

DIRECTOR DE TESIS:
POLAN FRANBALT FERRO GONZALES

TESISTA:
JEAN CARLOS LEON YANA

I. Aspectos generales

1.1 Título

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante.

II. Resumen del Proyecto de Tesis

Países de economías emergentes y multi-ecosistémicos como Perú tendrán que desempeñar un papel central como impulsores cruciales de bienes y servicios de los ecosistemas. Sin embargo, estas economías no están adecuadamente representados en los debates de política de desarrollo mundial, a pesar de su importancia fundamental para el desarrollo sostenible del planeta. Esta investigación analizará la relación causal entre el Producto Bruto Interno (PBI), Intensidad Energética (IE) y las emisiones de CO₂ para Perú en el periodo 1994 a 2014, con la finalidad de investigar la existencia de relaciones a largo y / o corto plazo entre estas series, tratando de responder la hipótesis de la existencia de causalidad entre el PBI y el consumo de energía, el PBI y las emisiones de CO₂, emisiones de CO₂ y consumo de energía, para lo cual se tendrá que seguir cuatro pasos en nuestro análisis empírico. En primer lugar, se probará la independencia estadística y la estacionariedad de las series de tiempo aplicando las pruebas de existencia de raíz unitaria a través de Dikey Fuller Aumentado (ADF) y Phillips Perron (PP). En segundo lugar, se empleará el análisis de cointegración basado en el procedimiento de Johansen; tercero, se realizará pruebas de causalidad de Granger por pares basadas en un modelo de vector de corrección de error multivariante (VECM) y finalmente se presentará un análisis de descomposición de varianza (VDA) utilizando la técnica de Choleski, Los resultados de la investigación corroborarán la evidencia empírica de causalidad Granger las cuales tendrán implicaciones políticas significativas para Perú.

III. Palabras claves (Keywords)

Causalidad Granger, cambio climático, emisiones de CO₂, intensidad energética, PBI

IV. Planteamiento a problema

Equiparar la relación entre desarrollo económico, eficiencia energética y la preservación del medio ambiente, es el tema de mayor preocupación de las sociedades modernas. En efecto, a partir de los desastres ambientales de los que la humanidad fue testigo, la alarma por el cuidado de nuestro entorno ha ocupado y ha estado presente en las agendas políticas de los líderes mundiales el informe de la (IPCC, 2019) Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, señala que la tasa lineal de calentamiento promedio de los últimos 50 años es de 0,13°C por década (siendo casi el doble al promedio de los últimos 100 años) y que el año 1998 ha sido el año más cálido con una temperatura media global de 14.54°C, así mismo indica que la temperatura media global en superficie observada en el decenio 2006-2015 fue 0,87 °C más alta que el promedio del período 1850-1900, siendo China, EE UU, la UE e India los países que acumulan casi el 60% de las emisiones de CO₂ del planeta. es así que, el calentamiento global toma gran relevancia como problemática económica, social y ambiental, por ello, es crucial estudiar el efecto de las emisiones de CO₂, compuesto principal de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), la situación energética y el crecimiento económico a nivel mundial.

Según (Callen, 2008) el PBI representa la producción total de un país, lo que comprende la extracción y uso de recursos para posteriormente ser transformados en bienes y servicios que luego serán consumidos, siendo la energía primaria¹ el insumo que está presente en todos los

¹ Giampietro (2011) conceptualiza a la energía primaria como la energía tal cual es provista por la naturaleza. En forma directa, como la hidráulica, eólica y solar; después de atravesar un proceso minero como los hidrocarburos, el carbón mineral, los

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

sectores productivos de toda economía global y por otro lado, son el factor determinante que incrementan los Gases de Efecto Invernadero (GEI); es decir, las emisiones de CO₂ son las responsables directas del calentamiento global, por tal razón, su regulación es muy importante para los gobiernos, según el estudio anual que realiza Global Carbon Project (GCP, 2018). Las economías a nivel global se esfuerzan por mantener sus variables macroeconómicas estables y también mantener una estabilidad financiera óptima, descuidando las implicancias que tienen estas medidas políticas sobre el cambio climático.

Los países de la región de América Latina y el Caribe son parte de la degradación ambiental, se conoce que el 2018 arrojó a la atmósfera 371 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono por el consumo de madera y carbón, representando el 8% de las emisiones totales de GEI globales esto según datos de la (Organización de las Naciones Unidas - ONU, 2019), además, el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, 2016) indica que dentro de la región de América Latina, Argentina, Brasil, México y Venezuela generan el 75% de las emisiones de GEI, concentrando el 66% de la población y el 75% del PBI de la región, con intensidades de incremento de emisiones de 402,95 hasta 593,41 toneladas métricas de CO₂ por millón de dólares (USD) en Brasil, seguida de Venezuela debido a la alta participación de las plantas hidroeléctricas y los biocombustibles en la generación de energía en el primero y la alta dependencia de los productos del petróleo en el segundo. Entre otros aspectos relevantes, se indica que los países con mayores contribuciones de GEI en la región de América Latina, fue el país de Brasil que incrementó sus emisiones de CO₂ a mayor velocidad, mientras México lo hizo a un menor ritmo que Argentina, Brasil y Venezuela. También señala que las emisiones de CO₂ aumentaron en un 14,18% entre 2006 y 2011 por la fabricación de cemento y la quema de combustibles fósiles, por otro lado la (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OCDE-, 2019) señala que no se puede pasar por desapercibido las tasas de crecimiento de GEI anual de Perú, Bolivia, Chile y Ecuador que muestran crecimientos de emisiones de CO₂ de hasta 60% más altas en comparación a años anteriores.

Para el caso peruano este tema es de gran relevancia, debido a que no es ajeno a esta problemática del deterioro ambiental y pocos son los estudios que investigan la relación entre PBI, intensidad energética y emisiones de CO₂. Según estadísticas del Banco Mundial, en el Perú las emisiones de CO₂ se aceleraron en los últimos 20 años y el PBI desde el año de 1991 a la actualidad, presenta un crecimiento continuo, que comenzó con la aplicación de reformas estructurales planteadas por el Consenso de Washington. Este ajuste estructural de corte neoliberal planteó la desintervención del Estado en todos los sectores para darle libertad al mercado. Si bien tuvo un efecto estabilizador macroeconómico, sustentado en las exportaciones del sector primario, siendo el insumo principal el uso de energía primaria, la inexistencia de regulación de la variable CO₂ en las políticas públicas y privadas adoptadas hizo que la contaminación y degradación del medio ambiente continuara (Dancourt, 1999)

De acuerdo con (Tyndall Centre, 2004) el Perú es uno de los países más vulnerables ante eventos climáticos, debido a lo complejo y diverso de nuestro ecosistema, que el 60% de la población vive en zonas áridas de la costa, que el 60% de nuestra agricultura es de secano y depende de los regímenes de lluvia, que nuestros glaciares tropicales son bastante sensibles al cambio de temperatura y que el 70% de la energía eléctrica es generada por fuentes hídricas. Por consiguiente, un incremento de la producción generará externalidades positivas y negativas añadidas frente a posibles excesos de uso de los recursos naturales, por medio del consumo de energía.

Las consideraciones expuestas nos llevan a plantear la siguiente interrogante:

minerales fisionables y la geotermia. A través de la fotosíntesis: como la leña, los residuos de biomasa (originados en las actividades urbana, agropecuaria y agroindustrial) y las plantaciones para energía.

¿Existe relación causal estadística entre las emisiones del CO₂, el PBI y la Intensidad energética para determinar políticas públicas correctas en Perú periodo 1994 - 2014²?

Preguntas específicas:

1. ¿Existe equilibrio de largo plazo de las series de tiempo PBI, emisiones de CO₂ e intensidad energética durante los años 1994 – 2014 en el Perú?
2. ¿Cuál es la dirección de causalidad de Granger entre las variables PBI, emisiones de CO₂ e intensidad energética durante los años 1994 – 2014 en el Perú?
3. ¿Cómo ha venido dándose el comportamiento de las series de tiempo del PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética durante los años 1994 – 2014 en el Perú?

