

Artículo Original

## Determinantes de la salud ambiental en el Perú: curva de Kuznets 1990-2015

### *Determinants of environmental health in Peru: Kuznets curve 1990-2015*

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.624.028>

Carlos Alberto Choquehuanca Saldarriaga <sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-2734-5362>

Jorge Rafael Diaz Dumont <sup>2,\*</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-0921-338X>

Sandra Elizabeth Huamán Pastorelli <sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-3753-8923>

Alberto Valenzuela Muñoz <sup>4</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-2272-5307>

Jorge Lázaro Franco Medina <sup>5</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3668-5174>

Gianmarco García Curo <sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-6685-3207>

Recibido: 01/03/2022

Aceptado: 14/07/2022

### RESUMEN

El ambiente es el lugar donde vive, trabaja y se desarrolla el hombre, compuesto básicamente por dos sistemas interrelacionados e independientes: por una parte, es el hombre conviviendo en una sociedad con características muy diferentes, y por el otro lado, los elementos de la naturaleza siendo transformados por los hombres donde viven inmersos. En ese sentido, la degradación y contaminación ambiental, tienen efectos notables en la vida de los seres humanos, siendo responsable de la muerte de cientos de millones de personas que sufren de enfermedades respiratorias asociadas con la contaminación externa e interior del aire. En ese sentido, ya a partir de las últimas décadas, las emisiones de dióxido de carbono han alcanzado cifras record superando las 10 gigatoneladas. Este incremento está asociado al sector energético (47%), la industria (30%) y el transporte (11%) principalmente, lo que ha logrado un calentamiento global progresivo de la superficie terrestre con las consecuencias típicas asociadas al derretimiento de los glaciares, cambios en los ciclos hidrológicos, falta de alimentos, aumento de los fenómenos meteorológicos, migraciones descontroladas, enfermedades y pandemias. De este modo, surge la economía ambiental, una disciplina que intenta dar repuestas integrales entre ambos tópicos, medio ambiente y economía, donde diversas teorías tratan de explicar los fenómenos observados. El concepto de las Curvas de Kuznets Ambientales (CKA), señala una relación dinámica entre el PIB y la calidad del medio ambiente. El objetivo del artículo ha sido determinar si en el Perú, durante el periodo 1990-2015, ha habido una relación en forma de U invertida entre la producción interna y la contaminación del aire. La investigación prueba que, en el Perú, durante el periodo 1990-2015, no ha habido una relación en forma de U invertida entre la producción interna y la contaminación del aire, sino que la producción interna ha tenido un impacto positivo y lineal sobre el dióxido de carbono y el óxido de nitrógeno.

**Palabras clave:** Producción interna, energía, contaminación del aire, dióxido de carbono, óxido de nitrógeno, curva de Kuznets ambiental.

### ABSTRACT

*The environment is the place where man lives, works and develops, basically composed of two interrelated and independent systems: on the one hand, it is man living together in a society with very different characteristics, and on the other hand, the elements of the nature being transformed by men where they live immersed. In this sense, environmental degradation and pollution have notable effects on the lives of human beings, being responsible for the death of hundreds of millions of people who suffer from respiratory diseases associated with external and internal air pollution. In this sense, already in recent decades, carbon dioxide emissions have reached record figures, exceeding 10 gigatons. This increase is mainly associated with the energy sector (47%), industry (30%) and transport (11%), which has achieved a progressive global warming of the earth's surface with the typical consequences associated with the melting of glaciers, changes in hydrological cycles, lack of food, increased weather events, uncontrolled migrations, diseases and pandemics. In this way, environmental economics arises, a discipline that tries to provide comprehensive answers between both topics, environment and economy, where various theories try to explain the observed phenomena. The concept of the Environmental Kuznets Curves (EKC), indicates a dynamic relationship between GDP and the quality of the environment. The objective of the article has been to determine if in Peru, during the period 1990-2015, there has been an inverted U-shaped relationship between internal production and air pollution. The research proves that, in Peru, during the period 1990-2015, there has not been an inverted U-shaped relationship between domestic production and air pollution, but rather that domestic production has had a positive and linear impact on air pollution. carbon dioxide and nitrogen oxide.*

**Keywords:** Domestic production, energy, air pollution, carbon dioxide, nitrogen oxide, environmental Kuznets curve.

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Callao. Callao, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. Huancavelica, Perú.

<sup>3</sup> Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú.

<sup>4</sup> Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.

<sup>5</sup> Universidad Nacional de Cañete. Lima, Perú.

\*Autor de Correspondencia: [jorge.diazdu@ciplima.org.pe](mailto:jorge.diazdu@ciplima.org.pe)

## Introducción

El ambiente es el lugar donde vive, trabaja y se desarrolla el hombre, compuesto básicamente por dos sistemas interrelacionados e independientes: por una parte, es el hombre conviviendo en una sociedad con características muy diferentes, y por el otro lado, los elementos de la naturaleza siendo transformados por los hombres donde viven inmersos. Algunos conceptos como la salud, los cultivos, sus deterioros o sus pérdidas están irremediablemente unidos al modo de vida, riesgos y retos ambientales, y en definitiva, a los lugares públicos donde vive el hombre y sus comunidades. En ese sentido, la salud y la enfermedad no pueden ser considerados como acontecimientos aislados que ocurren exclusivamente en un espacio privado de la vida personal. Según la Constitución de la Organización Mundial de la Salud, la salud es "un estado de bienestar físico, mental y social, y no puede ser considerado como sólo una ausencia de enfermedad o incapacidad". **La Salud Ambiental** constituye en sí una estrategia preventiva y participativa, que reconoce el derecho de los seres humanos a vivir en ambientes saludables y por ende agradables, informándose de los riesgos que plantea para la salud, el bienestar y la supervivencia. En ese sentido, la degradación y contaminación ambiental, tienen efectos notables en la vida de los seres humanos, siendo responsable de la muerte de cientos de millones de personas que sufren de enfermedades respiratorias asociadas con la contaminación externa e interior del aire, exposición innecesaria a peligros físicos y químicos en el lugar de trabajo y ambiente de vida, muerte por accidentes de tránsito o muerte de niños por enfermedades diarreicas como resultado de la ingesta de agua o alimentos contaminados. También, la contaminación ambiental repercute en la presencia de parásitos intestinales, malaria, tuberculosis o desnutrición. Potencialmente, todos estos problemas de salud pueden prevenirse. En el libro "Nuestro planeta, nuestra salud" de la OMS, (1992), la responsabilidad para proteger a todas las comunidades no sólo se extiende a los miembros de la salud pública (médicos, enfermeros, funcionarios de seguridad sanitaria e ingenieros sanitarios) sino también, se debe involucrar a proyectistas, arquitectos, profesores, patronos, gerentes industriales y todas las otras personas que influyen sobre el ambiente físico o social.

Entre las grandes alteraciones del ambiente que están teniendo lugar en la tierra por efecto de las acciones humanas, vale destacar: el calentamiento global, el efecto invernadero, la desertificación, las lluvias ácidas, el agotamiento de los recursos naturales, la desaparición de especies, la acumulación de residuos tóxicos y radiactivos en los suelos, agua y aire. Esos efectos vienen en franco aumento comprometiendo la vida del hombre en la Tierra. Para ello, es necesario conocer y controlar las relaciones de interdependencia y equilibrio, cumpliendo con el criterio de sustentabilidad. La sustentabilidad se encuentra en un punto débil debido al desarrollo tecnológico, urbanístico y crecimiento demográfico que ha intensificado la pobreza, la desnutrición, la miseria, el desempleo, el analfabetismo y escasos servicios de salud. Para revertir estos efectos, es necesario entender que los problemas ambientales son evidentes, pero que esto no debe detener el desarrollo ni el crecimiento económico, sino que debe estimular la creación de nuevos modelos de desarrollo que no afecten el ambiente. En los países con escaso nivel de desarrollo, estos problemas ambientales se pueden resumir en la ausencia de medidas sanitarias, entre las cuales vale la pena mencionar: la contaminación del medio, las pérdidas o destrucción de los recursos naturales y culturales, y la exposición de la población y comunidades a eventos naturales o provocados por el hombre, producto de la falta de conciencia pública y política, regulaciones ineficientes y por la desinformación. Estos hechos no son aislados y son compartidos en muchas ciudades en el mundo, pero la solución depende de la economía, prevalencia de la pobreza y del acceso desigual a los servicios urbanos. En ese caso, para resolver los problemas específicos de cada espacio, es necesario establecer prioridades ambientales sobre la base de las necesidades y recursos locales disponible (González-Miranda *et al.*, 2007).

