

# Relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el grado de urbanización a nivel global y entre grupos de países: un enfoque usando técnicas econométricas avanzadas de datos de panel

Patricia Vaca<sup>1</sup> Iván Cartuche<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Economía. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

Fecha de recepción: Febrero 2018. Fecha de aceptación: Junio 2018

## Resumen

A través de los años el crecimiento poblacional ha sido significativamente alto lo cual genera cambios en el medio ambiente. La presente investigación analiza la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y la urbanización para 141 países a nivel mundial en el periodo 1990-2015. Para analizar el nivel de calidad ambiental se ha basado el análisis en la curva ambiental de Kuznets, la cual plantea que en primera estancia cuando la población es baja el nivel de contaminación también se mantiene bajo, cuando la población aumenta el grado de contaminación es mayor pero cuando la población incrementa a cierto punto la contaminación tiende a decrecer por varios factores como la educación y el desarrollo tecnológico. Los resultados obtenidos indicaron que la teoría no se cumple en los países de ingresos altos, medios altos, y medios bajos, mientras que para los países de ingresos bajos el planteamiento se cumplió puesto que cuando la urbanización aumentó, las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyeron, debido a que, la constante del modelo presentó una fuerte significancia y una relación inversa respecto a las emisiones, a pesar de ello, hay que considerar que los países de ingresos bajos han tenido tasas de crecimiento de la población menores por ello se establecen implicaciones de políticas estructuradas en tres ejes formulados en la teoría de Kuznets que son los de generar un mayor nivel de educación; una regulación de las industrias y la implementación de una matriz productiva en base al uso de tecnologías sustentables y amigables con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Emisiones de CO<sub>2</sub>; Urbanización; Crecimiento Económico; Kuznets

**Códigos JEL:** D31.E24.J15.

## Relationship between CO<sub>2</sub> emissions and the degree of urbanization globally and among groups of countries: an approach using advanced economic techniques of panel data

### Abstract

Over the years population growth has been significantly high which generates changes in the environment. This research analyzes the relationship between CO<sub>2</sub> emissions and urbanization for 141 countries worldwide in the period 1990-2015. To analyze the level of environmental quality, the analysis has been based on the Kuznets environmental curve, which states that in the first stay when the population is low, the level of pollution is also kept low, when the population increases the degree of pollution is higher But when the population increases at a certain point, pollution tends to decrease due to several factors such as education and technological development. The results obtained indicated that the theory is not met in high-income, high-middle, and low-middle countries, while for low-income countries the approach was fulfilled since when urbanization increased, CO<sub>2</sub> emissions decreased, due to that, the constant of the model presented a strong significance and an inverse relation with respect to the emissions, in spite of it, it is necessary to consider that the low-income countries have had lower population growth rates, therefore, policy implications are established structured in three axes formulated in the Kuznets theory that are those of generating a higher level of education; a regulation of the industries and the implementation of a productive matrix based on the use of sustainable and environmentally friendly technologies.

**keywords:** CO<sub>2</sub> emissions; Urbanization; Economic Growth; Kuznets

**JEL codes:** D31.E24. J15

<sup>1</sup> Autor: Patricia Vaca. Universidad Nacional de Loja. La Argelia. Correo electrónico: patricia.vaca@unl.edu.ec

<sup>2</sup> Coautor: Iván Cartuche. Universidad Nacional de Loja. La Argelia. Correo electrónico: ivan.cartuche@unl.edu.ec

## 1. Introducción

El crecimiento poblacional y de las ciudades en el mundo pareciera no detenerse y el espacio que ocupan los asentamientos urbanos está aumentando más rápidamente que la propia población urbana. Se prevé que entre 2000 y 2030, la población urbana del mundo aumentará 72%, mientras que la superficie de las zonas edificadas donde viven 100.000 o más personas podría aumentar en 175% (UNFPA 1996). En los últimos 200 años, la población urbana mundial ha pasado de equivaler el 2% de la población mundial en 1800 a constituir el 50% de ésta en la actualidad. Los ejemplos que mejor evidencian el ritmo de la urbanización los constituyen las ciudades de 10 o más millones de habitantes. Mientras que en 1975 sólo había cuatro de estas urbes, en el 2000 aumentaron a 18 y para el 2015 la Organización de las Naciones Unidas estima que habrá 22 localidades de estas características (UNFPA 2007). Según la División de Población de las Naciones Unidas, se prevé que para el año 2030 la cantidad de personas que vivirán en ciudades habrá llegado a casi 5.000 millones, representando el 61,7% de la población mundial (Boyle, 2004) y la población urbana en las naciones en desarrollo se duplicará de 2.000 millones a 4.000 millones en los próximos 30 años (Banco Mundial, 2006).