V. Justificación del proyecto

La importancia de esta investigación radica en dos dimensiones, la académica y la económica-ambiental. Por la parte académica, la relación teórica entre el PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética es compleja y los estudios actuales utilizan diferentes enfoques econométricos como técnicas para estimarlas. La discusión de estos temas en el contexto de la literatura reciente sugiere que existe un vacío en la literatura empírica sobre este tema y la mayor parte de la literatura hasta ahora ha ofrecido resultados contradictorios e inconsistentes sobre la relación causal entre la intensidad energética, el PBI y las emisiones de CO₂ en los países investigados. Esto podría atribuirse en primer lugar, a los diferentes marcos institucionales y estructurales y las políticas seguidas y, en segundo lugar, a las diferencias metodológicas, incluida la selección de variables, las especificaciones del modelo, los períodos de tiempo de los estudios y los enfoques econométricos realizados. Dependiendo del caso del estudio examinado, emerge la causalidad unidireccional, bidireccional o nula entre la intensidad energética y el crecimiento económico nuestro estudio puede significativamente ayudar a saber, la existencia y la relación entre la intensidad energética, el PBI y las emisiones de CO₂, con el fin de ayudar a los responsables políticos a diseñar políticas públicas, promover instrumentos económicos que permitan reducir los impactos económicos del cambio climático y permitan adaptar la economía y la sociedad a dicho fenómeno.

Por la parte económica-ambiental, es relevante analizar la relación de estas tres variables (PBI, IE, ECO₂) en base a la metodología Granger, debido a que Perú tiene un compromiso de alcanzar las metas de Desarrollo Sostenible para el 2030 planteadas por las Naciones Unidas (2015) y de la (Conferencia de París sobre el Clima (COP21), 2015), es así que para Perú es de necesidad utilizar indicadores internacionales y diseñar los instrumentos económicos y financieros, que ayuden a evitar los efectos negativos del cambio climático, así como ser parte del diseño del marco normativo y regulatorio que permita reducir las emisiones de GEI, orientando a la economía peruana hacia un desarrollo sostenible, por lo tanto es necesario fomentar la investigación multidisciplinaria de estas variables, para tener una visualización más amplia de la relación que puedan tener estos indicadores y así lograr sostener el crecimiento a largo plazo sin degradar el medio ambiente en el cual nos desarrollamos, garantizando el bienestar de nuestras próximas generaciones.

VI. Antecedentes del proyecto

Antecedentes Internacionales:

Según (Becker, 2018) El crecimiento verde significa fomentar el crecimiento y el desarrollo económicos y al mismo tiempo asegurar que los bienes naturales continúen proporcionando los recursos y los servicios ambientales de los cuales depende nuestro bienestar. Para lograrlo, debe catalizar inversión e innovación que apunten el crecimiento sostenido y abran paso a nuevas oportunidades económicas. Es decir, una economía verde debe emitir poco carbono, usar los

² El periodo de análisis, 1994-2014, ha sido determinado en base a la disponibilidad de información en la web, a la fecha, no hay información disponible referido a "Datos de intensidad energética y consumo de energía primaria" actualizada de nuestro país. Sin embargo, se ha hecho la solicitud al Ministerio de Energía y Minas para poder acceder a dicha información, de ser el caso, se incluiría esa información durante la elaboración del borrador de tesis.

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

recursos de forma eficiente, ser socialmente incluyente.

(Zhang et al., 2019) investigaron la relación de las series de tiempo, emisiones de CO₂ del sector agrícola en toneladas métricas, consumo de energía de la agricultura y valor de la producción bruta de la agricultura precios constantes de 1996 para el periodo 1996 – 2015, el objetivo de esta investigación fue investigar la relación entre las emisiones de carbono, consumo de energía y el crecimiento económico en el sector agrícola aplicando el modelo autoregresivo con retardos distribuidos (ARDL, por sus siglas en inglés), causalidad Granger basado en el vector error correction model (VECM) y descomposición de la varianza, se concluye que el consumo de energía agrícola en el corto y largo plazo tiene impactos negativos sobre las emisiones de carbono agrícolas y el crecimiento económico agrícola tiene un impacto positivo en las emisiones de carbono agrícola, donde un aumento del 1% en el crecimiento económico agrícola conducirá a un aumento del 0.844% en las emisiones de carbono agrícola, además de ello, encontró que hay una causalidad bidireccional entre las emisiones de carbono agrícola y el crecimiento económico agrícola tanto en el corto plazo y largo plazo, y existencia de causalidad unidireccional entre el consumo de energía agrícola hacia las emisiones de carbono agrícola y el crecimiento económico agrícola,

Para (Nepal & Pajja, 2019), quienes examinaron la relación causal a largo plazo y de corto plazo entre el crecimiento económico (PBI real), las emisiones contaminantes (CO₂ KT), el consumo de energía (KT de carbón equivalente), la población y el capital fijo del país de Nepal periodo 1975 -2013, revelan, a través del modelo de vectores autorregresivos aumentado y causalidad Granger, que existe causalidad Granger unidireccional de largo plazo con dirección del PIB hacia el consumo de energía, y causalidad de Granger unidireccional que va desde las emisiones de carbono para el crecimiento económico y del crecimiento económico hacia el consumo de energía.

Por su parte (Mirza & Kanwal, 2017) exploran la presencia de causalidad dinámica entre el crecimiento económico, el consumo de energía y las emisiones de CO₂ para Pakistan de 1971 a 2009, plantean que es necesario realizar la prueba de raíz unitaria, prueba de cointegración de Johansen – Joselius y causalidad de Granger (VECM), considerando como datos fundamentales el ingreso per-cápita, consumo de energía en Kg equivalentes de petróleo y las emisiones de CO₂ TM. Concluyen y demuestran la existencia tanto a corto plazo y largo plazo de causalidades bidireccionales entre el consumo de energía, el crecimiento económico y las emisiones de CO₂ para Pakistan periodo 1971 a 2009.

(Vera & Kristjanpoller, 2017) examinaron la relación causal de corto y largo plazo entre el crecimiento económico, la composición de las exportaciones y la producción de energía eléctrica de 14 países latinoamericanos, utilizando datos anuales tales como el PBI real, las exportaciones totales, la formación bruta de capital, y la producción de electricidad en KW/h. A diferencia de las anteriores investigaciones, esta investigación aplica cointegración de datos Panel (ECM) y causalidad Granger, obteniendo resultados que indican que el crecimiento económico de largo plazo de la región depende de las exportaciones no tecnológicas; asimismo, las elasticidades encontradas de largo plazo del PIB real indican que cambios de un 1% en la generación eléctrica provocan aumentos del 0,23 % en el PIB, así como aumentos del 1% en las exportaciones no tecnológicas generan un incremento del 0,044% sobre el PIB, las exportaciones de baja tecnología deterioran el PIB en un 0,07%, por último señala que un aumento de las políticas de exportación afectan negativamente la producción de energía eléctrica y estas medidas no impacta el PIB de corto plazo, pero sí en el largo plazo, también constatan los impactos positivos sobre la elasticidad de largo plazo del PIB, las exportaciones totales y la formación bruta de capital fijo.

(M. Gómez & Zarraga, Ainhoa; Ciarreta, 2017) analizaron la relación de cointegración y de causalidad entre las variables PIB, exportaciones términos reales (X), capital (K) y consumo de energía (CE) medida por Kg de petróleo equivalente, aplicando la metodología de Granger (MVCE), se logró demostrar la evidencia de causalidad de las variables K, L, CE y X al PIB a un

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

nivel de significancia de 1%, lo que indica que una reducción en el consumo de energía, en el capital, en el empleo o en las exportaciones afectaría negativamente en el PIB. También existe una relación de causalidad a largo plazo a 1% de significancia, cuando se toma como variable dependiente a (K). Así mismo realizaron una prueba adicional, donde incluyen las importaciones (M), generando evidencia que al 1% significancia, en el corto plazo la relación de causalidad es unidireccional y va desde las exportaciones hacia el PIB y bidireccional entre PIB y CE (a 5% de PIB a CE y 1% de CE a PIB).

Por otra parte, en la investigación de (Sanchez, 2017), examina la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental para 122 países clasificados por nivel de ingresos durante el periodo 1990-2013, consideró como sus indicadores a las emisiones de CO₂ (TM per cápita), PIB per cápita, superficie forestal Km², aplicando el test de Dickey-Fuller, test de cointegración y un modelo de datos panel a través de la hipótesis de la Curva Medio Ambiental de Kuznets (CKA). Encontrando hallazgos que indican que los países de ingresos medios bajos tienen el coeficiente de la variable PIB per cápita negativo a un nivel de significancia de 0.001, concluyendo que si el PIB per cápita aumenta en 1 % los países de ingresos medios bajos disminuirán su superficie forestal en un 0.016%, por otra parte; identifican que las emisiones de CO₂ y el PIB per cápita para países de ingresos altos y medios altos, no se ajustan a la curva ambiental de Kuznets, sin embargo, para los países de ingresos bajos y medios bajos la relación entre la superficie vegetal y PIB per cápita casi se ajusta a la curva ambiental de Kuznets.