En ese sentido, a partir de las últimas décadas, las emisiones de dióxido de carbono han alcanzado cifras récord superando las 10 gigatoneladas. Este incremento está asociado al sector energético (47%), la industria (30%) y el transporte (11%) principalmente, lo que ha logrado un calentamiento global progresivo de la superficie terrestre con las consecuencias típicas asociadas al derretimiento de los glaciares, cambios en los ciclos hidrológicos, falta de alimentos, aumento de los fenómenos meteorológicos, migraciones descontroladas, enfermedades y pandemias. Ya solo en el año 2019, se registraron las temperaturas más cálidas de la historia terrestre que se tenga noticias. Adicionalmente, los daños económicos por desastres naturales en el 2020 abarcaron cifras de más de 146.000 millones de dólares o el equivalente al 0,17 % del PIB global. Pese a esta problemática, las preocupaciones teóricas desde la economía se remontan a la década de los 80, donde se comenzaron los primeros estudios para encontrar una relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente con la intención de guiar las políticas de mitigación del cambio climático. De este modo, surge **la economía ambiental**, una disciplina que intenta dar repuestas integrales entre ambos tópicos, medio ambiente y economía, donde diversas teorías tratan de explicar los fenómenos observados (Carrillo-Ovando & Bocardo-Valle, 2022). Labandeira *et al.*, (2007) sostienen que "existe una aproximación simple, pero ilustrativa sobre la relación entre actividad económica y el deterioro ambiental introducida por primera vez por Ehhlich & Holdren, (1971) y utilizada por múltiples autores a partir de entonces". Estos autores proponen la siguiente expresión formal:  $I = P \cdot A \cdot T$ , donde **I** es el impacto ambiental, **P** es el tamaño de la población, **A** es la renta o el consumo per cápita medido en unidades monetarias y **T** es la tecnología, haciendo alusión a la propuesta de definida por Kuznets. El concepto de las **Curvas de Kuznets Ambientales** (CKA, Papayotou, 1993) nace de los estudios hechos por Simón Kuznets en el año 1955, encontrando una curva en forma de campana entre el crecimiento económico (PIB) per capital y la distribución de las rentas. En alusión a las curvas originales de Kuznets, la CKA señala una relación dinámica entre el PIB y la calidad del medio ambiente. En ese sentido, la calidad del medio ambiente se deteriora en la fase inicial del proceso de crecimiento, debido a la intensificación

de la agricultura y por ende a la explotación de los recursos naturales, ya que en ese momento las tecnologías eficientes y limpias no están disponibles. En ese momento, la extracción de los recursos naturales se excede en su conservación y la cantidad de residuos generados aumenta progresivamente. Este comportamiento es típico de países con un bajo nivel de desarrollo. Luego, llega a un punto, donde el deterioro ambiental se detiene y los ingresos siguen aumentando. Estas modificaciones favorecen una mayor eficiencia en la producción, y en consecuencia el deterioro ambiental se detiene y después comienza a revertirse (Catalán, 2014, Pinzón & González, 2018). La idea ha sido contrastar la hipótesis de que la relación entre el ingreso y algunos contaminantes semejava una U invertida, tal como sugerían los estudios de Grossman & Krueger, (1991) de Shafik & Bandyopadhyay, (1992) y del Banco Mundial según Gitli & Hernández, (2002). De esta manera, Grossman & Krueger, (1991) sostenían que TLC México-Estados Unidos posibilitaría un mayor crecimiento de México, que estaría sustentado en productos intensivos en trabajo, que generaría, en promedio, menos daños ambientales. Sin embargo, Shafik & Bandyopadhyay, (1992) menos optimistas, no niegan la posibilidad de superar los problemas ambientales, pero indican que esto requiere de decisiones políticas para conseguirlo, algo que no está ocurriendo haciendo que los costos ambientales recaigan sobre los menos favorecidos de un país o en otros países.

Por su parte, Papayotou, (1993) realizó una estimación logarítmica de segundo grado del impacto de la renta per cápita sobre la emisión per cápita de algunos contaminantes como los óxidos de azufre, de nitrógeno y de partículas, considerando al menos 55 países desarrollados como en pleno desarrollo con una data del año 1980. En todos los casos encontró que había un impacto significativo, sin embargo, el  $r^2$  en el primer caso era solo 0,33, en el segundo caso era 0,35 y en el tercer caso era 0,12, aunque formalmente se aceptó la hipótesis de la U invertida. Reforzando sus resultados, indica que, en el caso de países con una renta baja, la elasticidad de la renta per cápita de los contaminantes es alta y positiva, mientras que, en los países de renta alta, la elasticidad es negativa. Adicionalmente, al incluir el petróleo como variable ficticia para los países de altos ingresos exportadores, aunque no muestra sus estimaciones, sostiene que el poder explicativo del modelo aumentó en un 50 por ciento (Papayotou, 1993).

Gitli & Hernández (2002) consideran que, si bien los estudios realizados en la década de los noventa sobre la relación entre el crecimiento económico y el ambiente a largo plazo es benéfica, dichos resultados son muy discutibles, porque las estimaciones realizadas dependen mucho de la especificación del modelo y de la data utilizada y que, en todo caso, si las estimaciones CKA explicaran la relación crecimiento-contaminación ambiental, su relación inversa estaría lejos del alcance de los países en desarrollo. Siguiendo la discusión, Catalán (2014) estima la CKA en 144 países durante el periodo de 1990-2010, mediante la especificación de un modelo de datos panel, llegando a la conclusión que las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> y el PIB per cápita describen una curva en forma de N, lo que podía interpretarse en el sentido que, en todo caso, la reducción de CO<sub>2</sub> lograda por el crecimiento económico, es transitorio. Zilio & Ángeles, (2014) analizaron la relación entre emisiones de dióxido de carbono y sus productos para un conjunto de países de la América Latina y el Caribe utilizando un enfoque semiparamétrico, los resultados de su investigación prueban “la inexistencia de una curva de Kuznets de carbono en la región y ofrecen pruebas en favor de un proceso de relocalización de emisiones, verificando la hipótesis del paraíso de contaminadores en los países de menores ingresos”, razón por la cual consideran que ‘esperar y crecer’ “es una solución totalmente inviable para la situación ambiental en la América Latina y el Caribe” y en consecuencia, “surge con urgencia la necesidad de crear una política climática dirigida a adaptar y mitigar los efectos del cambio climático en la región”. Asimismo, Falconía & Cango (2015), señalan que existe una CKA únicamente para unos pocos países desarrollados, mientras que en términos globales no se cumple dicha hipótesis; por el contrario, se verifica CKA débil, donde las emisiones aumentaron hasta un nivel de ingresos de 22.258 de dólares (2005), pero a partir de este punto, las emisiones se estabilizaron. Esto hace que las emisiones se acumulen en la atmósfera y permanezcan en ella durante varios años, lo cual pone en peligro la estabilidad del planeta.

Alam *et al.*, (2016) para su investigación utilizan datos del periodo 1970-2012 de India, Indonesia, China y Brasil, y concluyen, que hay una relación innegable entre el crecimiento económico y el medio ambiente, tanto a corto como a largo plazo, a estas variables se asocian las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de energía y el crecimiento de la población. Huanchi & Calsin, (2015) estiman una CKA para el Perú en el periodo 1972-2010, concluyendo que la relación entre crecimiento y degradación ambiental es lineal, es decir, rechazan, una relación de U-invertida entre estas variables, encontrando que alcanzar dicha forma sería inviable para el Perú si no se regulan las emisiones y se promueve un crecimiento económico con tecnologías limpias. Chang, (2018) analizó la relación y medir el impacto del crecimiento económico regional y la degradación ambiental también en el Perú por medio de la aplicación de una CKA y la estimación de modelos ARDL para datos de panel. La muestra comprendió 24 regiones del Perú entre el 2003 y 2016. La evidencia empírica mostró una forma de N de la CKA y un impacto neto positivo del crecimiento económico regional hacia la degradación ambiental. Sono, (2018) en su tesis concluye que existe una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú durante el periodo de 1970-2008, y finalmente Minaya, (2018) concluye que existe una relación positiva entre el medio ambiente y el crecimiento económico del Perú, durante el período 1970-2015, que atribuye a la estructura primaria exportadora y de servicios de la economía peruana.

