

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i1.203>

Análisis econométrico de los subsidios a los combustibles en el Ecuador

Econometric analysis of fuel subsidies in Ecuador

Alex Javier Maigua Quinteros

aj.maigua@uta.edu.ec - alex.javyer@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-3333-5514>

Universidad Iberoamericana del Ecuador
Ecuador-Ambato

Edisson Javier Nata Ichina

enata@coopsac.fin.ec - ejavier183@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-0112-1140>

Universidad Iberoamericana del Ecuador
Ecuador-Ambato

Diego Alejandro Rojas Ponce

diego.rojasp@energiayminas.gob.ec - diegorojasp@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-6721-8280>

Universidad Iberoamericana del Ecuador
Ecuador-Quito

Yasmany Fernández Fernández

yfernandez@doc.unibe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9530-4028>

Universidad Iberoamericana del Ecuador
Ecuador-Quito

Artículo recibido: 15 marzo 2024

Aceptado para publicación: 26 mayo 2024

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

Los subsidios en Ecuador han sido una constante desde la década de 1970 hasta la actualidad, reflejándose en diferentes proporciones dentro del gasto público anual, ya que han sido empleados con el propósito de amortiguar el impacto económico en la población y fomentar el desarrollo industrial. A pesar de su utilidad, la efectividad y sostenibilidad de estos subsidios son objeto de debate continuo. Para respaldar nuestro análisis, hemos recopilado datos de las siguientes instituciones como EP Petroecuador, el Ministerio de Energía y Minas y el Banco Central del Ecuador. Estos datos, tratados con enfoque científico y utilizando modelos econométricos, nos han proporcionado una comprensión más profunda de la situación. Específicamente, hemos empleado el modelo ARIMAX (Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil con Variables Exógenas) para nuestro análisis, lo que nos ha permitido obtener resultados significativos y extraer conclusiones pertinentes para este estudio, centrándonos especialmente en los subsidios a los combustibles.

Palabras clave: ARIMAX, diesel, GLP, nafta, PIB, subsidios

ABSTRACT

Subsidies in Ecuador have been a constant from the 1970s to the present, reflected in different proportions within annual public spending, since they have been used for the purpose of cushioning the economic impact on the population and promoting industrial development. Despite their usefulness, the effectiveness and sustainability of these subsidies are continuously debated. To support our analysis, we have collected data from various institutions such as EP Petroecuador, the Ministry of Energy and Mines and the Central Bank of Ecuador. These data, treated with a scientific approach and using econometric models, have given us a deeper understanding of the situation. Specifically, we have used the ARIMAX (AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables) model for our analysis, which has allowed us to obtain significant results and draw relevant conclusions for this study, focusing especially on fuel subsidies.

Keywords: ARIMAX, diesel, LPG, nafta, GDP, subsidies

INTRODUCCIÓN

Los subsidios han sido ampliamente utilizados como mecanismos de apoyo social en América Latina [1]. Por ejemplo, Chile ha implementado subsidios monetarios que permiten a la población acceder a recursos que de otro modo estarían fuera de su alcance. En Ecuador, los subsidios a los combustibles, como la gasolina, el Diesel y el gas licuado de petróleo (GLP), han sido una política central desde la década de 1970, llegando a subsidiarse hasta el 85 % de su costo [2]. Este país se encuentra entre los cinco que más subsidios aplican, representando históricamente un significativo porcentaje del gasto público, que en 2019 equivalía a dos tercios del déficit fiscal [2], reduciéndose al 3.95 % del PIB en años recientes [3].

Estos subsidios tienen como objetivo mitigar el impacto económico en la población, reducir los índices de pobreza y fomentar el desarrollo industrial [4]. Sin embargo, han variado considerablemente a lo largo de los años, influenciados por factores como la dolarización desde el año 2000 [1], la inestabilidad política interna y la volatilidad de los precios del petróleo debido a conflictos globales.

Un desafío importante es el contrabando de productos subsidiados hacia países vecinos como Perú y Colombia, lo cual genera pérdidas significativas que oscilan entre el 5 % y el 30 % del total [2] [5]. Espinoza [1] argumenta que la eliminación del subsidio a la gasolina súper no tiene un impacto relevante en la economía del país, dado que el mayor subsidio se concentra en la gasolina extra y el Diesel.

