 Universidad del Atlántico	CÓDIGO: FOR-DO-109
	VERSIÓN: 0
	FECHA: 03/06/2020
AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO	

Puerto Colombia, 27 de octubre de 2021

Señores

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

Universidad del Atlántico

Cuidad

Asunto: Autorización Trabajo de Grado

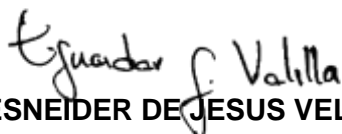
Cordial saludo,

Yo, **ESNEIDER VELILLA GÓMEZ**, identificado(a) con **C.C. No. 1234091059** de **BARRANQUILLA**, autor(a) del trabajo de grado titulado **INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOBRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL: UNA INVESTIGACIÓN A NIVEL DE MICRORREGIÓN EN BRASIL 1992-2012** presentado y aprobado en el año **2021** como requisito para optar al título Profesional de **ECONOMISTA**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,



ESNEIDER DE JESUS VELILLA GÓMEZ
C.C. No. 1234091059 de **BARRANQUILLA**

DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO

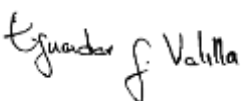
Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.

Puerto Colombia, 27 de octubre de 2021

Una vez obtenido el visto bueno del director del trabajo y los evaluadores, presento al **Departamento de Bibliotecas** el resultado académico de mi formación profesional o posgradual. Asimismo, declaro y entiendo lo siguiente:

- El trabajo académico es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, en consecuencia, la obra es de mi exclusiva autoría y detento la titularidad sobre la misma.
- Asumo total responsabilidad por el contenido del trabajo académico.
- Eximo a la Universidad del Atlántico, quien actúa como un tercero de buena fe, contra cualquier daño o perjuicio originado en la reclamación de los derechos de este documento, por parte de terceros.
- Las fuentes citadas han sido debidamente referenciadas en el mismo.
- El (los) autor (es) declara (n) que conoce (n) lo consignado en el trabajo académico debido a que contribuyeron en su elaboración y aprobaron esta versión adjunta.

Título del trabajo académico:	INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOBRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL: UNA INVESTIGACIÓN A NIVEL DE MICRORREGIÓN EN BRASIL 1992-2012
Programa académico:	ECONOMIA

Firma de Autor 1:							
Nombres y Apellidos:	ESNEIDER DE JESÚS VELILLA GÓMEZ						
Documento de Identificación:	CC	X	CE		PA		Número: 1234091059
Nacionalidad:	COLOMBIANO				Lugar De Residencia:	COROZAL - SUCRE	
Dirección de residencia:	CLL 38 # 28 A01						
Teléfono:						Celular:	+57 3003962576



FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO	INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOBRE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL: UNA INVESTIGACIÓN A NIVEL DE MICRORREGIÓN EN BRASIL 1992-2012
AUTOR(A) (ES)	ESNEIDER DE JESUS VELILLA GÓMEZ
DIRECTOR (A)	WILLIAM DE JESUS MANJARRES DE AVILA
CO-DIRECTOR (A)	RAUL VELILLA GÓMEZ
JURADOS	ELCIRA SOLANO BENAVIDES, ACELA GUTIERREZ
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE	ECONOMISTA
PROGRAMA	ECONOMÍA
PREGRADO / POSTGRADO	PREGRADO
FACULTAD	CIENCIAS ECONÓMICAS
SEDE INSTITUCIONAL	SEDE NORTE
AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	2021
NÚMERO DE PÁGINAS	38
TIPO DE ILUSTRACIONES	TABLAS, GRÁFICOS
MATERIAL ANEXO (VÍDEO, AUDIO, MULTIMEDIA O PRODUCCIÓN ELECTRÓNICA)	NO APLICA
PREMIO O RECONOCIMIENTO	NO APLICA



**INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOBRE LA CONTAMINACIÓN
AMBIENTAL: UNA INVESTIGACIÓN A NIVEL DE MICRORREGIÓN EN BRASIL
1992-2012**

**ESNEIDER DE JESUS VELILLA GOMEZ
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ECONOMISTA**

**PROGRAMA DE ECONOMÍA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
PUERTO COLOMBIA
2021**



**INCIDENCIA DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO SOBRE LA CONTAMINACIÓN
AMBIENTAL: UNA INVESTIGACIÓN A NIVEL DE MICRORREGIÓN EN BRASIL
1992-2012**

**ESNEIDER DE JESUS VELILLA GOMEZ
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ECONOMISTA**

**MG. WILLIAM MANJARRES DE ÁVILA
TUTOR**

**PROGRAMA DE ECONOMÍA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
PUERTO COLOMBIA
2021**

NOTA DE ACEPTACION

DIRECTOR(A)

JURADO(A)S

CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA	10
2.1. Relación entre medio ambiente y crecimiento económico	10
2.2. Curva de Kuznets Ambiental (EKC)	12
2.3. Luminosidad Artificial como Proxy de la Actividad Económica.....	13
3. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Datos.....	14
3.1.1. Emisiones de CO ₂	14
3.1.2. Luminosidad Artificial.....	15
3.2. Método de Estimación.....	16
4. RESULTADOS	17
4.1. Revisión General a los Datos.....	17
4.2. Principales Resultados.....	19
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
ANEXOS	27

RESUMEN

La búsqueda por crear ambientes económicos favorables para el crecimiento económico se ha convertido en el imperativo de la mayoría de los países en desarrollo en los años recientes. Para lograr alcanzar las metas de crecimiento y desarrollo económico, los gobiernos poseen un conjunto de herramientas ya sea de carácter monetario o fiscal con las cuales pueden incentivar la actividad económica interna y consecuentemente obtener retornos en el bienestar de la sociedad. De hecho, la Organización de Naciones Unidas (ONU), incentiva a los países con bajos estándares de calidad de vida a alcanzar los llamados objetivos del milenio, los cuales pueden resumirse en mejorar las condiciones de vida de las poblaciones en aspectos esenciales para una vida digna. Ante esto, los países en desarrollo se han visto en la necesidad de mejorar las condiciones económicas como la producción interna y la tasa de desempleo. Esto, para incentivar la actividad económica y mejorar indicadores como el Producto Interno Bruto (PIB), el coeficiente de Gini, la tasa de pobreza, indicadores esenciales en la medición de los niveles de calidad de vida de un país. Aunque este tipo de iniciativas permiten mejorar los estándares de calidad de vida de la población en términos económicos también pueden generar efectos colaterales negativos sobre el medio ambiente. Por esta razón, es necesario crear políticas económicas para impulsar el crecimiento de un país tomando conciencia de los potenciales daños ambientales que esto pueda generar. En este sentido, esta investigación analiza los potenciales efectos ambientales que pueden ser causados debido al incremento acelerado en la actividad económica. Para ello, se analiza la relación existente entre la actividad económica a nivel desagregado y la contaminación por emisiones de dióxido de carbono CO₂ en el contexto brasileño. En particular, se llevó a cabo un análisis de regresión utilizando datos en panel a nivel de microrregiones de la intensidad de la luminosidad como proxy para la actividad económica y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) durante el periodo de 1992– 2012. Los resultados muestran una relación positiva entre estas dos variables, sugiriendo que un aumento en un punto porcentual en la intensidad de la

luminosidad está asociada a un aumento de 0.444 puntos porcentuales en las emisiones de CO₂. Estos resultados se constituyen en insumos técnicos para la elaboración de políticas económicas ambientalmente sostenible en países con características semejantes a las del contexto brasilero.