En ese mismo orden de idea, el objetivo de este estudio, es establecer los determinantes de la salud ambiental en el Perú mediante la curva de Kuznets para el período 1990-2015.

## Materiales y métodos

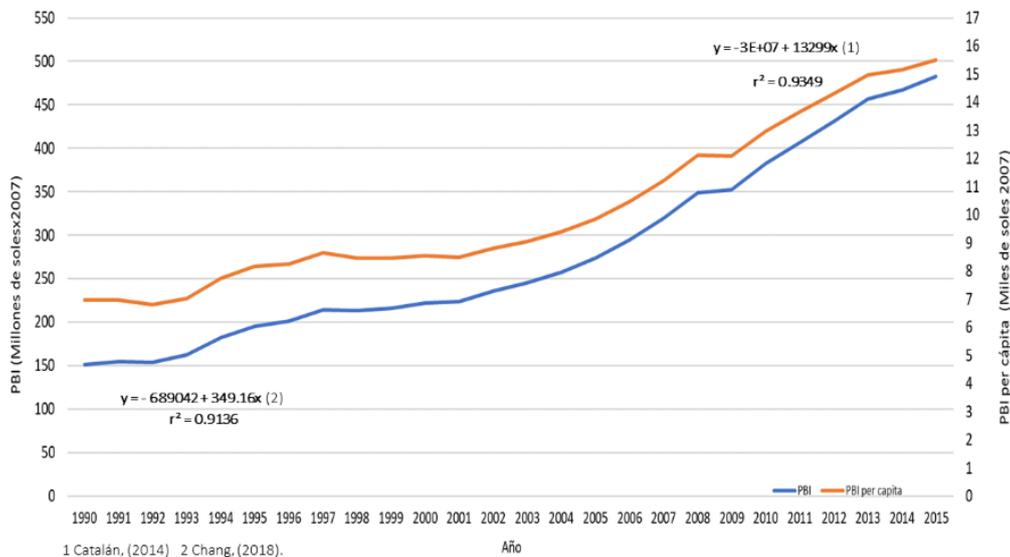
Para cumplir con el objetivo establecido, se tomó la data proveniente publicada por el Banco Central de Reserva del Perú durante el periodo 1990-2015 relacionados con la producción interna global, población y producción interna per cápita; del Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú sobre la Energía, y del Ministerio de Energía y Minas del Perú sobre los contaminantes (Banco Central de Reserva del Perú, 2022; Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú sobre la Energía, 2022; Ministerio de Energía y Minas del Perú sobre los contaminantes, 2022). Para la producción interna se utilizó como indicadores como el Producto Bruto Interno (PBI) real global y el PBI real per cápita, en soles del año 2007. En el caso de la energía, se consideró la producción de energía eléctrica, la producción de energía hidroeléctrica y la importación neta de energía en Terajoules, y en el caso de la contaminación, se se colectaron los indicadores de las emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, monóxido de azufre, partículas y de metano, medidas en toneladas.

Con los datos, se procedió a describir la evolución de las variables, estableciendo si había alguna tendencia en su comportamiento mediante inferencia estadística. Para medir la relación entre la producción interna, energía y significación estadística se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. En la determinación de la forma entre la producción interna y la contaminación del aire, se utilizó la regresión de Cuadrados Mínimos Ordinarios según el teorema de Gauss-Markov, que bajo ciertas condiciones provee estimadores lineales, insesgados y de varianza mínima (Gujarati, 2006)..

## Resultados

### Producción interna

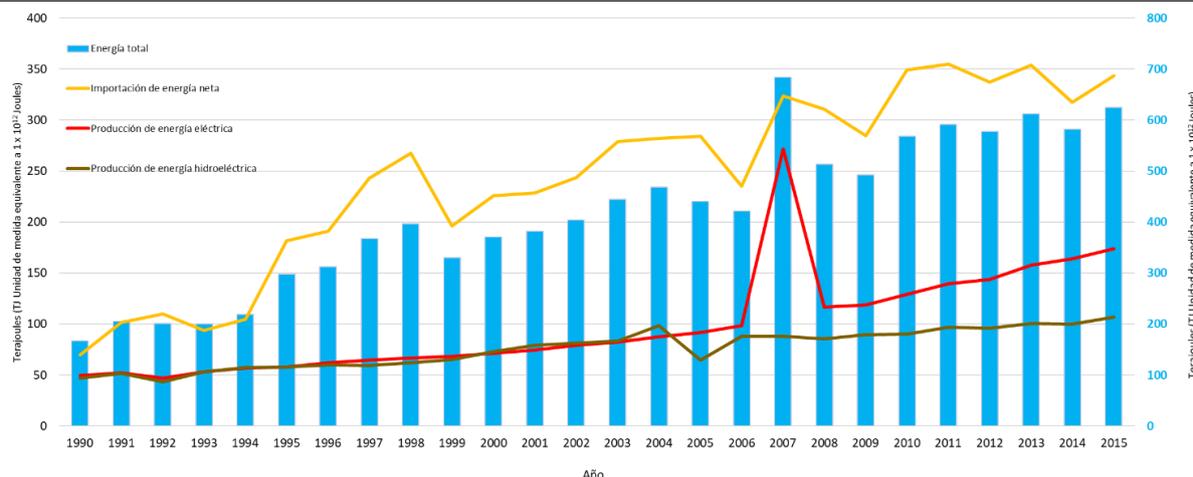
La figura 1 presenta los datos del PBI del Perú (línea azul), 1990-2015, en millones de soles del año 2007. A excepción de los años 1990, 1992 y 1998 donde hubo un crecimiento negativo: -4.98 %, -0.54 % y -0.39 %, respectivamente, el resto del periodo estuvo creciendo con tendencia lineal ( $r^2 = 0.9349$ ), con un crecimiento del PBI de unas 3,19 veces en el periodo de estudio. Mientras que el PBI per cápita del Perú (línea naranja) señala, de manera similar, y para el mismo periodo de estudio, un crecimiento lineal general positivo ( $r^2 = 0.9136$ ), con excepción de los años 1990, 1992, 1998, 1999, 2001 y 2009 donde el PBI per cápita se contrajo. El mayor número de años en que ha decrecido el PBI per cápita, en comparación con el PBI global, es explicable porque no siempre el PBI creció a tasas que superaran el crecimiento poblacional, a pesar de lo cual, a la larga, el PBI per cápita siempre retomó la senda del crecimiento. En este caso, el PBI per cápita creció 2,23 veces entre el periodo establecido. El crecimiento fue menor que el determinado en el PBI global porque el per cápita está asociado inversamente con el aumento de la población.



**Figura 1. PBI y PBI per cápita del Perú 1990-2015 en soles del año 2007**

### Energía

En la figura 2, se representa la evolución de la importación neta de energía del Perú (línea amarilla), expresada en Terajoules(TJ), durante el periodo 1990-2015. Los combustibles que se incluyeron en la importación neta de energía, son el petróleo, carbón mineral y sus derivados, que, a excepción de los años 1993, 1999, 2006, 2008, 2009, 2012 y 2014, en los cuales la importación de energía neta tuvo un crecimiento negativo, el resto del periodo estuvo en alza. La caída de la importación neta de energía ha estado asociada a periodos de crisis internacional, causas naturales o problemas generados en los periodos electorales. A pesar de las fluctuaciones, la evolución de la importación neta de energía siempre retomó la senda del crecimiento lineal ( $r^2 = 0.8644$ ).



