





Dossier: Gobernanza y gestión sostenible

La curva de Kuznets ambiental del Perú, 2010-2020: una visión departamental

Peru's Environmental Kuznets Curve 2010-2020: A Departmental View

-  Milton Royer Erazo-Camacho ^a
-  Uver Cubos-Sifuentes ^a
-  Maribel Ruby Mejia-Avalos ^a
-  Allison Luisa Ramirez-Santana ^a

^a Universidad Nacional Federico Villarreal. Facultad de Ciencias Financieras y Contables, Perú

Cómo citar: Erazo-Camacho, M.R., Cubos-Sifuentes, U., Mejia-Avalos, M. R., & Ramirez-Santana, A. L. (2024). La Curva de Kuznets Ambiental de Perú 2010-2020: una visión departamental. Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente, (14), D-005. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202402.D005>



Resumen: El objetivo de este artículo es comprobar empíricamente la existencia de la curva de Kuznets ambiental entre el crecimiento económico y la temperatura promedio utilizando datos departamentales del Perú durante el periodo 2010-2020. Como resultado, se encontró que el impacto del PBI per cápita departamental es negativo sobre la temperatura promedio, lo cual sugiere que un incremento del 1% del PBI per cápita departamental disminuiría en 1.92% la temperatura promedio en las regiones del Perú. Estos resultados son contundentes para negar la existencia de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental. Lo cual nos sugiere que en realidad estamos frente a una curva en forma de U.

Palabras clave: Curva de Kuznets ambiental. Inclusión financiera. Panel data. Parque automotor. Temperatura promedio.

Clasificación JEL: Q56, C13.

Abstract: The aim of this article is to empirically test the existence of the Environmental Kuznets Curve between economic growth and average temperature using departmental data from Peru during the period 2010-2020. As a result, it was found that the impact of departmental GDP per capita is negative on average temperature, suggesting that a 1% increase in departmental GDP per capita would decrease the average temperature by 1.92% in Peru's regions. These results strongly refute the existence of the Environmental Kuznets Curve hypothesis, suggesting instead that we are facing a U-shaped curve.

Keywords: Average temperature. Environmental Kuznets curve. Financial inclusion. Panel data. Motor vehicle fleet.

JEL classification: Q56, C13.

1. Introducción

Una meta moderna de muchos organismos internacionales, como el Banco Mundial, es reducir la pobreza. Ello significa mejorar las condiciones de vida, lo cual llevaría a una mayor producción y, por lo tanto, a un crecimiento económico. Sin embargo, no se debe olvidar que un mayor crecimiento económico genera una mayor contaminación (Figuroa, 2013). Existe entonces una relación positiva entre estas variables, dando como resultado un deterioro del medioambiente, y es justamente este medioambiente quien cumple la función de sustento de las personas, y en mayor medida de los más pobres. Aquí evidenciamos una sinergia entre el crecimiento económico y el medioambiente. Esto nos lleva a estudiar la curva de Kuznets ambiental, que según la literatura estudiada tiene forma de intersección \cap . En ella podemos evidenciar tres etapas: en su primera etapa de desarrollo, aumenta el crecimiento económico y también la desigualdad; una vez que el nivel de desarrollo económico alcanza un nivel máximo, aumenta el crecimiento o el desarrollo económico, conduciendo a una disminución de la desigualdad económica.

Para Smith (1776), el sistema económico está compuesto por mecanismos de producción y distribución de bienes y servicios que operan dentro del libre mercado; los individuos interactúan buscando maximizar su bienestar individual, y sin buscarlo, logran maximizar el bienestar general de toda la sociedad; este concepto se conoce como la «mano invisible» de Adam Smith. Según Odum y Barrett (2008), el sistema ambiental es un conjunto agregado de elementos bióticos (como los seres vivos) y abióticos (como el aire, el agua y los minerales) interrelacionados dentro de un hábitat específico, unidos implícitamente a través de flujos de energía y ciclos de materia que influyen tanto en los organismos vivos como en los elementos no vivos del entorno.

En consecuencia, la naturaleza nos brinda las condiciones básicas para la vida y existencia de todo ser viviente, incluida la especie humana. Nos provee de oxígeno, tierra, agua, entre otros recursos que utilizamos para agregarles valor, transformarlos y convertirlos en

bienes y servicios que tienen como objetivo satisfacer las necesidades de toda la humanidad. Los residuos resultantes de la transformación son asimilados de manera natural siempre y cuando no superen su capacidad de absorción del medioambiente (ahí es donde hay que centrar el análisis).

Para Labandeira (2007), el incremento de la renta ha ocasionado una demanda por bienes y servicios, motivado por la opulencia más que por la necesidad; estos mercados son intensivos en el uso de energía, minerales, recursos naturales, agricultura, entre otros. La industria aumenta el crecimiento económico y a la par libera diferentes tipos de desechos líquidos, sólidos y gaseosos que contaminan la atmósfera, los bosques, la tierra y las aguas, afectando tanto a la producción como al consumo (Field, 1999).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de su Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2021), en su décimo segundo informe, concluye que el cambio climático ya es una cuestión presente y no de futuro. Esto se manifiesta a través de los cambios atmosféricos planetarios muy severos como las inundaciones, los incendios forestales, la escasez de agua, los huracanes, la desertificación, las olas de calor, los fríos extremos, el descongelamiento de los polos. Como consecuencia de estas perturbaciones meteorológicas se ha generado el desplazamiento de seres humanos a otras latitudes, así como pérdidas económicas y desabastecimiento (Cottier & Salehyan, 2021).

El «Código rojo para la humanidad» (IPCC, 2021) detalla que la influencia de los gases con efecto invernadero sobre el incremento de la temperatura en las próximas décadas será entre 1.5°C a 2°C. En dicho código se documenta que la brecha de emisiones va en concordancia con los resultados expresados en el informe de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992), donde se valoran los ofrecimientos de atenuación pronosticadas para el año 2030, los que tendrán un impacto muy limitado pues las emisiones solo se reducirán en un 7.5%. El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019), en concordancia con el Acuerdo de París, estableció las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), el cual propone la mitigación y aplicación del efecto invernadero en un 30% para limitar el calentamiento a 2°C, y un 55% para 1.5°C. Si se sigue el mismo ritmo, para 2030 tendríamos un calentamiento de 2.7°C. Los acuerdos de los países de reducir a cero las emisiones limitarían el calentamiento a 2.2°C para fines de siglo. El grupo de los veinte (G20), que son los países industrializados que más contaminan, no han definido con claridad su política de evitar las emisiones de gases.

Finalmente, el informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), analiza los nueve incisos del artículo 6 del Acuerdo de París, con respecto a la mitigación, reducción, adaptación, desarrollo sostenible, garantizar la integridad ambiental y la transparencia de los gobiernos. Muchos países han incluido en sus planes la aplicación de las NDC y esperan las modalidades de implementación y las compensaciones por cumplir con los acuerdos.

De forma similar, el PNUMA (2009) enuncia los objetivos, los problemas que involucran a los países del mundo, los planes de ejecución y los resultados deseados. El objetivo se manifiesta en la gobernación, incremento de productos y servicios, una mayor capacidad de invulnerabilidad y el progreso de la humanidad.

Es primordial precisar la relación entre la pobreza y el medioambiente, conceptos medulares en el crecimiento, la gobernabilidad y la generación de ingresos, y reforzar la capacidad de recuperación para seguir avanzando en el desarrollo de los humanos. Todos los entes gubernamentales en sus distintos niveles deben abordar, examinar y comprender estas ideas y problemas. La agricultura y los servicios básicos deben ser priorizados en el tratamiento sostenible con inversiones económicas, debido a que una gran parte de la población trabaja en las labores agrícolas. Por lo que es importante incluir el estudio del desarrollo económico, la reducción de la pobreza, el entorno en el que vivimos y el género, por ser temas transversales (Sánchez, 2010; Moralejo et al., 2009).