De acuerdo a las Naciones Unidas en su Informe de los Objetivos del Desarrollo Sostenible de 2018, se afirma que en el mundo, la intensidad de carbono disminuyó 19 puntos porcentuales desde el año 2000 a 2015; de 0,38 a 0,31 kilogramos de dióxido de carbono por dólar de valor agregado lo que se ha logrado debido a que la industria manufacturera ha progresado incesantemente logrando que la industrialización sea inclusiva y sostenible, por lo que establece que es necesario desencadenar fuerzas económicas competitivas que generen empleo e ingresos, así como que faciliten el comercio internacional y permitan el uso eficiente de recursos.

Contrastando con el informe de las Naciones Unidas, nos enfocamos en el informe desarrollado por el Banco Mundial de 2017, en las diferentes regiones del mundo se ha producido un crecimiento de las emisiones de dióxido de carbono, es así, que el África en el año 2000 las emisiones de CO2 expresadas en megatoneladas tenían un valor de 566 mientras que en 2010 pasaron a ser 747 y en la actualidad tienen un total de 784. En Asia Oriental y el Pacífico las emisiones presentan datos crecientes como son 4197, 10054 y 11641 megatoneladas para los años 2000, 2010 y 2017 respectivamente. En Europa y Asia Central los valores mantienen la misma tendencia crecientes puesto que en 2000 eran 2172, en 2010 eran 3036 y en 2017 3164 megatoneladas. Para América Latina y el Caribe los datos para el año 2000, 2010 y 2017 eran de 1226, 1557 y 1711 respectivamente. En Oriente Medio y Norte de África los valores eran 873, 1313 y 1381 para los respectivos años y en la región de Asia Meridional las emisiones de dióxido de carbono eran de 1181, 1970 y 2303 megatoneladas para los años correspondientes. De igual forma el crecimiento de la población en regiones han ido en aumento a través de los periodos de tiempo expuestos.

Este estudio se basa en la curva ambiental de Kuznets (1985), tomando en cuenta variables como la urbanización y las emisiones de CO2, el enfoque de esta teoría nos permite conocer cómo evolucionan estas variables en los 141 países analizados. El objetivo de esta investigación es determinar y analizar el impacto que tiene la urbanización con respecto a las emisiones de CO2. La hipótesis planteada de acuerdo al contexto establece que la urbanización incide en los niveles de emisión de CO2. La investigación de la temática se la aborda de acuerdo a cuatro apartados. El primero de ellos, la revisión de la literatura previa que consta de antecedentes de los diversos estudios para determinar la relación que existe entre la urbanización y las emisiones de CO2, conjuntamente unida a una fundamentación teórica y legal del tema a tratar. En el segundo apartado se describe los datos, métodos y técnicas que se aplicó en el estudio, las variables utilizadas y como estas se encuentran medidas. El tercer apartado corresponde a la discusión

de resultados, los cuales se sustentan mediante el uso de tablas, gráficos, análisis e interpretaciones de los mismos. El cuarto y último apartado pertenece a las conclusiones obtenidas dentro la investigación.

## 2. Revisión y literatura previa

La medición de la calidad ambiental tiene su origen en la curva ambiental planteada por Kuznets (1985), a través de ella representamos la relación de las emisiones de dióxido de carbono (CO2) y la urbanización. El principal motivo de esta teoría consiste en demostrar como el crecimiento de la población urbana afecta a la calidad ambiental de los países a través del nivel de emisiones de CO2. En el presente artículo se consideró 141 países a los cuales se los clasifiqué de acuerdo a su ingreso, a diferencia de la mayoría de investigaciones encontradas las cuales presentan análisis basadas en un solo país.

Muchas de las investigaciones realizadas en países con un alto grado de urbanización, como es el caso de China, donde autores como Li, Huang, Kwan, Yang & Chuai (2018), los cuales exponen que es de gran importancia investigar el efecto de la urbanización sobre las emisiones de CO2, especialmente en las grandes economías emergentes y en desarrollo, debido a la necesidad indispensable de comprender el efecto de la urbanización en las emisiones de CO2, evaluar las tareas de reducción de carbono y proporcionar la base científica para bajar dichas emisiones. Wang, & Zhao (2017), concuerdan con lo expuesto, pero incluyen en su análisis que existe una variación en las fases de desarrollo de la urbanización creando una disparidad regional debido a las emisiones de CO2. Siguiendo los estudios realizados en China Liu, & Bae (2018) plantean varias medidas políticas para contrarrestar los efectos generados en el ambiente como son: alentar la urbanización verde y sostenible, ya que aumenta el crecimiento económico pero no a expensas de la degradación ambiental para ajustar y optimizar estratégicamente la estructura industrial; mejorar la eficiencia del uso de energía y la innovación tecnológica; y aumentar la proporción de energía renovable en el consumo total de energía.