Así también la investigación de (Rosero, Christian; Bastidas, 2016), utilizando la metodología de coeficientes de determinación y la curva ambiental de Kusnets con series anuales de emisiones de CO₂ (TM per cápita incluye emisiones de CO₂ del consumo de combustible líquido y emisiones de CO₂ originadas por la producción de electricidad y calefacción), PIB per cápita y consumo de energía kilovatios por hora (KWh) per cápita, con el objetivo de determinar la relación entre el consumo de energía, las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico para el periodo 1981-2013, los resultados muestran que todas las variables poseen relación con las emisiones de CO₂, esto debido a que en todos los casos el valor "p" fue menor al nivel de significancia utilizado y de acuerdo a la ecuación de emisiones de CO₂, el coeficiente del PIB per cápita es (-0.07) entonces un crecimiento del 1% del PIB per cápita haría que las emisiones de CO₂ disminuyan 0.07%, mientras que el crecimiento de 1% del consumo de energía, las emisiones por consumo de combustible, producción de electricidad y calefacción haría que las emisiones de CO₂ aumenten en 0.9%,0.13%,0.84% respectivamente.

(Campo Robledo & Olivares, 2013); evaluaron la relación que existe entre las emisiones CO₂ (Dióxido de carbono) y el consumo de energía para 6 países miembros de los mercados emergentes de Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica (CIVETS) periodo 1985 – 2007, tomando como indicadores al PIB real per cápita precios constantes del año 2000, consumo de energía (KWh) por habitante y las emisiones de CO₂ (TM per cápita), utilizando la metodología de datos panel no estacionarios, acompañada de pruebas de raíces unitarias y de cointegración, demostrando que las emisiones de CO₂ es inelástica a cambios en el consumo de energía, donde un incremento de 1% del consumo de energía generará en el largo plazo un incremento en 0,42% en las emisiones de CO₂, en las conclusiones demuestran que en el largo plazo, el crecimiento económico y el consumo de energía son determinantes del calentamiento global a través del incremento en las emisiones de CO₂, también se demuestra que los incrementos en el PIB per cápita incrementan las emisiones de CO₂, pero a partir de un determinado nivel de PIB las emisiones de CO₂ disminuyen.

En la investigación de (Hatzigeorgiou et al., 2011); construyeron a partir de datos anuales obtenidos del Banco Mundial (BM), considerando las variables PIB real, consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂, aplicando la metodología de causalidad de Granger basado en VECM, y descomposición de la varianza, teniendo como objetivo principal investigar la causalidad entre el PIB, la intensidad energética (IE) y las emisiones de CO₂ de Grecia para el periodo de

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

1977 al 2007, concluyeron que las series seleccionadas son estacionarias en primeras diferencias y están cointegradas. Además, existe relación a largo plazo entre las series IE, PIB y emisiones de CO₂. Así mismo el análisis de causalidad de Granger basado en VECM, demuestra causalidad unidireccional que va de crecimiento económico a la intensidad de la energía y las emisiones de CO₂ y relación bidireccional entre la intensidad de la energía y las emisiones de CO₂, adicionalmente se encontró que un impacto en la IE da como resultado una alteración del 45% en el cambio futuro de las emisiones de CO₂ en cambio un impacto en el PIB podría generar un incremento de las emisiones de CO₂ de Grecia hasta un 28%.

En comparación a la investigación (Shahbaz et al., 2016); investigaron la relación entre el crecimiento económico, la intensidad de energía y las emisiones de CO₂. para Portugal periodo 1971 – 2011. Esto, mediante la estimación de raíces unitarias, la aplicación del modelo de retardos autorregresivos distribuidos (ARDL), y la dirección de la relación causal entre las series es examinado por el enfoque de la causalidad de Granger basado en VECM, considerando como variables de estudio a las emisiones de CO₂ (KT per cápita), PIB real per cápita, crédito interno real al sector privado per cápita, y la intensidad de energía per cápita, la investigación concluyo que las variables están cointegradas para la relación a largo plazo. el crecimiento económico y la energía aumentan las emisiones de CO₂, mientras que el desarrollo financiero lo condensa. El análisis de causalidad de Granger mostró el efecto de retroalimentación entre la intensidad de la energía y las emisiones de CO₂, mientras que el crecimiento económico y el desarrollo financiero causan las emisiones de CO₂.

Adicionalmente,(Lin et al., 2015) ponen a prueba el método de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), método Tapio y el método de identidad de Kaya, con el objetivo de evaluar la ocurrencia de desacoplamiento de emisiones de CO₂, Producto Interno Bruto (PIB) en Sudáfrica (SA) periodo 1990 – 2012, utilizando como series históricas, la variable de emisiones de CO₂ (KT per cápita) y el PIB precios constantes del 2005, donde obtuvieron resultados que mostraron una fuerte disociación durante el período de 2010 a 2012, que se considera como la mejor situación de desarrollo para SA. Además de esto, se encontró que en 1994-2010 SA tenía un desacoplamiento débil; mientras que durante el período 1990-1994, el desarrollo de SA presentó estado de desacoplamiento expansiva negativa, el aumento de la población, PIB y el deterioro de la eficiencia energética fueron las principales fuerzas motrices principales para el aumento de las emisiones de CO₂.

(Feng et al., 2009) investigaron las relaciones de equilibrio de largo plazo, relaciones dinámicas temporales y las relaciones causales entre la estructura de consumo de energía, la estructura económica y la intensidad energética en China periodo 1980 – 2006, teniendo como variables de estudio al consumo de energía (consumo de carbón en KT), consumo de energía por cada unidad de producción nacional china y el PIB real, los datos fueron compilados del anuario estadístico de China, aplicando en su metodología, el análisis de cointegración y causalidad de Granger. Los resultados indican que hay una causalidad unidireccional que va desde el consumo de energía hacia el PIB, pero no viceversa. Del mismo modo el coeficiente hallado del término de error del modelo VECM es de 0.006, el cual está por debajo de "0" e indica que el término de error correcto regulará la intensidad de energía del próximo período en solo 0.597%, lo que significa que los cambios en la intensidad de energía se ven afectados por muchos otros factores, por ultimo las pruebas de cointegración sugieren que las tres variables tienden a moverse juntos en el largo plazo.

(Climent & Pardo, 2007) investigan la relación entre el producto interno bruto (PIB) y el consumo de energía (CE) para España en el periodo 1984 – 2003, trabajando con las variables; CE primaria (Miles de equivalente de Petróleo), PIB, IPC Y EMP (Miles de empleados), aplicando una metodología de cointegración multivariante y el test de Kwiatkowski et al. (1992). La investigación

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

revela una relación de largo plazo entre CE y PIB con un análisis de cointegración multivariante. Por otra parte, se encuentra causalidad unidireccional de corto plazo del CE para el crecimiento económico.

En (Cuadros Ramos, 2000) analiza el impacto del proceso de apertura comercial iniciado en México periodo 1983 – 1997, trabajando con las variables PIB (Datos trimestrales en pesos Mexicanos), importaciones, exportaciones (Datos trimestrales en miles de pesos mexicanos con año base 1990), utilizando un método de análisis de cointegración y contraste de causalidad Granger. Los resultados obtenidos tras la aplicación del contraste de causalidad de Granger, indican ausencia de causalidad entre las distintas categorías de exportaciones consideradas y el crecimiento del output neto de exportaciones para el periodo 1983-1997. No obstante, si se ha podido detectar la existencia de una relación de causalidad positiva entre el crecimiento de las importaciones.

Antecedentes Nacionales:

En la Tesis de (Minaya, 2018) pretende estimar la curva de Kuznets ambiental (CKA) en base a las variables de ingreso y el CDM para Perú en el período de 1970-2015, con la finalidad de ampliar la base empírica de estudios en este ámbito, los datos de PBI per cápita fueron obtenidos del Banco Central de Reserva, y la CDM a través del por la Organización de las Naciones Unidas, aplicando el Modelo de Van Alstine y Neumayer (2009) testearon la hipótesis que plantea la CKA. Los resultados muestran que los ingresos obtenidos a partir de la estructura productiva de la economía peruana están relacionados positivamente con los residuos desechados al medio ambiente.