Una característica de las economías extractivas es que su supervivencia depende de los recursos naturales, sobre los cuales tienen escaso control legal. Esta relación se da por elementos como las políticas de gobierno a nivel micro y macro, el mercado y los precios de los productos agrícolas, el saneamiento físico-legal de los predios, el derecho a la propiedad, el respeto y el uso de los recursos naturales, entre otros (Galarza Contreras, 2010).

Se infiere, a partir de lo citado, que los gobiernos e instituciones débiles no aplican las leyes, o lo hacen por la falta de una legislación específica que defina los derechos de propiedad. A esto se le debe sumar la falta de estrategia de parte del Estado para frenar el nepotismo y la corrupción. Es así que nos encontramos ante una tragedia ambiental por desconocimiento o presión social; esto conlleva al mal uso de las aguas y el suelo, sea por sobrepastoreo, minería, tala ilegal e indiscriminada, entre otros factores que ejercen una mayor presión sobre la degradación ambiental. Todo ello genera obstáculos para la implementación de políticas sostenibles a largo plazo. Por eso, es necesario implementar políticas coherentes con el derecho a la propiedad bien definida, relaciones transparentes y honestas, políticas contra la corrupción, pues invertir en generar capacidades institucionales conllevará a una operancia, regulación, supervisión, fiscalización y reconocimiento de instituciones gubernamentales sólidas (Lanegra, 2021).

Según el decreto supremo 023-2021 (Ministerio del Ambiente, 2021), los objetivos estratégicos en todos los sectores productivos de la economía peruana son la disminución de la deforestación y las emisiones de gases de efecto invernadero, incrementando la captura de carbono; mejorar la calidad de vida de las personas garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona. Al igual que fortalecer el diálogo, educación y la gestión del conocimiento ambiental de las instituciones públicas y privadas, así como de la sociedad civil.

2. Curva de Kuznets ambiental (CKA)

De la analogía de la relación ingreso-desigualdad, postulada por Simon Kuznets, se desprende la hipótesis de una relación en U invertida entre la degradación ambiental y el crecimiento económico. A continuación, se presentan las teorías más relevantes que describen el concepto de la curva de Kuznets ambiental.

2.1 Hipótesis de Bekerman

De acuerdo a Beckerman (1992), aunque el crecimiento económico suele conducir en un primer momento a un deterioro del medioambiente, a largo plazo es la mejor, y probablemente la única, manera en la que la mayoría de los países podrán tener un medioambiente decente y al mismo tiempo desarrollar riquezas. Ya que un aumento del crecimiento económico genera una acumulación de los activos y capitales, estos recursos se pueden invertir y utilizar en la mejora y preservación del medioambiente, garantizando que los capitales acumulados por las industrias sean invertidos en mejorar el medioambiente.

2.2 Hipótesis de Porter y Van Der Linde

Porter y Van Der Linde (1995) proponen que a medida que los ciudadanos son conscientes de lo importante de mantener un medioambiente equilibrado, están también de acuerdo en invertir en nuevas innovaciones y avances tecnológicos dirigidos a mejorar los factores de producción que conllevan a una mayor producción sostenible y de esa manera lograr una mejor conservación del medioambiente. Como consecuencia de la mayor producción, la recaudación del Gobierno aumenta, lo que le permite realizar políticas ambientales y traducirlas en regular la producción y eventualmente mejorar aún más el cuidado del medioambiente, reduciendo la producción de residuos provenientes de la elaboración de mercancías.

2.3 Hipótesis de la curva de Kuznets ambiental

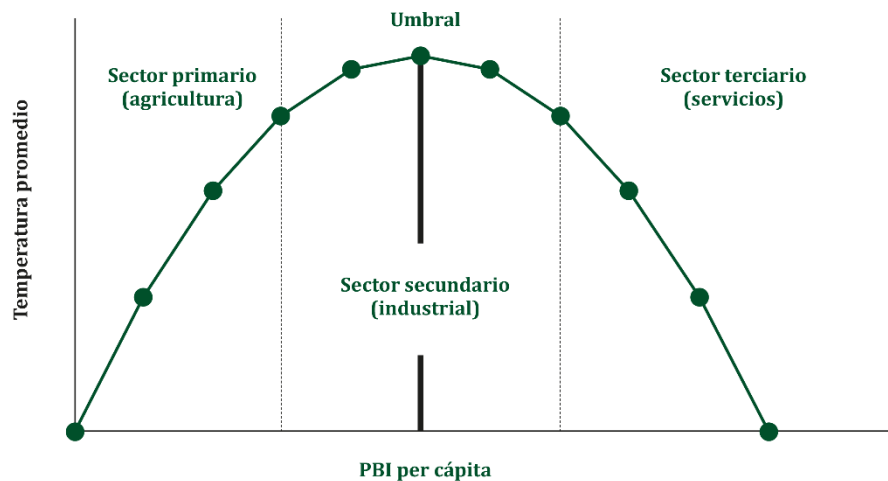
La degradación ambiental aumenta a medida que aumenta el PBI per cápita debido a la atención inadecuada de las preocupaciones ambientales y luego disminuye a medida que se disponen más recursos y mayor atención a las preocupaciones ambientales.

Si esta hipótesis es cierta, entonces la CKA sugiere que la degradación ambiental en un país como el Perú es un fenómeno temporal durante la etapa de despegue económico. En la actualidad, hay más localidades contaminadas, debido al crecimiento de la población en el Perú, como son los distritos de Pachacámac, Carabayllo y Puente Piedra, en Lima, y las ciudades de La Merced, Tambopata y Trujillo (IQAir, 2024).

La CKA identifica un punto de inflexión crítico (umbral) del ingreso per cápita (IPC) después del cual mejora la condición ambiental. La ausencia de grandes datos de series

temporales y de una medida única del índice de calidad ambiental dificulta la determinación de cómo se comporta la CKA en las diferentes etapas del medioambiente y el desarrollo. Por ejemplo, sería interesante explorar cómo cambia la forma de la CKA bajo la influencia del control de la población, la suspensión de algunos subsidios, la reestructuración de las industrias, entre otros.

Gráfico 1. Curva de Kuznets ambiental



Fuente: Adaptado de Grossman y Krueger (1991).

2.4 Explicaciones de la CKA

La transición de la economía desde la agricultura a la industria y luego a los servicios tiene tres efectos: escala, composición y tecnológico. El efecto de escala tiene un efecto negativo (más producción más contaminación); el efecto de composición puede tener una influencia positiva en el medioambiente compensando los efectos adversos; y el efecto tecnológico se manifiesta a través de un alto crecimiento con el uso de nueva tecnología de baja contaminación.

La CKA sugiere que mientras el efecto de escala prevalece en las primeras etapas del crecimiento económico, los efectos composición y tecnológico dominan en las siguientes etapas, lo que llevaría a una mejor calidad del medioambiente. Establecer el rango en el que se encuentran los departamentos en el Perú será una fuente rica de información para la toma de decisiones.

Si esta hipótesis es correcta, entonces la CAK sugiere que un incremento de la temperatura en un país como Perú durante la etapa de despegue económico sería un fenómeno temporal. Entonces, cuando un país está atravesando una etapa de expansión acelerada de desarrollo económico, en la fase inicial, el desarrollo o el crecimiento económico conduce a la degradación ambiental. Obviamente, después de llegar al punto de inflexión máximo, la condición ambiental mejora.

El objetivo general de esta investigación es comprobar empíricamente la existencia de la curva de Kuznets ambiental entre el crecimiento económico y la temperatura promedio utilizando datos departamentales del Perú durante el periodo 2010-2020. Como objetivos específicos se busca (i) calcular el efecto parcial del PBI per cápita sobre la temperatura promedio; (ii) calcular el efecto parcial del consumo de energía sobre la temperatura promedio, (iii) calcular el efecto parcial del parque automotor sobre la temperatura promedio. Para lograr estos objetivos se hace uso de datos anuales, a nivel regional y/o departamental.