Palabras clave: PIB, CO₂, Actividad económica

ABSTRACT

The search to create favorable economic environments for economic growth has become the imperative of most developing countries in recent years. To achieve the goals of growth and economic development, governments have a set of tools, either monetary or fiscal, with which they can encourage internal economic activity and consequently obtain returns on the welfare of society. In fact, the United Nations (UN), encourages countries with low quality of life standards to achieve the so-called millennium goals, which can be summarized in improving the living conditions of populations in essential aspects for a life worthy. Given this, developing countries have found it necessary to improve economic conditions such as domestic production and the unemployment rate. This, to encourage economic activity and improve indicators such as the Gross Domestic Product (GDP), the Gini coefficient, the poverty rate, essential indicators in the measurement of the life quality levels of a country. Although these types of initiatives make it possible to improve the population's quality of life standards in economic terms, they can also generate negative collateral effects on the environment. For this reason, it is necessary to create economic policies to promote the growth of a country, becoming aware of the potential environmental damage that this may generate. To do this, the relationship between economic activity at a disaggregated level and pollution from carbon dioxide CO₂ emissions in the Brazilian context is analyzed. In particular, a regression analysis was carried out using microregional panel data of light intensity as a proxy for economic activity and carbon dioxide (CO₂) emissions during the period 1992-2012. The results show a positive relationship between these two variables, suggesting that an increase of one percentage point in the intensity of light is associated with an increase of 0.444 percentage points in CO₂ emissions. These results constitute technical inputs for the elaboration of environmentally sustainable economic policies in countries with characteristics similar to those of the Brazilian context.

Keywords: GDP, CO₂, Economic activity

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas el cambio climático se ha convertido en un completo desafío para el mundo (Ballantyne et al., 2016). Las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), como la principal fuente de gases de efecto invernadero, ha sido probada como una de las principales causas de estos problemas ambientales globales (Karl y Trenberth, 2003). El rápido crecimiento de la población e industrialización han sido los principales motores para aumentar las emisiones de CO₂ en el mundo. En consecuencia, conocer cómo la actividad económica contribuye al aumento en las emisiones de CO₂ es de vital importancia para los hacedores de política pública, una vez que ellos puedan evaluar los potenciales efectos de políticas que buscan aumentar la actividad económica sobre la contaminación ambiental. La importancia es mayor si esta relación se analiza a nivel subnacional (por ejemplo, a nivel de microrregiones o municipios). Esto se debe a que de esta manera se tendría información mucho más precisa de esta relación y las políticas públicas podrían ser focalizadas con mejores resultados en términos de eficiencia y eficacia.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, uno de los principales objetivos económicos de los países es crear un ambiente favorable que genere crecimiento y desarrollo económico. Para lograr este objetivo, los gobiernos pueden implementar políticas públicas que promuevan la actividad económica y consecuentemente mejoren el bienestar de la población.¹ Sin embargo, colocar a una economía en una senda de crecimiento para alcanzar niveles altos de desarrollo podría generar daños ambientales irreparables si las medidas y precauciones adecuadas no son correctamente adoptadas.

¹ Existe evidencia empírica y teórica relatando el hecho de que los países desarrollados presentan tanto buenas condiciones económicas como condiciones dignas para su población.

Para intentar darle un tratamiento a este trade-off entre el desarrollo económico y la protección ambiental los gobiernos han intentado llevar a cabo políticas económicas y ambientales que permitan regular la contaminación ambiental proveniente de la aceleración económica. Este tipo de políticas o intervenciones aéreas han sido analizadas tanto teórico cuanto empíricamente en la literatura económica. Diversos autores han analizado esta relación bajo el enfoque de la Curva de Kuznets. Esta investigación se basa en el enfoque de Kuznets y busca analizar si existe este trade-off en el contexto de las microrregiones brasileras. En particular, esta investigación busca responder a los siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los verdaderos efectos de una mejora en la actividad económica sobre el medio ambiente? ¿Existe un trade-off entre el la actividad económica y la contaminación ambiental en las microrregiones brasileras? Estas cuestiones surgen en un contexto de países en desarrollo donde los ingresos per cápita son bajos y la búsqueda por la sobrevivencia de la población es imperativa frente a la preservación del medio ambiente en la mayoría de los casos. Ante esta problemática, esta investigación busca arrojar potenciales respuestas a estos interrogantes. Para ello, se analiza la relación existente entre la actividad económica medida como la intensidad en la luminosidad artificial durante las noches (Nighttime Lights Intensity) y la contaminación ambiental medida por la cantidad de emisiones de CO₂, con el fin de determinar la incidencia del crecimiento económico sobre los niveles de contaminación ambiental en las microrregiones de Brasil.

Determinar esta relación no es una tarea fácil, principalmente en el contexto de países en vía de desarrollo, debido que obtener medidas de actividad económica y contaminación ambiental fiables y durante varios periodos de tiempo constituyen un desafío. La dificultad es incluso mayor cuando se considera realizar el análisis a un nivel desagregado como provincias, estados, microrregiones y/o municipios. Esto se debe en gran medida a que los países en desarrollo muchas veces no realizan mediciones de actividad económica a nivel desagregado,

dificultando así tener estimaciones robustas de la actividad económica y la calidad de vida de su población.

En el caso concreto de Brasil, la investigación se torna relevante dado que los datos de la actividad económica a nivel subnacional (medidas a través del PIB) no se encuentran disponibles a lo largo del tiempo.² Por lo tanto, para compensar esta limitación se utilizó la intensidad en la luminosidad artificial (Nighttime Lights Intensity) como proxy de la actividad económica. Recientemente, una amplia gama de trabajos científicos ha utilizado la intensidad de la luminosidad como proxy de actividad económica (ver por ejemplo Henderson et al (2012)), lo cual ha hecho que esta variable sea utilizada con mucha más frecuencia en la literatura económica.

Existen varias ventajas de utilizar esta medida como proxy de la actividad económica a nivel desagregado entre las cuales destacamos: i) Los datos están disponibles públicamente desde 1992 hasta 2013, lo cual permite obtener una serie mayor de datos a diferencia de las medidas tradicionales como el PIB los cuales están disponibles para Brasil a nivel desagregado desde 1999; ii) Los datos de luminosidad presentan una alta resolución espacial, por lo que es posible obtener medidas de actividad económica a nivel subnacional; iii) Estos datos están disponibles globalmente, lo que permite hacer comparaciones entre países.

Nuestros principales resultados indican que un aumento de un punto porcentual en la intensidad en la luminosidad artificial durante las noches está asociado con un aumento de 0.444 puntos porcentuales en las emisiones de CO₂ por año. Este resultado está en línea con Shi et al. (2016), quienes, al estudiar esta relación a nivel provincial en China, encuentran una fuerte correlación entre 1997

² Los datos de PIB a nivel de microrregión en Brasil están disponibles solamente a partir de 1999.

y 2012.

El entendimiento de esta relación puede ser importante para los “policymakers” debido a que permite identificar cuáles son los efectos potenciales de la actividad económica sobre el aumento en las emisiones de CO₂. Específicamente, esta relación podría convertirse en el punto de partida para evaluar los potenciales sub efectos de las políticas públicas que buscan aumentar la actividad económica sobre la contaminación ambiental.

Este artículo está constituido de cinco secciones incluido esta introductoria. En la sección dos desarrollamos un marco teórico. La sección tres describe la metodología utilizada en este estudio. En la sección cuatro se presentan los resultados principales. Finalmente, la sección cinco concluye.

2. MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Relación entre medio ambiente y crecimiento económico

La relación entre medio ambiente y crecimiento económico es teóricamente estudiada desde el enfoque de la hipótesis o curva ambiental de Kuznets (Environmental Kuznets Hypothesis or Curve (EKC)). De acuerdo con esta hipótesis, el crecimiento económico es normalmente acompañado por la degradación del medio ambiente. Posteriormente, una vez que la economía ha alcanzado un alto nivel de crecimiento y desarrollo esta puede reducir la contaminación ambiental (Kuznets, 1955; Grossman and Krueger, 1995). Esto es posible debido a que se tienen los recursos monetarios necesarios para adoptar un aparato productivo amigable con el medio ambiente.

Luego de los primeros hallazgos de Kuznets (1955), existe una amplia literatura que intenta analizar la relación entre medio ambiente y crecimiento

económico. Los resultados son mixtos e inconclusos en cuál es el sentido de esta relación. Paukert (1973), por ejemplo, analizando esta relación en más de 50 países encuentra que cada país presenta una curva en forma de U invertida. Estudios recientes también encuentran una relación de forma de U invertida no lineal tanto a largo como a corto plazo entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico (Baek y Kim, 2013; Kanjilal y Ghosh, 2013). Por el contrario, otros estudios no encuentran evidencia de una relación en forma de U entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico, aunque encuentran una relación en forma de N (ver, por ejemplo, Musolesi et al., 2010; Ozturk y Acaravci, 2010, entre otros). Delante de estas evidencias, no se ha podido determinar la forma de esta relación, cada país o inclusive cada región puede tener una relación diferente entre crecimiento económico y contaminación ambiental.

Para el caso de Brasil existen varios trabajos que analizan esta relación. Por ejemplo, Freitas y Kaneko (2011) examinan la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂. Ellos encuentran que la diversificación en el consumo de energía es la base para reducir las emisiones de CO₂. Así mismo, Lima, Machado y Rangel (2016), analizando la variación del PIB per cápita en conjunto con las variaciones en las emisiones de CO₂, encontraron que un incremento en PIB per cápita viene acompañado con un aumento en las emisiones de CO₂ en países que no diversifican sus fuentes de energías. Andrade (2009), por su parte, analiza la relación entre las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles y las variaciones en el crecimiento económico. Estos autores encuentran que un aumento en la actividad económica podría inducir a un empeoramiento en los indicadores medio ambientales.

Todas estas investigaciones científicas, aunque diversas en sus hallazgos, tienen un aspecto en común. La mayoría de estos trabajos son análisis a nivel agregado utilizando a Brasil como un todo. Esto conlleva a poca intuición sobre esta relación a un nivel de desagregación sub nacional. Teniendo en cuenta esta brecha

en los estudios existentes, esta investigación contribuye a la literatura utilizando una medida de actividad económica diferente del PIB a nivel de microrregiones que permite complementar los trabajos existentes en la literatura.

2.2. Curva de Kuznets Ambiental (EKC)

La Curva de Kuznets Ambiental (EKC) explica la relación existente entre la degradación ambiental y el crecimiento económico. En particular, la EKC plantea que entre el crecimiento económico y la degradación medioambiental existe una relación funcional en forma de U invertida. En ese mismo sentido, Zilio (2012) sostiene que un daño ambiental es una función creciente del nivel de productividad económica. Por otro lado, Dasgupta et al. (2002) resalta que, en las primeras etapas de industrialización de un país la contaminación sobre el medio ambiente aumenta rápidamente porque las personas y las industrias están más interesadas en la generación de ingresos. En la siguiente etapa, al industrializar y diversificar el aparato productivo, el crecimiento económico impacta menos al medio ambiente. Esto es debido a que el crecimiento económico permite el desarrollo de otros sectores económicos menos intensivos en recursos ambientales. Finalmente, cuando se consigue un nivel alto de ingreso per cápita, los principales sectores de la industria y la población en general se concientizan más por tener un entorno más limpio, produciéndose un cuidado medioambiental mayor.

En esta misma línea de raciocinio, Galeotti et al. (2006) afirma que es la productividad de un país la que lo conduce a tener problemas medioambientales y posteriormente a ser la solución del mismo. En otras palabras, una vez que la economía alcanza un cierto nivel de crecimiento y de desarrollo económico, los individuos pasan a valorar mejores condiciones medioambientales. Esto puede ser explicado, por cambios en las preferencias de los individuos. Así, la siguiente etapa de industrialización ocurre cuando el crecimiento económico ya no causa un aumento significativo en la degradación ambiental. (Grossman y Krueger, 1995;

Carvalho y Almeida, 2010).

2.3. Luminosidad Artificial como Proxy de la Actividad Económica

La recolección inconsistente y deficiente de datos socioeconómicos imposibilita comprender de manera precisa ciertos aspectos económicos en países o regiones donde el acceso a los mismos es bastante limitado, como sucede en los países en vía de desarrollo en donde la información a un nivel subnacional es capturada con diferentes errores de medidas o en el peor de los casos inexistente (Chen y Nordhaus, 2011). El uso de información de la intensidad en la luminosidad artificial por las noches como proxy de la actividad económica ha sido documentada y probada por diversos trabajos científicos (ver por ejemplo Henderson et al. (2012)). Se espera que gran parte de la actividad económica realizada durante las noches represente mayores niveles de consumo y de producción. En este sentido, producir y/o consumir más bienes y/o servicios demandaría un mayor uso de luces artificiales. Así, regiones en donde hay mayor intensidad en las luces artificiales son regiones que presentan mayores niveles de actividad económica (Chen y Nordhaus, 2011). En este orden de ideas, usar información de luminosidad como proxy de la actividad económica en regiones donde los datos socioeconómicos a nivel subnacional son prácticamente inexistentes, parece ser una elección razonable para solventar esta limitación.

Un grupo significativo de investigadores ha utilizado esta variable como medida de la actividad económica o de crecimiento económico en diversos contextos y países (ver, por ejemplo, Henderson, Storeygard y Weil, 2012; Elvidge et al., 1997; Doll, Muller y Morley, 2006). Las ventajas de utilizar la luminosidad artificial como proxy de la actividad económica radican en que los errores de medidas que se puedan presentar no están relacionados con errores de medición de los datos tradicionales como el PIB (Pinkovskiy y Sala-i Martin, 2016). Adicionalmente, en países en los cuales hay existe poca frecuencia en la

recolección de datos a nivel desagregado, la utilización de la luminosidad artificial como proxy de actividad económica puede proporcionar información realmente útil sobre el desempeño económico de aquellas áreas. Esto es posible debido a que la luminosidad artificial por las noches esta relacionadas con la actividad humana ya sean actividades productivas o de consumo. Finalmente, estos datos están disponible en cualquier lugar del mundo a una resolución alta (aproximadamente 1 km²).

3. METODOLOGÍA

3.1. Datos

3.1.1. Emisiones de CO₂

Los datos sobre las emisiones de CO₂ fueron construidos a partir de la base de datos de emisiones para la investigación atmosférica global (EDGAR). Los datos de EDGAR son datos satelitales, los cuales informan la emisión de gases de efecto invernadero en una resolución en pixeles de 0.1° x 0.1° y están disponibles para cada lugar del planeta.

Cada pixel representa un área aproximada de 123,5 kilómetros cuadrados. En este caso, al igual que los datos sobre luminosidad artificial, se construyó un panel de datos a partir de la suma de las emisiones de CO₂ para cada microrregión. En otras palabras, utilizamos herramientas de geoprocésamiento incorporadas en el Software ArcGIS y unimos cada pixel dentro de las fronteras de cada microrregión para construir una media anual de las emisiones. Este proceso fue realizado para cada uno de los años de nuestro análisis.