Antecedentes Locales:

En las tesis de (Borda, 2017), plantea probar que la degradación ambiental en el sector eléctrico está relacionado con el crecimiento económico en Perú, en el periodo 2005 - 2016. Utilizando un modelo de cointegración y MCE Engle – Granger, como también estimaciones Johansen y el de Pesaran, Shin y Smith, a través de las variables; Emisiones de CO₂ (TM), demanda de Energía Eléctrica (MWh), logra evidenciar que la demanda agregada de energía posee un alto grado de correlación y relación de largo plazo con el PBI, haciendo que los cambios en el PBI sean proporcionales ante variaciones de la demanda agregada de energía eléctrica y guarden relación con la degradación ambiental generada por el sector eléctrico.

Por otra parte, en la tesis de (Cuevas, 2019), determinó el efecto del empleo sobre el crecimiento económico del Perú, durante el periodo 2003-1 – 2018-12, desarrolló esta investigación con un método descriptivo y correlacional aplicando la estimación de causalidad Engle Granger y cointegración multivariada de Johansen, utilizando datos del PBI real, índice de empleo, encontró evidencia sobre la relación directa entre el empleo y el crecimiento económico en el Perú, periodo 2003.1 al 2018.12, además de que la elasticidad parcial del producto bruto interno sobre la variable del índice del empleo es de cero 0.22%, lo que lleva a concluir que tiene una relación directa, es decir si el índice de empleo aumenta en un punto porcentual el Producto bruto interno aumentará en 0.22%, lo cual es inelástica. Así mismo mediante las pruebas de cointegración y el modelo de corrección de error se pudo corroborar la existencia de una relación de largo plazo entre las variables de producto bruto interno, índice de precios, promedio de escolaridad alcanzada, inversión bruta interna, índice de precios al consumidor y términos de intercambio.

VII. Marco teórico

Historia de la Teoría Economía Ambiental

David Ricardo (1772-1823)

era pesimista con respecto de la perspectiva del crecimiento económico a largo plazo. Expresaba su idea sobre “los límites ambientales” en términos de los límites a la oferta de tierra agrícola de buena calidad y, por tanto, en el rendimiento decreciente de la producción agrícola. A largo plazo, el crecimiento económico desaparece debido a la escasez de los recursos naturales en el modelo más complejo de David Ricardo; además de ello el argumento destruye implícitamente la armonía de los intereses sociales que Adam Smith se había tomado el trabajo de establecer. Los rendimientos decrecientes están poco centrados en la escasez absoluta, sino en que la tierra disponible varía de calidad y la sociedad se ve forzada a pasar a tierras cada vez menos productivas. Hay que tener presente que la falta de progreso técnico del modelo quiere decir que la curva de producto total (sujeta a rendimientos decrecientes) permanece fija. La innovación técnica desplazaría la curva de producto total hacia arriba, aumentando el producto por unidad de insumo, frenando, pero sin eliminar la tendencia hacia los rendimientos decrecientes.

Ricardo hace referencia a “aspectos ambientales” y agrega por su propia cuenta y dice: “con una cantidad dada de materiales, y con la asistencia de la presión atmosférica y la elasticidad del vapor, las máquinas pueden trabajar, y abreviar el trabajo humano en gran medida; pero ningún pago se hace por el uso de estas ayudas naturales, porque ellas son inagotables y están a disposición de cualquier persona.”

Karl Marx (1818-1883)

Karl Marx creía que el progreso era un proceso de desarrollo natural, inherente a la historia humana. El propio progreso debía definirse en términos de avance material y tecnológico logrado por la explotación (“humanización”) de la naturaleza. Veía la situación social como alejada de la naturaleza, creada como alternativa al medio ambiente “natural”. La naturaleza estaba ahí para ser humanizada por medio de la ciencia para que su valor inherente pudiera ser convertido en valor de uso.

Según el análisis marxista, los sistemas económicos capitalistas modernos no logran superar la prueba de la reproducción, es decir, los sistemas capitalistas no son sustentables y la destrucción del medio ambiente es una de las razones. Por lo que podríamos concluir que un modelo económico marxista contemplaría a capitalistas competitivos buscando innovaciones que ahorraran mano de obra para incrementar la productividad del trabajo a corto plazo y el valor total de la plusvalía, lo que eleva el ritmo de beneficios y la acumulación de capital. Sin embargo, a largo plazo las nuevas tecnologías imponen una fuerte carga. El medio ambiente crecería tanto la toxicidad como la constancia de los desechos. La contaminación genera daños que incluyen la morbilidad y mortalidad del ser humano. Estos daños se convierten en “daños sociales”.

La teoría neoclásica

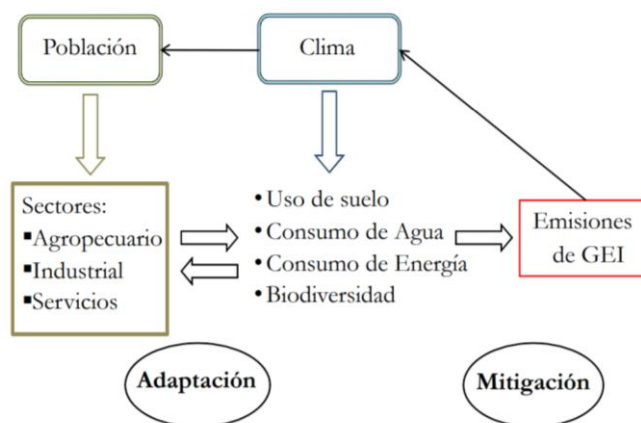
Los neoclásicos creen que para comprender algunos de los problemas más urgentes del medio ambiente, se deben considerar ambos elementos, puesto que, al presentarse una degradación continua de los recursos ambientales y un agotamiento de los mismos, esta no debe atribuirse exclusivamente al efecto de las externalidades. Es posible que la calidad de vida se vea amenazada por los daños crecientes provenientes de actividades que imponen costos externos, y por la efectividad decreciente de la actividad del sector público dedicada a mejorar la calidad de vida. Por lo tanto, la calidad del medio ambiente depende tanto de decisiones individuales, privadas, como de la acción colectiva emprendida a través del sector público (es decir, la provisión de servicios públicos). Esto era de esperar, puesto que la calidad del medio ambiente, es un bien público consumido conjuntamente por todos los miembros de la sociedad (J. (Facultad de contaduría P. Gómez, 2003)

Para (Apergis & Payne, 2010) En teoría, hay dos escuelas de pensamiento opuestas sobre la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Los nuevos economistas clásicos creen que la energía no es tan importante aportación en el proceso de producción como de otros factores de producción son y no existe ninguna relación causal entre el consumo de

energía y el crecimiento económico. Por lo tanto, las políticas de conservación se pueden adoptar para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) sin obstaculizar el ritmo de crecimiento económico y la segunda escuela de pensamiento postula que la energía es un insumo factor crítico en el proceso de producción y cualquier reducción en el consumo de energía a través de las políticas para reducir las emisiones de GEI reducirá el crecimiento económico, lo que implica la no neutralidad de la energía

Economía del cambio Climático

se enfoca en las amenazas provocadas por el cambio climático ofreciendo contenido teórico y empírico relevante para el diseñar políticas de reducción, eliminación o adaptación a tal cambio. El cambio climático es una externalidad negativa global, en la medida en que las diversas actividades económicas emiten a la atmosfera, sin costo económico alguno, gases de efecto invernadero que ocasionan dicho fenómeno. En ese sentido, el cambio climático expresa e intensifica las consecuencias y presiones económicas, sociales y ambientales del actual estilo de desarrollo, por lo que solo la transición a un desarrollo sostenible permitirá resolver los desafíos que este cambio plantea. Esa forma de desarrollo, basada en una mayor igualdad y cohesión social.



Elaboración Propia: Adaptación de CEPAL

Causas del calentamiento Global

Según las (Naciones Unidas, 2019) existen tres causas que determinan el calentamiento Global:

1) Emisión de gases de efecto invernadero:

Hablamos básicamente de la emisión de dióxido de carbono, que en la actualidad es el elemento más nocivo para la estabilidad del planeta. Este componente se produce tras la quema de combustibles fósiles como, por ejemplo, la gasolina que consumen día a día los coches o la producción de electricidad. El dióxido de carbono, junto a otros gases derivados de la industria, hace que las partículas de la capa de ozono se desintegren y la Tierra se esponga de forma directa a los rayos solares.

2) Deforestación:

Los árboles desempeñan un papel importante en el equilibrio medioambiental, ya que convierten el dióxido de carbono en oxígeno. Al haber menos árboles, tal como sucede en regiones como el Amazonas, los niveles de CO₂ en la atmósfera aumentan y favorecen el deterioro de la capa de ozono. Además, la calidad del aire que respiramos empeora, sobre todo en grandes centros urbanos o zonas industriales.