Cuadro 1. Variación porcentual anual de emisiones de CO₂

Mundo		2018	2019
		2.3%	0.2%
<i>Economías avanzadas</i>			
Estados Unidos		3.2%	-3.2%
<i>Zona del euro</i>			
	Alemania	-3.3%	-7.1%
	Francia	-3.4%	-2.1%
	Italia	-1.3%	-2.4%
	España	-2.4%	-6.6%
Japón		-3.4%	-3.1%
Reino Unido		-1.7%	-3.3%
Canadá		2.1%	0.0%
<i>Economías emergentes y en desarrollo</i>			
China		4.0%	1.9%
India		5.7%	0.2%
Rusia		4.2%	2.6%
<i>América Latina y el Caribe</i>			
	Perú	0.6%	4.0%
	Brasil	-4.9%	0.1%
	México	-4.0%	-0.7%
<i>África subsahariana</i>			
	Nigeria	1.3%	4.9%
	Sudáfrica	-0.3%	1.2%

Fuente: Adaptado de FMI (2022).

El ser humano, en su afán de satisfacer sus necesidades ilimitadas, recurre al mercado en busca de bienes y servicios, sin embargo, estos bienes no están disponibles de manera inmediata, sino que deben ser transformados. Los insumos que serán transformados en bienes y servicios se extraen directamente de la naturaleza (biosfera).

Una característica del mercado es su racionalidad, esta virtud garantiza que todos los involucrados se beneficien. Como cada participante del mercado busca maximizar sus excedentes sin importarle el bienestar del otro, se crearán fallas de mercado. En tal sentido, una sobreexplotación de los recursos naturales llevaría a una lenta recuperación del medioambiente y mayores costos sociales (uso de combustible fósil, residuos mineros, deforestación, depredación, degradación, entre otros).

El efecto directo sobre la capacidad de carga del número de individuos que un ecosistema puede sostener sin tener ningún impacto negativo puede verse afectado por el tamaño de la población humana, el consumo de recursos, el nivel de contaminación y degradación ambiental. Como la capacidad de carga del medioambiente no es constante, esta puede aumentar mediante tecnología mejorada, nuevos métodos y prácticas de producción. Incrementar el uso de insumos ambientales, la acumulación de desechos y la presencia concentrada de contaminantes tiene un impacto adverso en la capacidad de carga del entorno y en el bienestar humano, incluso cuando se registra un incremento de la producción agregada de una economía (PBI). Del mismo modo, también se generan externalidades negativas cuando se realiza la producción de un bien o servicio.

Zhou et al. (2023), presentan el caso de la fabricación industrial de cemento, cuando una empresa requiere entre el 12% y el 15% del consumo mundial de energía eléctrica, generando una gran cantidad de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos nocivos, como partículas (PM), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Para 2015, la industria del cemento en China utilizó el 6% del carbón, 4% de la electricidad, y contribuyó con el 4% de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) y el 9% de las emisiones de PM. El consumo irracional puede provocar la degradación ambiental debido a la ausencia de derechos de propiedad definidos o de gestión central o sistema comunitario. Por lo tanto, investigadores como Ostrom (1990), Hardin (1968), Ferraro y Simpson (2002), Berkes et al. (2003) argumentan que estos recursos se pueden proteger y administrar de manera eficiente si se otorgan los derechos de propiedad adecuados a los usuarios.

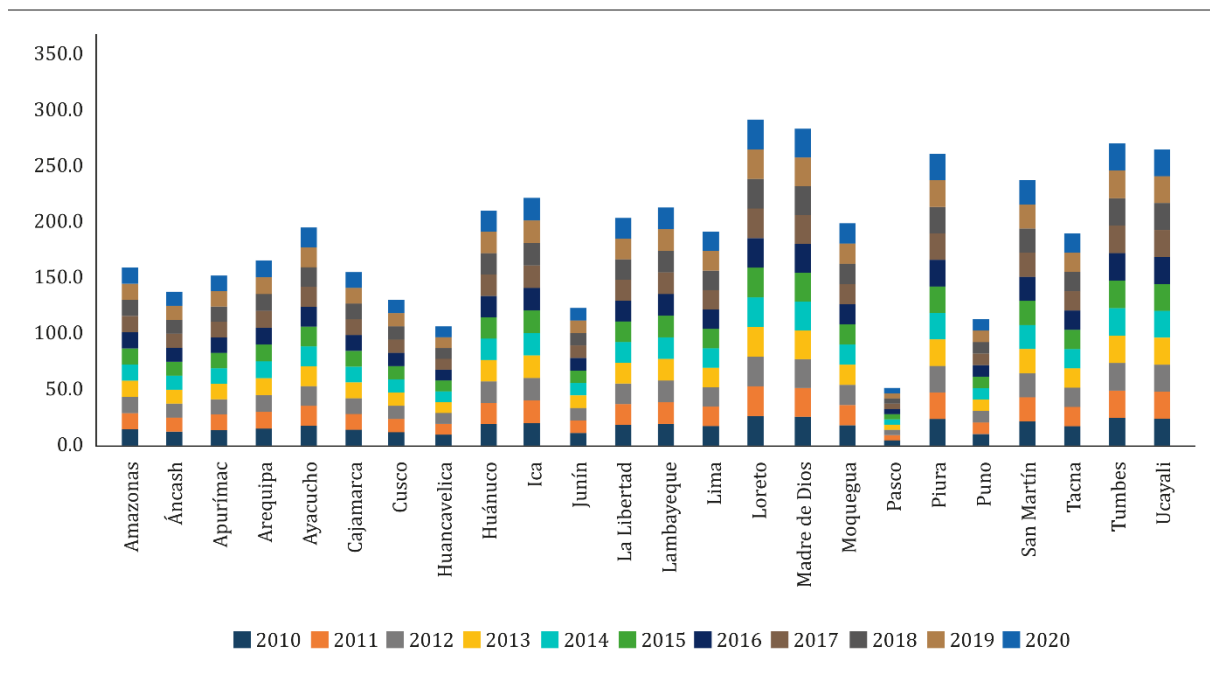
Desde una perspectiva económica, se presenta un gasto externo o una disminución no compensada en el bienestar, por ejemplo, el aumento de la mortalidad o morbilidad, la reducción del disfrute recreativo, entre otros, originados por la liberación de sustancias residuales en el aire, agua o suelo.

Así, con datos extraídos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se obtuvo que entre los años 2010 y 2020, la tasa de crecimiento del PBI departamental de Apurímac experimentó la tasa más alta del país (12.93%), mientras que Madre de Dios experimentó la más baja (-3.13%). A pesar de contemplar tasas de crecimiento tan divergentes entre departamentos, el desarrollo a nivel nacional fue de alrededor del 2.23%. Se espera, por lo tanto, encontrar impactos diferenciados de la economía peruana en los distintos departamentos.

Dentro de los objetivos estratégicos institucionales del Ministerio del Medio Ambiente (MINAM) se encuentra aquella referida a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero (MINAM, 2019), el cual se encuentra en concordancia con el tercer objetivo del Plan Nacional del Ambiente (MINAM, 2021), que contempla la reducción de la contaminación del aire, agua y suelo.

El aire en la selva peruana es cálido, con temperaturas que varían con la elevación y latitud del lugar, siendo mayores hacia el norte y en zonas bajas, y menores hacia el sur y a mayores elevaciones. Es así que en la selva alta las temperaturas son menores que en la selva baja, lo que se puede observar en las estaciones meteorológicas de Quincemil (651 m s. n. m.), departamento de Cusco; San Gabán (635 m s. n. m.), departamento de Puno; Satipo (660 m s. n. m.), departamento de Junín; Tingo María (657 m s. n. m.), departamento de Huánuco; y Oxapampa (1850 m s. n. m.), departamento de Pasco (Davila et al., 2021).

Gráfico 2. Temperatura promedio por departamento



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SENAMHI (2023).