De acuerdo al estudio realizado por Wang, Li, & Fang (2017) en el cual se tomaron 170 países durante el periodo 1980-2011, los resultados arrojaron que se debe tener en cuenta la importancia de la etapa de desarrollo de un país y el nivel de ingresos para las decisiones de política del gobierno relacionadas con la reducción de las emisiones de CO2. Zhang, Yu & Chen (2017) también tomaron un grupo de países para realizar su estudio, en este caso fueron 141 países en un periodo más extenso de 1961-2011 donde sus resultados muestran que existe una relación invertida en forma de U entre la urbanización y las emisiones de carbono, y el punto de inflexión es alrededor del 73.80%. Pero la concentración urbana excesiva puede reclamar los beneficios de la urbanización de alto nivel. Otro estudio realizado establece que la estimación del panel para todo el conjunto de datos mostró una relación U invertida entre la urbanización y las emisiones de CO2 en las principales regiones de China. (He, Xu, Shen, Long & Chen) con lo que podemos confirmar la teoría planteada por Kuznets.

Cai, Yin & Varis (2018) señalan que el consumo rural ha sido notablemente más alto que el urbano, y esta brecha parece estar creciendo. Por el contrario, las emisiones de CO2 per cápita relacionadas con la energía del consumo residencial aumentaron significativamente en las zonas urbanas y rurales de todo el país. Así como el estudio presentado por Lin, Wang, Marinova, Zhao & Hong, (2017) el cual establece que la urbanización y el desarrollo económico real tienen un pequeño impacto en las emisiones de CO2 en los países de ingresos no altos y que la aceleración de la urbanización y el desarrollo económico real no darán lugar a un aumento significativo de las emisiones de CO2. De hecho, para los países de ingresos medianos altos, el desarrollo económico real conducirá a una disminución en las emisiones de CO2, y la aceleración del proceso de urbanización solo causará un pequeño aumento en las

emisiones. Los principales factores que impulsan las emisiones de CO2 siguen siendo la población, la afluencia, la intensidad energética y la intensidad de las emisiones de CO2.

Otros estudios realizados en Malasia establecen que la elasticidad del CO2: la urbanización se encuentra con elasticidad positiva en la etapa inicial de la urbanización, pero se convierte en inelástica negativa en la etapa de mayor urbanización. Además, la causalidad unidireccional de la urbanización a las emisiones de CO2 en el corto plazo tiene un nivel de significación del 1 %, y la causalidad bidireccional entre las emisiones de CO2 y la urbanización tiene un nivel de significación del 5 % a largo plazo Bekhet & Othman (2017); mientras que en la India, Franco, Mandla Rao (2017) señalan que la urbanización mejora la calidad de vida de las personas mientras promueve el crecimiento económico; sin embargo, también aumenta el consumo de energía y es capaz de generar una crisis energética corroborando que la urbanización tiene un impacto significativo en las emisiones de dióxido de carbono.

Desde una perspectiva global, se observa que las emisiones de CO2 evidencian una disparidad bastante notoria entre los países más industrializados y las naciones en vías de desarrollo. De esta manera, se ha podido establecer que mientras mayor es la producción que requiere una comunidad, mayor es la cantidad de CO2 liberado. Las emisiones promedio por persona, según el *World Resources Institute* (2003), son directamente proporcionales al índice de riqueza o producto interno bruto (PIB) que a su vez está reflejado en el aumento del crecimiento poblacional urbano.

Ehrlich & Holdren (1971) fueron los primeros en considerar los efectos de la población en el consumo de energía y en las emisiones de CO2, concluyeron que precisamente el incremento de la población es el principal componente del deterioro ambiental. Los primeros en considerar los efectos del crecimiento de la población especialmente urbana en las emisiones de CO2 y consumo de energía fueron los realizados por Daily & Ehrlich (1992), Dietz & Rosa (1997), Cramer & Cheney (2000) y Cramer (2002), quienes sugieren que la elasticidad de las emisiones de CO2 y el uso de energía con respecto a la población están cerca de la unidad. Otro estudio, uno de los primeros con datos de panel fue el de Shi (2003) en el que se reveló una relación directa entre los cambios de la población y las emisiones de dióxido de carbono en 93 países durante el período de 1975 a 1996, el impacto de la población en las emisiones ha sido más pronunciado en los países de bajos ingresos que en los países de mayores ingresos.

La teoría tradicional contempla una relación positiva entre el aumento de la tasa de urbanización y las emisiones de CO2. Xu, He & Long (2014) mencionan que el principal impulsor de las emisiones es el crecimiento económico, seguido del aumento de la población y los efectos de la estructura energética. En cambio, Behera & Dash (2017) encuentran en países del sur y sudeste asiático, una relación de largo plazo entre la urbanización y las emisiones de CO2 independientemente

de sus niveles de ingreso. Por su parte Rafiq, Salim & Nielsen, (2016) sugieren que la urbanización aumenta significativamente la intensidad energética, pero es insignificante en el aumento de las emisiones en las economías emergentes, debido a que estos utilizan tecnologías más limpias. En los países como China donde el sector industrial es uno de los más grandes a nivel mundial existe una relación positiva entre la urbanización y las emisiones de CO2 (Wang, Chen & Kubota. 2016; Bai, Deng, Gibson, Zhao & Xu, 2019). Por su parte, Chen, Jin & Lu (2018) consideran que la totalidad de las emisiones de CO2 de un país están determinadas directamente por su consumo total de energía y su estructura energética, la urbanización puede afectar a ambos de forma multidimensional.