Además, estudios como el de Poveda et al. [7] indican que la eliminación de estos subsidios genera descontento entre los consumidores ecuatorianos, particularmente entre conductores y amas de casa. Esto se refleja en encuestas donde un alto porcentaje de los encuestados expresa su desacuerdo con dicha medida.

Un total de 300 consumidores de primera línea fueron encuestados en el trabajo de Poveda et al. [7], entre ellos conductores de vehículos livianos, pesados y amas de casa, muestran que un 57% de la muestra total de encuestados están desconformes con la eliminación del subsidio a los combustibles líquidos. El 68% de los consultados manifiesta estar en desacuerdo con la eliminación del subsidio de gas. En el mencionado artículo también se indica que los Gobiernos generalmente suelen introducir subsidios a los combustibles fósiles como una medida populista para ganar votos. Mostrando que la mayor parte del beneficio de los subsidios va a los quintiles superiores. Además se muestra que en los países en desarrollo el 43% del subsidio abarca el quintil con mayores ingresos, mientras que solo el 7% del subsidio abarcan los menores quintiles.

Ramírez et al. [3], en su análisis sobre el consumo de los hogares ecuatorianos, evidencian que los subsidios se distribuyen de manera desigual, beneficiando mayormente a los quintiles superiores de ingreso. Este estudio destaca la importancia de políticas públicas sólidas que

gestionen adecuadamente estos subsidios, considerando su impacto socioeconómico en variables clave como el crecimiento económico, la inflación y la distribución del ingreso.

En síntesis, los subsidios a los combustibles en Ecuador son un tema complejo que requiere un enfoque integral y datos precisos para su gestión efectiva en beneficio de toda la sociedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se basó en la recopilación de datos detallados sobre los subsidios a los combustibles y variables económicas relevantes, obtenidos de fuentes gubernamentales y organizaciones internacionales. Se emplearon técnicas avanzadas de análisis de series temporales y modelado econométrico para explorar las relaciones entre los subsidios y variables como: crecimiento del PIB, producción de petróleo, precios de petróleo e índices de pobreza. Adicionalmente, se utilizaron herramientas de visualización de datos para comunicar los resultados del estudio de manera efectiva.

Modelo Econométrico

El modelo ARIMAX es un modelo econométrico utilizado para analizar y hacer predicciones en series temporales, especialmente cuando existen factores externos (variables exógenas) que influyen en la serie principal (endógena). Al agregar variables exógenas, el modelo ARIMAX permite analizar la relación entre una serie temporal y una o más variables externas, proporcionando así una herramienta poderosa para entender y modelar comportamientos económicos. El modelo se escogió al acoplarse al caso de estudio del presente artículo y se basa en el trabajo de Mendoza et al. [8] al utilizar ARIMAX.

Variables

Dentro del modelo econométrico para este artículo se utilizó una serie temporal (endógena) referente a los subsidios de los combustibles comprendida entre el período 2010 - 2023, así como variables exógenas que permitirán analizar ciertos factores externos pueden tener un impacto significativo sobre los subsidios a los combustibles.

- **Endógenas**
 - **Subsidios a los combustibles:** son intervenciones financieras del gobierno que buscan reducir el precio de los combustibles para el consumidor final.
- **Exógenas**
 - **Producto Interno Bruto (PIB):** es una medida utilizada para cuantificar el valor total de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de un país, generalmente tomados en el período de un año.
 - **Producción de petróleo:** proceso de extraer petróleo crudo de la tierra o del lecho marino, llevarlo a la superficie procesarlo, transportarlo y eventual usarlo en diversas aplicaciones.

○ **Precio de petróleo WTI:** West Texas Intermediate, es el costo por barril del tipo de petróleo crudo conocido como WTI, que es uno de los principales estándares de referencia para el mercado petrolero mundial.

○ **Índice de pobreza:** parámetro estadístico que mide el nivel de vida de las naciones.