Los departamentos con mayores índices de temperatura promedio son Loreto, explicado por una acelerada deforestación; Madre de Dios, debido a la minería ilegal y deforestación; Tumbes, por la excesiva minería ilegal y acumulación de basura en los ríos; Ucayali muestra una deforestación por colonización, expansión agrícola y construcción de carreteras ilegales; y Piura, salinización, residuos urbanos e industriales, minería artesanal e informal. Los departamentos con menores índices de temperatura promedio son Pasco, Puno, Huancavelica y Junín (MINAM, 2021).

3. Revisión de la literatura

Para identificar los principales avances, metodologías estadísticas y variables utilizadas en el estudio de la curva de Kuznets ambiental, se procedió a la recolección de información empleando fuentes bibliográficas de diversos autores.

Mougenot et al. (2022) examinan el compromiso del Perú frente al cambio climático analizando el impacto del ingreso per cápita sobre la contaminación ambiental desde 1980 hasta 2019 usando la curva de Kuznets ambiental, que sugiere que el crecimiento económico reduce la contaminación a largo plazo. Se incorpora una variable adicional de exportaciones y se ajusta el modelo de Kuznets con una regresión cúbica. Las pruebas realizadas, incluidas las de raíz unitaria y causalidad de Granger, junto con el método VAR, revelan que Perú está en la fase inicial de la curva, donde la contaminación aumenta con el ingreso.

Ridzuan (2019) plantea la cuestión de si el daño ambiental se puede explicar considerando si un país es rico o pobre. Un país rico posee más recursos para combatir los efectos ambientales, a través de políticas ambientales eficientes, reduciendo la corrupción y mejorando la gobernabilidad, por lo tanto, la emisión de CO₂ es menor; mientras que sucede todo lo contrario en los países pobres. Incrementos unitarios del índice de Gini sugieren costos ambientales equivalentes a \$1920.65 en su punto de inflexión. La incorporación de tecnologías amigables con el medioambiente por parte de los países ricos sugiere una reducción en la emisión de dióxido de carbono.

Catalán (2014) también hace una distinción entre países ricos y pobres, evidenciando que los países ricos muestran un mejor manejo al momento de crear energía, racionalizando de manera óptima el uso de restos fósiles, lo que se traduce en una menor emisión de CO₂. Políticas ambientales con una visión de largo plazo dan como resultado, en gran parte, energías más limpias con crecimiento sostenible, y el incremento de áreas protegidas conduce a una reducción significativa de la emisión de CO₂. Se describe una función en forma de Z invertida entre las variables PBI y emisión de CO₂ en términos per cápita, lo cual sugiere que, a mayor crecimiento económico, menor emisión de CO₂.

Simionescu et al. (2022) buscaron comprobar, a través de una curva de Kuznets ambiental, si el objetivo de la Comisión Europea de convertirse en un continente climáticamente neutral para el año 2050 era realista, al fijarse una meta del 27% en el uso de fuentes de energía renovable establecida en el Pacto Verde Europeo. Hasta 2022, solo 1% del consumo de energía proviene de fuentes renovables, como el uso de paneles solares. Simionescu et al. indican que, a largo plazo, una reducción significativa de gases de efecto invernadero se explica por una mayor productividad y uso de energías renovables. Lo mismo ocurre al contrastar variables de gobernanza como: lucha contra la corrupción, regulación oportuna, fortalecimiento del estado de derecho y una mayor profundización financiera, que reducen la emisión de dióxido de carbono a largo plazo.

Cuthbert et al. (2021) propusieron comprobar la presencia de la curva de Kuznets ambiental en Zambia, relacionando múltiples variables ambientales y económicas, analizando cómo el consumo de energía, el crecimiento económico y otras variables agregadas influyen sobre la deforestación de dicha economía. Una vez contrastadas varias pruebas estadísticas, identificaron la existencia de cointegración de corto y largo plazo entre las variables de estudio. En ese sentido, un mayor consumo de energía provoca un aumento de la deforestación en 1.5 puntos en el corto plazo, mientras que en el largo plazo aumenta en 2.2%. El crecimiento económico genera un aumento de la deforestación del 3.5% en el corto plazo y 5% en el largo plazo.

En Rusia, Burakov (2019) examinó el impacto del sector agricultura sobre la excelencia ambiental utilizando como variables independientes la agricultura, el ingreso real y el consumo de energía, y como variable dependiente la emisión de CO₂. Para ello, empleó el modelo autorregresivo de retardos distribuidos, concluyendo que el efecto combinado del consumo de energía y el ingreso real incrementan la emisión de CO₂ a un nivel de significancia del 5%, tanto en el corto como en el largo plazo; sin embargo, el consumo de energía por sí sola genera un incremento del 0.923% en las emisiones de CO₂. A su vez, corrobora que la agricultura es un gran generador de CO₂ y se confirma que esta causa de forma positiva la emisión de carbono, en el sentido de Granger.

Anser et al. (2020) describen, a través de un panel de datos del grupo de los siete (G7), un conjunto de variables explicativas —salud, educación, Gini, PBI per cápita e inversión extranjera directa— sobre la emisión de CO₂ como variable explicada. Sobre ello se logró verificar la presencia de la curva de Kuznets para las variables crecimiento económico y emisión de CO₂. Por otro lado, se constató la reducción de CO₂ cuando se incrementa el gasto en educación. Por último, en el largo plazo existe causalidad unidireccional, en el sentido de Granger, que va de los ingresos por turismo internacional a las emisiones de carbono con una prueba F de Wald cuyo resultado fue de 8.75.

Liu y Lai (2021) estudiaron la existencia de la huella de carbono bajo un mecanismo de transferencia de residuos sólidos a través del comercio de un grupo de 134 países. Cercioran la existencia de la curva de Kuznets en el 51% de los países estudiados, con un punto de inflexión con valor de \$36 623.88 de los residuos sólidos sobre la emisión de dióxido de carbono. La transferencia de residuos genera un circuito que inicia en los grupos de países del norte y termina en los países del sur, pero estos, a su vez, refuerzan la transferencia entre ellos mismos.

Clark et al. (2019) exploran la capacidad que tiene la democratización de los regímenes de gobierno sobre el uso de carbón para alimentar a las plantas energéticas que, a su vez, generan una mayor contaminación. A medida que los países se democratizan, los niveles de contaminación disminuyen. El estimador de política ambiental está inversamente relacionado con el PBI per cápita. El impacto del uso de carbón como insumo en la producción de energía en países pobres aumenta en 6%, mientras que en países con ingresos medios no hay aumento (0%) y en países ricos disminuye en 5%. Por último, ser

integrante de la OCDE conlleva a mejorar el régimen de política medioambiental, que se traduce también en un menor uso de carbón.

Caron y Fally (2022) lograron modelar la curva de Kuznets, pero de forma trunca, utilizando el PBI per cápita y la emisión de CO₂, para lo cual utilizaron datos extraídos del Banco Mundial; en el conglomerado de países con ingresos bajos la relación es positiva, sin embargo, para el conglomerado de países ricos y de ingresos medios la relación es negativa. Utilizaron el ingreso per cápita como variable exógena y variables endógenas correspondientes al conjunto de bienes demandados por los sectores económicos de los países estudiados. La demanda es inelástica en los países ricos y elástica en países en desarrollo. Incrementar en una unidad el ingreso significa un aporte en la emisión que ronda el 1.279 y 1.597.

Cole y Neumayer (2016) utilizan variables geográficas y datos de panel para desarrollar un modelo de cobertura global que estudie la emisión de CO₂ y SO₂ (dióxido de azufre). Se encontró evidencia de la curva de Kuznets solo entre las variables de crecimiento poblacional y de emisión de SO₂, con una elasticidad estimada de -0.86. La emisión de CO₂ es mayor en grupos familiares pequeños, a mayores tasas de urbanización y a medida que la población aumenta. La emisión de SO₂ es mayor a medida que la población aumenta, en relación con los grupos familiares pequeños; y a mayores tasas de urbanización no se encontró ninguna relación.