**Figura 2. Importación y producción de energía eléctrica e hidroeléctrica, Perú 1990-2015**

Por su parte, la evolución de la producción de energía eléctrica del Perú (línea roja) se expresó de forma lineal ( $r^2 = 0.6194$ ) salvando los años 1992 y 2008 donde la producción de energía eléctrica disminuyó en  $-9.39\%$  y  $-57.05\%$ , respectivamente. La caída del año 2008, puede explicarse por la enorme producción del año 2007, un dato atípico, generado por la entrada en operación de las centrales térmicas de Chilca 1 (2006) y Kallpa (2007) (Osinermin, 2017).

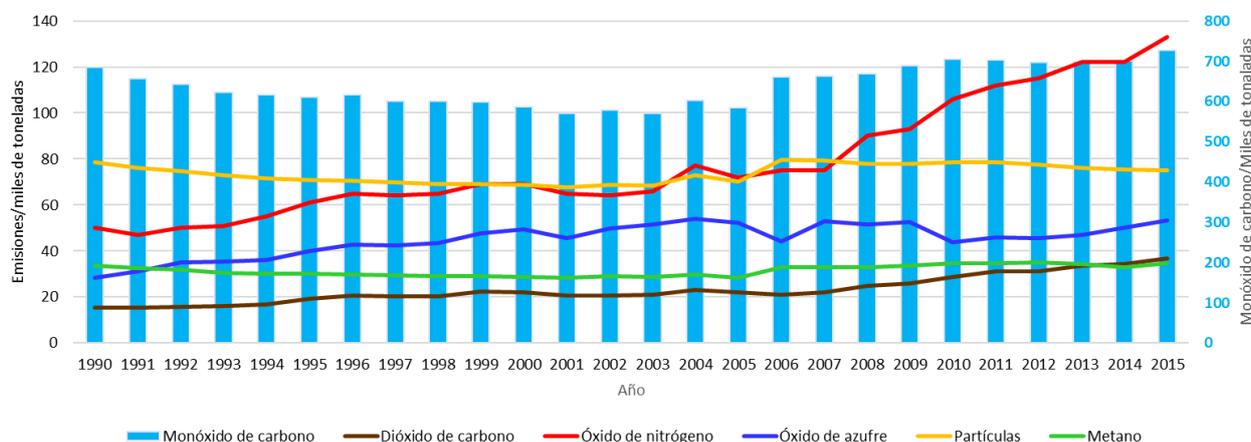
De manera similar, la producción de energía hidroeléctrica del Perú (línea verde) siguió una tendencia lineal ( $r^2 = 0.8947$ ) que con excepción de los años: 1992, 1997, 2005, 2007, 2008, 2012 y 2014, la producción de energía hidroeléctrica siempre estuvo en franco crecimiento de 2.26 veces entre los años 1990 y 2015.

Finalmente, la evolución del total de la energía y considerando la energía neta importada, la producción de la energía eléctrica y la hidroeléctrica (barras azules) mostraron una tendencia, igual lineal positiva ( $r^2 = 0.8991$ ), salvo los años 1992, 1993, 1999, 2005, 2006, 2008, 2009, 2012 y 2014, donde la energía total disminuyó.

### Contaminación

Los especialistas agrupan los compuestos que contribuyen a la contaminación del aire en contaminantes primarios (aquellos que son vertidos directamente a la atmósfera como chimeneas, automóviles, entre otros) y los contaminantes secundarios (producto de la transformación y reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera) (Contreras *et al.*, 2013). Los primarios incluyen a los óxidos de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y el particulado) y los secundarios al ozono, la lluvia ácida y la contaminación fotoquímica (Contreras *et al.*, 2013). Esta investigación incluye la evolución de los siguientes contaminantes del aire: dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, óxido de azufre, partículas y el metano.

La figura 3, presenta la evolución de la emisión del dióxido de carbono en el Perú, expresada en miles de toneladas, así como su variación porcentual anual, durante el periodo 1990-2015. Para este periodo, a excepción de los años 1991, 1997, 1998, 2000, 2001, 2005 y 2006, en los cuales el dióxido de carbono matuvo un crecimiento negativo, el resto del periodo estuvo creciendo. A pesar de todas las fluctuaciones observadas en la evolución del dióxido de carbono, siempre retomó la senda del crecimiento lineal ( $r^2 = 0.8578$ ) de 2.4 veces entre el año 1990 y 2015.



**Figura 3. Contaminantes en el Perú, 1990-2015**



En el caso del monóxido de carbono (barras azules), la emisión de este gas disminuyó en 15 de los 26 años del periodo de análisis, lo que ha dado como resultado que su valor sea prácticamente el mismo desde el año 1990, con leve crecimiento lineal ( $r^2 = 0.3031$ ) de 1.06 veces en el año 2015, respecto del año 1990.

El óxido de nitrógeno (línea roja), con excepción de los años 1991, 1997, 2000, 2001, 2002 y 2005, donde el óxido de nitrógeno mantuvo un crecimiento negativo, presentó un crecimiento lineal ( $r^2 = 0.8725$ ) con una relación de 2,66 veces en el año 2015, respecto del año 1990.

La evolución del óxido de azufre, por su parte, (línea azul) tuvo un crecimiento igual positivo con excepción de los años 1990, 1997, 2001, 2005, 2006, 2008, 2010 y 2012 donde hubo una tendencia a la baja. Este crecimiento tuvo la linealidad ( $r^2 = 0.5737$ ). Esto explica que, la emisión del óxido de azufre creciera 1.88 veces en el año 2015, respecto del año 1990.

En cuanto a la emisión de partículas (línea amarilla) ésta estuvo disminuyendo hasta el 2001, y a partir de allí hubo un cambio de pendiente, plagado de fluctuaciones, lo que, en general ha hecho que la emisión de partículas se mantenga durante este periodo. Debido al bajo coeficiente de correlación lineal ( $r^2 = 0.1653$ ) no se puede estimar como tal. Esto explica que, en para el año 2015, la emisión de partículas fuera 0,98 veces de la ocurrida en el año 1990.

En el caso del metano (línea verde) su variación porcentual anual estuvo disminuyendo y a partir del año 1999, hubo un cambio de pendiente, aunque muy irregular, lo que, en general, ha hecho que la emisión de metano se mantenga durante este periodo. Dichos resultados muestran una relación positiva entre el tiempo y la emisión de metano, con un bajo nivel de ajuste de la regresión a los datos ( $r^2 = 0.2758$ ). Esto explica que, en el año 2015, la emisión de metano fuera 1.02 veces de la ocurrida en el año 1990.

La tabla 1 presenta una síntesis de la estadística descriptiva, respecto de la evolución de la producción interna, de la energía eléctrica utilizada en el país y de los contaminantes que ha ocurrido durante el periodo 1990-2015.

**Tabla 1. Comparación del crecimiento de la producción, la energía y los contaminantes en el Perú durante el periodo 1990-2015.**

Rubro	Indicador	Crecimiento 1990-2015	
		Global	Per cápita
Producción	PBI	3.19	2.23
	Importación neta de energía eléctrica	4.92	3.44
Energía	Producción de energía eléctrica	3.49	2.44
	Producción de energía hidroeléctrica	2.26	1.58
	Total de energía eléctrica	3.75	2.62
	Dióxido de carbono	2.40	1.65
Contaminantes	Monóxido de carbono	1.06	0.52
	Óxido de nitrógeno	2.66	0.97
	Óxido de azufre	1.88	0.41
	Emisión de partículas	0.98	0.52
	Emisión de metano	1.02	0.71

Se puede resaltar que el crecimiento de la importación neta de energía eléctrica ha sido mayor que el crecimiento del PBI, lo que ha compensado el crecimiento menor de la energía hidroeléctrica. Luego, el contaminante que más ha crecido ha sido el dióxido de carbono, seguido del óxido de nitrógeno y del óxido de azufre, mientras que la emisión de monóxido de carbono, de partículas y de metano, prácticamente se han mantenido al mismo nivel. Adicionalmente, el dióxido de carbono también ha manifestado el mayor volumen de emisiones con respecto a los otros contaminantes considerados. Éste está muy asociado al monóxido de carbono. Contreras *et al.*, (2013), sostienen que el monóxido de carbono “Es el contaminante más abundante en la capa inferior de la atmósfera, se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, es un gas inestable que se oxida generando dióxido de carbono”. El óxido de nitrógeno y el óxido de azufre en presencia “de agua, O<sub>2</sub> y otros compuestos químicos forman ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) respectivamente, que se precipitan a la tierra en forma líquida cuando se presentan lluvias o en forma seca en presencia de nevadas o neblinas”, de manera que son contaminantes importantes. Finalmente, tres de los seis contaminantes analizados han crecido, mientras que los otros tres se han mantenido.

