

Crecimiento económico y su incidencia en el medio ambiente medido por la curva Kuznets. Ecuador, periodo 2010-2020

Economic growth and its impact on the environment measured by the Kuznets curve. Ecuador, period 2010-2020

Génesis Macas Lituma 

Universidad Ecotec, Ecuador

Guido Macas Acosta 

Universidad Ecotec, Ecuador

Correspondencia: genesismacas@gmail.com

RESUMEN. Las actividades económicas han causado efectos dañinos contrapuestos en el medio ambiente provocando una perturbación ecológico-económica, según la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets que explica la relación entre la actividad económica y la degradación ambiental. Ha sido más evidente en países desarrollados, ya que poseen una gran industrialización, sobreexplotación y agotamiento de los recursos naturales, los mismo que influye en gran medida a un deterioro ambiental, sin embargo, en América Latina y Ecuador no contribuye a esa gran escala a la contaminación. El objetivo del estudio es analizar la incidencia del crecimiento económico en el medio ambiente en Ecuador durante el periodo 2010- 2020, mediante el uso de la curva de Kuznets para la evaluación de políticas ambientales. Con una metodología de verificar la validez de la hipótesis de la curva para el caso ecuatoriano mediante resultados descriptivos que tomaran sentido estadístico y econométrico usando un modelo de regresión lineal múltiple con las variables: PIB, CO₂ y Consumo Energético (CE) per cápita. El uso de las energías renovables contribuye parcialmente a la disminución de la degradación ambiental, pese que las emisiones de CO₂ sigan aumentando con el pasar del tiempo, además de la aplicación de políticas ambientales.

Palabras claves: crecimiento económico, curva ambiental de Kuznets, degradación ambiental, economía verde.

ABSTRACT. Economic activities have caused opposing harmful effects on the environment causing an ecological-economic disturbance, according to the environmental Kuznets curve hypothesis that explains the relationship between economic activity and environmental degradation. It has been more evident in developed countries, since they have a great industrialization, overexploitation and depletion of natural resources, the same that greatly influences environmental deterioration, however, in Latin America and Ecuador it does not contribute to such a large scale to pollution. The objective of the study is to analyze the incidence of economic growth on the environment in Ecuador during the period 2010-2020, through the use of the Kuznets curve for the evaluation of environmental policies. With a methodology to verify the validity of the hypothesis of the curve for the Ecuadorian case through descriptive results that will make statistical and econometric sense using a multiple linear regression model with the variables: GDP, CO₂ and Energy Consumption (EC) per capita. The use of renewable energies partially contributes to the reduction of environmental degradation, despite the fact that CO₂ emissions continue to increase over time, in addition to the application of environmental policies.

Keywords: economic growth, environmental Kuznets curve, environmental degradation, green economy.

Recibido: 01/12/2022 Aceptado: 23/01/2023



1. Introducción.

El calentamiento global se ha convertido un tema controversial a nivel mundial, a medida que un país está en vías de desarrollo inevitablemente la degradación ambiental avanza. De ahí el énfasis económico en el campo ambiental es de mucha importancia, ya que economías en desarrollo como Ecuador requieren alcanzar el mismo sin la necesidad de comprometer al medio ambiente.

La curva ambiental de Kuznets (CAK) es una relación hipotética entre varios indicadores de degradación ambiental y el ingreso per cápita. En las primeras etapas del crecimiento económico, la degradación y la contaminación aumentan, pero más allá de cierto nivel de ingreso per cápita (que variará para diferentes indicadores) la tendencia se invierte, de modo que en los niveles de ingresos altos el crecimiento económico conduce a una mejora ambiental (Esteve & Tamarit, 2012). Esto implica que el indicador de impacto ambiental es una función en forma de U invertida del ingreso per cápita (Gorssman & Krueger, 1995).

La economía verde tiene como objetivo lograr el crecimiento y el desarrollo económicos sin un efecto adverso sobre el medio ambiente. La hipótesis de la curva ambiental de Kuznets (CAK) explica la relación entre la actividad económica y la degradación ambiental. La OCDE definió el crecimiento verde como "Fomentar el crecimiento y el desarrollo económicos, al tiempo que garantiza que los activos naturales continúen proporcionando los recursos y los servicios ambientales de los que depende nuestro bienestar" (Kong & Khan, 2019).

En gran parte de los países latinoamericanos, han incorporado el tema ambiental a las preocupaciones económicas que genera un estado. Sin embargo, los resultados son pocos favorables ya que los recursos monetarios no están disponibles para este aspecto, por lo tanto, es importante analizar la dinámica económica y ambiental en países como Ecuador, con la finalidad de verificar si existe o no una relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental.

Cabe indicar, que se han realizados estudios en el país, Almeida (2015) buscó la relación entre los indicadores bajo la hipótesis de la CAK entre el periodo 1970-2010, teniendo como resultados lo siguiente: considerando el aumento del ingreso per cápita, y cómo este afecta al medio ambiente, se observaron tres fases diferentes, en la primera considerando los primeros 10 años del periodo (1970-1979), el PIBp y las emisiones CO₂ están directamente relacionadas, es decir, que el deterioro ambiental crece a mayor proporción al crecimiento económico, ya que inicia un procesos de industrialización hacia adentro; en la segunda fase entre el periodo 1980-1999, existió una relación negativa, considerando que se abandona el proceso de industrialización y se da al crecimiento de sectores menos intensivos en energía, es decir, sectores de servicios, donde el ambiente se ve beneficiado, y por último en el periodo 2000-2010, la relación vuelve hacer positiva, asociando a un periodo de postdolarización, donde la contaminación tiene una mayor incidencia asociada y directa al crecimiento económico.

Y es por eso surge la necesidad de realizar esta investigación de análisis empírica y estadísticamente en el Ecuador y su crecimiento económico, mediante el indicador PIB per cápita, y cómo este influye en el medio ambiente medido a través de indicadores como CO₂ y consumo energético, bajo la metodología de la curva ambiental de Kuznets, durante el periodo de análisis 2000-2020.

2. Metodología.

Se realizó un estudio descriptivo y correlacional, que describe las bases teóricas acerca del crecimiento económico y degradación ambiental mediante la curva de Kuznets, y a su vez la correlación entre las variables. El universo de la investigación es la población del país, según los datos de la INEC es de 17.5 millones de personas, por lo que una parte se analizará los datos estadísticos de los indicadores como PIB, emisiones de CO₂ y consumo energético per cápita, por esta razón se los considera como muestra, con una serie de datos anual, del periodo 2010-2020.