Los datos de CO₂ EDGAR están disponibles en kilogramos por metro cuadrado por segundo (Kg /M² /seg). Para facilitar nuestro análisis, estos datos se convirtieron en toneladas por kilómetro cuadrado por año (toneladas / Km² / año)

usando la siguiente ecuación:

$$CO_{2i,t} \text{ tons/Km}^2/\text{año} = CO_{2i,t} \text{ Kg/m}^2/\text{seg} \left(\frac{1}{1000} \right) (1.000.000)(12.614.400)$$

donde $CO_{2i,t} \text{ tons/km}^2/\text{año}$ representa el promedio de emisiones de CO_2 para la microrregión i en el año t . Las emisiones anuales totales para cada microrregión i se obtienen de:

$$CO_{2i,t} = CO_{2i,t} \text{ tons / KM}^2 / \text{año} \times (\text{AREA } i, \text{ KM}^2)$$

donde $CO_{2i,t}$ representa el número total anual de emisiones de CO_2 para la microrregión i en el año t .

3.1.2. Luminosidad Artificial

Los datos de luminosidad provienen del Programa de Satélites Meteorológicos de Defensa y son procesados por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (NOAA). La serie de datos está disponible públicamente desde 1992 hasta 2013 y para cada lugar del planeta a una resolución de aproximadamente 0.86 Km^2 . Estos datos son capturados por satélites que observan cada lugar del planeta todas las noches entre 8:30 y 10:00 pm. La información sobre la intensidad de la luminosidad es almacenada a través de un dígito el cual varía entre 0 y 63. Es decir, aquellas áreas donde su dígito es igual a cero son áreas donde no hay presencia de luminosidad. En contraste, áreas con dígito igual a 63 son áreas con la mayor intensidad de luminosidad posible.

Estos datos son procesados superponiendo todas las imágenes diarias obtenidas del satélite durante el año calendario. Esta investigación utiliza herramientas de geoprocésamiento, específicamente una calculadora ráster proporcionada por el software ArcGis, para construir un panel de luminosidad artificial. Seguidamente fueron tomados todos los píxeles dentro de una microrregión y los sumamos, obteniendo así el total de luminosidad para aquella microrregión en un año específico. Realizamos este proceso para cada microrregión y para cada año.

$$Luminosidad_{i,t} = \sum_{i=0}^{63} \times (\# \text{ De píxeles en la microrregión } i, \text{ año } t \text{ con } DN= i)$$

3.2. Método de Estimación

El objetivo principal de la presente investigación es estimar la relación entre crecimiento económico y el medio ambiente. Para ello, se estima la siguiente regresión lineal utilizando el método de efectos fijos. Se optó por el modelo de efectos fijos en lugar del modelo de efectos aleatorios tomando en consideración el resultado del Test de Hausman.³

$$\ln(CO_{2i,t}) = \beta \ln(Luminosidad_{i,t}) + \Gamma_i + \Theta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

donde $CO_{2i,t}$ son las emisiones de CO_2 para la microrregión i en el año $t \in (1992, 2012)$. La variable independiente es $\ln(Luminosidad)$, la cual es la intensidad de la luminosidad artificial para cada microrregión i . El modelo incluye efectos fijos de microrregión (Γ_i), ellos absorben cualquier factor invariante en el tiempo que no sean observables, como características geográficas que podrían confundir el coeficiente

³ En el Anexo B puede evidenciarse este resultado.

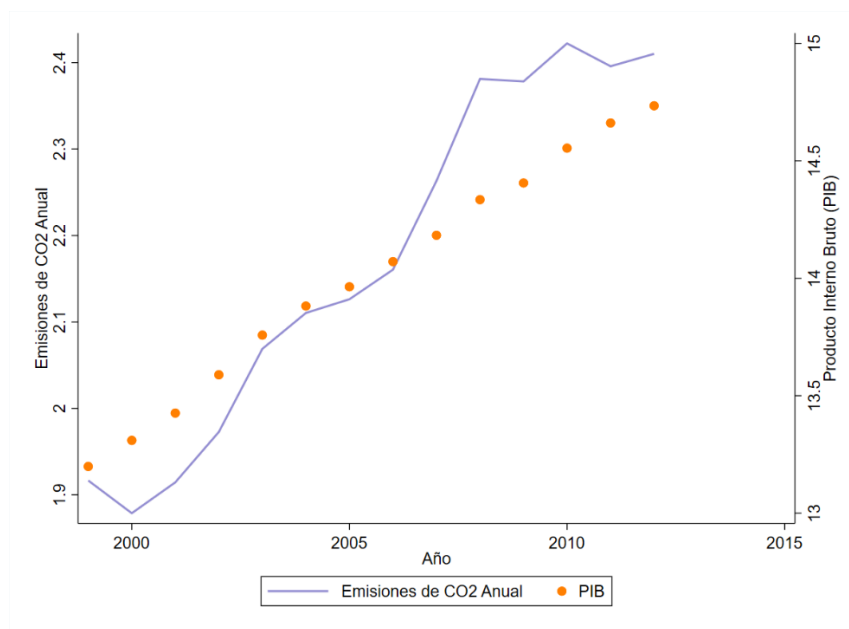
estimado. También, se incluyeron los efectos fijos de tiempo (θ_t), que capturan los efectos de la variabilidad de los shocks de la demanda agregada en la economía nacional. Por último, los modelos poseen errores estándar robustos ajustados por clúster agrupados a un nivel de mesorregiones y de unidad federativa. (Bertrand et al., 2004).

4. RESULTADOS

4.1. Revisión General a los Datos

Comenzamos el análisis evaluando gráficamente la relación entre las emisiones de CO₂ y el Producto Interno Bruto (PIB) a nivel de las microrregiones brasileras. La Figura 1 ilustra esta relación. Como puede ser observado, existe evidencia de una relación positiva entre PIB y las emisiones de CO₂, lo que podría entenderse como una evidencia de que aumentos en la actividad económica pueden estar asociados con incrementos en las emisiones de CO₂, como trabajos previos ya han encontrado. La Tabla 1, por su parte, presenta los resultados de estimaciones de modelos de MCO, efectos fijos y efectos aleatorios de este primer análisis. Podemos evidenciar que los tres modelos presentan un coeficiente estimado positivo y estadísticamente significativo, complementando el resultado obtenido gráficamente en la Figura 1. En particular, la columna (2), la cual representa la estimación a través de efectos fijos, muestra que un incremento en un por ciento en el PIB está asociado a un incremento de 0.3 porcientos en las emisiones de CO₂

Figura 1. Emisiones de CO₂ y PIB. (1999-2012)



Notas: La línea continua representa las tendencias del logaritmo de las emisiones totales anuales de CO₂ en toneladas, mientras que los puntos naranjas representan el logaritmo del PIB en las microrregiones entre 1999 y 2012. El análisis fue limitado a este periodo porque a partir de 1999 es donde se tiene información del PIB a nivel desagregado en Brasil.

Fuente: Elaboración del autor a partir de datos de la base de datos de emisiones para la investigación atmosférica global (EDGAR) y del Instituto de Investigación Económica Aplicada (IPEA por sus siglas en portugués).

Tabla 1: Relación entre Emisiones de CO₂ y PIB y las (1999-2012)

	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂	Emisiones de CO ₂
PIB (en log)	0.785*** [0.007]	0.375*** [0.003]	0.383*** [0.003]
Observaciones	7784	7784	7784
R ²	0.634	0.622	0.622

Notas: La variable dependiente es el logaritmo de las emisiones de CO₂ en toneladas, mientras que la variable independiente es el logaritmo del PIB. Cada coeficiente es de diferente regresión. La columna (1) se basa en una estimación de MCO que no tiene ningún ajuste. La columna (2), a su vez, se estima esta relación utilizando un modelo de efectos fijos. Finalmente, en la columna (3), se estima un modelo de efectos aleatorios.