### Producción interna y producción de energía

Para determinar si hay una relación significativa entre la producción interna y la energía eléctrica, se evaluó el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), que es el adecuado porque las variables son cuantitativas y continuas. La interpretación de  $r$  tiene muchas versiones (Palmer *et al.*, 2001, Guarín, 2002, Fallas, 2012, Vinuesa, 2016). En este estudio si  $r = 0$ , no hay correlación; si  $0 < r < 0.20$ , la correlación es muy baja; si  $0.20 < r < 0.40$ , la correlación es baja; si  $0.40 < r < 0.60$ , la correlación es moderada; si  $0.60 < r < 0.80$ , la correlación es alta; si  $0.80 < r < 0.99$ , la correlación es muy alta; si  $r = 1$ , la correlación es perfecta. La tabla 2 incluye los datos de las variables a correlacionar y tendencia a analizar.

**Tabla 2. PBI real y energía utilizada en el Perú, 1990-2015**

Años	PBI (Millones de S/ de 2007)	Importación (TJ)	Energía eléctrica (TJ)	Energía hidroeléctrica (TJ)	Energía total (TJ)	Años	PBI (Millones de S/ de 2007)	Importación (TJ)	Energía eléctrica (TJ)	Energía hidroeléctrica (TJ)	Energía total (TJ)
1990	151492	69789	49706	47112	166607	2003	245593	278941	82494	83361	444797
1991	154854	101378	52133	51672	205183	2004	257770	282301	87318	98532	468151
1992	154017	110165	47237	43597	200999	2005	273971	284338	91790	64717	440845
1993	162093	93763	53304	53053	200121	2006	294598	235167	98483	88131	421781
1994	182044	104851	57112	57363	219325	2007	319693	323815	271776	87926	683518
1995	195536	181627	58116	57739	297482	2008	348923	310727	116739	85637	513103
1996	201009	190832	62174	59915	312921	2009	352584	284673	118543	89523	492739
1997	214028	243258	64601	59455	367313	2010	382380	349079	129269	90190	568538
1998	213190	267396	66865	62111	396372	2011	407052	354858	139630	96959	591447
1999	216377	196246	68537	65401	330183	2012	431273	337270	143741	96092	577103
2000	222207	225810	71686	72756	370252	2013	456449	353780	157738	100662	612180
2001	223580	228304	74792	79228	382324	2014	467433	317642	163899	99899	581440
2002	235773	243385	79098	81141	403623	2015	482890	343534	173715	106700	623948

Tomando los datos de la tabla anterior, se estableció la tabla 3, que muestra la correlación entre el PBI y los tipos de energía utilizada y el nivel de significación estadística de dichas relaciones.

**Tabla 3. Correlación del PBI con la energía utilizada en Perú, 1990-2015**

	PBI	Energía neta importada	Producción de energía eléctrica	Producción de energía hidroeléctrica	Energía total utilizada
Correlación de Pearson	1	,865**	,787**	,892**	,903**
Sig. (bilateral)		0.000	0.000	0.000	0.000
N	26	26	26	26	26

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Teóricamente, se esperaba que, si crecía la producción crecería también, en promedio, la necesidad de energía. Los resultados muestran, empíricamente, que existe una correlación directa entre el PBI y la energía neta importada (muy alta), la producción interna de electricidad (alta), la producción hidroeléctrica interna (muy alta) y la energía total utilizada (muy alta) y que dicha correlación es estadísticamente significativa al nivel del uno por ciento.

### Producción interna y contaminación

Para determinar la forma de la relación entre la producción interna y la contaminación del aire, se determinó el impacto de la producción interna sobre el dióxido de carbono y el óxido de nitrógeno, porque ambos tuvieron una tendencia creciente con un elevado  $r^2$  superior al 85 %. La tabla 4 contiene dichos datos.

**Tabla 4. PBI real en millones de Soles de 2007 y contaminación en miles de toneladas en el Perú, 1990-2015**

Años	PBI real	Dióxido de carbono	Óxido de nitrógeno	Años	PBI real	Dióxido de carbono	Óxido de nitrógeno
1990	151,492	15,351	50	2003	245,593	20,843	66
1991	154,854	15,237	47	2004	257,770	23,120	77
1992	154,017	15,687	50	2005	273,971	21,980	72
1993	162,093	16,081	51	2006	294,598	21,087	75
1994	182,044	16,772	55	2007	319,693	21,974	75
1995	195,536	19,143	61	2008	348,923	24,714	90
1996	201,009	20,797	65	2009	352,584	25,811	93
1997	214,028	20,197	64	2010	382,380	28,641	106
1998	213,190	20,146	65	2011	407,052	31,140	112
1999	216,377	22,524	69	2012	431,273	31,258	115
2000	222,207	21,984	69	2013	456,449	33,622	122
2001	223,580	20,509	65	2014	467,433	34,225	122
2002	235,773	20,738	64	2015	482,890	36,901	133

Con los datos de la tabla anterior se realizaron las estimaciones necesarias para determinar la relación entre el PBI real y los contaminantes en el Perú, durante el periodo 1990-2015, asumiendo una relación lineal, tal como sugiere la evolución de los datos de ambas variables. Se estimó la relación entre el PBI real y el dióxido de carbono que fue el contaminante en mayor proporción (Tabla 5).

**Tabla 5. Correlación del PBI con el CO<sub>2</sub> producido en Perú 1990-2015.**

Contrastación	Valor de F	Valor de p	R cuadrado(ajustado)	Ecuación de regresión	Análisis de varianza	Durbin-Waston
CO <sub>2</sub> vs PBI	8,5	0,00	93,72%	CO <sub>2</sub> = 7480+0,05602 PBI	926608510	0,629569

Como se esperaba, hay una relación positiva entre el CO<sub>2</sub> y el PBI con un muy elevado coeficiente de regresión de los datos (93,72 %), lo que conlleva a un nivel de varianza estadísticamente significativa. Sin embargo, el valor arrojado por la ecuación de Durbin-Watson fue 0,629569, lo cual sugiere la existencia de autocorrelación, lo cual vuelve espurios los resultados al presentar un coeficiente de determinación mayor del correspondiente por la correlación serial de los residuos. En ese sentido, siguiendo la propuesta de Gujarati (2006), se regresaron los errores e<sub>t</sub> como función de e<sub>t-1</sub>. Los resultados de dicha regresión se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6. Analisis de regresión: e<sub>t</sub> vs e<sub>t-1</sub>**

Término	Coef	EE del coef	Coeficientes			Análisis de varianza
			Valor T	Valor P	FIV	
et-1	0,701	0,159	4,41	0	1	57818279
Ecuación de regresión						R-cuad
e <sub>t</sub> =0,701 e <sub>t-1</sub>						Estadístico de Durbin-Watson=1,59986
						76,85%

La tabla 7 muestra una nueva regresión con los datos corregidos de acuerdo con la tabla 5.

**Tabla 7. Analisis de regresión: CO<sub>2</sub> corregido vs PBI corregido**

Término	Coef	EE del coef	Coeficientes			Análisis de varianza
			Valor T	Valor P	FIV	
Constantes	2071	675	3,07	0,005		136117676
PBI corregido	0,05875	0,00672	8,74	0	1	R-cuad
						Estadístico de Durbin-Watson=1,62078
						76,85%

En dicha tabla se observa que, aunque el valor de la bondad de ajuste, medida por el coeficiente de determinación ha disminuido un poco, sigue siendo alto y, lo que es más importante, el Estadístico Durbin-Watson ya es el adecuado.