Se realizó una revisión bibliográfica que abarca evidencia teórica y análisis estadísticos que tienen relación con el problema en el estudio. Así pues, la información y data obtenido por organismos oficiales como Comisión

Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Ministerio de Ambiente y Agua, World Resources Institute (WRI), Banco Mundial, Banco Central del Ecuador (BCE) e Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Las series de tiempo en datos anuales, a nivel nacional, usadas para el desarrollo temático relacionado específicamente con la construcción de la Curva Ambiental de Kuznets, proceden, tanto para la parte ambiental como para la parte económica del Sistema de Información Económica Energética de la Organización Latinoamericana de Energía (SIDE-OLADE). También, considerar estudios realizados de la Curva (CAK), en otros países, los cuales indican la certeza de la metodología del modelo que se propone. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la construcción de la curva puede o no darse, por tendencias exógenas de las variables particulares del país en este caso Ecuador.

Se utilizó como análisis estadístico el método de estimación de mínimos cuadrados ordinarios partiendo un modelo de regresión econométrico para concluir y relacionar de una manera general el PIB per cápita con las variables contaminantes seleccionadas en el país (Emisiones de CO₂ y Consumo Energético), mediante enlace de juicios ambientalistas y de crecimiento económico particulares, a un nivel histórico relacionado y descriptivo; el análisis en la interpretación de la CAK y su punto de inflexión. La estimación de las ecuaciones se realizará con la ayuda del programa econométrico E-views, que proporciona mayor facilidad a la hora de trabajar con regresiones de series de tiempo.

2.1. Condiciones para establecer una regresión lineal.

- **No colinealidad o multicolinealidad:**

Estos modelos de correlación múltiple las predictoras deben ser independientes, es decir, no debe existir colinealidad entre ellas. Como consecuencia de la colinealidad no se puede identificar de forma precisa el efecto individual que tiene cada una de las variables colineales sobre la variable respuesta, lo que se traduce en un incremento de la varianza de los coeficientes de regresión estimados hasta el punto que resulta prácticamente imposible establecer su significancia estadística.

No existe un método estadístico como tal que determine la existencia de colinealidad o multicolinealidad entre los predictores de un modelo de regresión, sin embargo, se desarrollan numerosas reglas prácticas que tratan de determinar en qué medida afecta a la estimación y contraste de un modelo.

Para esto se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Si el coeficiente de determinación R² es alto, pero ninguno de los predictores resulta significativo, hay indicios de colinealidad.
- Calcular una matriz de correlación en la que se estudia la relación lineal entre cada par de predictores. Es importante tener en cuenta que, a pesar de no obtenerse ningún coeficiente de correlación alto, no está asegurado que no exista multicolinealidad. Se puede dar el caso de tener una relación lineal casi perfecta entre tres o más variables y que las correlaciones simples entre pares de estas mismas variables no sean mayores que 0.5.
- Se recomienda generar un modelo de regresión lineal simple entre cada uno de los predictores frente al resto. Si en alguno de los modelos el coeficiente de determinación R² es alto, estaría señalando a una posible colinealidad.

- **Linealidad en parámetros**

Esta suposición requiere que el parámetro β sea lineal. Sin embargo, no hay ningún requisito de linealidad en la variable independiente. $y_i = \alpha + \beta x_i^2 + \mu_i$ y $y_i = \alpha + \beta \ln(x_i) + \mu_i$ ambos tienen β lineal.

- **No autocorrelación (independencia)**

Los valores de cada observación son independientes de los otros, esto es especialmente importante de comprobar cuando se trabaja con mediciones temporales. Se recomienda representar los residuos ordenados acorde al tiempo de registro de las observaciones, si existe un cierto patrón hay indicios de autocorrelación. También se puede emplear el test de hipótesis de Durbin-Watson.

- **Variable constante de los residuos (homocedasticidad)**

La varianza de los residuos debe de ser constante en todo el rango de observaciones. Para comprobarlo se representan los residuos. Si la varianza es constante, se distribuyen de forma aleatoria manteniendo una misma dispersión y sin ningún patrón específico. Una distribución cónica es un claro identificador de falta de homocedasticidad. También se puede recurrir a contrastes de homocedasticidad como el test de Breusch-Pagan.

Antes de cualquier modelado, se necesita verificar si la serie de tiempo es estacionaria. Se dice que una serie de tiempo es estacionaria si sus propiedades estadísticas, como la media y la varianza, permanecen constantes a lo largo del tiempo. Dado que la mayoría de los modelos de series temporales se basan en el supuesto de que las mismas son estacionarias, es importante validar esa hipótesis.

Para conjuntos de datos de series de tiempo generales, si muestra un comportamiento particular a lo largo del tiempo, existe una probabilidad muy alta de que siga un comportamiento similar en el futuro. Por lo tanto, será difícil encontrar un modelo correcto o hacer cualquier predicción. Se trazarán los datos con la media y la desviación estándar móvil para cualquier caso de tendencias. Además, se realizará la prueba de Dickey Fuller.

La prueba de Dickey Fuller es una prueba estadística para probar la estacionariedad. La hipótesis nula para la prueba es que la serie de tiempo no es estacionaria. Entonces, si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico, rechazamos la hipótesis nula y se dice que la serie es estacionaria. 3. Para seleccionar un modelo de serie de tiempo relevante, se construye ACF y PACF para determinar respectivamente el valor de q y p para ARIMA, en el caso de los datos de la variable de Consumo Energético per cápita del año 2020.

3. Resultados.

El poco abastecimiento y el impacto ambiental que ha ocasionado la generación de energía en el Ecuador, son temas que se han discutido a lo largo del tiempo, por lo que es importante considerar el comportamiento de la oferta total de energía en el país entre los periodos estudiados 1990-2020.

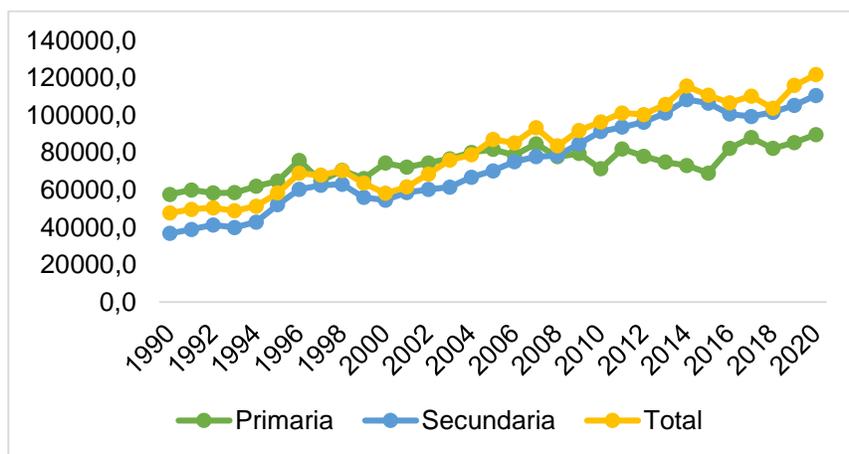


Figura 1. Oferta total de energía en el Ecuador-

Fuente: Elaboración propia con base en datos de CEPAL (2020).