Gómez Segura et al. (2021) investigaron la relación entre el PBI y las emisiones de N₂O (dióxido nitroso) y CO₂. Empleando la prueba de Hausman para el método de efectos fijos de datos panel, los cuales evidenciaron la existencia de una relación en forma de U invertida entre las variables en estudio con una variabilidad del 86%. Con un nivel de significancia del 1%, su punto de inflexión subyacente es cercano a los 20 786 dólares de manera conjunta para el PBI per cápita y las emisiones de N₂O.

Al-Mulali et al. (2015) encontraron que la profundización financiera, la energía renovable y el producto bruto interno causan positivamente, en el sentido de Granger, la emisión de CO₂ en el corto y largo plazo. El incremento en 1% del PBI eleva la emisión de CO₂ en 3.68E-10% y un incremento en 1% del PBI al cuadrado disminuye la emisión de CO₂ en 8.24E-23%, con estos resultados se comprueba la existencia de la curva de Kuznets ambiental. Los autores sugieren incrementar la profundización financiera en inversiones amigables para el medioambiente, consumir menos energía y eficiencia energética para reducir el impacto ambiental.

Ochoa-Moreno et al. (2022), utilizando una muestra de 480 observaciones sobre la variable turismo y la emisión de CO₂ para un conjunto de 20 países, estimaron dos modelos: el modelo de mínimos cuadrados ordinarios dinámicos de panel (PDOLS) y el modelo de mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOSL). Consideraron como variable independiente el turismo y como variable dependiente la emisión de CO₂. No constatan la existencia de la curva de Kuznets, sino más bien una curva en forma de U. Además, se

detectó una relación inversa entre los ingresos medios altos y los ingresos por turismo. A mayores ingresos por turismo, la emisión de CO₂ aumenta en los países de ingresos medios altos. En el sentido de Granger, la emisión de CO₂ afecta negativamente los ingresos provenientes del turismo.

Panayotou et al. (2000) analizan un conjunto de variables estructurales, como el comercio y su impacto sobre la variable ingreso-ambiente, y buscan contrastar la teoría del refugio de contaminación y detectar la existencia de la curva de Kuznets ambiental. Truncando los datos en tres micropaneles, no encuentran evidencia de la curva de Kuznets ambiental para los años 1870 a 1994 y 1950 a 1994. En los grupos de países intensivos en servicios y con altos ingresos, la emisión de CO₂ es cada vez menor; el comercio, por otro lado, tiende a aumentar a medida que se apertura al mundo. Los países en desarrollo se encuentran en el lado derecho de la curva de Kuznets, tal cual lo estuvieron los países desarrollados como el Reino Unido hace más de cinco siglos.

Coayla y Alfaro (2017) analizan el nexo entre el crecimiento económico y el gasto gubernamental para la economía peruana entre los años 1984-2014, logrando comprobar la existencia de una curva en forma de U invertida, encontrando el ratio PBI/gasto gubernamental óptimo igual al 20.27%. Para probar la hipótesis de estudio se utilizó el índice de correlación de Pearson, el resultado significativo fue de un alfa de 5%.

4. Metodología

El objetivo de esta investigación ha sido contrastar la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental utilizando la variable crecimiento económico y los diferentes contaminantes, como temperatura promedio, parque automotor, consumo de energía, entre otros, tal como sugerían los estudios de Panayotou (1993), Shafhik y Bandyopadhyay (1992) y el Banco Mundial (1992); propuesta que, en opinión de Gitli y Hernández (2002), habría sido la que generó un debate académico, con opiniones a favor y en contra de dicha propuesta, que finalmente fue introducida por Grossman y Krueger (1991) como la curva de Kuznets ambiental (CKA).

4.1 Selección de departamentos

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) publica datos tanto del PBI departamental, considerando 27 departamentos, así como del Índice de Precios al Consumidor (IPC), considerando 24 departamentos. A su vez, el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) publica datos departamentales considerando 25 departamentos. Es evidente que cada organismo gubernamental presenta las variables a utilizar en diferentes dimensiones; para resolver el problema de la selección de la muestra utilizamos un rango de 24 departamentos.

4.2 Selección del modelo econométrico

Los datos de panel (también conocidos como datos longitudinales) son aquellos que contienen tantas series de tiempo y dimensiones transversales.

Las técnicas de estimación de datos panel toman en cuenta explícitamente la heterogeneidad al permitir variables específicas por sujeto. Proporcionan una mayor cantidad de datos informativos, más variabilidad, menos colinealidad entre variables, más grados de libertad y una mayor eficiencia. Al estudiar las observaciones en unidades de corte transversal repetidas, los datos de panel resultan más adecuados para estudiar la dinámica del cambio. Al estructurar el modelo de manera adecuada, podemos eliminar el impacto de ciertas formas de sesgo de variables omitidas.

En términos generales y en forma matricial, un modelo con datos panel puede representarse del siguiente modo:

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \varepsilon_i + \mu_{it} \quad (1)$$

Donde

- Los subíndices t e i nos indican la dimensión del panel data.
- El subíndice t es el periodo e i es el i -ésima sujeto.

Asimismo, y_{it} es la variable dependiente, α es el intercepto, β es un vector $k \times 1$ de parámetros a estimar, x_{it} vector de variables explicativas (regresoras) y ε_i es el error no observado.

4.3 Modelo de panel de efectos fijos (MEF)

Una manera de modelar el carácter «individual» o diferente de cada unidad transversal es a través de un modelo panel de efectos fijos. Este modelo no supone que las diferencias entre unidades transversales sean aleatorias, sino que supone que tales diferencias son «fijas», es decir $\varepsilon_i = 0$, pero corresponde a una variable estándar (no aleatoria); en otras palabras, se supone que el intercepto de cada unidad individual corresponde a un conjunto muestral igual a la poblacional (es decir, se supone que la muestra coincide con la población total), y se puede representar de la siguiente manera:

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \alpha_i + \mu_{it} \quad (2)$$

Donde α_i es una variable que mide las características no observables para cada unidad transversal. Un gran supuesto de este modelo es que permite que las variables regresoras contenidas en el vector x_{it} estén correlacionadas con α_i , es decir $E[\alpha_i/x_{it}] \neq 0$.

4.4 Modelo de panel de efectos aleatorios (MEA)

Es muy probable que necesitemos «controlar» el carácter «individual» de cada tipo de unidad transversal, mediante una formulación alternativa para ε_i (en la ecuación 1). Este modelo implica que: $\varepsilon_i = \tau_i \neq 0$, y corresponde al hecho de que el intercepto de cada unidad transversal se considera seleccionada de manera aleatoria de una población mucho más grande con un valor medio constante (el intercepto individual es una expresión de este valor medio constante). Es este caso el modelo puede representarse por:

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \tau_i + \mu_{it} \quad (3)$$

Asimismo, en el MEA se parte del supuesto de que las variables regresoras, capturadas en el vector x_{it} , son independientes de τ_i y μ_{it} . Es decir, $E[\tau_i/x_{it}] = 0$, $E[\mu_{it}/x_{it}] = 0$, y por tanto $E[w_{it}/x_{it}] = 0$.

El MEA también es conocido como modelo de componentes de error (MCE). Tiene una característica importante: el término de error está naturalmente autocorrelacionado, es decir, los términos de error de una unidad de corte transversal dada en dos puntos en el tiempo están correlacionados. Por lo tanto, el método de estimación más adecuado es el de mínimos cuadrados generalizados (MCG).

4.5 Selección del mejor modelo

- **Modelo panel de efectos fijos (MEF) y Mínimos cuadrado ordinarios (MCO)**

Se utiliza el multiplicador de Lagrange, que sirve para contrastar la hipótesis nula de que «es adecuado un modelo de MCO», en contraprestación de que existe heterogeneidad no observada. Adicionalmente, se utilizó la prueba de Pesaran, la cual tiene las mismas hipótesis de trabajo. Las hipótesis de trabajo y el estadístico utilizado para el contraste son los siguientes:

Tabla 1. Prueba de multiplicador de Lagrange

Hipótesis	Probabilidad
Nula: Usar MCO	> 0.05
Alternativa: Usar Panel de Datos	< 0.05

Fuente: Adaptado de Breusch y Pagan (1980).