### 3. Datos y metodología

#### 3.1. Datos

Para esta investigación se utilizaron datos disponibles de la fuente estadística del Banco Mundial (BM) en consonancia con los datos del *World Developing Indicadores* (WDI, 2018), los datos corresponden a 141 países durante el periodo 1990 – 2015. Para analizar el nivel de calidad ambiental nos basamos en la curva ambiental de Kuznets, de acuerdo a esta función la variable dependiente corresponde a las emisiones de dióxido de carbono (CO2) estas emisiones provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento también incluye el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas, las emisiones están medidas en toneladas métricas per cápita. La variable independiente es la población urbana la cual se refiere a las personas que viven en áreas urbanas. Como variables de control tenemos la escolaridad que representa el nivel de instrucción promedio; manufactura comprende el valor agregado en explotación de minas y canteras, industrias manufactureras, construcción, y suministro de electricidad, gas y agua; la energía la cual mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración; y el PIB per cápita que representa el producto interno bruto por persona.

La Figura 1 muestra la relación entre las emisiones de CO2 y la población urbana en las diferentes clasificaciones. En el primer cuadrante superior izquierdo se muestra la relación de las variables de forma global, es decir para los 141 países de estudio el cual presenta una tendencia creciente ya que a mayor población urbana hay mayores emisiones de CO2. A nivel de los países que poseen ingresos altos, la tendencia de las emisiones es decreciente. La misma relación de las variables perteneciente a los países de ingresos medios altos muestran una tendencia creciente. Mientras que la relación de las variables para los países de ingresos medios bajos y países de ingresos bajos respectivamente, poseen una tendencia decreciente.

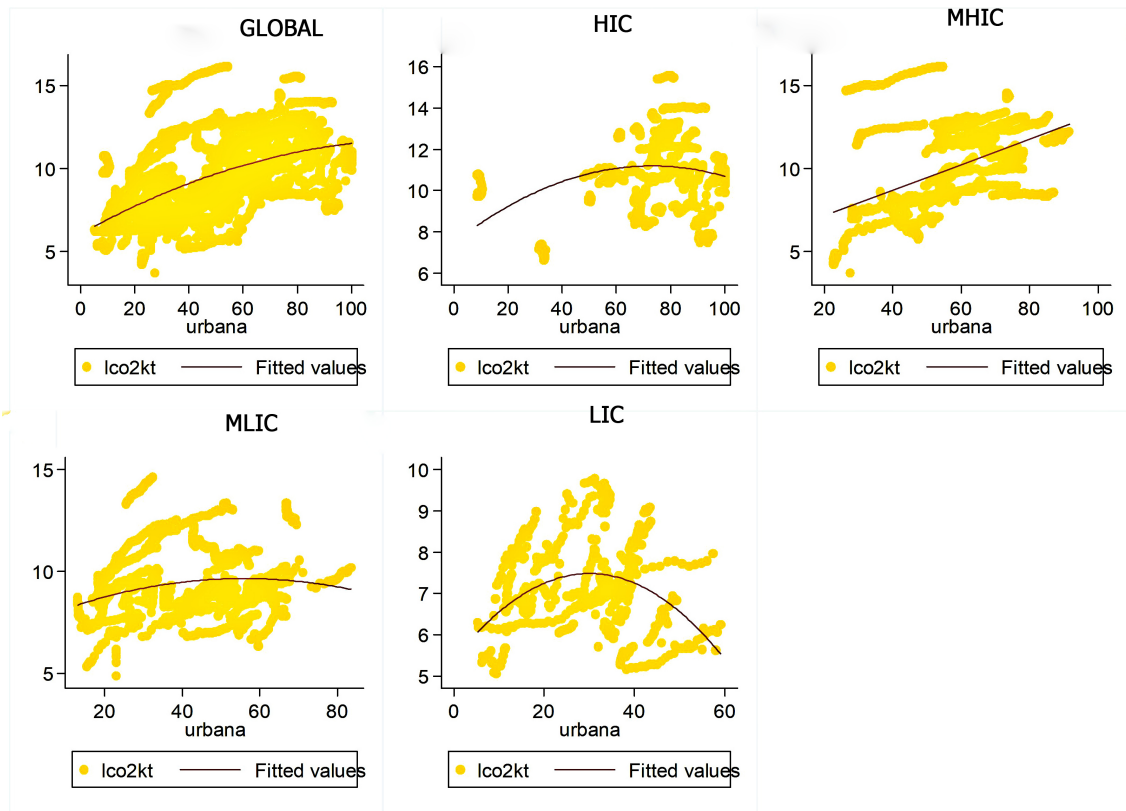


Figura 1. Emisiones de CO2

La Tabla 1 presenta los estadísticos descriptivos para las diferentes variables planteadas en el modelo. Las emisiones de CO2 tienen una media de 9,77, la desviación estándar de manera general es de 2,26 de acuerdo al número de países con observaciones son 141, y el número de periodos con información son 24,79. La población urbana tiene una media de 55,73, una desviación estándar general de 23,45, los países observados son 141, el número de periodos con información son 26. Para