Como se puede observar en la figura 1, en el periodo de 1990-1999 el crecimiento fue de 14,57%, para el periodo 2000-2010 fue de 38,61% y para el periodo 2010-2020 es de 34,95%, es decir que el crecimiento más fuerte que tuvo el país fue en la segunda década. Para este tipo de análisis, es importante considerar el abastecimiento de energía tanto la primaria, formada por la oferta de petróleo, gas natural, energía hídrica, leña y productos de base de caña; mientras que la energía secundaria, esta conformada por gas licuado, gasolina o alcohol, kerosene, diesel y fuel oil.

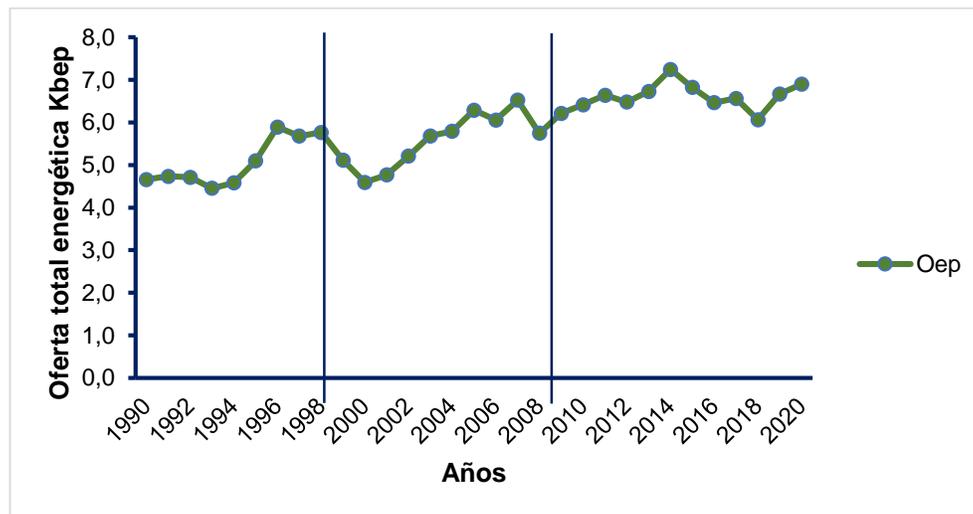


Figura 2. Oferta de energía per cápita en el Ecuador.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de CEPAL (2020).

Como se observa la figura 2, la oferta total de energía per cápita, se incluye la variable población para obtener los valores de la oferta, para el periodo 1990-2000, la oferta total promedio anual fue de 5,9 Miles BEP/hab, en el 2000-2010 fue de 6,5 bep/hab y 2010-2020 fue de 6,7 bep/hab. Luego de observar la oferta energética, es importante añadir al estudio la demanda de energía, para esto se presenta el consumo energético durante el periodo de estudio 1990-2020, el cual detallará el consumo primario y secundario.

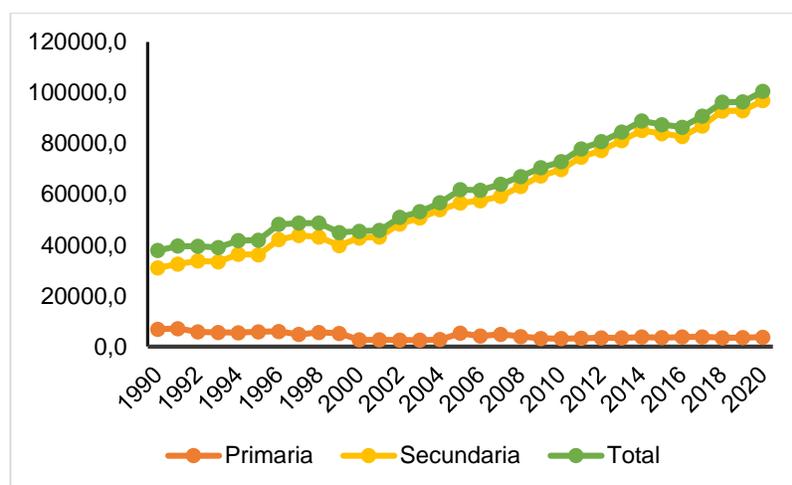


Figura 3. Consumo energético en el Ecuador (Expresados en la unidad Kbp).

Fuente: Elaboración propia con base en datos de CEPAL (2020).

En las últimas décadas, el país ha tenido un considerable aumento en el consumo energético durante toda su evolución histórica. El promedio del crecimiento del consumo aumentó para el periodo 1990-2000 de 1,74%, 4,89% en 2000-2010 y para el 2010-2020 de 3,3%. La crisis energética que tuvo el país en el periodo 2000-2010 con las hidroeléctricas producto de las sequías, hizo que el consumo de energía secundaria incrementará, al contrario de lo que sucedió con el consumo primario.

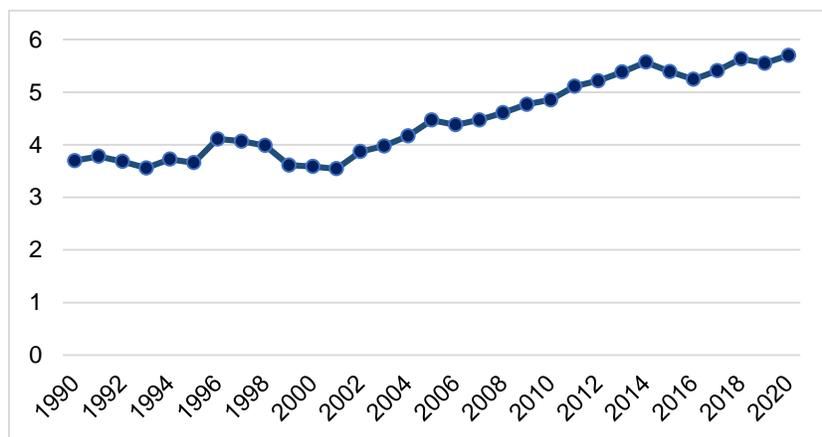


Figura 4. Consumo energético per cápita en el Ecuador.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de CEPAL (2020).

Como se observa en la figura 4, a pesar de que el uso de la energía total ha aumentado bastante, el incremento acelerado de la población permite que el uso de energía per cápita se mantenga relativamente bajo. Por lo tanto, entre el periodo 1990-2020 la tasa anual de crecimiento es de 2,19% por año, por lo que es mayor a la del crecimiento de energía per cápita (1,98%). En conclusión, este análisis permite observar que cada persona en el país genera más energía de lo que consume individualmente.