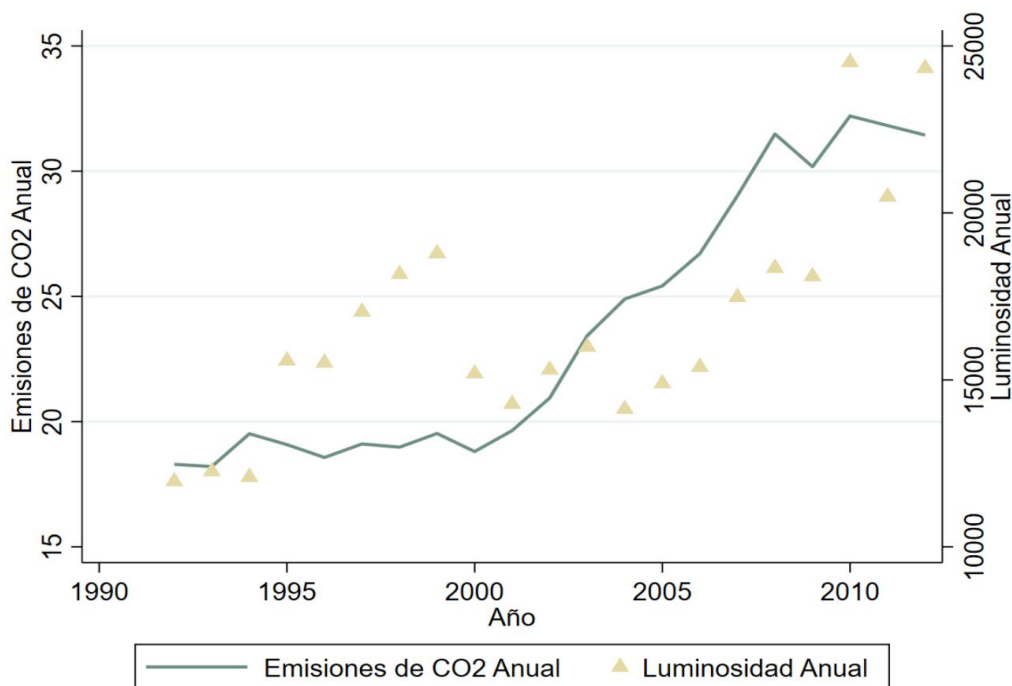
Errores estándar en paréntesis.

* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

4.2. Principales Resultados

Para comenzar nuestro análisis principal de la relación existente entre las emisiones de CO₂ y la intensidad en la luminosidad, hemos llevado a cabo un análisis gráfico de correlación el cual puede evidenciarse a través de la Figura 2. Específicamente, la Figura 2 muestra una tendencia positiva y similar entre estas dos variables, aunque en el período comprendido entre 1994 y 2000 hubo una importante brecha entre ellos. Sin embargo, a partir del 2000 y hasta el final de nuestro periodo de análisis esta relación es creciente y positiva. Para complementar este análisis preliminar, se estimaron un conjunto de regresiones de esta relación con el objetivo de establecer estadísticamente este hallazgo gráfico. Estos resultados son presentados en la Tabla 2.

Figura 2. Emisiones de CO₂ y Luminosidad artificial anual. (1992-2012)



Notas: La línea continua representa las tendencias del logaritmo de las emisiones totales anuales de CO₂ en toneladas, mientras que los triángulos representan el logaritmo del promedio de la intensidad de las luces nocturnas en las microrregiones entre 1992 y 2012.

Fuente: Elaboración del autor a partir de datos de la Base de datos de emisiones para la investigación atmosférica global (EDGAR) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (NOAA).

La Tabla 2 muestra los resultados provenientes de la estimación de la Ecuación (1), la cual establece la relación existente entre la intensidad en la luminosidad y las emisiones de CO₂. La columna (1) se basa en una estimación de MCO sin ningún tipo de ajuste. En particular, el coeficiente estimado en esta columna indica la presencia de una relación positiva entre intensidad en la luminosidad y las emisiones de CO₂. Esto indica que un aumento en la intensidad de la luminosidad artificial estará asociado a un aumento de 1,001 puntos porcentuales en las toneladas de emisiones de CO₂ por año. Este resultado está en línea con la literatura existente y también ratifica nuestra hipótesis de que entre mayor sea la actividad económica en una microrregión mayores serían las emisiones de CO₂.

La estimación llevada a cabo en la columna (2) estima un modelo de efectos fijos, modelo que consideramos apropiado luego de llevar a cabo diferentes estimaciones utilizando MCO y estimado un modelo de efectos aleatorios.⁴ El coeficiente estimado muestra una relación positiva y estadísticamente significativa entre la intensidad en la luminosidad y las emisiones CO₂. En particular, este coeficiente indica que un aumento en la intensidad de las luces artificiales estará asociado a un aumento de 0,444 puntos porcentuales en los niveles de emisiones de CO₂.

En la columna (3), agregamos efectos fijos de año y microrregión lo que permite absorber cualquier tipo de factor invariante en el tiempo y las variaciones en la economía real. El modelo indica una relación estadística positiva indicando que un aumento en la intensidad de las luces artificiales estará asociado a un aumento de 0.014 puntos porcentuales en los niveles de emisiones de CO₂. Los modelos de las columnas (4) y (5) agregan efectos fijos de año, de microrregión y controlan por cluster de mesorregión y cluster de unidad federativa, respectivamente. Estos modelos afirman lo presentado en los anteriores, la

⁴ En el Anexo B puede ser observado estas estimaciones. La elección del modelo de efectos fijos como el que mejor se ajusta a nuestros datos, fue determinado a partir del Test de Hausman como puede ser observado en el Anexo B.

presencia de una relación lineal entre emisiones de CO₂ e intensidad en la luminosidad artificial. Un aumento en los niveles de intensidad en la luminosidad artificial presenta un efecto positivo de 0.014 puntos porcentuales en los niveles de CO₂.

Tabla 2. Relación entre Emisiones de CO₂ e Intensidad en la Luminosidad Artificial

	Emisiones de CO ₂ (1)	Emisiones de CO ₂ (2)	Emisiones de CO ₂ (3)	Emisiones de CO ₂ (4)	Emisiones de CO ₂ (5)
Luminosidad (en Log)	1.001 [0.010]***	0.444 [0.008]***	0.014 [0.008]	0.014 [0.019]	0.014 [0.033]
N	11676	11676	11676	11676	11676
R-sq	0.470	0.974	0.991	0.991	0.991
Efectos fijos Microrregión	NO	SI	SI	SI	SI
Efectos Fijos Tiempo	NO	NO	SI	SI	SI

Notas: La variable dependiente es el logaritmo de las emisiones de CO₂ en toneladas, mientras que la variable independiente es el logaritmo de la suma de las luces nocturnas. Cada coeficiente es de diferente regresión. La columna (1) se basa en una estimación de MCO que no tiene ningún ajuste. La columna (2), a su vez, agrega efectos fijos de microrregión a la especificación de la columna (1). En la columna (3), agregamos efectos fijos por año y microrregión, mientras que la columna (4) agrega efectos fijos de año, de microrregión y controla por clúster de mesorregión. Finalmente, en la columna (5) agrega efectos fijos de año, de microrregión y controla por clúster de unidad federativa.

Errores estándar en paréntesis.

* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo analiza la relación presente entre intensidad de la luminosidad artificial y las emisiones de CO₂ a nivel de microrregión en Brasil. Los resultados encontrados muestran la presencia de una relación fuerte y positiva entre estas dos variables. La elasticidad entre luminosidad artificial y emisiones de CO₂ indican que un aumento del 1% en la intensidad de la luminosidad artificial refleja un aumento de 0.044 puntos porcentuales en los niveles de CO₂. Este grado de sensibilidad muestra, en otras palabras, que los aumentos en la producción/consumo están asociados con aumentos en la contaminación ambiental por CO₂. De esta forma, los resultados hallados revelan la presencia de un trade-off entre crecimiento económico y la preservación medio ambiental, por lo que, bajo las mismas circunstancias, aumentar la producción nacional aumentaría significativamente las emisiones de CO₂.

La evidencia de la presencia de un trade-off posee un significado económicamente relevante puesto que muestra que a nivel desagregado las microrregiones mayormente iluminadas y con mayor desarrollo del aparato productivo podrían desarrollar tasas mayores de emisiones de CO₂. A pesar de que nuestros análisis se basan en una asociación estadística simple, los resultados son robustos a diferentes especificaciones, lo que permite pensar que la intensidad en la luminosidad artificial es un buen proxy de la actividad económica.

Los resultados son similares a la literatura existente que analiza la relación crecimiento económico-contaminación ambiental a nivel agregado para Brasil. Así, nuestros resultados podrían proporcionar información valiosa para los responsables de políticas públicas tanto a nivel nacional cuanto a nivel subnacional de los potenciales efectos ambientales de políticas que busquen un crecimiento económico acelerado. Frente a esto, se hace necesario considerar una

transformación productiva a modo de disminuir los impactos ambientales de las producciones industriales en los países.

Por otro lado, futuros trabajos podrían considerar la utilización de otro tipo de contaminantes diferentes a las emisiones de dióxido de carbono CO₂ para complementar nuestro análisis. Además, nuevas investigaciones pueden considerar analizar otros países que tengan condiciones socioeconómicas, climáticas, culturales diferentes a Brasil para corroborar estos hallazgos. Finalmente, se motiva a futuras investigaciones a examinar esta relación a nivel de estructuras productivas para conocer el grado de contaminación que ellas producen (por ejemplo, PIB agrícola, PIB industrial).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, André Luiz (2009): CO₂ e crescimento econômico: uma análise para as emissões dos combustíveis líquidos de origem fóssil no Brasil.
- Baek, J., & Kim, H. S. (2013). Is economic growth good or bad for the environment? Empirical evidence from Korea. *Energy Economics*, 36, 744-749.
- Ballantyne, A. G., Wibeck, V., & Neset, T. S. (2016). Images of climate change—a pilot study of 322 young people's perceptions of ICT-based climate visualization. *Climatic Change*, 134(1-2), 323 73-85
- Baltagi, B. (2008). *Econometric analysis of panel data*. John Wiley & Sons.
- Carvalho, T., & Almeida, E. (2010). A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 40(3), 587-615. doi: 10.1590/s0101-41612010000300004
- Chen, X., & Nordhaus, W. (2011). Using luminosity data as a proxy for economic statistics. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 108(21), 8589- 8594. doi: 10.1073/pnas.1017031108
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the Environmental Kuznets Curve. *Journal Of Economic Perspectives*, 16(1), 147-168. doi: 10.1257/0895330027157
- De Freitas, L., & Kaneko, S. (2011). Decomposing the decoupling of CO₂ emissions and economic growth in Brazil. *Ecological Economics*, 70(8), 1459-1469. doi: 10.1016/j.ecolecon.2011.02.011
- Doll, C. N., Muller, J. P., & Morley, J. G. (2006). Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery. *Ecological Economics*, 57(1), 75-92.
- Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Kihn, E. A., Kroehl, H. W., Davis, E. R., & Davis, C. W. (1997). Relation between satellite observed visible-near infrared

- emissions, population, economic activity and electric power consumption. *International Journal of Remote Sensing*, 18(6), 1373-1379.
- Elvidge, C., Safran, J., Tuttle, B., Sutton, P., Cinzano, P., & Pettit, D. et al. (2007). Potential for global mapping of development via a nightsat mission. *Geojournal*, 69(1- 2), 45-53. doi: 10.1007/s10708-007-9104-x
- Galeotti, M., Lanza, A., & Pauli, F. (2006). Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise. *Ecological economics*, 57(1), 152-163.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. (2009). *Basic Econometrics* Mc Graw-Hill International Edition
- Grossman, G., & Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal Of Economics*, 110(2), 353-377. doi: 10.2307/2118443
- Grossman, G., & Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal Of Economics*, 110(2), 353-377. doi: 10.2307/211844
- Henderson, J. Vernon, Adam Storeygard, and David N. Weil. (2012). "Measuring Economic Growth from Outer Space." *American Economic Review*, 102 (2): 994-1028.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Kanjilal, K., & Ghosh, S. (2013). Environmental Kuznet's curve for India: Evidence from tests for cointegration with unknown structuralbreaks. *Energy Policy*, 56, 509-515
- Karl, T. R., & Trenberth, K. E. (2003). Modern global climate change. *science*, 302(5651), 1719-1723.
- Michalopoulos, S., & Papaioannou, E. (2013). Pre-Colonial Ethnic Institutions and Contemporary African Development. *Econometrica*, 81(1), 113-152. doi: 10.3982/ecta9613

- Musolesi, A., Mazzanti, M., & Zoboli, R. (2010). A panel data heterogeneous Bayesian estimation of environmental Kuznets curves for CO2 emissions. *Applied Economics*, 42(18), 2275-2287.
- Acaravci, A., & Ozturk, I. (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35(12), 5412-5420.
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment And Development Economics*, 2(4), 465-484. doi: 10.1017/s1355770x97000259
- Paukert, F. (1973). Income distribution at different levels of development: A survey of evidence. *Int'l Lab. Rev.*, 108, 97.
- Pao, H., & Tsai, C. (2011). Modeling and forecasting the CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, 36(5), 2450-2458. doi: 10.1016/j.energy.2011.01.032
- Pinkovskiy, M., & Sala-i-Martin, X. (2016). Lights, Camera ... Income! Illuminating the National Accounts-Household Surveys Debate*. *The Quarterly Journal Of Economics*, 131(2), 579-631. doi: 10.1093/qje/qjw003
- Shi, K., Chen, Y., Yu, B., Xu, T., Chen, Z., Liu, R., ... & Wu, J. (2016). Modeling spatiotemporal CO2 (carbon dioxide) emission dynamics in China from DMSP-OLS nighttime stable light data using panel data analysis. *Applied Energy*, 168, 523-533.
- Zilio, M. (2012). Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos De Economía*, 35(97), 43-54. doi: 10.1016/s0210-0266(12)70022-5

ANEXOS

Anexo A

Análisis Preliminar de Correlación

La siguiente salida de Stata representa la correlación entre las Luminosidad y el PIB a nivel de microrregión. Como sólo se tiene información del PIB a este nivel desde 1999, el periodo comprendido para este análisis fue de 1999-2012. El análisis de correlación se llevo acabo utilizando las variables sin ninguna transformación y utilizando logaritmos.

```
. ** Correlacion Simples **  
. correlate luces_suma pib  
(obs=7,798)
```

	luces_~a	pib
luces_suma	1.0000	
pib	0.6510	1.0000

```
. correlate ln_luces_suma ln_pib  
(obs=7,798)
```

	ln_lu~ma	ln_pib
ln_luces_s~a	1.0000	
ln_pib	0.7888	1.0000

Anexo B

Datos en panel y regla de decisión sobre cual modelo utilizar.