la variable escolaridad tenemos una media de 8,51, tiene una desviación estándar de 40,15, mientras que los países observados y los periodos son de 141 y 26 respectivamente. De acuerdo a las variables manufactura, consumo, energía y el PIB per cápita presentan una media de 22,39, 82,48, 7,24, y 8,43 en el orden respectivo, de igual forma el número de países con observaciones son 135, 141, 129 y 139; y el número de periodos son 22,92, 24,95, 23,67 y 25,32 respectivamente.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos

variable		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Observaciones
Emisiones de CO2	Global		2,26	3,69	16,14	N=3496
	Entre	9,77	2,24	4,61	15,49	n=141
	Dentro		0,33	5,99	11,50	T-bar=24,79
Urbanización	Global		23,45	5,41	100	N=3666
	Entre	55,73	23,28	8,92	100	n=141
	Dentro		3,41	42,10	72,63	T-bar=26
Escolaridad	Global		40,15	0,89	2296,35	N=3666
	Entre	8,51	11,43	1,43	139,2	n=141
	Dentro		38,50	-122,23	2165,66	T=26
Manufactura	Global		2,35	16,85	28,28	N=3095
	Entre	22,39	2,36	16,97	28,28	n=135
	Dentro		0,32	20,86	23,65	T=22,95
Consumo	Global		50,08	0,02	441,60	N=3518
	Entre	82,48	46,46	9,70	360,22	n=141
	Dentro		0,54	16,60	23,38	T=24,95
Energía	Global		1,10	2,26	9,99	N=3054
	Entre	7,24	1,17	2,50	9,77	n=129
	Dentro		0,16	5,36	8,28	T=23,67
PIB per cápita	Global		1,57	4,75	11,62	N=3520
	Entre	8,43	1,56	5,50	11,41	n=139
	Dentro		0,22	7,30	9,48	T=25,32

La Tabla 2 muestra la correlación de las variables para el periodo 1990-2015. Todas las variables poseen una correlación positiva excepto

la relación de las emisiones y el consumo que es inversa, cabe destacar que existe un débil grado de asociación de las variables.

**Tabla 2.** Correlación de las variables

	CO2	Urbana	Escolaridad	Manufactura	Consumo	Energía	PIB per cápita
CO2	1,00						
Urbana	0,54	1,00					
Escolaridad	0,08	0,02	1,00				
Manufactura	0,93	0,57	-0,00	1,00			
Consumo	-0,15	0,19	0,02	-0,14	1,00		
Energía	0,51	0,72	0,69	0,51	0,25	1,00	
PIB per cápita	0,56	0,79	0,07	0,62	0,25	0,89	1,00

### 3.2. Metodología

La fundamentación teoría se basa en la curva ambiental de Kuznets (1955), que establece que la calidad ambiental depende del crecimiento del PIB, en nuestro estudio nos enfocamos en las emisiones de CO2 las cuales están explicadas por la urbanización. Partiendo de ello obtenemos la siguiente ecuación:

$$em_{it} = \beta_0 + \beta_1 urb_{it} + \epsilon_{it} \tag{1}$$

La Ecuación (1) muestra como variable dependiente a las emisiones de CO2 ( $em_{it}$ ),  $\beta_0$  y  $\beta_1$  representan los coeficientes de la regresión, la constante y el valor de la pendiente, respectivamente. Como variable independiente se muestra al grado de urbanización ( $urb_{it}$ ) junto al término de error, que corresponde a la variabilidad en la variable dependiente que no puede explicarse por la variable independiente.

$$em_{it} = \beta_0 + \beta_1 urb_{it} + \beta_2 esc_{it} + \beta_3 manu_{it} + \epsilon_{it} \tag{2}$$

$$\beta_4 cons_{it} + \beta_5 energia_{it} + \beta_6 pibpc_{it} + \epsilon_{it}$$

La Ecuación (2) establece la función de Kuznets junto con las variables de control las cuales son: la escolaridad ( $esc_{it}$ ), manufactura ( $manu_{it}$ ), energía ( $energia_{it}$ ), el consumo ( $cons_{it}$ ) y el PIB per cápita ( $pibpc_{it}$ ), las cuales también influyen en la variable dependiente.