- **Fórmula**

Con las variables endógenas y exógenas concluimos (ver fórmula 1):

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \beta_3 X_{3,t} + \beta_4 X_{4,t} + \epsilon_t \quad (1)$$

Donde:

Y_t es la serie temporal endógena, Subsidios a los combustibles.

$X_{1,t}, X_{2,t}, X_{3,t}, X_{4,t}$ son variables exógenas.

- $X_{1,t}$ Producto Interno Bruto (PIB)

- $X_{2,t}$ Producción de petróleo

- $X_{3,t}$ Precio de petróleo WTI

- $X_{4,t}$ Índice de pobreza

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$, son los coeficientes que representan cada una de las variables exógenas en la serie temporal endógena.

ϵ_t es el término de error, captura la parte de la serie temporal endógena que no es explicado por las variables exógenas y otros factores no observados.

Y_t puede estar modelado como un proceso autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA) con términos adicionales que capturan la influencia de las variables exógenas, Y_t sigue un modelo ARIMAX(p, d, q), la formula ARIMAX (ver fórmula 2):

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Y_t = (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q) X_{1,t} + \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \beta_3 X_{3,t} + \beta_4 X_{4,t} + \epsilon_t \quad (2)$$

Donde B es el operador de rezago ϕ_1, \dots, ϕ_p y $\theta_1, \dots, \theta_q$ son los coeficientes de los términos autorregresivos y de media móvil respectivamente.

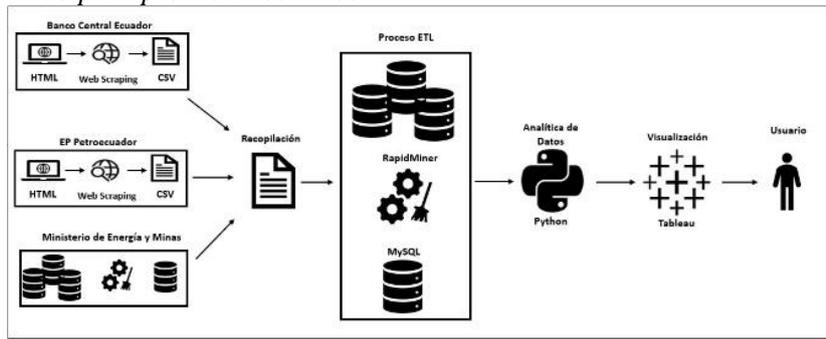
El modelo ARIMAX permite integrar las variables exógenas (PIB, producción de petróleo, precio de petróleo WTI, índice de pobreza) en un marco econométrico que explora cómo estas variables externas pueden influir en la serie temporal de subsidios a los combustibles, proporcionando así una herramienta poderosa para el análisis y la predicción en estudios económicos como el que estás realizando.

Diseño Conceptual

El presente artículo utiliza el modelo conceptual (ver Figura 1), que tiene como finalidad realizar un análisis de datos enfocado a las series temporales de los subsidios a los combustibles, utilizando un modelo econométrico para hacer proyecciones de las series temporales.

Figura 1

Proceso empleado para procesar los datos



Para la recolección de datos se empleó WebScraping para procesar los archivos pdf de las entidades gubernamentales (Banco Central del Ecuador y EP Petroecuador) y un proceso de extracción, transformación y carga (ETL) para el Ministerio de Energía y Minas, una vez recopilada la información se hizo un proceso ETL general con la finalidad de obtener datos más adecuados para el presente estudio. Para el procesamiento de datos se utilizó el modelo ARIMAX explicado más adelante, además se sacaron gráficas acordes a los resultados mostrados en Tableau (ver Figura 2) para poder ser visualizados por los usuarios finales.