Si el $F_c > F_t$, entonces rechazamos la hipótesis nula y concluimos que el modelo panel explica en mejor manera los datos estudiados. Si la hipótesis nula no fuera rechazada, entonces debería usarse el modelo MCO.

- **Modelo de efectos aleatorios (MEA)**

Para contrastar el MEA se utiliza el estadístico del multiplicador de Lagrange para panel balanceado (también llamado Prueba de Breusch y Pagan), que se estructura de la siguiente manera:

Tabla 2. Test de Hausman

Hipótesis	Probabilidad
Nula: Usar efectos aleatorios	> 0.05
Alternativa: Usar efectos fijos	< 0.05

Fuente: Adaptado de Hausman (1976).

Luego de haber elegido el modelo de datos de panel, queremos trabajar solo con las virtudes invariantes de los individuos (departamentos) a través del tiempo y que se encuentren limpios del efecto de correlación entre las variables, es decir, la correlación entre x_{it} y ε_i . Al encontrar una probabilidad menor al 0.05 se acepta la hipótesis alterna; por lo tanto, debemos utilizar el modelo de efectos fijos.

Tabla 3. Análisis de robustez

Hipótesis	Probabilidad
Nula: No existe autocorrelación	> 0.05
Alternativa: Existe autocorrelación	< 0.05

Fuente: Adaptado de Wooldridge (2010).

Con la única intención de detectar la presencia de sesgo en los errores estándar y lograr la eficiencia, se realizó el análisis de robustez a partir del test de Autocorrelación de Wooldridge.

Tabla 4. Test de Wald

Hipótesis	Probabilidad
Nula: No existe heterocedasticidad	> 0.05
Alternativa: Existe heterocedasticidad	> 0.05

Fuente: Adaptado de Wald (1945).

El estadístico de Wald, modificado para la heterocedasticidad grupal, propone como hipótesis nula la homocedasticidad (varianza constante). Si el $F_c > F_t$, entonces rechazamos la hipótesis nula y concluimos que el modelo panel muestra heterocedasticidad.

5. Resultados

En la tabla 5, se describen las variables consideradas en el estudio, incluyendo definiciones, unidad de medida y fuentes de información. En la tabla 6 se muestran los principales estadísticos de la temperatura promedio, así como del PBI per cápita, consumo de energía, parque automotor, inclusión financiera y población total, para el período 2010 a 2020 que comprende un total de 264 observaciones.

Tabla 5. Definición de variables

Variable	Definición	Unidad	Fuente
<i>TP</i>	Temperatura promedio	Grados Celsius	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
<i>PBI pcd</i>	PBI per cápita departamental	Ingreso por persona	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<i>CE</i>	Consumo de energía	Gigavatio hora	Ministerio de Energía y Minas
<i>PA</i>	Parque automotor	Unidades vehiculares	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
<i>IF</i>	Inclusión financiera	Soles constantes del año 2009	Banco Central de Reserva del Perú
<i>PT</i>	Población total	Personas	Instituto Nacional de Estadística e Informática

Fuente: Adaptado de Hernández Sampieri et al. (1999).

Tabla 6. Principales estadísticos

Variable	Observaciones	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
<i>TP</i>	264	18.31	27.63	4.99	5.80
<i>PBI pcd</i>	264	130.49	481.02	43.24	73.23
<i>CE</i>	264	1726.13	20 522.44	39.52	3 628.93
<i>PA</i>	264	104 697.90	2 025 227.00	986.00	331 080.30
<i>IF</i>	264	8 971 856.00	2 060 000 000.00	812 874.50	301 000 000.00
<i>PT</i>	264	1 293 153.00	11 758 324.00	121 183.00	2 061 238.00

Fuente: Adaptado de Hernández Sampieri et al. (1999).

La variable dependiente temperatura promedio está directamente relacionada con el cambio climático (Alemu & Dioha, 2020).

Para probar la existencia de la CKA se propone la variable independiente PBI per cápita departamental y su respectivo cuadrado (Guatari & Porter, 2010). Son significativos positivos el consumo de energía y la población total (Cuthbert et al., 2021) sobre el cambio climático. La inclusión financiera genera un impacto positivo sobre la calidad ambiental en el largo plazo (Al-Mulali et al., 2015). Para Guo et al. (2022) se comprueba la CKA entre el parque automotor y el medioambiente.

Se ha optado por variables en logaritmos, de esa forma se puede capturar los impactos y elasticidades de las variables independientes sobre la dependiente. En la Tabla 7 se muestran las pruebas clásicas de raíz unitaria para probar la presencia o no de estacionariedad con datos de panel. Bajo la hipótesis de que hay presencia de raíz unitaria en la serie (no es estacionaria), y la significancia nos indica que si $p > \alpha$, entonces se rechaza la hipótesis alterna. Los test IPS, ADF y PP indican que las variables son estacionarias en segundas diferencias $I(2)$.

Tabla 7. Test de raíz unitaria en segundas diferencias

Variable	IPS	ADF	PP
<i>LnTP</i>	-6.2970	138.5350	274.1150
<i>LnPBI pcd</i>	-4.0414	103.5770	243.5120
<i>LnCE</i>	-5.7969	133.8420	398.1480
<i>LnPA</i>	-8.6786	178.9230	461.6990
<i>LnIF</i>	-1.6800	68.5198	177.7420
<i>LnPT</i>	-3.0146	88.0923	391.3410

Fuente: Adaptado de Phillips (2020).

Para comprobar la existencia o ausencia de una tendencia de las variables en estudio se realizó la prueba de Cointegración de panel KAO (Kao, 1999). Con una probabilidad de 0.0000, se acepta la hipótesis alterna, la no presencia de raíz unitaria, las variables en estudio están cointegradas en el largo plazo.

Tabla 8. Prueba de Cointegración de Panel KAO

ADF	Estadístico t
Residual variance	0.001089
HAC variance	0.000577

Fuente: Adaptado de Kao (1999).

Se corrieron tres modelos, los cuales se muestran en la Tabla 9. Para elegir entre mínimos cuadrados ordinarios o panel de datos, se utilizó el multiplicador de Lagrange. Al encontrarse una probabilidad de 0.000, indica la existencia de heterogeneidad no observable, por lo tanto, evidencia contundente para utilizar panel data. Se optó por efectos fijos luego de ejecutar el test de Hausman y con una probabilidad de 0.000 se rechaza la hipótesis nula, por consiguiente, el modelo de efectos fijos es mejor que el de efectos aleatorios. Sin embargo, el test de Wooldridge de panel de datos detecta correlación de primer orden; por otro lado, el test de Wald modificado encuentra la existencia de heterocedasticidad, así pues, se estima y analiza modelos de mínimos cuadrados generalizados.

Explorando el modelo 8 (ver Tabla 9), constatamos los siguientes hallazgos. El aumento en 1% del consumo de energía disminuye en 0.034% la temperatura promedio, sin embargo, si revisamos el modelo 5, podemos observar que su impacto es positivo en 0.02%. Un incremento en 1% del parque automotor aumenta la temperatura promedio en 0.001%. Por cada incremento de 1% de la inclusión financiera, la temperatura promedio aumenta en 0.237%. La población tiene un impacto negativo sobre la temperatura promedio.

El impacto del PBI per cápita departamental es negativo sobre la temperatura promedio, lo cual sugiere que un incremento del 1% del PBI per cápita departamental disminuye en 1.92% la temperatura promedio en las regiones del Perú; sin embargo, un incremento en 1% del PBI per cápita departamental al cuadrado aumenta en 0.177% la temperatura promedio. Estos dos resultados son contundentes para negar la existencia de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental utilizando datos departamentales para el Perú. Lo cual nos sugiere que en realidad estamos frente a una curva en forma de U.