3) Uso de fertilizantes en el campo:

La superpoblación de la Tierra, junto con otros motivos, plantea nuevos retos, entre ellos el de la producción de alimentos. En su afán por cubrir una demanda cada vez más amplia, la gran mayoría de las empresas de la industria alimentaria emplean fertilizantes para aumentar los niveles de producción de alimentos. Dichos fertilizantes están elaborados a base de óxido de nitrógeno que generan daños adicionales en los propios campos de cultivo. A largo plazo, se convierten en zonas yermas y desérticas.

Economía de Contaminación

Según (Labandeira et al., 2007) se basa en la existencia de algún daño físico de los residuos al medio ambiente y de una repercusión en el hombre de ese daño. En términos económicos, existe un coste externo o pérdida no compensada en el bienestar (por ejemplo, incrementos de mortalidad o morbilidad, disminución de placer recreativo, etc.) derivada de la emisión al aire o del vertido al agua o a la tierra de sustancias residuales.

La Economía Ambiental trata de representar la economía real en la cual vivimos y trabajamos como un sistema abierto. Esto implica que, para que este sistema funcione, debe extraer recursos (materias primas y energía) del medio ambiente, procesar estos recursos (transformándolos en productos finales para el consumo) y emitir grandes cantidades de residuos (gases, líquidos y sólidos) de nuevo al medio ambiente. En este sentido, la perspectiva del equilibrio de materiales es el fundamento del análisis económico. Cuantos más recursos se extraen del medioambiente, inexorablemente más residuos retornan a él, llegando a presionar hasta el límite e incluso a superar la capacidad limitada del medio de asimilar estos residuos. Si esta contaminación perjudica al bienestar humano a través de la salud, la pérdida de servicios recreativos o a través de cualquier otra vía similar, existe contaminación desde el punto de vista económico. Esta visión antropocéntrica no es sorprendente porque la economía, por definición, es una ciencia social y, por ello, analiza el comportamiento de variables que influyen en el bienestar (utilidad) de los individuos que conforman las sociedades.

Las emisiones de CO₂ están calculadas a nivel de país, utilizando la fórmula:

$$Emisiones\ CO_2 = A * EF$$

Donde:

A = Los datos de la actividad, representan la cantidad de combustible consumido en Kt (1,000 toneladas métricas) año-1, TJ (terajulios) año-1, o Ktoe (kilotoneladas equivalentes de petróleo) año-1 para combustibles y GWh año-1 para electricidad.

EF = factor de emisión del Nivel 1 del IPCC, expresado en kg de gas emitido por TJ (para combustibles) o gramos por kilowatt hora (para electricidad) de la energía por año.

Crecimiento económico y conservación ambiental:

El crecimiento económico da lugar a efectos contrapuestos sobre el medio natural. En primer lugar, el aumento en la renta per cápita tiene lugar a partir de un mayor consumo de materias primas y energía y, por tanto, se generan más residuos y los problemas ambientales se agudizan. Por otro lado, mejoras tecnológicas y cambios en las preferencias que acompañan al crecimiento económico pueden dar lugar a que los impactos ambientales relativos del crecimiento sean cada vez menores. Así, existen diferentes aproximaciones en función de qué grupo de efectos se considera dominante. Existe una corriente pesimista, defendida por los seguidores del Informe Meadows, que defienden que los efectos negativos serán los dominantes y predicen un colapso ecológico y económico si se mantienen las actuales tendencias. Se trata, en definitiva, de un

problema relacionado con la escala de la actividad económica (escasez absoluta). Alternativamente, la corriente más optimista, en la que se basa la Economía Ambiental, asume que el crecimiento económico puede corregir los problemas ambientales que origina. El problema reside en cómo se resuelve el conflicto entre las diversas demandas que puede satisfacer el medio natural o, de otra forma, del tipo de crecimiento económico que tiene lugar (escasez relativa). La escasez relativa considera que los recursos son escasos en términos relativos porque dependen de las preferencias sociales, que pueden evolucionar hacia conductas y consumos ambientalmente más respetuosos; porque en muchos casos existen otros bienes que pueden funcionar como sustitutivos y satisfacer igualmente las mismas demandas; y porque la capacidad de satisfacer necesidades a partir de los recursos disponibles varía debido a los avances tecnológicos. Es decir, si desconocemos las posibilidades de sustitución, la potencialidad del progreso técnico o los cambios en las preferencias sociales, no podemos afirmar que existen límites absolutos al crecimiento económico, o bien que este crecimiento es incompatible con la conservación de la base de recursos.

Por ello, el debate ha evolucionado gradualmente hacia las interrelaciones entre la población, el nivel y tipo de crecimiento, y la calidad ambiental. El crecimiento económico es necesario para satisfacer las necesidades básicas de la población y erradicar los problemas relacionados con las demandas de esa población creciente que, a su vez, es causa de gran parte del deterioro ambiental en los países en vías de desarrollo. No obstante, el incremento de la actividad económica generalmente necesita un mayor consumo de recursos y, por tanto, genera más residuos. Sin embargo, el deterioro de la calidad ambiental vendrá condicionado en gran medida por el tipo de crecimiento económico (Labandeira et al., 2007)

El modelo IPAT

Existe una aproximación simple pero ilustrativa sobre la relación entre actividad económica y el deterioro ambiental introducida por primera vez por (Ehrlich & Holdren, 1971) y se explica por la interacción de 3 componentes.

$$I = P \times A \times T$$

Donde I es el impacto ambiental, P es el tamaño de la población, A es la renta o el consumo per cápita en unidades monetarias, y T es la tecnología, entendida como la cantidad de recursos utilizados y residuos generados por unidad de producción.

La curva Kuznets ambiental

surgió cuando el premio nobel Simon Kuznets (1966) las utilizó para relacionar crecimiento económico con cambios en la distribución de la renta, en concreto para representar cómo en una primera etapa la distribución de la renta empeoraba a medida que la renta crecía, y en etapas posteriores esta relación se invertía. En algunos casos, la relación entre crecimiento económico y calidad ambiental sigue la misma pauta, siguiendo con una curva forma de U invertida.

$$I = f(Y, T, F)$$

Donde I es el índice de calidad ambiental, Y es la renta per cápita, T la tendencia temporal, y F es otro tipo de características o efectos fijos, como la disponibilidad de recursos o el tipo de políticas públicas. Los modelos más habituales que se utilizan para representar la relación entre renta per cápita y cada indicador de contaminación son:

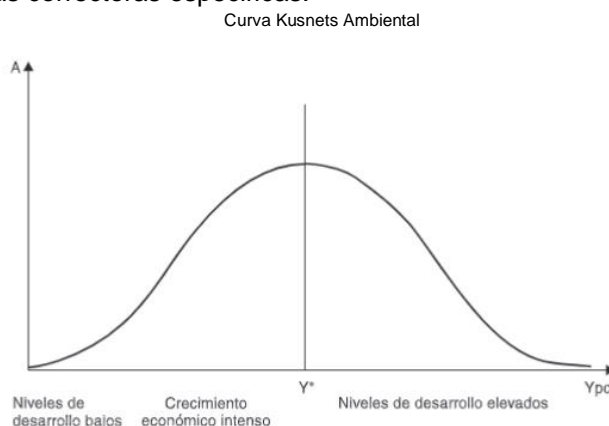
$$I_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_{it} + \alpha_2 T_i + \alpha_3 F_i + e_{it}$$

$$I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 (\ln Y_{it})^2 + \beta_3 T_i + \beta_4 F_i + e_{it}$$

$$I_{it} = \phi_0 + \phi_1 \ln Y_{it} + \phi_2 (\ln Y_{it})^2 + \phi_3 (\ln Y_{it})^3 + \phi_4 T_i + \phi_5 F_i + e_{it}$$

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

Fases del desarrollo de la curva Kuznets donde Y* es el punto de inflexión o nivel de renta per cápita a partir del cual la relación entre crecimiento y calidad ambiental cambia. La relevancia para la toma de decisiones públicas reside en que si estamos ante un problema ambiental que sigue una curva Kuznets, invertir en acelerar el crecimiento económico se convierte en una estrategia de solución del problema ambiental más eficiente que la aplicación de políticas ambientales o medidas correctoras específicas.