Por lo tanto, ya se puede confirmar que hay una relación lineal y positiva entre el CO<sub>2</sub> y el PBI, un elevado nivel de ajuste de la regresión a los datos, lo cual se expresa en una relación estadísticamente significativa, para un nivel de significación del 5 por ciento, en la siguiente función de regresión muestra (FRM): CO<sub>2</sub> corregido = 2071 + 0.05875PBI corregido.

El mismo procedimiento se aplicó para determinar la relación entre el PBI real y el óxido de nitrógeno, durante el periodo 1990-2015, cuyos resultados se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8. Analisis de regresión: NO corregido vs PBI corregido**

Término	Coef	EE del coef	Coeficientes			Análisis de varianza
			Valor T	Valor P	FIV	
Constantes	4,77	2,25	2,12	0,045		3938,1
PBI corregido	0,00024	0,000016	15,59	0	1	R-cuad
						Estadístico de Durbin-Watson=1,83381
						91.35%

En dicha tabla vemos que el valor de la bondad de ajuste, medida por el coeficiente de determinación es muy alto y el Estadístico Durbin-Watson muestra que se ha superado el problema de correlación serial inicial.

Por lo tanto, se puede confirmar que hay una relación lineal y positiva entre el NO y el PBI, un muy elevado nivel de ajuste de la regresión a los datos, lo cual se expresa en una relación estadísticamente significativa, para un nivel de significación del 5 por ciento, en la siguiente función de regresión muestra (FRM): NO corregido = 4.77 + 0.000243 PBI corregido.

## Discusión

Actualmente, la humanidad reconoce que existe un enfrentamiento contra una gran diversidad de riesgos contaminantes con alto impacto en la salud y el tratamiento de enfermedades. El cambio ambiental global es evidente en todo el planeta incluyendo cambios climáticos, reducción de la capa de ozono, cambio en la cobertura vegetal,

degradación de suelos y su desertificación, agotamiento y contaminación de agua dulce, pérdida y deterioro de humedales, pérdida de la biodiversidad, daños a arrecifes y ecosistemas costeros e impactos de la urbanización (Corvalán, 2014). En ese sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que más del 24% (13.7 millones de muertes al año) de todas las muertes mundiales se relacionan con el medio ambiente<sup>4</sup>. Por otra parte, las Naciones Unidas estipula que cualquier mejorar en el medio ambiente podría evitar la muerte de hasta el 76% de las intoxicaciones no intencionales, 61% de enfermedades diarreicas, 53% de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), 55% de las infecciones respiratorias, 40% por lesiones asociadas con tránsito rodado, 29% por cardiopatía isquémica, 28% de accidentes cerebrovasculares y 21% de cánceres (Naciones Unidas, 2019). La contaminación del aire ambiental es la responsable del fallecimiento de más de 4,2 millones de individuos y 2,8 millones por respirar aire contaminado provocando accidentes cerebrovasculares, enfermedad cardíaca, EPOC, cáncer de pulmón e infecciones respiratorias agudas (World Health Organization, 2021). Contaminantes como el smog urbano, el humo proveniente de la combustión de la biomasa, el monóxido y dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno o azufre son buenos candidatos en la afectación de salud pública, por ende su control debe ser monitoreado y controlado.

A pesar de que los riesgos ambientales ocurren en todo el mundo, su distribución no es igualitaria, sino que afecta en mayor proporción a las poblaciones menos favorecidas y vulnerables debido a condiciones de salud preexistentes, estados nutricionales deficientes y conductas específicas. Los menos pudientes tienen más probabilidades de vivir en entornos más degradados (Moreno-Sánchez, 2022)

En la actualidad, una manera de evaluar el medio ambiente con el impacto del crecimiento económico es a través de las Curvas de Kuznets Ambientales (CKA) (Grossman y Krueger, 1995). En esta teoría se propone una relación de U invertida entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental, ya que a medida que aumenta el crecimiento económico, el deterioro ambiental tiene el mismo comportamiento; sin embargo, hay un punto de inflexión donde esta relación directa se vuelve inversa, y la degradación ambiental comienza a disminuir mientras la economía del crecimiento sigue su curso. Este criterio se aplica en tanto en países desarrollados como emergentes, evidenciando la existencia de la relación entre el crecimiento económico y el medio ambiente. Sin embargo, en muchos países desarrollados ya han llegado al punto de inflexión y muestran una disminución de los contaminantes mientras la economía sigue creciendo; pero en el caso de los países en desarrollo, muchos de ellos aún se encuentran en la primera parte de la curva (Vergara *et al.*, 2018). Asimismo, el Perú no cuenta con estudios epidemiológicos específicos que demuestre la relación directa entre los factores de contaminación del aire y la incidencia de enfermedades, salvo para casos en ámbitos bien circunscriptos. De igual modo, solamente los niveles de contaminación medidos en los ámbitos de alto riesgo poblacional, sería suficiente argumento para plantear hipótesis serias al respecto.

Por otra parte, el crecimiento económico del Perú en los últimos 40 años ha generado mayor extracción de los recursos naturales nacionales, afectando cada vez más la calidad del medio ambiente. En los años 1990-1999, el Perú creció a un ritmo tasa media anual del 3,9%. La década siguiente, 2000-2009, la tasa de crecimiento promedio anual fue de 5,6%, y finalmente, en los años 2010-2019 fue del 4% (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020). Todo ese escenario económicamente favorable para el Perú se debe a un aumento de las actividades extractivas (agricultura, ganadería, pesca, fabricación y extracción de petróleo, gas, minerales, entre otros), afectando la preservación de nuestra biodiversidad y contribuyendo a deterioro ambiental (Mougenot, 2022).

En ese sentido, la figura 1 representa los datos del PBI del Perú en el periodo 1990-2015. Con salvas excepciones, el comportamiento del PBI aumento de manera lineal con un crecimiento 3,19 veces en el periodo de estudio. Un comportamiento similar fue observado en el PBI per cápita donde también se observó un comportamiento lineal positivo. El crecimiento fue menor que el determinado en el PBI global porque el per cápita está asociado inversamente con el aumento de la población. Comparando estos resultados con los obtenidos a nivel de Latinoamérica, Sánchez & Caballero (2019), durante el periodo de 1980 a 2017, la región experimentó un crecimiento del PIB de 2,54 %, lo cual puede ser expresado como una desaceleración de la actividad económica. De manera similar, el PIB per cápita, el crecimiento fue aún más bajo alcanzando valores de 0,97 %, lo que da a entender las pérdidas importantes tanto en el poder adquisitivo como en la calidad de vida de la población. Comparando con el Perú, los resultados han sido más alentadores en este país.

Por otra parte, la figura 2 y la tabla 3, representan la evolución de la importación neta de energía del Perú junto con su relación al PIB. Todos los combustibles experimentaron un aumento en su consumo con excepción de algunos periodos donde se experimentó un descenso. La caída de la importación neta de energía ha estado asociada a periodos de crisis internacional, causas naturales o problemas generados en los periodos electorales. A pesar de las fluctuaciones, la evolución de la importación neta de energía siempre retomó la senda del crecimiento lineal. En ese sentido, la energía, y algunos factores el trabajo, el capital y la tecnología, son imprescindibles para mantener una producción y sostener el crecimiento económico. Así, fue posible observar algunas tendencias positivas del consumo de energía durante estas últimas cuatro décadas en toda la América Latina y del Caribe, sin embargo, muchos países de la región han tenido fluctuaciones importantes que afectan su estructura energética debido a algunos factores como las crisis petroleras, cortes prolongados de energía eléctrica, uso intensivo de energía y la dependencia en las importaciones de energéticos, entre otras situaciones. Entonces, y a pesar de las fluctuaciones energéticas, algunos países de la región han registrado una tasa promedio anual de 2,32 % desde 1980 hasta 2015, siendo los más beneficiados: Trinidad y Tobago, Chile, Bolivia,

Ecuador, Guatemala y Panamá. Con excepción de Venezuela, y aquellos países que pertenecen a las subregiones de Centroamérica y el Caribe como Belice, Jamaica, Cuba, Haití, Nicaragua y El Salvador, la mayoría de los países de la región registraron comportamiento del consumo de energía per cápita en forma ascendente. La disminución en el uso de energía per cápita puede ser resultado de una eficiente producción y abastecimiento en el sector y de ciertas modificaciones en la población que generar variaciones en los almacenes energéticos. Asimismo, el uso de energías renovables se ha vuelto cada vez más populares en algunos países, siendo considerada como una alternativa eficiente frente a las energías provenientes de fósiles, debido a su facilidad de disposición y menor impacto en el ambiente; por consiguiente, en Latinoamérica, desde 1980 hasta 2015, el crecimiento promedio anual de este tipo de energéticos ha crecido significativamente en un 2,24 % en países como Brasil, Chile y Uruguay (Sánchez & Caballero, 2019).