A diferencia de las bases de datos de series temporales y datos de corte transversal, para la realización de un modelo econométrico que cumpla con los objetivos planteados en la presente investigación se ha optado por la utilización de la metodología conocida como modelos para datos de panel o longitudinales. Esta

estructura de datos se basa en la utilización de un conjunto de unidades de sección cruzada (países, ciudades, personas, etc.), analizadas periodo a periodo (mensualmente, trimestralmente, anualmente, etc). Los datos en panel corresponden a una muestra en cuestión observada con regularidad en un lapso de años establecidos.

La gran ventaja que tiene el uso de datos en panel es que permiten solucionar problemas de endogeneidad que se produce al omitir variables constantes a lo largo del tiempo, esto debido a que la heterogeneidad no se puede detectar con estudios de series de tiempo ni con estudios de corte transversal. A su vez, es posible medir los efectos no detectables en muestras de corte transversal y ayuda a mejorar la precisión de las estimaciones (Baltagi, 2008).

El estudio de modelos para datos en panel permite su clasificación en tres grandes metodologías: modelo de efectos fijos, modelo de efectos aleatorios y regresión agrupada. Se analizará de manera concisa cada una de las metodologías señaladas.

- **Modelo de efectos fijos:** La literatura destaca al modelo de regresión de efectos fijos (MEF) como aquel en el cual existe un término constante diferente para cada individuo y que supone que los efectos individuales son independientes entre sí. En MEF se plantea que todas las variables regresoras afecta por igual a todas las unidades de corte transversal (Gujarati, 2009).
- **Modelo de efectos aleatorios:** A diferencia de MEF el modelo de regresión de efectos aleatorios (MEA) considera que los efectos individuales no son independientes entre sí, lo que quiere decir que los efectos individuales para cada observación están distribuidos aleatoriamente alrededor de un valor dado. Asimismo, MEA plantea que el impacto de las variables regresoras sobre las unidades transversales son diferentes ya que existen variables que

no fueron incluidas explícitamente como variables independientes en el modelo, las cuales se encuentran en el término de perturbación estocástico.

- **Regresión agrupada:** Cuando se tiene presente información de corte transversal y de series de tiempo en donde cada observación de corte transversal es pequeña de tal forma que no es posible hacer inferencia estadística sobre ella, es posible solucionar dicho problema agrupando información de series de tiempo y de corte transversal para estimar una regresión común con lo cual sea posible obtener un modelo correctamente especificado con estimadores eficientes donde se pueda hacer inferencias estadística sobre ellos.

La literatura relacionada a los modelos para datos en panel señala una disyuntiva frente a la utilización de MEF o MEA. Para tal fin, se ha desarrollado un test en el cual se tiene la finalidad de señalar cuál de las dos alternativas seleccionar. El test de Hausman permite decidir entre efectos fijos o aleatorios, se puede ejecutar la prueba de Hausman desarrollada en el año 1978 para enfrentar a ambos modelos valorando para ello las matrices de varianzas-covarianzas de los estimadores obtenidos.

Ho: No existe correlación entre las variables explicativas y los efectos individuales.

Ha: Existe correlación entre las variables explicativas y los efectos individuales

La idea del test de Hausman es decidir cuál de los dos modelos seleccionar, para ello nos basamos en el p-value obtenido del test, en donde un p-value < 0.05 plantea que estadísticamente no deberíamos rechazar Ho por lo que hay correlación existente entre efectos individuales y las variables explicativas, lo que nos indicaría que los estimadores de efectos fijos deben ser utilizados. Por el contrario, si el p-value > 0.05 indica todo lo contrario.

Salidas Software Stata de las Regresiones Estimadas

Salidas Stata Tabla 1. Relación entre Emisiones de CO₂ y PIB y las (1999-2012)

Columna 1 : Regresión por MCO

```
. xtset COD_UFMICR year, yearly
      panel variable: COD_UFMICR (strongly balanced)
      time variable: year, 1999 to 2012
      delta: 1 year
```

```
. *MCO
```

```
. reg ln_co2_tot_anual ln_pib
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	7,784
Model	8997.43077	1	8997.43077	F(1, 7782)	= 13468.19
Residual	5198.76889	7,782	.668050487	Prob > F	= 0.0000
Total	14196.1997	7,783	1.82400098	R-squared	= 0.6338
				Adj R-squared	= 0.6337
				Root MSE	= .81734

ln_co2_tot~1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
ln_pib	.7853051	.0067668	116.05	0.000	.7720404 .7985699
_cons	-8.82703	.0952229	-92.70	0.000	-9.013692 -8.640367

Columna 2 : Regresión por Efectos Fijos

```
. *EF
```

```
. xtreg ln_co2_tot_anual ln_pib, fe
```

```
Fixed-effects (within) regression      Number of obs = 7,784
Group variable: COD_UFMICR            Number of groups = 556
```

```
R-sq:                                Obs per group:
  within = 0.6216                      min = 14
  between = 0.6616                     avg = 14.0
  overall = 0.6338                     max = 14
```

```
corr(u_i, Xb) = 0.5731                 F(1,7227) = 11871.79
                                        Prob > F = 0.0000
```

ln_co2_tot~1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
ln_pib	.3745606	.0034377	108.96	0.000	.3678218 .3812994
_cons	-3.074428	.0481761	-63.82	0.000	-3.168867 -2.979989
sigma_u	.98212839				
sigma_e	.15129595				
rho	.976819	(fraction of variance due to u_i)			

```
F test that all u_i=0: F(555, 7227) = 396.19      Prob > F = 0.0000
```

Columna 3: Regresión por Efectos Aleatorios

```

. *EA
.
. xtreg ln_co2_tot_anual ln_pib, re

Random-effects GLS regression           Number of obs   =    7,784
Group variable: COD_UFMICR             Number of groups =    556

R-sq:                                  Obs per group:
  within = 0.6216                       min =          14
  between = 0.6616                      avg =         14.0
  overall = 0.6338                      max =          14

corr(u_i, X) = 0 (assumed)              Wald chi2(1)    =   12108.31
                                           Prob > chi2     =    0.0000

```

ln_co2_tot~1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
ln_pib	.3828387	.0034792	110.04	0.000	.3760197	.3896577
_cons	-3.190366	.0591608	-53.93	0.000	-3.306319	-3.074413
sigma_u	.77378383					
sigma_e	.15129595					
rho	.96317682	(fraction of variance due to u_i)				

Salidas Stata Tabla 2: Relación entre Emisiones de CO₂ y Intensidad en la Luminosidad Artificial

Columna 1: Regresión por MCO

```

. * Columna 1
. reg ln_co2_tot_anual ln_luces_suma

Source |           SS           df           MS       Number of obs   =    11,676
-----|-----
Model |    9752.7176            1    9752.7176       F(1, 11674)    =   10370.87
Residual |   10978.1776       11,674    .940395543       Prob > F        =    0.0000
-----|-----
Total |   20730.8952       11,675    1.77566554       R-squared        =    0.4704
                                           Adj R-squared    =    0.4704
                                           Root MSE        =    .96974

```

ln_co2_tot~1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_luces_suma	1.001471	.009834	101.84	0.000	.9821951	1.020748
_cons	-7.248139	.0920021	-78.78	0.000	-7.428479	-7.0678

Columna 2: Modelo de Efectos Fijos

```

. xtset COD_UFMICR year, yearly
      panel variable: COD_UFMICR (strongly balanced)
      time variable: year, 1992 to 2012
      delta: 1 year