Tabla 9. Resultados de la regresión de panel

Variable	Mínimos Cuadrados Ordinarios			Efectos fijos			Mínimos Cuadrados Generalizados		
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9
<i>LnPBI pcd</i>	-0.20744 (0.031)	-2.74919 (0.000)	-51.83336 (0.000)	-0.05994 (0.002)	-0.57889 (0.001)	-1.64897 (0.419)	-0.139 (0.001)	-1.921 (0.000)	-3.063 (0.547)
<i>LnCE</i>	-0.14400 (0.000)	-0.1490 (0.000)	7.86486 (0.000)	0.01204 (0.207)	0.02004 (0.040)	-0.65219 (0.073)	-0.026 (0.169)	-0.034 (0.048)	-0.277 (0.727)
<i>LnPA</i>	0.02674 (0.020)	0.0274 (0.015)	-0.86924 (0.437)	-0.00007 (0.951)	0.00016 (0.884)	0.03723 (0.748)	0.001 (0.496)	0.001 (0.483)	-0.082 (0.617)
<i>LnIF</i>	0.42402 (0.000)	0.4470 (0.000)	-9.67344 (0.000)	0.03625 (0.000)	0.04771 (0.000)	0.07525 (0.839)	0.184 (0.000)	0.237 (0.000)	0.173 (0.855)
<i>LnPT</i>	-0.40722 (0.000)	-0.4115 (0.000)	-0.44655 (0.000)	-0.06516 (0.161)	-0.08739 (0.059)	-0.08142 (0.087)	-0.237 (0.000)	-0.285 (0.000)	-0.269 (0.000)
<i>LnPBI pcd²</i>		0.2586 (0.000)	5.18780 (0.000)		0.05393 (0.002)	0.15869 (0.439)		0.177 (0.000)	0.317 (0.531)
<i>LnCE*LnPBI pcd</i>			-3.18882 (0.000)			0.25832 (0.071)			0.111 (0.721)
<i>LnCE*LnPBI pcd²</i>			0.31379 (0.000)			-0.02451 (0.079)			-0.012 (0.691)
<i>LnPA*LnPBI pcd</i>			0.36345 (0.426)			-0.01542 (0.744)			0.035 (0.600)
<i>LnPA*LnPBI pcd²</i>			-0.03656 (0.429)			0.00159 (0.739)			-0.004 (0.588)
<i>LnIF*LnPBI pcd</i>			4.10299 (0.000)			-0.00932 (0.950)			0.026 (0.945)
<i>LnIF*LnPBI pcd²</i>			-0.41058 (0.000)			0.00063 (0.966)			-0.004 (0.922)
n	264	264	264	264	264	264	264	264	264
Método de estimación	MCO	MCO	MCO	EF	EF	EF	MCG	MCG	MCG

Fuente: Adaptado de Greene (2012).

6. Conclusión

En esta investigación se propuso como objetivo general comprobar la forma de la curva de Kuznets ambiental, para lograr el objetivo se construyó un base de datos que corresponde a los años 2010-2020 de seis variables a nivel departamental. No se comprobó la forma de intersección para la economía peruana, sino una forma de unión matemática según los resultados presentados en el modelo 8 de la Tabla 9.

La contrastación de los objetivos específicos se presenta a continuación:

- Según los datos recogidos del PBI per cápita, esta afecta de manera negativa la temperatura promedio. Por lo tanto, esto sugiere que la economía peruana puede crecer mucho más sin generar un perjuicio al medioambiente.
- El consumo de energía impacta de forma negativa la temperatura promedio.

- Un auge del ciclo económico en los años de estudio conlleva a un incremento sostenible del parque automotor en los diferentes departamentos del Perú, impulsando positivamente el incremento de la temperatura promedio.
- El choque conjunto del consumo de energía y el PBI per cápita suele ser relevante. Por cada 1% de incremento, la temperatura promedio se incrementa en 0.11%.
- El impacto combinado en 1% del parque automotor y el PBI per cápita incrementa en 0.035% la temperatura promedio.
- Por último, el efecto agregado de la inclusión financiera y el PBI per cápita conlleva a un incremento 0.026% de la temperatura promedio.

7. Discusión

Los resultados obtenidos son consistentes con los estimados por Mougenot et al. (2022), que sugieren que nos encontramos en la primera etapa de la curva de Kuznets ambiental para la economía peruana.

Hay evidencia de una forma distinta de curva de Kuznets ambiental para la economía peruana con datos a nivel departamental.

Referencias

- Al-Mulali, U.; Tang, C. F. & Ozturk, I. (2015). Estimating the Environment Kuznets Curve hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, pp. 918-924. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.017>
- Alemu, Z. A. & Dioha, M. O. (2020). Climate change and trend analysis of temperature: the case of Addis Ababa, Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00190-5>
- Anser, M. K.; Yousaf, Z.; Nassani, A. A.; Abro, M. M. Q. & Zaman, K. (2020). International tourism, social distribution, and environmental Kuznets curve: evidence from a panel of G-7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(3), 2707-2720. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07196-2>
- Banco Mundial (1992). *Informe sobre el desarrollo mundial 1992: Desarrollo y medio ambiente*. https://documents1.worldbank.org/curated/en/480211468339538817/pdf/105170WDR0SPANISH0Box37349B01PUBLIC1.pdf?_gl=1*vew3ci*_gcl_au*NDIyMTAwMDc1LjE3MjY2NDI2ODY.
- Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? whose environment? *World Development*, 20(4), pp. 481-496. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90038-W](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90038-W)
- Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *Review of Economic Studies*, 47(1), pp. 239-253.
- Burakov, D. (2019). Does Agriculture Matter for Environmental Kuznets Curve in Russia: Evidence from the ARDL Bounds Tests Approach. *AGRIS On-Line Papers in Economics and Informatics*, 11(3), pp. 23-34. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.294162>
- Caron, J. & Fally, T. (2022). Per Capita Income, Consumption Patterns, and CO2 Emissions. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 9(2), pp. 235-271. <https://doi.org/10.1086/716727>

- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Environmental Kuznets Curve: Implications for Sustainable Growth. Economía Informa*, 389, pp. 19-37.
- Clark, R.; Zucker, N. & Urpelainen, J. (2019). Political Institutions and Pollution: Evidence from Coal-Fired Power Generation. *Review of Policy Research*, 36(5), pp. 586-602. <https://doi.org/10.1111/ropr.12356>
- Coayla, E. & Alfaro, A. (2017). Tamaño de Gasto Público y el Crecimiento Económico en Perú. *Universidad de Rioja*, 4(1), pp. 88-100. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6121477>
- Cole, M. A. & Neumayer, E. (2016). Examining the Impact of Demographic Factors on Air Pollution. *Population and Environment*, 26(1), pp. 5-21. <http://www.jstor.org/stable/27500022>
- Cottier, F. & Salehyan, I. (2021). Climate variability and irregular migration to the European Union. *Global Environmental Change*, 69 (June), 102275. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102275>
- Cuthbert, M. C.; Jackson, K. & Jhonna, M. (2021). Econometrics of the environmental Kuznets curve in the face of climate change and sustainability in Zambia. *Environmental Challenges*, 5, 100289. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2021.100289>
- Guatari, D. N & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (Quinta).
- Davila, C.; Cubas, F.; Laura, W.; Ita, T.; Porras, P.; Castro, A.; Trebejo, I.; Urbiola, J.; Avalos, G.; Villena, D.; Valdez, M.; Rodríguez, D. & Menis, L. (2021). *Atlas de temperaturas del aire y precipitación del Perú*. Repositorio Institucional-SENAMHI. <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1339>
- European Commission (2021). *The European Green Deal*. European Union.
- Field, B. C. (1999). *Economía Ambiental: Una Introducción* (McGraw-Hill (ed.)).
- Figuroa, A. (2013). Crecimiento económico y medio ambiente. *Revista de La CEPAL*, 2013(109), pp. 29-42. <https://doi.org/10.18356/6c800034-es>
- Fondo Monetario Internacional (2022). *Perspectivas de la Economía Mundial: Resumen Ejecutivo, Octubre de 2022*. <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2022/10/11/world-economic-outlook-october-2022>
- Galarza Contreras, E. (2010). *La economía de los recursos naturales*. C. de I. de la U. del Pacifico.
- 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*, 9, pp. 1-30. http://xsei.centrogeo.org.mx/vedet/biblioteca/eco_amb/curvakuznetsambienta_EA-MV.pdf
- Gómez Segura, C. F., Cerquera Losada, Ó. H., Acero Cebay, E. F., Gómez Segura, C. F., Cerquera Losada, Ó. H., & Acero Cebay, E. F. (2021). La curva medioambiental de Kuznets y el crecimiento económico sostenible en Colombia. *Apuntes Del Cenec*, 40(71), pp. 165-188. <https://doi.org/10.19053/01203053.V40.N71.2021.11387>
- Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis*. Prentice Hall.
- Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *National Bureau of Economic Research*, 3914, 57.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2021). *Cambio Climático 2021: Bases físicas*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- Guo, M.; Chen, S.; Zhang, J. & Meng, J. (2022). Environment Kuznets Curve in transport sector's carbon emission: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 371(August), 133504. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133504>
- Hausman, J. A. (1976). Specification Tests in Econometrics. *National Science Foundation*, 1(August), 48.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (1999). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.