Para analizar nivel de degradación ambiental a nivel nacional del país, se toma en cuenta el flujo total energético de un contaminante, es decir, el dióxido de carbono (CO₂), por considerarse uno de los más contaminantes gases de efecto invernadero según el Protocolo de Kyoto, en temas de cambio climático. También existen otros gases considerados contaminantes, que ocasionan impactos al ambiente como son: anhídrido de azufre (SO₂), el óxido de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono y emisiones de partículas.

En ciertos estudios, argumentan la importancia de trabajar con los datos per cápita, en este caso las emisiones de CO₂, sin embargo, dado que se va a analizar solamente un contaminante, se lo puede desagregar según el sector para tener un mejor análisis. Por consiguiente, se graficará la evolución de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), para analizar el comportamiento per cápita, el mismo que será utilizado para el modelo de la Curva Ambiental de Kuznets.

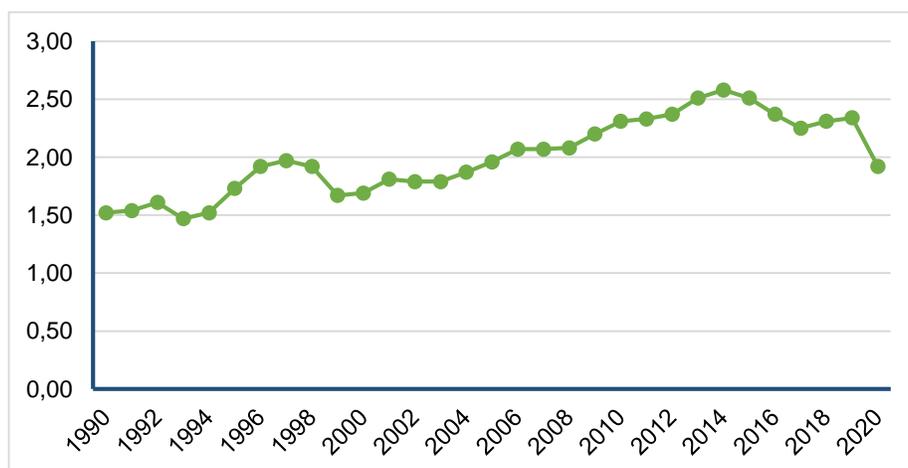


Figura 5. Emisiones de contaminantes per cápita en el Ecuador.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de OLADE (2020).

Como se observa la figura 5, las emisiones han tenido una tendencia creciente en las últimas décadas, sin embargo, para el 2020, esta disminuyó enormemente. Esto es producto de la pandemia por el Covid-19, que hizo que se paralizara la actividades económicas y productivas del país. Según los datos por la CEPAL, el país emite 1,9 en promedio toneladas métricas de CO₂ por persona. Ecuador presenta un patrón singular de consumo de energía, basado, principalmente, en combustibles fósiles. Tal situación no es, tanto desde el punto de vista ambiental como económico, deseable ni estratégica para el país signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Sin embargo, la actual transición que atraviesa el sector energético en Ecuador puede posibilitar soluciones basadas en la gestión del lado de la demanda (DSM).

El Ecuador está dotado de una gran cantidad de recursos renovables y no renovables, entre ellos, la hidroelectricidad y el petróleo aparecen como los más importantes. El petróleo es el de mayor importancia económica para la balanza de comercio exterior del país. No obstante, en términos de suministro de energía, los hidrocarburos son la fuente más utilizada, seguida de la biomasa, mientras que la energía hidráulica tiene menor importancia.

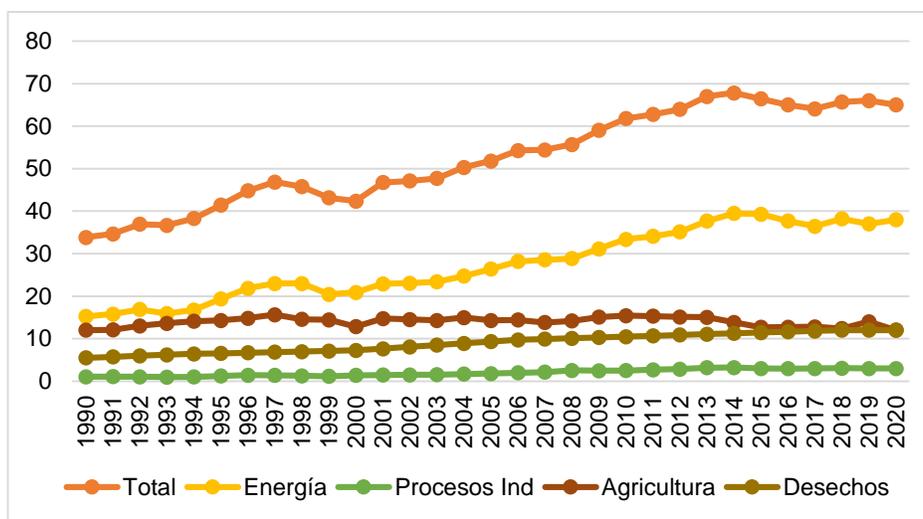


Figura 6. Emisiones de Gases de Efecto Inverandero (GEI), por sector.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa la figura 6, la tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero, ha sido creciente durante las tres décadas, siendo el sector de Energía el que más predomina, seguido del sector de la agricultura. El crecimiento económico se mide como el aumento porcentual del producto interno bruto o producto nacional bruto (PNB) en un año. Puede ocurrir de dos maneras diferentes: una economía puede crecer "extensivamente" usando más recursos (como capital físico, humano o natural) o "intensivamente" usando la misma cantidad de recursos de manera más eficiente (más productiva). Cuando el crecimiento económico se produce utilizando más mano de obra, no se traduce en un aumento de la renta per cápita; cuando se logra mediante un uso más productivo de todos los recursos, incluida la mano de obra, sí se traduce en un aumento del ingreso per cápita y una mejora en el nivel de vida de la población. El crecimiento económico intensivo es una condición del desarrollo económico.

Las evoluciones de los indicadores de algunos sectores externos también reflejan las dificultades (y en algunos casos, las potencialidades) que enfrenta la economía ecuatoriana al tratar de solucionar sus problemas. En primer lugar, es importante establecer que, a pesar de la importancia que aún representa la explotación petrolera y las políticas de apertura comercial y financiera practicadas por los sucesivos gobiernos ecuatorianos desde 1983, la inversión extranjera continúa contribuyendo sólo marginalmente a la formación de capital y al crecimiento económico; por ejemplo, entre 1987 y 1995, la inversión extranjera como porcentaje del PIB fluctuó entre 1,2% (1990) y 3,2% (1993), según los datos del Banco Central del Ecuador.

