	0.889*** (0.154)	1.405*** (0.396)	1.210*** (0.318)
Ina	1.088*** (0.0153)	1.034*** (0.0221)	0.642*** (0.0684)	0.664*** (0.0820)	0.461*** (0.0741)	0.616*** (0.0890)	0.774*** (0.145)	0.740*** (0.116)
Inind	0.576*** (0.0561)	0.817*** (0.0604)	0.307*** (0.0793)	0.310*** (0.0804)	0.305*** (0.0790)	0.307*** (0.0824)	-0.134 (0.143)	-0.0593 (0.107)
Insv	0.545*** (0.0763)	0.346*** (0.0976)	0.263*** (0.0895)	0.0234 (0.0927)	0.224** (0.0891)	0.0173 (0.0921)	0.0804 (0.164)	-0.198 (0.123)
Inei	0.600*** (0.0209)	0.717*** (0.0279)	0.285*** (0.0931)	0.618*** (0.105)	0.136 (0.0881)	0.580*** (0.110)	0.448*** (0.0944)	0.683*** (0.0861)
Inurb	0.244*** (0.0468)	0.571*** (0.0553)	0.859*** (0.164)	1.147*** (0.268)	0.649*** (0.220)	1.189*** (0.381)	0.499 (0.400)	1.074*** (0.324)
Constante	28.54*** (0.336)	30.82*** (0.409)	23.98*** (0.948)	25.21*** (1.304)	25.28*** (1.916)	23.62*** (2.101)	-0.00496 (0.00777)	-0.00462 (0.00625)
Observaciones	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	1,527	1,527
R-cuadrado	0.960	0.948			0.647	0.738	0.115	0.268
$\rho(\varepsilon_{it} = \rho\varepsilon_{it-1} + v_{it})$	-	-	-	-	0.967	0.961	-	-

**Nota:** P es la población total de cada país; A es el PIB per cápita basado en la paridad del poder adquisitivo; IND es la participación de la actividad industrial en el PIB; SV es la participación del sector de servicios en el PBI; EI es la intensidad energética y URB es el porcentaje de la población urbana sobre el total de población. Se presentan los errores estándar robustos en paréntesis. \*, \*\*, \*\*\* Indican significancia estadística al 10%, 5% y 1%, respectivamente. OLS refiere a las estimaciones de Mínimos cuadrados ordinarios; RE refiere al modelo de efectos aleatorios, FE representa al modelo de efectos fijos y FD son las estimaciones en primeras diferencias. En cada columna Cons y Prod indican, respectivamente, si se utilizaron datos de dióxido de carbono consumido o producido para cada modelo estimado.

San Andrés

**Tabla 3: Determinantes de las emisiones de CO<sub>2</sub> para los países del Anexo B**

VARIABLES	(1) Cons OLS	(2) Prod OLS	(3) Cons RE	(4) Prod RE	(5) Cons FE	(6) Prod FE	(7) Cons FD	(8) Prod FD
Inp	0.984*** (0.00599)	1.038*** (0.00736)	0.970*** (0.0272)	1.002*** (0.0361)	1.002*** (0.323)	0.905*** (0.152)	1.544*** (0.417)	0.912*** (0.249)
Ina	0.934*** (0.0261)	0.924*** (0.0349)	0.704*** (0.114)	0.856*** (0.0675)	0.578*** (0.159)	0.858*** (0.0703)	0.794*** (0.132)	0.986*** (0.0827)
Inind	-0.126* (0.0742)	0.447*** (0.0968)	-0.173 (0.275)	0.179 (0.110)	-0.181 (0.289)	0.175 (0.112)	-0.0846 (0.110)	0.0790 (0.0960)
Insv	-0.0997 (0.111)	0.338*** (0.108)	0.560*** (0.192)	-0.140 (0.105)	0.638*** (0.222)	-0.156 (0.109)	-0.0144 (0.137)	0.0732 (0.102)
Inei	0.574*** (0.0336)	0.950*** (0.0418)	0.536*** (0.146)	0.997*** (0.0974)	0.439* (0.217)	1.003*** (0.104)	0.428*** (0.108)	1.082*** (0.0729)
Inurb	-0.133 (0.0860)	0.354*** (0.0817)	0.393 (0.411)	0.0750 (0.298)	0.481 (0.857)	0.149 (0.346)	1.215* (0.710)	0.381 (0.393)
Constante	20.36*** (0.695)	18.99*** (0.781)	17.89*** (2.255)	22.56*** (1.598)	-17.00** (7.104)	21.25*** (2.742)	0.0148** (0.00577)	-0.00526 (0.00349)
Observaciones	567	567	567	567	567	567	532	532
R-cuadrado	0.981	0.972			0.437	0.766	0.146	0.490
$\rho(\varepsilon_{it} = \rho\varepsilon_{it-1} + v_{it})$	-	-	-	-	0.855	0.975	-	-