En cuanto a las emisiones de contaminantes, la figura 3, presenta la evolución de la emisión del dióxido de carbono en el Perú expresada en miles de toneladas. Tal como se puede observar, el dióxido de carbono, al igual que otros contaminantes como los óxidos de nitrógeno, de azufre, monóxido de carbono y particulados, estuvieron en franco aumento durante el periodo de 1990 al 2005. Como ha sido antes mencionados, el PBI del Perú también estuvo en constante crecimiento, lo que trae como consecuencia un aumento en la actividad industrial y por ende la generación de contaminantes gaseosos y particulados. Según datos obtenidos, Latinoamérica es responsable de cerca de un 10 % de las emisiones gases de invernaderos debido al crecimiento de la población y del sector transporte (cepal, 2015). Las emisiones de CO<sub>2</sub> totales son ascendentes al igual que las tasas medias de crecimiento altas como en Trinidad y Tobago (6,32 %), Honduras (4,85 %) y Bolivia (4,60 %). Si comparamos toda la región Latinoamericana y del Caribe, la tasa de crecimiento promedio anual ha sido de 2,42 %. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, la tendencia es igual ascendente, y algunos países del Caribe y de Sudamérica proyectan valores más altos de emisiones por habitante (Sánchez & Caballero, 2019).

Con el fin de determinar si los datos recogidos cumplían con la hipótesis de CKA se verificó la linealidad entre los datos de los contaminantes: CO<sub>2</sub> y NO con el PBI. En ambos casos hubo linealidad positiva con un elevado ajuste de regresión (Tablas 7 y 8) que confirman que durante el periodo de estudio entre 1990 y 2015, el Perú está lejos de alcanzar el punto de inflexión correspondiente al punto máximo de la curva en U invertida del modelo, por lo tanto sigue siendo un País en vías de desarrollo, como los encontrados en la mayoría de los países latinoamericanos. Los resultados de las estimaciones de Papayotou (1993) no son definitivos porque si bien encuentra que sus coeficientes son significativos, el poder explicativo de sus regresiones, medido por el coeficiente de determinación, es muy bajo, como él mismo lo reconoce. Sin embargo, sus estimaciones sobre la elasticidad renta per cápita de los contaminantes en países de renta alta o baja, así como la inclusión del petróleo como variable ficticia para los países de altos ingresos exportadores, son resultados aislados que no convalidan la forma invertida de la CKA para el conjunto de países analizados.

Al proponer una curva en forma de U invertida, hay dos puntos con fuertes implicaciones de política. El primero, es que el PBI es la enfermedad y el remedio al problema ambiental, ya que la degradación ambiental es un costo necesario para sostener el desarrollo y crecimiento de los países en sus primeros tiempos, pero después de superado en nivel crítico, este PIB redundará en mejoras en la calidad ambiental. El segundo punto, es que si bien el desarrollo económico es inicialmente el que precede a la degradación y contaminación ambiental, al final la mejor —y quizás la única— manera de alcanzar ese ambiente adecuado es que estos países se vuelvan ricos (Beckerman, 1992, Zilio, 2012). En ese sentido, Gitli y Hernández (2002) sostiene que, si bien se puede esperar que la relación entre el crecimiento económico y el ambiente sea beneficiosa en el largo plazo, los resultados de las investigaciones son muy discutibles, porque sus resultados están condicionados por la especificación del modelo y la data utilizada. En todo caso, el punto en el que cambia de pendiente de la CKA para tomar la forma de una U invertida, estaría muy lejos de los países en desarrollo. Por su parte, Catalán (2014) encuentra una curva en forma de N entre las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> y el PIB per cápita, lo que implica que la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, generados por un mayor crecimiento económico no son sostenibles. Zilio y Ángeles (2014) prueban en su investigación que la relación entre emisiones de dióxido de carbono y producto en América Latina y el Caribe no tiene la forma de una U invertida, y tampoco esperan que esto sea posible en el futuro, salvo que se tomen urgentes decisiones para contrarrestar los efectos del cambio climático en la región. Falconía *et al.*, (2015) prueban que la CKA solo existe en algunos países desarrollados como México o Turquía, pero en general no se cumple (Carrillo-Ovando & Bocardo-Valle, 2022, Karahasan, ). Lo que ocurre, en realidad, es que las emisiones aumentan hasta un cierto nivel de ingresos y, luego, se estabilizan. Sin embargo, Alam *et al.*, (2016) concluyen que hay una relación innegable entre el crecimiento económico y el medio ambiente, tanto a corto como a largo plazo, a estas variables se asocian las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de energía y el crecimiento de la población, pero Huanchi y Calsin (2015) si encuentran una relación lineal entre crecimiento y la degradación ambiental y no en forma de una U-invertida.

En relación con los datos obtenidos por otros investigadores en Perú: Chang (2018) encuentra que la curva que relaciona el crecimiento económico regional con la degradación ambiental en el Perú tiene forma de N, y Sono (2018) prueba la existencia de una relación positiva entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú durante el periodo de 1970-2008. Mientras tanto, Minaya (2018) muestra que existe una relación positiva, entre el medio ambiente y el crecimiento económico en el Perú, durante el período 1970-2015.

En síntesis, se observa que, salvo el caso, de Papayotou (1993), todos los demás estudios encuentran que la relación entre la producción y los contaminantes no se expresan en una curva de U invertida, sino en forma lineal o de N. De

manera que, los resultados obtenidos coinciden con la mayoría de los investigadores peruanos o extranjeros, glosados en nuestros antecedentes. A manera de conclusión, durante el periodo 1990-2015, en el Perú, la producción interna ha tenido un impacto significativo sobre la emisión de dióxido de carbono y la emisión de dióxido de nitrógeno. En todos los casos la relación ha sido lineal y positiva.

### Conflicto de intereses

Ninguno.

### Agradecimientos

Aquí los agradecimientos.

### Referencias

- Alam, M. Murad, W., Hanifa, A. & Ilhan, N. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators* 70, 466–479. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201600190160> (Acceso septiembre 2021).
- Banco Central de Reserva del Perú (2022). Disponible en: <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/pbi-por-sectores> (Acceso febrero 2022).
- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial) (1992). Informe sobre el desarrollo mundial. Washington, D. C. Disponible en: <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/480211468339538817/pdf/105170WDR0SPANISH0Box37349B01PUBLIC1.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Beckerman, W. (1992). Economic Growth and the environment: whose growth? Whose environment? *World Development* 20(4), 481-496. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90038-W](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90038-W)
- Carrillo-Ovando, R., & Bocardo-Valle, A. (2022). Liberalización económica y emisiones de CO2 en México: Un análisis de series de tiempo, 1972-2019. *UVSerna*, 13,114-140. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi13.2811>
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389 noviembre – diciembre. Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/389/02catalan.pdf> (Acceso agosto 2021).
- Cepal (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Santiago de Chile: cepal. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37310-la-economia-cambio-climatico-america-latina-caribe-paradojas-desafios-desarrollo> (Acceso septiembre 2021).
- Chang, V. (2018). Crecimiento Económico y Degradación Ambiental: Una aplicación de la Curva de Kuznets Regional en Perú. Conference: 5° Congreso Internacional de Sustentabilidad, At Toluca, Estado de México. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/328701661\\_Crecimiento\\_Economico\\_y\\_Degradacion\\_Ambiental\\_Una\\_aplicacion\\_de\\_la\\_Curva\\_de\\_Kuznets\\_Regional\\_en\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/328701661_Crecimiento_Economico_y_Degradacion_Ambiental_Una_aplicacion_de_la_Curva_de_Kuznets_Regional_en_Peru) (Acceso septiembre 2021).
- Contreras, A. M., García, G. & Icaza, B. (2013). Calidad del aire: una práctica de vida. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Corvalán, C. (2014). Cambio climático, desastres y salud. Seminario: Eventos climáticos extremos, desastres e impactos sobre a saúde. O que dizem os sistemas de informação? OPS/OMS. FIOCRUZ, 7, 1. Disponible en: <https://www.icict.fiocruz.br/sites/www.icict.fiocruz.br/files/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Carlos%20Corvalan.pdf> (Acceso agosto 2021).
- Ehrlich, P. R., & Holdren, H. P. (1971). Impact of Population Growth. *Science, New Series*, 171 (3977), 1212-1217. Disponible en: <https://faculty.washington.edu/stevehar/Ehrlich.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Falconía, F., Burbanob, R., & Cango, P. (2015). La discutible curva de Kuznets. Disponible en: [https://flacoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/agora/files/la\\_discutible\\_curva\\_de\\_kuznets.pdf](https://flacoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/agora/files/la_discutible_curva_de_kuznets.pdf) (Acceso septiembre 2021).
- Fallas, J. (2012). Correlación lineal: Midiendo la relación entre dos variables. Disponible en: [http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/correlacion\\_lineal\\_2012.pdf](http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/correlacion_lineal_2012.pdf) (Acceso septiembre 2021)