.
. xtreg ln_co2_tot_anual ln_luces_suma , fe

Fixed-effects (within) regression              Number of obs   =   11,676
Group variable: COD_UFMICR                    Number of groups =    556

R-sq:                                         Obs per group:
  within = 0.2373                               min =          21
  between = 0.4929                              avg =         21.0
  overall = 0.4704                              max =          21

corr(u_i, Xb) = 0.4734                        F(1,11119)      =   3459.71
                                                Prob > F        =    0.0000

```

ln_co2_tot~1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_luces_suma	.4444997	.007557	58.82	0.000	.4296866	.4593129
_cons	-2.062242	.070392	-29.30	0.000	-2.200223	-1.924261
sigma_u	1.0746136					
sigma_e	.21948205					
rho	.95995536	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(555, 11119) = 390.58 Prob > F = 0.0000

Columna 4: Modelo de Efectos Fijos, Efectos Fijos de Tiempo y Cluster de Mesoregión

```
. xtreg ln_co2_tot_anual ln_luces_suma i.year , fe cluster (COD_UFMESO)

Fixed-effects (within) regression              Number of obs   =   11676
Group variable: COD_UFMICR                   Number of groups =    556

R-sq:  within = 0.7277                       Obs per group:  min =    21
        between = 0.4929                       avg =           21.0
        overall = 0.0382                       max =           21

F(21,137) = 2925.35
Prob > F   = 0.0000
```

(Std. Err. adjusted for 138 clusters in COD_UFMESO)

ln_co2_tot~1	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_luces_suma	.0135041	.0185883	0.73	0.469	-.023253	.0502611
year						
1993	-.0277325	.003544	-7.83	0.000	-.0347405	-.0207245
1994	.0306901	.0040941	7.50	0.000	.0225942	.038786
1995	.0214561	.0068399	3.14	0.002	.0079307	.0349816
1996	-.0102616	.007742	-1.33	0.187	-.0255709	.0050476
1997	-.0015885	.0097357	-0.16	0.871	-.0208402	.0176632
1998	-.0002136	.012355	-0.02	0.986	-.0246447	.0242176
1999	.0278838	.0119004	2.34	0.021	.0043516	.051416
2000	-.0069689	.0101594	-0.69	0.494	-.0270585	.0131207
2001	.0297586	.0123705	2.41	0.017	.0052967	.0542204
2002	.087205	.0123035	7.09	0.000	.0628758	.1115343
2003	.182636	.0154262	11.84	0.000	.1521318	.2131402
2004	.2260711	.0140334	16.11	0.000	.198321	.2538212
2005	.2410152	.0138742	17.37	0.000	.21358	.2684505
2006	.2747826	.0143668	19.13	0.000	.2463732	.303192
2007	.37627	.018125	20.76	0.000	.3404291	.4121109
2008	.4928135	.0189806	25.96	0.000	.4552806	.5303464
2009	.4900671	.0198751	24.66	0.000	.4507656	.5293687
2010	.5294458	.0239213	22.13	0.000	.4821431	.5767486
2011	.5056786	.0234521	21.56	0.000	.4593038	.5520535
2012	.5174068	.0237378	21.80	0.000	.470467	.5643467
_cons	1.760878	.1684428	10.45	0.000	1.427794	2.093962
sigma_u	1.30265					
sigma_e	.13125719					
rho	.98994913	(fraction of variance due to u_i)				

Columna 5: Modelo de Efectos Fijos, Efectos Fijos de Tiempo y Cluster de Unidad Federativa (Estados)

```
. xtreg ln_co2_tot_anual ln_luces_suma i.year , fe cluster (COD_UF)

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   11676
Group variable: COD_UFMICR           Number of groups =    556

R-sq:  within = 0.7277                Obs per group: min =    21
      between = 0.4929                avg =           21.0
      overall = 0.0382                max =           21

                                     F(21,26)         =  33233.28
corr(u_i, Xb) = 0.0392                Prob > F         =   0.0000
```

(Std. Err. adjusted for 27 clusters in COD_UF)

ln_co2_tot_~1	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_luces_suma	.0135041	.0326025	0.41	0.682	-.0535113	.0805194
year						
1993	-.0277325	.0046869	-5.92	0.000	-.0373665	-.0180985
1994	.0306901	.0074229	4.13	0.000	.015432	.0459482
1995	.0214561	.0086492	2.48	0.020	.0036775	.0392347
1996	-.0102616	.0093481	-1.10	0.282	-.0294769	.0089537
1997	-.0015885	.0110786	-0.14	0.887	-.0243609	.021184
1998	-.0002136	.0141972	-0.02	0.988	-.0293963	.0289692
1999	.0278838	.0137444	2.03	0.053	-.0003681	.0561357
2000	-.0069689	.0128433	-0.54	0.592	-.0333686	.0194309
2001	.0297586	.0175655	1.69	0.102	-.0063478	.0658649
2002	.087205	.0155949	5.59	0.000	.0551493	.1192608
2003	.182636	.019668	9.29	0.000	.1422079	.2230641
2004	.2260711	.020276	11.15	0.000	.1843932	.2677489
2005	.2410152	.0188801	12.77	0.000	.2022066	.2798239
2006	.2747826	.0198931	13.81	0.000	.2338917	.3156735
2007	.37627	.0258701	14.54	0.000	.3230931	.4294468
2008	.4928135	.0255559	19.28	0.000	.4402825	.5453445
2009	.4900671	.0282552	17.34	0.000	.4319878	.5481465
2010	.5294458	.0271943	19.47	0.000	.4735472	.5853445
2011	.5056786	.0313378	16.14	0.000	.4412629	.5700944
2012	.5174068	.0325507	15.90	0.000	.4504979	.5843157
_cons	1.760878	.3071751	5.73	0.000	1.129471	2.392286
sigma_u	1.30265					
sigma_e	.13125719					
rho	.98994913	(fraction of variance due to u_i)				

Test de Hausman relación intensidad en la luminosidad y emisiones de CO₂.

```
. hausman fix ran
```

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) fix	(B) ran		
ln_lightsum	.4444997	.4609177	-.016418	.0008411

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(1) = (b-B)' [(V_b-V_B)^(-1)] (b-B)
 = 380.98
 Prob>chi2 = 0.0000

Teste de Heterocedasticidad

```
. xttest3
```

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
 in fixed effect regression model

H0: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i

chi2 (556) = 14610.87
 Prob>chi2 = 0.0000

Ho: Presencia de homocedasticidad

Ha: Presencia de heterocedasticidad

Regla de decisión:

Valor > 0.05 No rechazar Ho -> Hay presencia de homocedasticidad

Valor < 0.05 Rechazar Ho -> Hay presencia de heterocedasticidad

Test de Correlación

```
. xtserial ln_co2_tot_anual ln_lightsum
```

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

```
F( 1, 555) = 305.899
Prob > F = 0.0000
```

Ho: No hay presencia de correlación serial

Ha: Presencia de correlación serial

Regla de decisión:

Valor > 0.05 No rechazar Ho -> No hay presencia de correlación serial

Valor < 0.05 Rechazar Ho -> Hay presencia de correlación serial

Test de Normalidad

```
. sktest errores
```

```
Skewness/Kurtosis tests for Normality
----- joint -----
Variable | Obs Pr(Skewness) Pr(Kurtosis) adj chi2(2) Prob>chi2
-----|-----
errores | 11,676 0.0000 0.0015 . 0.0000
```

Ho: El error se distribuye normal

H1: El error no se distribuye normal

Regla de decisión:

Valor > 0.05 No rechazar Ho -> Los errores tienen una distribución normal

Valor < 0.05 Rechazar Ho -> Los errores no poseen una distribución normal.