**Nota:** P es la población total de cada país; A es el PIB per cápita basado en la paridad del poder adquisitivo; IND es la participación de la actividad industrial en el PIB; SV es la participación del sector de servicios en el PBI; EI es la intensidad energética y URB es el porcentaje de la población urbana sobre el total de población. Se presentan los errores estándar robustos en paréntesis. \*, \*\*, \*\*\* Indican significancia estadística al 10%, 5% y 1%, respectivamente. OLS refiere a las estimaciones de Mínimos cuadrados ordinarios; RE refiere al modelo de efectos aleatorios, FE representa al modelo de efectos fijos y FD son las estimaciones en primeras diferencias. En cada columna Cons y Prod indican, respectivamente, si se utilizaron datos de dióxido de carbono consumido o producido para cada modelo estimado.

**Tabla 4: Determinantes de las emisiones de CO<sub>2</sub> para los países no pertenecientes al Anexo B**

VARIABLES	(1) Cons OLS	(2) Prod OLS	(3) Cons RE	(4) Prod RE	(5) Cons FE	(6) Prod FE	(7) Cons FD	(8) Prod FD
Inp	0.986*** (0.00977)	1.060*** (0.0102)	0.971*** (0.0462)	0.963*** (0.0586)	1.122*** (0.153)	0.824*** (0.175)	0.836 (0.666)	1.101** (0.538)
Ina	1.218*** (0.0253)	1.232*** (0.0335)	0.608*** (0.0864)	0.670*** (0.0960)	0.507*** (0.0898)	0.644*** (0.101)	0.768*** (0.172)	0.704*** (0.137)
Inind	0.483*** (0.0631)	0.694*** (0.0648)	0.258*** (0.0884)	0.259*** (0.0916)	0.251*** (0.0889)	0.250** (0.0949)	-0.148 (0.152)	-0.0550 (0.115)
Insv	0.536*** (0.0818)	0.295*** (0.105)	0.300*** (0.110)	0.0120 (0.112)	0.285*** (0.106)	0.0150 (0.111)	0.0868 (0.169)	-0.217* (0.129)
Inei	0.625*** (0.0276)	0.731*** (0.0364)	0.141 (0.0884)	0.535*** (0.113)	0.0646 (0.0847)	0.515*** (0.115)	0.464*** (0.108)	0.621*** (0.0974)
Inurb	0.128** (0.0564)	0.388*** (0.0676)	0.737*** (0.180)	1.119*** (0.287)	0.619** (0.242)	1.232*** (0.406)	0.304 (0.450)	1.034*** (0.365)
Observaciones	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	995	995
R-cuadrado	0.948	0.941	-	-	0.702	0.751	0.098	0.226
$\rho(\varepsilon_{it} = \rho\varepsilon_{it-1} + v_{it})$	-	-	-	-	0.948	0.962	-	-

**Nota:** P es la población total de cada país; A es el PIB per cápita basado en la paridad del poder adquisitivo; IND es la participación de la actividad industrial en el PIB; SV es la participación del sector de servicios en el PBI; EI es la intensidad energética y URB es el porcentaje de la población urbana sobre el total de población. Se presentan los errores estándar robustos en paréntesis. \*, \*\*, \*\*\* Indican significancia estadística al 10%, 5% y 1%, respectivamente. OLS refiere a las estimaciones de Mínimos cuadrados ordinarios; RE refiere al modelo de efectos aleatorios, FE representa al modelo de efectos fijos y FD son las estimaciones en primeras diferencias. En cada columna Cons y Prod indican, respectivamente, si se utilizaron datos de dióxido de carbono consumido o producido para cada modelo estimado.