A largo plazo, los ingresos públicos se han mantenido prácticamente sin cambios como porcentaje del PIB. Los ingresos han experimentado aumentos significativos temporalmente (27,1% en 1990; 26,2% en 1989; 25,7% en 1992, etc.), y los ingresos por exportaciones de petróleo han generado ese incremento. La dependencia de estos ingresos es una de las principales debilidades de las finanzas públicas ecuatorianas; la inestabilidad que caracteriza a esta fuente de ingresos explica en gran medida las recurrentes crisis fiscales del período. La base impositiva débil se puede ver a través del indicador de presión fiscal como porcentaje del PIB.

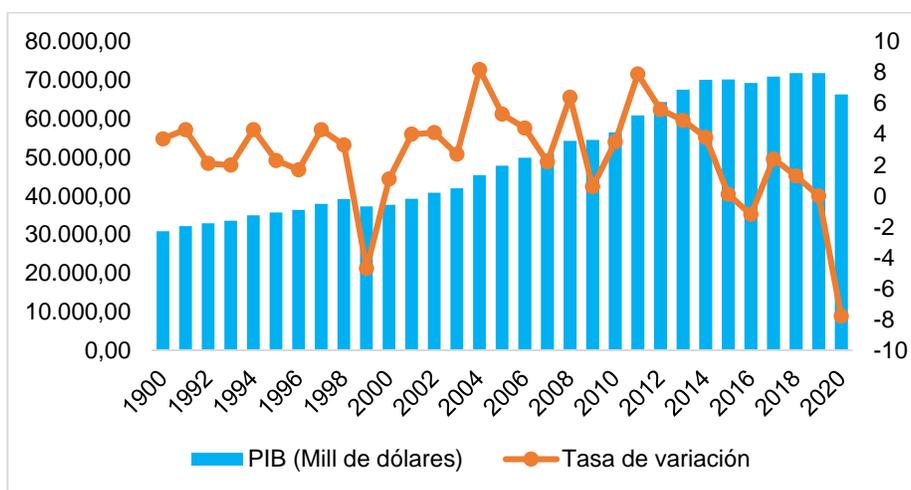


Figura 7. Evolución del Producto Interno Bruto del Ecuador. Periodo 1990-2020.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de BCE (2020).

Para establecer un análisis de un modelo económico de la Curva de Kuznets y la Curva Ambiental de Kuznets, es importante considerar como variable exógena para determinar el crecimiento económico es el ingreso per cápita. Por ende, el modelo se caracteriza por tener un concepto más determinado del ingreso, lo que se escogerá el PIB per cápita (ceteris paribus), partiendo de la idea que se podría a largo plazo conseguir una menor degradación ambiental, tomando en cuenta el supuesto de que el daño ambiental es reversible, es decir, que primero debe haber un crecimiento para luego poder mitigar o remediar el impacto ambiental. Por lo tanto, se tomarán los datos del crecimiento económico (PIB per cápita), en dólares, a valor constantes del 2007, para el respectivo análisis.

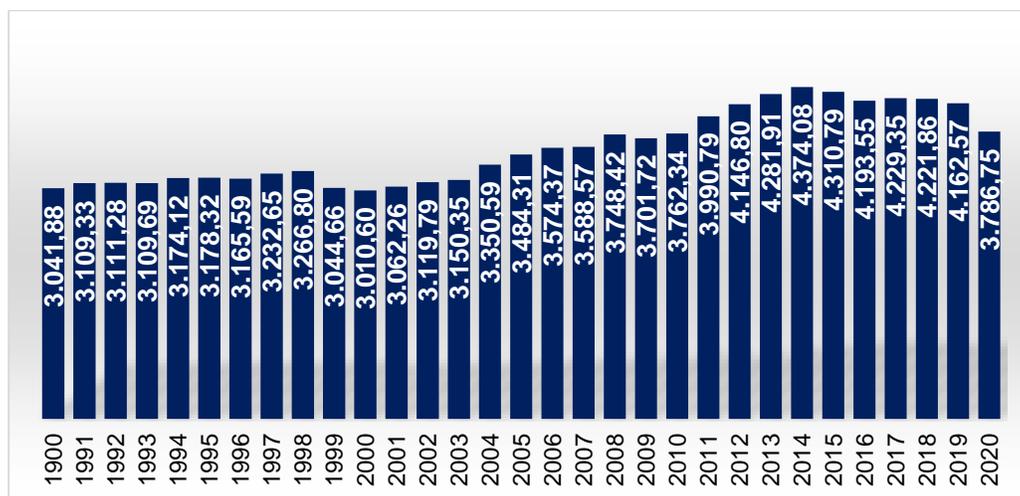


Figura 8. Producto Interno Bruto per cápita del Ecuador, dólares 2007=100.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de BCE (2020).

La relación que existe entre el crecimiento económico y las diversas presiones ambientales, son sin duda, difíciles. Las economías cambian a lo largo del tiempo, y con ellas la relación de diversas actividades y técnicas utilizadas. Es por esto, que no se puede suponer, que un aumento de escala en una actividad económica, puede aumentar o afectar con problemas ambientales. Para determinar la relación entre la calidad ambiental (aplicando las variables de CO2 y Consumo Energético per cápita) y crecimiento económico (PIB per cápita), se analizó un modelo de regresión múltiple para el periodo 1990-2020, los cálculos, se realizó a través del software econométrico E-Views 12.0. El primer paso para determinar la regresión, se debe observar los supuestos de una regresión, si las series son estacionarias, además de que, si son mutuamente correlacionados, los resultados se detallan a continuación:

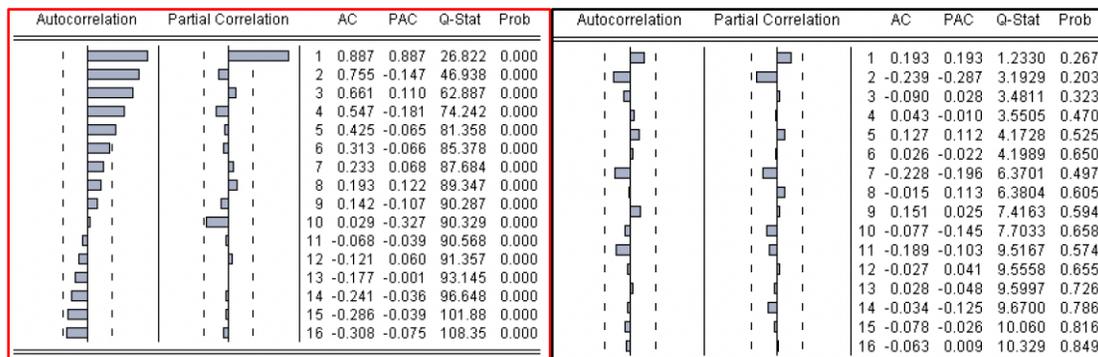


Figura 9. Correlogramas de nivel y tasa de crecimiento logarítmica del CO2p.