Economía de la Energía

Las fuentes de energía pertenecen a la categoría de bienes escasos, incluso si son físicamente abundantes como en otros mercados, los precios coordinan decisiones individuales en el lado de la oferta y la demanda. A primera vista, el modelo de un mercado ideal parece aplicarse a muchos mercados energéticos: pueden ser claramente definidos, los productos comercializados en ellos son altamente homogéneos al menos desde un punto de vista físico y muchos precios son transparentes. Si el número de proveedores independientes es grande, el mercado de energía correspondiente se ajusta al modelo de competencia perfecta atomista. Esto significa que los proveedores individuales solo pueden elegir cantidad de energía Q que les gustaría ofrecer (actuando como los llamados tomadores de precios).

$$\pi(Q) = p \times Q - C(Q)$$

Dónde: p es ingresos y C el costo total

Intensidad Energética (IE): Como concepto económico podría definirse como la energía necesaria para producir una determinada cantidad de riqueza, si bien se trata de un concepto muy complejo.

La fórmula para medir la Intensidad Energética es la siguiente:

$$IE = \frac{CE}{PBI}$$

Donde:

- IE = representa intensidad energética
- CE = consumo de los recursos energéticos
- PBI = es el producto bruto interno

Si buscamos una definición sencilla y breve, podemos considerar la IE como la cantidad de energía que consume un país por unidad de Producto Bruto Interno, la principal medida de la riqueza de un país. Es decir, si ésta crece, será una buena noticia, y ocurrirá todo lo contrario si disminuye, aunque el resultado variará a nivel ambiental en función de esta variable clave. Como medida macroeconómica (parte de la teoría económica que realiza el estudio general de la misma economía, mostrando su éxito o fracaso) ayuda a medir la eficiencia energética.

Desde un enfoque ambiental en un primer momento, el sentido común nos dice que un menor consumo de energía supone no solo un ahorro económico sino también una ventaja ecológica. No en vano, el consumo de energía es uno de los grandes problemas cuando se busca la tan necesaria sostenibilidad. Hoy en día, además, un imperativo en lo que respecta a la emisión de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, el uso de combustibles fósiles y otras energías contaminantes son un factor a tener en cuenta a la hora de valorar la eficiencia como valor que arroja este indicador. A su vez, la interpretación de los resultados de la IE tiene en cuenta otras variables, que a su vez influyen en su evolución, como la estructura industrial, el nivel de equipamiento, la evolución económica y de precios, el clima o, por ejemplo, la geolocalización.

De entre ellos, algunos también están relacionados con una política energética que persiga la sostenibilidad, como la disponibilidad de recursos autóctonos y materias primas o la diversificación energética, ambos elementos clave para el logro de un desarrollo económico sostenible (González Guillot, 2017)

El Producto Bruto Interno

El producto bruto interno (PIB) es la medida que abarca la producción total de bienes y servicios de un país. Es la suma del valor monetario del consumo (C), la inversión bruta (I), el gasto público (G) y las exportaciones netas (X) producidas dentro de un país en un año cualquiera. En símbolos:

$$PIB = C + I + G + X$$

El PBI se utiliza para muchos fines, pero el más importante es medir el desempeño global de una economía, además que permite a los formuladores de políticas determinar si la economía se contrae o se expande, o si se acerca una severa recesión o inflación.

El PIB nominal (PN): representa el valor total en dinero de los bienes y servicios finales producidos en un año dado, donde los valores se expresan en términos de los precios de mercado de cada año.

El PIB real (PR): elimina los cambios de precios del PIB nominal y calcula el PIB en términos de las cantidades de bienes y servicios. Las siguientes ecuaciones indican la relación entre el PIB nominal, el PIB real y el índice de precios del PIB:

$$PR = PIB \text{ real} = \frac{PIB \text{ nominal}}{\text{índice de precios del PIB}} = \frac{PN}{IPBI}$$

VIII. Hipótesis de investigación

HIPÓTESIS GENERAL:

- Existe causalidad dinámica bidireccional entre PBI, la intensidad energética y las emisiones de CO₂ en Perú periodo 1994 – 2014.

HIPÓTESIS ESPECIFICAS:

- El PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética durante los años 2000-2014 en el Perú mantienen una relación de equilibrio de largo plazo.
- Existe relación significativa positiva entre el PBI y la intensidad energética, el PBI y emisiones de CO₂, la intensidad energética y emisiones de CO₂ en el Perú durante los años 1994 - 2014.
- El PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética han evolucionado positivamente durante los años 1994 – 2014 en el Perú.

IX. Objetivo: general y específicos

OBJETIVO GENERAL:

- Analizar el tipo de relación causal entre las emisiones del CO₂, el PBI y la intensidad energética para determinar políticas públicas correctas en Perú periodo 1994 – 2014.

OBJETIVO ESPECÍFICOS:

- Determinar la existencia de relación de equilibrio de largo plazo de las series de tiempo PBI, emisiones de CO₂ y la intensidad energética durante los años 1994 - 2014 en el Perú.
- Establecer cuál fue la dirección de causalidad de Granger entre las variables PBI, emisiones de CO₂ y la intensidad energética en el Perú durante los años 1994 – 2014.
- Describir el comportamiento de las series de tiempo del PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética durante los años 1994 – 2014 en el Perú.

X. Metodología de investigación

Metodología y tipo de investigación:

El método de investigación es no experimental, y el tipo de investigación que será utilizado en el presente estudio es el Descriptivo – Correlacional, descriptivo porque intenta explicar cómo se comporta una variable en función de otras (busca describir el comportamiento de las variables en el tiempo y explicar su comportamiento), correlacional porque se conocerá el comportamiento de dos variables y si están o no relacionadas con el mismo (Vara Horna, 2012). De método hipotético-deductivo, debido a que se propondrá una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. Es la primera vía de inferencias lógico deductivo para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente (Hernández, 2008).

El diseño de investigación es investigación no experimental cuantitativa, ya que no se realizará manipulación deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no haremos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, de tipo longitudinal porque se recolectarán datos a través del tiempo en puntos y periodos especificados (Hernandez, 2014).

Técnicas e Instrumentos para la investigación:

Se recurrió al análisis de contenido cuantitativo (análisis Documental): realizaremos la recopilación y revisión de documentos, registros e archivos físicos o electrónicos. en referencia a las variables estudiadas.

Instrumentos de recolección de datos:

- Fuentes Secundarias: Los datos de consumo de energía, emisiones de CO₂ y el PBI se obtendrán de la página web del Banco Mundial y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Debido a que esta institución goza de confiabilidad y seriedad en su base de datos actualizado.
- La recopilación de datos, se realizará con el instrumento estadístico de EVIEWS y Gretl.

Determinación de la muestra:

Este estudio ha considerado el tamaño del periodo desde el año de 1994 hasta el 2014 debido a que en las páginas web de organismos internacionales solo se cuenta con estadísticas actualizadas hasta dicho año y la información de estadísticas y datos en el ámbito nacional son

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

nulas, así mismo, el estudio emplea datos de series de tiempo anuales para Perú, de la base de datos de los indicadores de Banco Mundial, los cuales son:

| Variables | Indicador |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Degradación Ambiental | → Emisiones de CO ₂ (TM) |
| Intensidad Energetica | → Consumo de Energía (KWh)/PBI |
| PBI | → PBI real (precios constantes 2010) |

Estrategia Metodologica

Para el procesamiento y análisis de datos, se realizó el uso de estadística y modelos econométricos especializados por la relevancia del estudio, haciendo uso de los paquetes de análisis estadístico y econométrico E-Views y GRETL.

Modelo de estimación econométrica

Modelo Econométrico:

La gran parte de estudios revisados sobre relación del PBI, Intensidad Energética y emisiones de CO₂, representan el modelo econométrico siguiente:

$$\mathbf{LnECO2} = f(\mathbf{IE}, \mathbf{PBI})$$

Para asegurar la estabilidad de los datos, se utiliza la forma logarítmica, el modelo usado para emisiones de CO₂, puede ser especificado de la siguiente forma:

$$\mathbf{LnECO2}_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 \mathbf{LnIE}_t + \beta_3 \mathbf{LnPBI}_t + U_t$$

Donde:

ECO₂ = Emisiones de CO₂

PBI = PBI Real

IE = Intensidad Energética

β_0 = Término de intercepción

T = Tendencia de tiempo

U_t = Término de error

β_1 , β_2 and β_3 indican los coeficientes de \mathbf{LnIE}_t , \mathbf{LnPBI}_t y T, respectivamente.