- Gitli, E. & Hernández, G. (2002). La existencia de la curva de Kuznets ambiental (CKA) y su impacto sobre las negociaciones internacionales. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), de la Universidad Nacional de Costa Rica. Disponible en: <http://www.grupochoarvi.org/php/doc/documentos/curvakuznetsambiental.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- González-Miranda, R. E., Díaz-Pacheco, G., Segredo-Pérez, A. M., Presno-Labrador, C., Sánchez-Santos, L., Gener-Arencibia, N., Abad-Araujo, J. C., Espín-Falcón, J. C., García-Núñez, R., García-Hernández, I., Valladares-González, A. M., de la Cruz-Blanco, G. & Fariñas-Reinoso, A. T. (2007). Generalidades de Salud Ambiental, 5to. Capítulo. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/303365603> (Acceso agosto 2021).
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. National Bureau of Economic Research. November. Working paper, 3914. Disponible en: <https://www.nber.org/papers/w3914.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. The Quarterly Journal of Economics, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>
- Guarín, N. (2002). Estadística aplicada. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/16742584/Libro-02/> (Acceso septiembre 2021).
- Gujarati, D. N. (2006). Principios de econometría. (3ª ed.). Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/261499863/Principios-de-econometria-Gujarati-pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Huanchi, W. A., & Calsin, G. (2015). Curva ambiental de Kuznets: evidencia empírica para la economía peruana, periodo 1972 – 2010. Semestre Económico, 4(2), 107-133. Disponible en: <http://www.revistaepgunapuno.org/index.php/SECONOMICO/article/view/611/180> (Acceso agosto 2021).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú sobre la Energía (2022). Medio ambiente. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/> (Acceso febrero 2022).
- Karahasan, B. C., & Pinar, M. (2022). The environmental Kuznets curve for Turkish provinces: a spatial panel data approach. Environmental Science and Pollution Research. 29, 25519–25531. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17706-w>
- Labandeira, X., León, C. J., & Vásquez, M. X. (2007). Economía ambiental. Madrid: Pearson Educación, S. A. Disponible en: <http://190.57.147.202:90/xmlui/bitstream/handle/123456789/525/Economia%20Ambiental%20Labandeira.pdf?sequence=1> (Acceso septiembre 2021).
- Minaya, G. A. (2018). La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) basada en el Indicador de Consumo Material Doméstico (CDM): Perú, 1970-2015. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú). Lima, Perú. Disponible en: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10283/MINAYA\\_FLOREZ\\_GRETELL\\_CU\\_RVA\\_KUZNETS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10283/MINAYA_FLOREZ_GRETELL_CU_RVA_KUZNETS.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Acceso septiembre 2021).
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2020). Marco Macroeconómico Multianual 2021-2024 Multi-year Macroeconomic Framework 2019-2022. Cambodia: Ministry of Economics and Finance, p235. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/pol\\_econ/marco\\_macro/MMM\\_2021\\_2024.pdf](https://www.mef.gob.pe/pol_econ/marco_macro/MMM_2021_2024.pdf) (Acceso septiembre 2021).
- Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2022). Sobre los contaminantes. Disponible en: [https://www.minem.gob.pe/\\_estadisticaSector.php?idSector=4](https://www.minem.gob.pe/_estadisticaSector.php?idSector=4) (Acceso septiembre 2021).
- Moreno-Sánchez, A. R. (2022) Salud y medio ambiente. Revista de la Facultad de Medicina, 65(3), 8-18. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0026-17422022000300003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422022000300003) (Acceso septiembre 2021).
- Mougenot, B. (2022). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis: an empirical study for Peru. International Journal of Energy Economics and Policy. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11895>
- Naciones Unidas. (2019). World urbanization prospects. The 2018 revision. New York: Department of Economic and Social Affairs, 126 p. Disponible en: <https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2017). La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país. Lima: Osinergmin. Disponible en: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf) (Acceso septiembre 2021).

- Palmer, A., Jiménez, R., y Montaña, J. J. (2001). Tutorial sobre el coeficiente de correlación lineal de Pearson en Internet. *Revista Electrónica de Psicología*, 5(1), 1137-8492. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/331640788\\_Tutorial\\_sobre\\_el\\_coeficiente\\_de\\_correlacion\\_lineal\\_de\\_Pearson\\_en\\_Internet/link/5c851949299bf1268d4d13b5/download](https://www.researchgate.net/publication/331640788_Tutorial_sobre_el_coeficiente_de_correlacion_lineal_de_Pearson_en_Internet/link/5c851949299bf1268d4d13b5/download) (Acceso septiembre 2021).
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. Geneva: International Labor Office, Technology and Employment Programme. Disponible en: [http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09\\_31\\_engl.pdf](http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf) (Acceso septiembre 2021).
- Pinzón, D., & González, C. (2018). Curva de Kuznets ambiental: evidencia empírica para Colombia 1971-2014. Creative Commons. Disponible en: <https://www.creativecommons.org/license/by-nc/2.5/co> (Acceso septiembre 2021).
- Sánchez, L., & Caballero, K. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *Revista de Economía del Rosario*, 22(1), 101-142. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.7769>
- Sánchez, L. Introducción a la Medicina General Integral. Disponible en: <https://fundacionortizavila.com/descargar/338/045e439a866e0a2c0c7b004ef836c415> (Acceso septiembre 2021).
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence. National Bureau of Economic Research Working Paper #3914 November 1991 Washington D.C.: World Bank. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/833431468739515725/pdf/multi-page.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Sono, A. (2018). Grado de influencia del crecimiento económico en la degradación ambiental del Perú durante el periodo 1970 – 2008. (Tesis de licenciatura, Universidad Privada Juan Mejía Baca). Chiclayo, Perú. Disponible en: <http://repositorio.umb.edu.pe/bitstream/UMB/96/1/INFORME%20DE%20TESIS%20%281%29.pdf> (Acceso septiembre 2021).
- Vinuesa, P. (2016). Correlación: teoría y práctica. Disponible en: [https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8\\_correlacion.pdf](https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.pdf) (Acceso septiembre 2021).
- World Health Organization. (2021). United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, United Nations Children's Fund (UN). Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. Geneva: World Health Organization, 194. Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/WHO-HEP-ECH-EHD-21.02> (Acceso noviembre 2021).
- Zilio, M. (2012). Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de economía*, 35, 43-54. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cuadernos-economia-329-articulo-curva-kuznets-ambiental-validez-sus-X0210026612536311> (Acceso septiembre 2021).
- Zilio, M., & Ángeles, M. (2014). ¿El final de la curva de Kuznets de carbono? Un análisis semiparamétrico para la América Latina y el Caribe. *El trimestre económico*, 81(321), 241-270. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ete/v81n321/2448-718X-ete-81-321-00241.pdf> (Acceso septiembre 2021).