Fuente: Elaboración propia.

Se indican las correlaciones con los datos a nivel con la tasa de crecimiento logarítmica, los coeficientes de correlación para los datos de nivel, no son estadísticamente significativos, es decir no son estacionarias, sin embargo, para los de la tasa de crecimiento logarítmica si son estacionarias frente a su rezago, para luego ser analizados dentro del modelo.

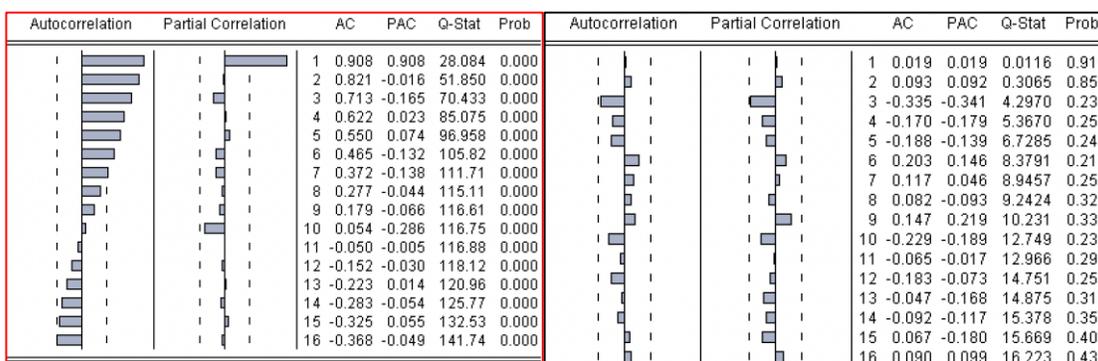


Figura 10. Correlograma con los datos a nivel y las tasas de variación logarítmica del CEp.

Fuente: Elaboración propia.

La correlación con los datos a nivel, no es puramente aleatoria, es decir, que no presenta un proceso puramente aleatorio o estricto en ruido blanco. Para los datos con tasa de crecimiento logarítmica los coeficientes de correlación son significativos, para demostrar su autocorrelación, previo al modelo.

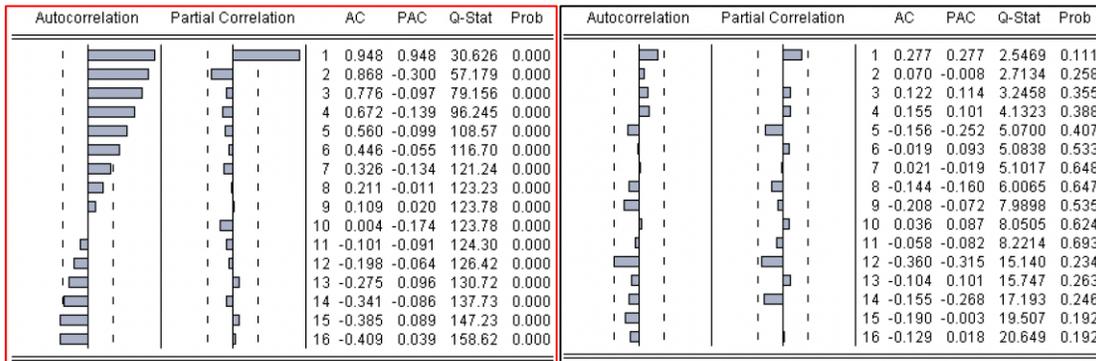


Figura 11. Correlograma de los datos a nivel y tasa de crecimiento logarítmica del PIBp.

Fuente: Elaboración propia.

Se deduce la existencia de un problema de aleatoriedad, ya que sus rezagos son muy altos y se sale de la línea punteada, mientras que en la de lado, con la tasa de crecimiento logarítmica ya existe correlación.

3.1. Estacionariedad.

Tabla 1. Prueba de estacionariedad de las series.

| | ADF Pvalue | PP Pvalue |
|----------------|----------------|-------------|
| tclco2p | 0.0072 | 0.01 |
| tclcep | 0.0003 | 0.01 |
| tclpibp | *0.0102 | 0.01 |

*El valor de p-value para la variable de tclpibp, se la hizo sin intercepto ni tendencia, para que sea Estacionaria.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de la serie de tiempo CO₂p, CE_p, presentan estacionariedad, sin embargo, para la variable PIB_p, se tuvo que aplicar sin constante ni tendencia para que se estacionaria.

Descripción de las variables:

- **tclco2p**: Tasa de crecimiento logarítmica del CO₂ per cápita.
- **tclcep**: Tasa de crecimiento logarítmica de Consumo Energético per cápita
- **tclpibp**: Tasa de crecimiento logarítmica del Producto Interno Bruto per cápita.
- **D4**: Variable dummy en el 2020 (Pandemia por Covid-19)
- **tclcep (-3)**: Rezago en t-3
- **t-Statistic**: Valor del estadístico t, bajo la hipótesis individual que las variables $H_0: \beta = 0$. Con t-k grados de libertad, lo que indica que la variable contribuye a explicar la variable endógena.
- **R²**: Coeficiente de determinación. Medida estadística que sirve para valorar el éxito de la regresión para predecir los valores de la variable dependiente dentro del periodo muestral.
- **Normalidad**

La prueba de Jarque-Bera, un tipo de prueba del multiplicador de Lagrange, es una prueba de normalidad. La normalidad es uno de los supuestos de muchas pruebas estadísticas, como la prueba t o la prueba F; la prueba de Jarque-Bera se suele realizar antes de una de estas pruebas para confirmar la normalidad.

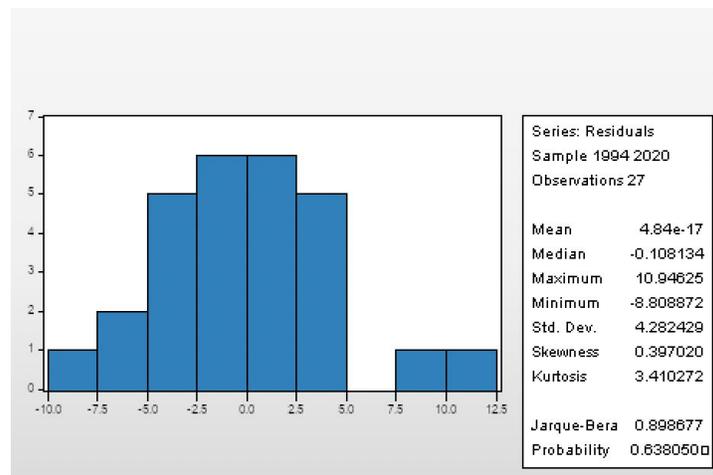


Figura 12. Test de Jarque-Bera para comprobar la normalidad de los datos.