Metodología econométrica

Para garantizar la fiabilidad de este estudio sobre la relación entre las emisiones de carbono, consumo de energía y el PBI, empleamos cuatro procedimientos de estimación:

1. Pruebas de raíz unitaria: Las raíces unitarias son necesarios para obtener el orden de integración máxima.

Dikey Fuller Aumentado (ADF):

Es una prueba donde se indaga la existencia de raíces unitarias. A diferencia de la DF, en la ADF el término de error sí está correlacionado.

$$y_t - y_{t-1} = \phi y_{t-1} - y_{t-1} + u_t$$

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + u_t$$

Donde:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$
$$\gamma(\phi - 1)$$

Con una raíz unitaria $\phi=1$ y el parámetro $\gamma=0$ se puede aplicar MCO al modelo en primeras inferencias y sin constante.

Planteamiento de Hipótesis:

H₀ : $\gamma=0$ por consiguiente $\phi=1$ La serie Y_t no es estacionaria tiene una raíz unitaria

H_A : $\gamma<1$ por consiguiente $\phi<1$ La serie Y_t es estacionaria no tiene raíz unitaria

Estadísticos para la prueba:

t* = Tau = ADF y los valores críticos de MacKinnon

Regla de decisión: Comparar el valor de tau con los valores críticos de MacKinnon

Si t* | ≤ | valor crítico DF → Rechace a H₀. Serie estacionaria

Si t* | > | valor crítico DF → Acepte a H₀. Serie No Estacionaria

Phillips Perron (PP):

Hipótesis nula: Hay al menos una raíz unitaria (serie no estacionaria en media). Se corrige la inconsistencia de la matriz de varianzas y covarianzas calculada mediante un procedimiento alternativo al ADF. A veces es el caso que cuando una raíz unitaria y media móvil están presentes simultáneamente en el proceso y la raíz es cercano a la unidad, entonces la prueba PP tienden a aceptar la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria con excesiva frecuencia.

2. Metodología de cointegración Johansen:

el concepto de cointegración puede definirse como un co-movimiento sistemático entre las series de tiempo seleccionadas a largo plazo. Si las series X_t e Y_t son no estacionarias, pero ambas están integradas en el mismo orden, la relación de cointegración puede realizarse como:

$$Y_t = a_0 + a_1 X_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

donde a₀, a₁ son parámetros a estimar y ε_t es una serie estacionaria. Utilizamos el enfoque de Vector Auto Regresivo (VAR) para investigar las relaciones de cointegración entre las variables seleccionadas. El procedimiento de cointegración de Johansen se realizará para determinar si existe cointegración entre las series temporales LPBI, LEI y LCO₂. El primer paso en el procedimiento de Johansen es determinar el orden de retraso. En este estudio elegiremos un retraso de tres (3) usando el criterio de información de Akaike y luego usaremos el estadístico de la traza y el estadístico de máximo valor propio.

hipótesis que contrastaría Johansen serían las siguientes:

H₀: rango de Π i = 0 , o lo que es lo mismo, las variables del modelo no están cointegradas

H_a: rango de Π i > 0 , o lo que es lo mismo, al menos existe una relación de cointegración

Donde:

Π i: Terminó de corrección del error:

3. Causalidad de Granger basado en el MVCE.

Una serie temporal X_t se dice que Granger causa otra serie temporal Y_t si el error de predicción

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

de Y actual disminuye al usar valores pasados de X además de valores pasados de Y. El VECM para esta prueba se puede especificar en consecuencia como:

$$\Delta Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{11i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^p \beta_{12j} X_{t-j} + \beta_{13} \varepsilon_{t-1} + u_{1t} \quad (2)$$

donde Δ es el operador de diferencia, p son los números de retrasos, β son parámetros a estimar, u_{1t} es el término de error no correlacionado en serie, y ε_{t-1} es el término de corrección de error (ECT). En nuestro estudio, el Análisis de la relación causal de Granger implica tres (3) pasos:

- Realizamos una prueba F para examinar la causalidad a corto plazo de X_t a Y_t . En la ecuación [2] la hipótesis nula de no causalidad de Granger es $\beta_{12} = 0$.
- Realizamos una prueba t para examinar la causalidad a largo plazo de X_t a Y_t . En la ecuación [2] la hipótesis nula de no causalidad de Granger es $\beta_{13} = 0$.
- Llevamos a cabo una prueba F conjunta para examinar la fuerte causalidad (a corto / largo plazo) de X_t a Y_t . En la ecuación [2] la hipótesis nula de no causalidad de Granger es $\beta_{12} = 0$ y $\beta_{13} = 0$.

4. Descomposición de la varianza:

Utilizamos la técnica de descomposición de Cholesky para proporcionar una indicación sobre la importancia del impacto causal de una variable seleccionada en otra. Nos centraremos en la respuesta de las emisiones de CO₂ a una innovación de desviación estándar en el PIB y la IE.

XI. Referencias

- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656–660. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>
- Becker, R. (2018). Definición de Economía Verde. *2015 Time for Global Action for People and Planet*. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/2018-01_1.1_metodologia-indicadores-economia-verde.pdf
- Borda, J. (2017). La demanda agregada de energía eléctrica y el medio ambiente en el Perú. In *Tesis*. Universidad Nacional Del Altiplano Puno.
- Callen, T. (2008). ¿Que es el producto Interno Bruto? *Finanzas & Desarrollo*, 48, 48–49. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39732011/finanzasydesarrollo_diciembre_2008_basico_pib.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510341219&Signature=tnfLOovQ18qO%252BSmWoEaFq8vFqT0%253D&response-content-disposition=inline%253B%2520f
- Campo Robledo, J., & Olivares, W. (2013). Relación entre las emisiones de co₂, el consumo de energía y el pib: el caso de los civets. *Semestre Económico*, 16(33), 45–65. <https://doi.org/10.22395/seec.v16n33a2>
- Climent, F., & Pardo, A. (2007). Decoupling factors on the energy-output linkage: The Spanish case. *Energy Policy*, 35(1), 522–528. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.12.022>
- Conferencia de París sobre el Clima (COP21). (2015). *Conferencia de París sobre el Clima*. Web Oficial de La Unión Europea. https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es
- Cuadros Ramos, A. (2000). Exportaciones y crecimiento económico: un análisis de causalidad para México. *Estudios Económicos*, 15(1), 37–64.
- Cuevas, M. (2019). EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y SU RELACION CON EL EMPLEO EN EL PERÚ. PERIODO 2003.1-2018.12. In *Tesis*.
- Dancourt, O. (1999). Reforma neoliberal y política macroeconómica en el Perú. *Revista de La CEPAL*, 1999(67), 49–70. <https://doi.org/10.18356/c032e6a2-es>
- Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of Population Growth on JSTOR. *Science*, 171(3977), 1212–1217. https://www.jstor.org/stable/1731166?seq=3#metadata_info_tab_contents
- Feng, T., Sun, L., & Zhang, Y. (2009). The relationship between energy consumption structure, economic structure and energy intensity in China. *Energy Policy*, 37(12), 5475–5483. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.008>
- Gómez, J. (Facultad de contaduría P. (2003). Economía ambiental una retrospectiva teórica. *Apuntes Contables*, 5.
- Gómez, M., & Zarraga, Ainhoa; Ciarreta, A. (2017). Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México. *EconoQuantum*, 15(1).