- IQAir (2024). *World's most polluted cities*. <https://www.iqair.com/es/world-most-polluted-cities?continent=59af929e3e70001c1bd78e50&country=6FC843efEKrPZzBdK&state=&sort=-rank&page=1&perPage=50&cities=>
- Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, 90(1), pp. 1-44. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00023-2)
- Labandeira, X. (2007). *Economía ambiental*. Madrid: Pearson Education.
- Lanegra, I. (2021). Política ambiental y del cambio climático. *Peru Debate 2021: Propuestas Hacia Un Mejor Gobierno*, pp. 1-31. https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2021/04/18_dp_medio_ambiente.pdf
- Liu, Y. & Lai, X. (2021). EKC and carbon footprint of cross-border waste transfer: Evidence from 134 countries. *Ecological Indicators*, 129, 107961. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2021.107961>
- MINAM (2019). *Plan Estratégico Institucional del MINAM 2019-2022*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/309381/Plan_Estrat%C3%A9gico_Institucional_MINAM_2019.pdf
- MINAM (2021). *Política Nacional del Ambiente al 2030*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037169/POLITICA_NACIONAL_DEL_AMBIENTE_AL_2030.pdf.pdf
- Moralejo, A.; Miguel, E. & Legarreta, B. (2009). El Desarrollo Sostenible a lo Largo de la Historia del Pensamiento Económico. *Revista de Economía Mundial*, 21, pp. 87-110. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86611886004>
- Mougenot, B.; Durand Santa María, R. P. & Koc Olcese, C. L. (2022). Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis: An Empirical Study for Peru. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(1), pp. 193-199. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11895>
- Naciones Unidas (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Choice Reviews Online*, 50(07), 50-3868. <https://doi.org/10.5860/choice.50-3868>
- Ochoa-Moreno, W. S.; Quito, B., Enríquez, D. E. & Álvarez-García, J. (2022). Evaluation of the environmental Kuznets curve hypothesis in a tourism development context: evidence for 15 Latin American countries. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/BSE.3012>
- Odum, E. P. & Barrett, G. W. (2008). *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Cengage Learning.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. In *Pacific and Asian Journal of Energy*, 4(1). https://webapps.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf
- Panayotou, T.; Peterson, A. & Sachs, J. D. (2000). *Is the Environmental Kuznets Curve Driven by Structural Change? What Extended Time Series May Imply for Developing Countries*. <https://doi.org/10.7916/D8CV4QJF>
- Phillips, P. C. B. (2020). The New Palgrave Dictionary of Economics. *The New Palgrave Dictionary of Economics*. <https://doi.org/10.1057/978-1-349-95121-5>
- PNUMA (2009). *Anuario 2009: Estado del medio ambiente en el mundo*. http://www.pnuma.org/deat1/pdf/yearbook09_web_esp.pdf
- Porter, M. E. & Van Der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Corporate Environmental Responsibility*, 9(4), pp. 97-118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- Ridzuan, S. (2019). Inequality and the environmental Kuznets curve. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1472-1481. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.284>
- Sánchez, A. (2010). Pobreza, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 26(2).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2023). *Monitoreo de Temperatura a nivel nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-meteorologico>

Shafrik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: Time series and cross-country evidence. *Policy Research Working Papers*, 52. https://books.google.com.pe/books?id=UQ3sA9v_dr8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Simionescu, M.; Strielkowski, W. & Gavurova, B. (2022). Could quality of governance influence pollution? Evidence from the revised Environmental Kuznets Curve in Central and Eastern European countries. *Energy Reports*, 8, pp. 809-819. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.12.031>

Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Oxford University Press.

UNEP (2021). *Emissions Gap Report 21*. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>

Wald, A. (1945). Sequential Tests of Statistical Hypotheses. *The Annals of Mathematical Statistics*, 16, pp. 117-186. <https://doi.org/10.2307/2286949>

Wooldridge, J. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data* (2da ed.). The MIT Press. https://books.google.co.id/books?id=yov6AQAAQBAJ&redir_esc=y

Zhou, Y.; Zhou, W. & Chu, W. (2023). Environmental performance of the Chinese cement enterprise: An empirical analysis using a text-based directional vector. *Energy Economics*, 125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106845>

Rol en la investigación según la taxonomía (CRediT):

- **Milton Royer Erazo Camacho**
Gestor del proyecto
- **Uver Cubos Sifuentes**
Curación de datos
- **Maribel Ruby Mejia Avalos**
Escritura del borrador original
- **Allison Luisa Ramirez Santana**
Conceptualización

Milton Royer Erazo Camacho

Economista por la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC), con Maestría en Finanzas por la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Catedrático ordinario de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) y Coordinador académico de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, sede huacho. Exalumno del Curso de Invierno del BCRP. Especialista en Software estadísticos. Consultor de proyectos públicos, en los cuales ha desarrollado planes de negocios que han ganado financiamiento a través de Procompite.

Correo: merazo@unfv.edu.pe

Uver Cubos Sifuentes

Catedrático ordinario de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), consultor en MYPES, SOAT y vicepresidente de Coopac Credinnova. Conferencista en la UNFV y SISE, analista económico y social (INEI-VI CENAGRO) y analista de información de encuesta laboral (MINTRA-DISEL). Actualmente es subgerente de Participación Vecinal en la Municipalidad de Carabayllo.

Correo: ucubos@unfv.edu.pe

Maribel Ruby Mejia Avalos

Contadora por la Universidad Nacional del Callao (UNAC) y Economista por la Universidad San Martín de Porres (USMP). Magíster en Tributación por la Universidad Nacional del Callao (UNAC) y en Docencia Universitaria por la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Miembro de la AIC (Asociación Interamericana de Contabilidad), cursando estudios de doctorado en Contabilidad en la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Posee conocimientos y experiencia laboral como fedataria en SUNAT e INEI y como contadora en empresas privadas de giro comercial, industrial, servicios y asociaciones sin fines de lucro. También con experiencia en docencia universitaria en el sector público y privado.

Correo: mmejiaa@unfv.edu.pe

Allison Luisa Ramirez Santana

Estudiante de cuarto año de la carrera de Contabilidad en la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Certificada en Cajero Bancario Comercial en el Instituto de Desarrollo Tecnológico Técnico (IDATEC) y Certificada en Excel avanzando por el Instituto Latinoamericano de Empresas y Negocio (ILEN). Con experiencia laboral de practicante contable en la Corporación All Cotton SAC.

Correo: 2020003664@unfv.edu.pe

Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente.
N° 14 julio – diciembre 2024. E-ISSN: 2709 – 3689

Cómo citar: Erazo-Camacho, M.R., Cubos-Sifuentes, U., Mejia-Avalos, M. R., & Ramirez-Santana, A. L. (2024). La Curva de Kuznets Ambiental de Perú 2010-2020: una visión departamental. *Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente*, (14), D-005. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202402.D005>