### 4. Discusión de resultados

La Tabla 3 presenta la prueba de Hausman para las regresiones iniciales de acuerdo a la clasificación Atlas del Banco Mundial, donde se divide a los países de acuerdo a sus ingresos. A través de la prueba de Hausman determinamos si los modelos tienen efectos fijos o aleatorios de acuerdo a la hipótesis nula que plantea que los coeficientes no son sistemáticos. En este caso tanto para el modelo Global y para los países de ingresos altos y medios altos el valor de la probabilidad de chi2 es mayor a 0,05 lo cual demuestra que tienen efectos aleatorios mientras los países de ingresos bajos y medios bajos es menor a 0,05 lo cual determina que tienen efectos fijos.

**Tabla 3.** Prueba de Hausman de las regresiones iniciales

Urbana	(b) fijo	(B) aleatorio	(b-B) diferencia	S,E	Chi2	Prob>chi2
GLOBAL	0,06	0,06	0,00	0,00	0,86	0,35
HIC	0,03	0,03	0,00	0,00	1,08	0,30
LIC	0,07	0,06	0,00	0,00	18,90	0,00
MHIC	0,05	0,05	-0,00	0,00	2,26	0,13
MLIC	0,08	0,08	0,00	0,00	24,23	0,00

La Tabla 4 presenta los resultados para la Ecuación 1 en las diferentes clasificaciones de acuerdo al Atlas. La ecuación a nivel global nos muestra que una unidad de incremento en la urbanización genera un aumento de las emisiones en 0,06 toneladas lo cual es altamente significativo. Para los países de ingresos altos y medios altos el incremento

de emisiones se genera en 0,03 y 0,05 de acuerdo una unidad más de urbanización. Mientras que para los países de ingresos medios bajos y bajos el incremento es mucho mayor a los anteriores con valores de 0,08 y 0,07 respectivamente.

**Tabla 4.** Regresiones básicas

	GLOBAL	HIC	MHIC	MLIC	LIC
Urbana	0,06*** (42,35)	0,03*** (10,55)	0,05*** (26,92)	0,08*** (27,50)	0,07*** (14,44)
Constante	6,56*** (37,01)	8,66*** (25,51)	7,26*** (19,19)	6,10*** (51,70)	5,17*** (38,19)
Observaciones	3496	1137	919	940	500
R2 ajustado				0,43	0,27

t estadístico entre paréntesis; \* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

La Tabla 5 presenta los coeficientes para cada regresión de los modelos planteados junto con las variables de control. La variable principal correspondiente a la población urbana sigue siendo altamente significativa para los modelos excepto en los países de ingresos bajos puesto que presenta un valor de 0,002. La escolaridad presenta un alto grado de significancia para los países de ingresos medios altos y los países de ingresos bajos. La manufactura posee mayor significancia la mayoría de modelos pero en los países de ingresos bajos esta es menos significativa,

teniendo en cuenta que los coeficientes poseen signo negativo lo que significa que al aumentar una unidad de consumo las emisiones se reducen tanto a nivel global como en los países de ingresos altos. El consumo mantiene un grado de significancia baja en modelo global y en los países de ingresos medios bajos. El consumo de energía es altamente significativo para todos los modelos. El PIB per cápita es altamente significativo en todos los modelos excepto en los países que poseen un ingreso medio bajo.

**Tabla 5. Regresiones con variables de control**

	GLOBAL	HIC	MHIC	MLIC	LIC
Urbana	0,02*** (11,73)	0,02** (7,06)	0,01*** (4,80)	0,02*** (5,25)	0,003 (0,24)
Escolaridad	0,01 (0,93)	0,02* (2,24)	0,03*** (3,59)	0,04 (1,89)	0,28*** (6,25)
log (manufactura)	0,17*** (7,25)	0,21*** (7,19)	-0,18*** (-5,53)	0,30*** (6,38)	0,03 (0,30)
Trade	-0,001* (-2,06)	-0,002*** (-5,54)	-0,001*** (3,83)	0,001 (1,11)	0,003*** (3,73)
log (energía)	0,69*** (20,56)	0,88*** (22,49)	0,75*** (16,00)	0,79*** (13,34)	1,66*** (8,58)
log (PIB per cápita)	0,26*** (7,69)	-0,32*** (-6,88)	0,60*** (16,16)	0,12 (1,68)	0,94*** (5,48)
Constante	-2,06*** (-5,85)	0,82 (1,61)	3,21*** (6,07)	-3,81*** (-5,79)	-9,88*** (-6,71)
Observaciones	2536	935	679	719	203
R2 ajustado	0,60	0,49	0,77	0,74	0,85

estadístico t entre paréntesis; \* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

La Tabla 6 presenta la prueba de autocorrelación de Wooldrige, el cual nos demuestra que la correlación entre los errores uit diferenciados

para el periodo t y t-1 es igual a -0,5 por lo que rechazamos la hipótesis nula.