Fuente: Elaboración propia.

El valor de probabilidad de Jarque-Bera es de 0,899, lo que indica es que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna de que si existe normalidad en los datos.

3.2. Heteroscedasticidad.

En estadística, la prueba de White es una prueba estadística que establece si la varianza de los errores en un modelo de regresión es constante: es decir, para la homocedasticidad. Esta prueba y un estimador de errores estándar consistentes con la heterocedasticidad fueron propuestos por Halbert White en 1980.

| | | | |
|---------------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic | 0.615950 | Prob. F(6,23) | 0.7154 |
| Obs*R-squared | 4.153139 | Prob. Chi-Square(6) | 0.6560 |
| Scaled explained SS | 4.550384 | Prob. Chi-Square(6) | 0.6026 |

Figura 13. Test de White.

Fuente: Elaboración propia.

La probabilidad es de 0,62 lo que implica es que rechaza la hipótesis nula de que existe homoscedasticidad y acepta la hipótesis alterna de que existe heteroscedasticidad. Una vez realizado el modelo de regresión lineal, como variable dependiente el CO₂p sobre el PIBp y Cep, donde todas las variables son estacionarias y cumple con todos los supuestos, a continuación, se detallan los resultados:

Dependent Variable: TCLCO2P
 Method: Least Squares
 Date: 07/16/22 Time: 16:16
 Sample (adjusted): 1994 2020
 Included observations: 27 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| TCLPIBP | 0.830940 | 0.316769 | 2.623177 | 0.0152 |
| TCLCEP(-3) | -0.454096 | 0.199471 | -2.276504 | 0.0324 |
| D_4 | -0.117943 | 0.056810 | -2.076083 | 0.0492 |
| C | 0.014328 | 0.009899 | 1.447431 | 0.1613 |
| R-squared | 0.606152 | Mean dependent var | | 0.009891 |
| Adjusted R-squared | 0.554780 | S.D. dependent var | | 0.066693 |
| S.E. of regression | 0.044501 | Akaike info criterion | | -3.250657 |
| Sum squared resid | 0.045548 | Schwarz criterion | | -3.058682 |
| Log likelihood | 47.88388 | Hannan-Quinn criter. | | -3.193573 |
| F-statistic | 11.79937 | Durbin-Watson stat | | 1.334104 |
| Prob(F-statistic) | 0.000070 | | | |

Figura 14. Modelo de regresión lineal múltiple de la CAK.

Fuente: Elaboración propia.

El valor estadístico de Durbin-Watson indica una tendencia del 1.33, entre más cerca este a 2, es mejor, lo que señala que no hay evidencia de correlación serial de primer orden. Sin embargo, el coeficiente de las variables no es significativa al 95% del nivel de confianza, pero las otras variables si son significativas al 5%. El R² es de 0.61, lo que indica que la variable explicativa cerca del 61% de la variación de emisiones de CO₂, lo que se concluye que el modelo se explica razonablemente, cumple con los parámetros y supuestos para un modelo de regresión lineal múltiple. Una vez alcanzado los datos y la ecuación de la regresión múltiple para el modelo de la curva ambiental de Kuznets, se continua a estimar los parámetros, es decir, se utiliza la regresión para obtener los valores aproximados, según las variables planteadas.

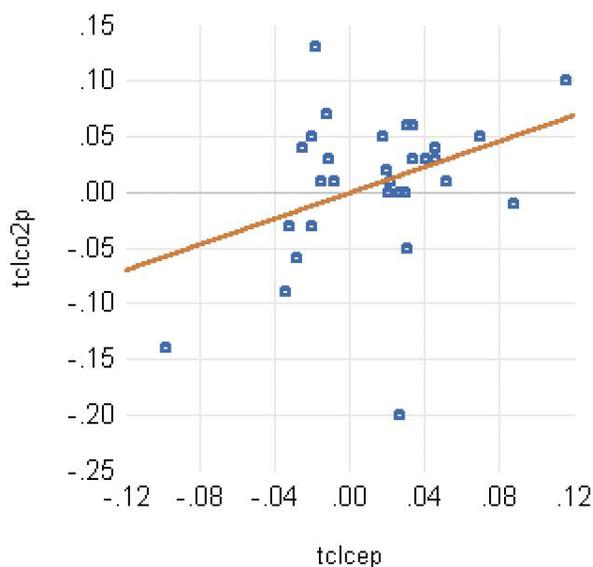


Figura 15. Curva Ambiental de Kuznets con el CE.

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se determina que el consumo energético tiene una relación directamente creciente, con la disminución de la calidad ambiental en el Ecuador durante el periodo 1990-2020. En otras palabras, a medida que crece el consumo energético aumenta las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Como es de conocimiento, Ecuador esta adoptando por el consumo de energía renovable que, en teoría, permitirá que, a futuro, baje las emisiones de CO₂, como lo establece los objetivos de la agenda 2030, por la ONU.

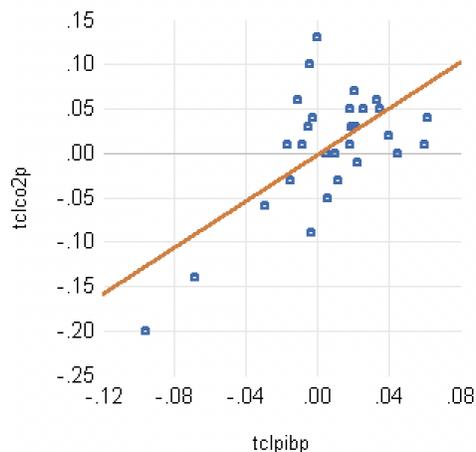


Figura 16. Curva Ambiental con el PIBp.

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, el crecimiento económico tiene una relación monotónicamente creciente con la reducción de la calidad ambiental en el país, es decir, las emisiones de CO₂ aumentan a medida que aumenta el crecimiento económico, a niveles que no son dañinos para la población, pero si ocasionando un impacto al ambiente, lo que quiere decir costos de descontaminación altos.

Bajo este escenario, Ecuador se encontraría en el tramo creciente de la Curva Ambiental de Kuznets, con un crecimiento económico y consumo energético, apoyado en métodos intensivos de producción agrícola, extracción de recursos naturales, y en proceso de industrialización y crecimiento urbano, lo que a su vez, sea un impacto negativo para el medio ambiente y calidad ambiental, pese a las medidas y políticas adoptadas por los gobiernos autónomos y el estado, pero que no son suficientes para establecer un equilibrio entre el crecimiento económico y calidad ambiental (Isidro, 2019; Salazar, 2021).