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

- González Guillot, Y. (2017). *No Title*. <https://www.monografias.com/docs114/intensidad-energetica/intensidad-energetica.shtml>
- Hatzigeorgiou, E., Polatidis, H., & Haralambopoulos, D. (2011). CO2 emissions, GDP and energy intensity: A multivariate cointegration and causality analysis for Greece, 1977-2007. *Applied Energy*, 88(4), 1377–1385. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.008>
- Hernández, A. (2008). El método hipotético-deductivo como legado del positivismo lógico y el racionalismo crítico: su influencia en la economía. *Ciencias Económicas*, 26(2), 183–195. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/4018>
- Hernandez, R. (MC G. H. E. (2014). *Metodología de la investigación*.
- IPCC. (2019). Informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5°C y las sendas de emisión relacionadas. español. In *Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Labandeira, X., León, C., & Vázquez, M. X. (2007). Economía Ambiental. In *Pearson Educación*. <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo62.htm>
- Lin, S. J., Beidari, M., & Lewis, C. (2015). Energy consumption trends and decoupling effects between carbon dioxide and gross domestic product in South Africa. *Aerosol and Air Quality Research*, 15(7), 2676–2687. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.04.0258>
- Minaya, G. (2018). La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) basada en el Indicador de Consumo Material Doméstico (CDM): Perú, 1970-2015. In *Tesis (Issue Cdm)*.
- Mirza, F. M., & Kanwal, A. (2017). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(May 2011), 1233–1240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.081>
- Naciones Unidas. (2019). *Cambio climático*. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Nepal, R., & Pajja, N. (2019). A multivariate time series analysis of energy consumption, real output and pollutant emissions in a developing economy: New evidence from Nepal. *Economic Modelling*, 77(May 2018), 164–173. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.05.023>
- Organización de las Naciones Unidas - ONU. (2019). *CAMBIO CLIMATICO Y MEDIO AMBIENTE*. La Organización Meteorológica Mundial. <https://news.un.org/es/story/2019/09/1462482>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OCDE-. (2019). *Perpectivas Economicas de America Latina 2019: Desarrollo en transición*. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/g2g9ff1a-es>. ISBN
- Rosero, Christian; Bastidas, V. (2016). Emisiones de CO2, PIB per cápita y consumo de energía: Caso ecuatoriano. *Estudios Economicos*. <http://sigloxxi.espam.edu.ec/Ponencias/V/ponencias/55.pdf>
- Sanchez, V. (2017). Relación entre crecimiento económico y degradación ambiental, un análisis a nivel global por niveles de ingresos Relationship between economic growth and environmental degradation, a. *Carrera de Economía Universidad Nacional de Loja*, 2(ISSN: 2602), 96–109.
- Shahbaz, M., Jam, F. A., Bibi, S., & Loganathan, N. (2016). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy intensity and economic growth in Portugal: evidence from cointegration and causality analysis. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(1), 47–74. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.989932>
- Tyndall Centre. (2004). *INFORME*. Universidad de Manchester (Inglaterra). <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/peru-es-tercer-pais-mas-vulnerable-del-mundo-al-cambio-climatico/>
- Vara Horna, A. A. (UNIVERSIDAD S. M. D. P. (2012). *7 pasos para una tesis exitosa* (TERCERA ED). Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Lima.
- Vera, J., & Kristjanpoller, W. (2017). Causalidad de Granger entre composición de las exportaciones, crecimiento económico y producción de energía eléctrica: evidencia empírica para Latinoamérica. *Lecturas de Economía*, 86, 25–62. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n86a02>
- WRI (World Resources Institute). (2016). *4 Gráficos explican las emisiones de gases de efecto invernadero por países y sectores*. <https://www.wri.org/blog/2020/02/greenhouse-gas-emissions-by-country-sector>
- Zhang, L., Pang, J., Chen, X., & Lu, Z. (2019). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: Evidence from the agricultural sector of China's main grain-producing areas. *Science of the Total Environment*, 665(222), 1017–1025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.162>

XII. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

Ayudará a los responsables políticos (policy makers) a diseñar políticas económicas, energéticas y medioambientales apropiadas.

XIII. Cronograma de actividades

| Actividad | Trimestres | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Recopilación de información | X | X | | | | | | | | | | |
| Borrador de perfil | | X | X | | | | | | | | | |
| Aprobación del perfil | | | | X | | | | | | | | |
| Análisis de información | | | | X | | | | | | | | |
| Redacción preliminar | | | | X | | | | | | | | |
| Procesamiento y análisis de Datos | | | | | X | | | | | | | |
| Redacción del borrador de la Investigación | | | | | | X | X | | | | | |
| Revisión y reajuste del borrador de tesis | | | | | | | X | X | | | | |
| Aprobación | | | | | | | | | X | | | |

XIV. Presupuesto

| Descripción | Unidad de medida | Costo Unitario (S/.) | Cantidad | Costo total (S/.) |
|----------------|------------------|----------------------|----------|-------------------|
| USB | Unidad | 20 | 2 | 40 |
| Internet (web) | Horas | 1 | 500 | 500 |
| Mouse | Unidad | 35 | 1 | 35 |
| Laptop | Unidad | 2500 | 1 | 2500 |
| Electricidad | Kwh | 0.60 | 500 | 300 |
| Cuaderno | Unidad | 5 | 2 | 10 |
| Lapicero | Unidad | 2 | 5 | 10 |
| Resaltador | Unidad | 5 | 1 | 5 |
| Total | | | | 3400 |

XV. Anexos

A. Matriz de consistencia

| Planteamiento del problema | Objetivos | Hipótesis | Modelo | Método | Estadística |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| ¿Existe relación causal entre las emisiones del CO ₂ , el PBI y la intensidad energética para determinar políticas públicas correctas en Perú periodo 1994 - 2014? | -Analizar el tipo de relación causal entre las emisiones del CO ₂ , el PBI y la intensidad energética para determinar políticas públicas correctas en Perú periodo 1994 – 2014. | -Existe causalidad dinámica bidireccional entre PBI, la intensidad energética y las emisiones de CO ₂ en Perú periodo 1994 – 2014. | Modelo econométrico: La gran parte de estudios revisados sobre relación del PBI, Intensidad Energética y emisiones de CO ₂ , representan el modelo econométrico siguiente: $\ln CO_2 = f(IE, PBI)$ El modelo usado para emisiones de CO ₂ , puede ser especificado de la siguiente forma: | Se utilizará metodología descriptiva - correlacional. Método para estimación del modelo: Para garantizar la fiabilidad de este estudio sobre la relación entre las emisiones de carbono, consumo de energía y el PBI, empleamos cuatro procedimientos de estimación: | Paquete estadístico Eviews, Gretl |
| Problema Especifico | Objetivos específicos | Hipótesis específico. | | | |
| ¿Existe relación de equilibrio de largo plazo de las series de tiempo PBI, emisiones de CO ₂ y uso de intensidad energética durante los años 1994 – 2014 en el Perú? | -Determinar la existencia de relación de equilibrio de largo plazo de las series de tiempo PBI, emisiones de CO ₂ y la intensidad energética durante los años 1994 - 2014 en el Perú. | -El PBI, las emisiones de CO ₂ y la intensidad energética durante los años 2000-2014 en el Perú mantienen una relación de equilibrio de largo plazo.. | $\ln CO_{2t} = c_1 + \beta_1 T + \beta_2 \ln IE_t + \beta_3 \ln PBI_t + U_t$ Donde: CO ₂ = Emisiones de CO ₂ PBI = PBI Real IE = Intensidad Energética c ₁ = Término de intercepción T = Tendencia de tiempo u _t = Término de error β ₁ , β ₂ and β ₃ indican los coeficientes de lnIE _t , lnPBI _t y T, respectivamente. | 1. Pruebas de raíz unitaria a través de Dikey Fuller Aumentado (ADF) y Phillips Perron (PP). 2. Metodología de cointegración Johansen. 3. Causalidad Granger basado en el (MVCE). 4. Descomposición de la | |
| ¿Cuál es la dirección de causalidad de Granger entre las variables PBI, emisiones de CO ₂ y la intensidad energética en el Perú durante los años 1994 – 2014? | Establecer cual fue dirección de causalidad de Granger entre las variables PBI, emisiones de CO ₂ y la intensidad energética en el Perú durante los años 1994 – 2014. | Existe relación significativa positiva entre PBI y la intensidad energética, el PBI y emisiones de CO ₂ , la intensidad energética y emisiones de CO ₂ en el Perú durante los años 1994 - 2014. | | | |

Las emisiones de CO₂, la intensidad energética y el PBI en Perú, 1994-2014: Un análisis de cointegración y causalidad multivariante

| | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------|--|
| ¿Cómo ha venido dándose el comportamiento de las series de tiempo del PBI, las emisiones de CO ₂ y la intensidad energética durante los años 1994 – 2014 en el Perú? | Describir el comportamiento de las series de tiempo del PBI, las emisiones de CO ₂ y la intensidad energética durante los años 1994 – 2014 en el Perú. | El PBI, las emisiones de CO ₂ y la intensidad energética han evolucionado positivamente durante los años 1994 – 2014 en el Perú. | | varianza. | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------|--|

B. Operacionalización de variables

| Variables | Dimensiones | Indicadores | Notación |
|--------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Variable 1 Emisiones de CO ₂ | AMBIENTAL | Emisiones de CO ₂ medidas en Toneladas Métricas (TM CO ₂) | ECO ₂ |
| Variable 2 Intensidad Energética | ECONÓMICA/ENERGÉTICA | Consumo de Energía, medida en Kilo Watts hora (KWh)/PBI | CE |
| Variable 3 Producto Bruto Interno | ECONÓMICA | PBI real (precios constantes 2010) en millones de soles. | PBI |