**Tabla 6. Prueba de autocorrelación de Wooldrige**

Emisiones de CO2	Coefficiente	Error t	P>t	Intervalo de confianza 95%
Urbana D1	0,05	0,01	7,36	0,00 0,04 0,07

Prueba de Wooldridge para autocorrelación en datos de panel; H0: sin autocorrelación de primer orden F(1, 140)= 203,074; Prob > F= 0,0000

La Tabla 7 presenta la corrección de la autocorrelación encontrada anteriormente, como podemos observar los errores tiene una correlación de primer grado. La tabla 8 presenta el Test de Heteroscedas-

ticidad de Wald el cual comprueba que la varianza de los errores no es constante en cada unidad.

**Tabla 7. Prueba de autocorrelación de Wooldrige, efectos fijos**

Emisiones de CO2	Coefficiente	Error estándar	t	P>t	Intervalo 95%
Urbana	0,04	0,004	8,72	0,00	0,03 0,05
Constante	7,55	0,04	206,13	0,00	7,48 7,62
Rho ar	0,89				
Sigma u	1,91				
Sigma e	0,13				
Rho fov	0,99 (fracción de varianza debido a u_i)				

Prueba F para todos u\_i=0: F(140, 32) = 84,78 Prob > F = 0,00

**Tabla 8. Prueba de heteroscedasticidad de Wald, efectos fijos**

Emisiones de CO2	Coefficiente	Error estándar	t	P>t	Intervalo 95%
Urbana	0,06	0,001	41,69	0,00	0,06 0,06
Constante	7,55	0,08	84,15	0,00	6,39 6,69
Sigma u	1,90				
Sigma e	0,27				
Rho fov	0,98 (fracción de varianza debido a u_i)				

Prueba F para todos u\_i=0: F(140, 33) = 1205,25 Prob > F = 0,00

La Tabla 9 presenta las regresiones con las variables de control en las cuales se ha corregido los problemas de autocorrelación y heteroscedasticidad. En estos modelos la población urbana se mantiene altamente significativa en el modelo global y en los países de ingresos altos. La escolaridad tiene una relación inversa a las emisiones puesto que estas disminuirán cuando la escolaridad aumente, es significativa para los modelos de los países de ingresos bajos y medios bajos y también para el modelo global. Respecto a la manufactura solo los países de in-

gresos medios altos poseen una relación inversa, el modelo global y los modelos de países de ingresos medios bajos poseen un alto grado de significancia. El consumo posee una relación inversa en el modelo global y en los países de ingresos altos, la significancia del consumo es alta para el modelo global y para los países de ingresos bajos. El consumo de energía es altamente significativo en todos los modelos planteados. El PIB per cápita es altamente significativo para la mayoría de modelos excepto para los países de ingresos medios bajos.

**Tabla 9.** Modelo de Kuznets con variables de control corregido

	GLOBAL	HIC	MHIC	MLIC	LIC
Urbana	0,01*** (5,55)	0,01*** (4,65)	0,002 (1,23)	0,004 (1,01)	0,001 (0,08)
Esc	-0,03** (-3,15)	-0,01 (-1,14)	0,01 (0,78)	-0,06*** (-3,33)	0,20** (3,02)
Lmanu	0,79*** (80,43)	0,02 (0,88)	-0,04 (-1,12)	0,25*** (6,03)	0,11 (0,98)
Trade	-0,001*** (-5,71)	-0,0003 (-1,87)	0,00 (0,42)	0,00 (0,02)	0,003*** (3,68)
Energía	0,96*** (37,83)	1,09*** (37,13)	0,79*** (19,45)	0,96*** (19,83)	1,57*** (7,75)
Lgdpp	-0,75*** (-25,00)	-0,15** (-2,95)	0,28*** (5,41)	0,003 (0,05)	0,89*** (5,10)
Constant	-8,20*** (-28,89)	3,69*** (7,36)	1,11* (2,24)	-3,11*** (-5,19)	-10,60*** (-6,89)
Observaciones	2533	934	678	718	203
R2 ajustado					

Nota: el estadístico t entre paréntesis y \* p 0.05. \*\* p 0.01. \*\*\* p 0.001

## 5. Conclusiones

La hipótesis planteada al inicio de esta investigación nos permite inferir acerca de los objetivos centrales del tema. Partiendo de ello los resultados muestran que solo en los países de ingresos bajos se cumple la teoría planteada por Kuznets, puesto que cuando la urbanización aumenta las emisiones de CO2 disminuyen, debido a que la constante del modelo tiene una fuerte significancia y una relación inversa respecto a las emisiones, los países de ingresos bajos están en proceso de desarrollo o son subdesarrollados por lo que las industrias y el consumo de energía es mucho menor que en países desarrollados, también se debe tener en cuenta que en los países de ingresos bajos el crecimiento de la población es menor. Los demás modelos nos permiten determinar que existe una tendencia creciente en países de ingresos altos y medios altos, donde a mayor población mayor emisión de CO2, esto se debe a que cuando la población aumenta hay mayor demanda de productos por lo que la manufactura y la energía va aumentar proporcionalmente, sin descartar que el ingreso puesto en estas economías dan un mayor flujo circulante y por ende mayor consumo, generando una mayor contaminación del ambiente. En todos los modelos la escolaridad juega un papel importante puesto que un incremento de escolaridad permite reducir la cantidad de emisiones de CO2.