4. Conclusiones.

El problema climático no es causado por el crecimiento económico, sino por la ausencia de políticas públicas efectivas diseñadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. No hay nada incompatible con el capitalismo y la protección del medio ambiente mientras existan reglas que controlen los impactos ambientales de los productos y servicios que se producen y usan en los países. Con nuevas reglas exigentes, la preocupación por la sustentabilidad ambiental puede impregnar y permeará la toma de decisiones diaria en las organizaciones privadas, sin fines de lucro y gubernamentales de las que todos se benefician.

En cuanto el modelo, existe una relación directa entre el crecimiento económico y degradación ambiental, basada en variables como el CO₂, Consumo Energético (CE) y Crecimiento económico (PIB), y bajo el supuesto de la hipótesis de la Curva Ambiental, estudiado en un periodo de 30 años (1990-2020), concluyendo así, que no fue homogénea y varía en función del contaminante, tomando en cuenta el país estudiado, por lo que no se puede generalizar que la teoría sea aplicable para todos los casos.

Se tuvo que aplicar variables de control (dummies), para examinar esos valores atípicos que se presentó en el momento de establecer la correlación entre las variables. A pesar de que se estableció una relación buena entre las variables, la construcción del modelo tomó cierta complejidad. En conclusión, el Ecuador entre el periodo 1990-2020, el ingreso per cápita y consumo energético genera efectos positivos y negativos a las emisiones de CO₂.

Referencias bibliográficas.

- Almeida, D. (2015). Crecimiento económico y medio ambiente: La Curva Ambiental de Kuznets para el Ecuador en el Periodo 1979-2010. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 114.
- Atkinson, G., Dubourg, R., Hamilton, K., Munasinghe, M., Pearce, D., & Young, C. (1997). *Measuring Sustainable Development: Macroeconomics and the Environment*. Edward Elgar.
- Basiago, A. (2015). Methods of defining 'sustainability'. *Sustain. Dev.*, 3(1), 109-119.
- Blewitt, J. (2017). *Understanding Sustainable Development*. Earthscan.
- Burkett, P. (2020). *Marx and Nature: A Red and Green Perspective*. St. Martin's.
- Chuan, G. (2017). Environmental impact of economic development in Peninsular Malaysia: a review. *Appl. Geogr.*, 3-16.
- Ekins, P. (2000). *Economic growth and environmental sustainability: the prospects for green growth*. Routledge.
- Esteva, G. (2010). Development, in W. Sachs. *The Development Dictionary. A Guide to Knowledge as Power*. London & New Jersey: Zed Books.
- Esteve, V., & Tamarit, C. (2012). Threshold cointegration and nonlinear adjustment between CO₂ and income: the environmental Kuznets curve in Spain, 1857- 2007. *Energy Economics*, 2148-2156.
- Gorssman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 353-377.
- Hanley, N., Shogren, J., & White, B. (2017). *White, Environmental Economics in Theory and in Practice*. Oxford University Press.
- Hettne, B. (2019). *Thinking About Development*. London: Zed Books.
- Isidro, V. (2019). Deuda y crecimiento: diferencias en países desarrollados y periféricos enfatizando el caso de México. *SUMMA. Revista disciplinaria en ciencias económicas y sociales*, 1(2), 10-27.
- Jacobs, M. (2014). *The limit to neoclassicism: towards an institutional environmental economics*. London: Social Theory and the Global Environment.
- Kong, Y., & Khan, R. (2019). To examine environmental pollution by economic growth and their impact in an environmental Kuznets curve (EKC) among developed and developing countries. *PloS ONE*, 1-23.
- Mavraki, D., Sitara, A., & Loukatos, A. (2021). *Environmental indicators: the case of Romania*. HELECO.
- Mawhinney, M. (2018). *Sustainable Development. Understanding the Green Debates*. Blackwell Science.
- Mol, A. (2021). *Globalization and Environmental Reform*. MIT Press.
- Panayotou, T. (2013). Economic growth and the environment, in: *Economic Survey of Europe*. Secretariat of the Economic Commission for Europe.
- Panayotou, T. (2021). Economic growth and the environment. *Economic Survey of Europe*, 45-72.
- Pearce, D. W. (2015). *Environmental Economic*. New York: Longman.
- Pieterse, J. (2009). *Development Theory*. London: SAGE.
- Pinzón, D., & González, C. (2018). *Curva de Kuznets ambiental: evidencia empírica para Colombia 1971 - 2014*.
- Potter, R., Binns, T., Elliott, J., & Smith, D. (2018). *Geographies of Development. An Introduction to Development Studies*. New York: Pearson Education Limited.
- Restrepo, C. F. (2004). Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. *Semestre Económico*.
- Rist, G. (2008). *The History of Development From Western Origins to Global Faith*. London & New Jersey: Zed Books.
- Rokos, D. (2003). *From "Sustainable" to Worthliving Integrated Development*. Athens, Greek: Livanis Publications.
- Rokos, D. (2016). *Environment and Development. Dialectical Relations and Interdisciplinary Approaches*. Athens: Alternative Edition.

- Rokos, S. (2010). The integrated development of mountainous areas in times of 'crisis'. Seventeen years of the N.T.U.A. M.I.R.C. contribution, in: 6th Interdisciplinary Interuniversity Conference "The Integrated Development of Mountainous Areas". Metsovo: National Technical University of Athens.
- Romero, P., & Jesús, d. J. (2016). Economic growth and energy consumption: The Energy-Environmental Kuznets Curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Salazar, G. (2021). Apertura comercial, inversión doméstica y crecimiento económico en Ecuador. Investigación empírica 1950-2019. *SUMMA. Revista disciplinaria en ciencias económicas y sociales*, 3(2), 1-29. <https://doi.org/10.47666/summa.3.2.29>
- Schumacher, E. (2000). *Small Is Beautiful*. Athens.
- Smakhtin, V., Revenga, C., & Doell, P. (2018). Taking into Account Environmental Water Requirements in Global Scale Water Resources Assessments.
- Talmage, C. (2015). *Development*. Netherlands: Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research, Springer Reference.
- UN. (2019). *The Millennium Goals Report*.
- Vlachou, A. (2016). *Nature, Capital and Society*. Athens: Kritiki Publishing.
- WCED, W. C. (1987). *Our Common Future*. University Press.
- World Bank, W. (2019). *Global Monitoring Report*. World Bank.
- World Bank, W. (2020). *World Development Report*. World Bank.
- WRI. (2020). *Climate Analysis Indicators Tool*. World Resource Institute.
- WWF. (2019). *Living Planet Report*. World Wildlife Fund.