La fundamentación teórica establece que la calidad ambiental tiene en primera instancia un mínimo efecto respecto del PIB, pero a mayor aumento de PIB se alcanza un punto donde la contaminación es igual de alta, pero a partir de ello se tiene una tendencia decreciente, por lo que su gráfica es una "U" invertida, en nuestro modelo reemplazamos el PIB por la urbanización y la calidad ambiental es medida por las emisiones de CO2 per cápita. Las implicaciones de política a tener en cuenta partiendo de esta investigación se centra en tres ejes: primero, generar mayores niveles de educación; segundo, el control y regulación de las industrias y tercero, la implementación en la matriz productiva del uso de tecnologías sustentables y amigables con el medio ambiente.

## Referencias bibliográficas

- [1] Alvarado, R., Ponce, P., Alvarado, R., Ponce, K., Huachizaca, V., & Toledo, E. (2019). Sustainable and non-sustainable energy and output in Latin America: A cointegration and causality approach with panel data. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100369.
- [2] Alvarado-López, J. R., Correa-Quezada, R. F., & Tituaña-Castillo, M. D. C. (2017). Migración interna y urbanización sin eficiencia en países en desarrollo: evidencia para Ecuador. *Papeles de población*, 23(94), 99-123.
- [3] Alvarado, R., Ortiz, C., Bravo, D., & Chamba, J. (2020). Urban concentration, non-renewable energy consumption, and output: do levels of economic development matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(3), 2760-2772.
- [4] Alvarado, R., & Toledo, E. (2017). Environmental degradation and economic growth: evidence for a developing country. *Environment, Development and Sustainability*, 19(4), 1205-1218.
- [5] Bekhet, H. A., & Othman, N. S. (2017). Impact of urbanization growth on Malaysia CO2 emissions: Evidence from the dynamic relationship. *Journal of cleaner production*, 154, 374-388.
- [6] Cai, J., Yin, H., & Varis, O. (2018). Impacts of urbanization on water use and energy-related CO2 emissions of residential consumption in China: A spatio-temporal analysis during 2003–2012. *Journal of cleaner production*, 194, 23-33.
- [7] Chen, M., Zhang, H., Liu, W., & Zhang, W. (2014). The global pattern of urbanization and economic growth: evidence from the last three decades. *PloS one*, 9(8).
- [8] Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of population growth. *Science*, 171(3977), 1212-1217.

- [9] Flores-Chamba, J., López-Sánchez, M., Ponce, P., Guerrero-Riofrío, P., & Álvarez-García, J. (2019). Economic and Spatial Determinants of Energy Consumption in the European Union. *Energies*, 12(21), 4118
- [10] Franco, S., Mandla, V. R., & Rao, K. R. M. (2017). Urbanization, energy consumption and emissions in the Indian context A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 898-907.
- [11] Godoy, J. (2018). Urbanización e industrialización en Ecuador. *Revista Vista Económica*, Vol.4, 46-57.
- Cd94 He, Z., Xu, S., Shen, W., Long, R., & Chen, H. (2017). Impact of urbanization on energy related CO2 emission at different development levels: regional difference in China based on panel estimation. *Journal of cleaner production*, 140, 1719-1730.
- [12] Li, J., Huang, X., Kwan, M. P., Yang, H., & Chuai, X. (2018). The effect of urbanization on carbon dioxide emissions efficiency in the Yangtze River Delta, China. *Journal of Cleaner Production*, 188, 38-48.
- [13] Lin, S., Wang, S., Marinova, D., Zhao, D., & Hong, J. (2017). Impacts of urbanization and real economic development on CO2 emissions in non-high income countries: Empirical research based on the extended STIRPAT model. *Journal of Cleaner Production*, 166, 952-966.
- [14] Liu, X., & Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *Journal of cleaner production*, 172, 178-186.
- [15] Sarango, D. (2018). Análisis de la relación entre el consumo de energía y las emisiones de carbono en Ecuador. *Revista Vista Económica*, Vol.4, 32-45.
- [16] Wang, S., Li, G., & Fang, C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from countries with different income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2144-2159.
- [17] Wang, Y., & Zhao, T. (2018). Impacts of urbanization-related factors on CO2 emissions: evidence from China's three regions with varied urbanization levels. *Atmospheric Pollution Research*, 9(1), 15-26.
- [18] Wang, Q., Su, M., Li, R., & Ponce, P. (2019). The effects of energy prices, urbanization and economic growth on energy consumption per capita in 186 countries. *Journal of cleaner production*, 225, 1017-1032.
- [19] WDI, 2019. World Development Indicators. World Bank, Washington D.
- [20] Zhang, N., Yu, K., & Chen, Z. (2017). How does urbanization affect carbon dioxide emissions? A cross-country panel data analysis. *Energy Policy*, 107, 678-687.