Figura 2

Tableau, datos reales y predicciones

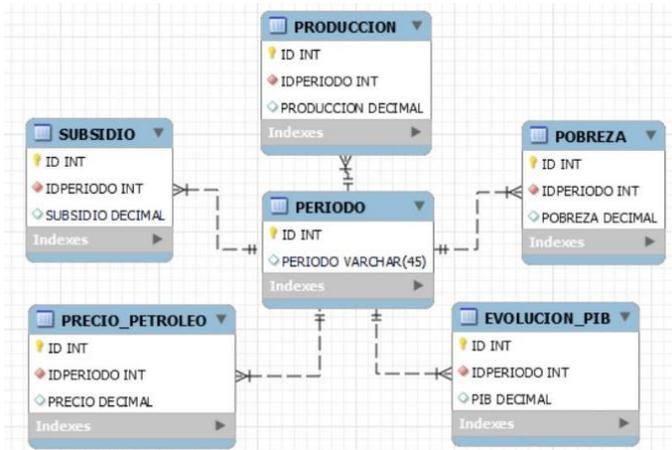


Diagrama de Base de Datos

Para la recopilación final de los datos se utilizó un modelo relacional (ver Figura 3), estableciendo tablas de: Subsidio, Producción, Precio de Petróleo, Pobreza, Evolución PIB y Periodo, cada tabla está constituida con campos relevantes para el presente estudio.

Figura 3

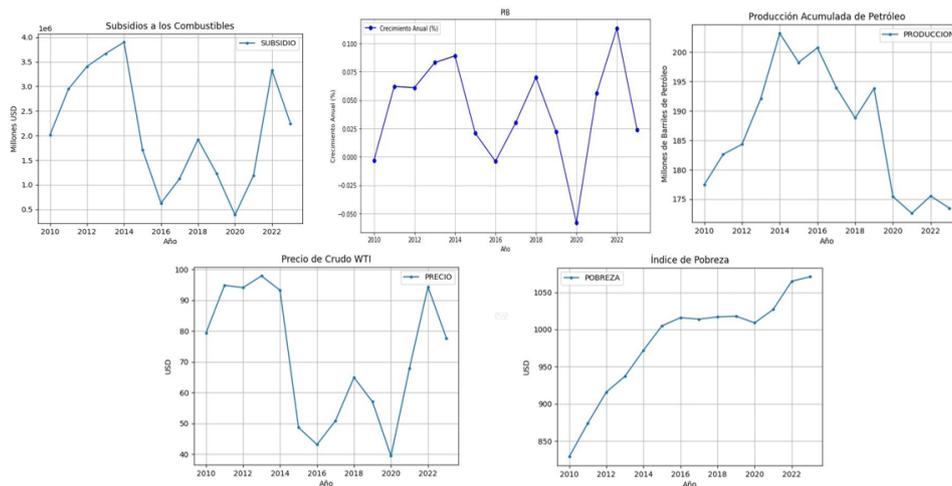
Esquema base de datos



De los datos establecidos en las variables endógenas y exógenas en la base de datos se han obtenido tendencias representadas en las siguientes figuras.

Figura 4

Variables endógenas y exógenas



La recopilación de datos ha permitido realizar gráficas que ayudan a entender las diferentes variables dentro del presente estudio (ver figura 4), subsidio a los combustibles establece la variable endógena almacenada en la tabla de SUBSIDIO, con un campo específico de SUBSIDIO para almacenar su valor en millones de USD, para las variables exógenas tenemos PIB, Producción de Petróleo, Precio Petróleo WTI e Índices de Pobreza, cada una de estas variables almacenadas en las tablas de EVOLUCION_PIB (PIB) con un campo específico de PIB para almacenar su valor en %, Producción de petróleo almacenado en la tabla de PRODUCCION con el campo específico de PRODUCCION para almacenar su valor en millones de barriles de petróleo, el Precio de Petróleo WTI almacenado en la tabla PRECIO_PETROLEO con el campo específico de PRECIO para almacenar su valor en USD y finalmente la otra variable es el Índice

de pobreza almacenado en la tabla POBREZA con su campo específico de POBREZA para almacenar su valor en USD, cada una de estas variables almacenadas en una base de datos (ver figura 3), teniendo en cuenta que cada tabla cuenta con su campo ID como identificador único, y IDPERIODO para la relación con la tabla intermedia de PERIODO que permite ubicar cada una de las variables en los diferentes espacios de tiempo establecidos desde 2010 hasta 2023 para poder realizar las diferentes predicciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el modelo ARIMAX y la ayuda de la ayuda de Python con sus librerías, se obtiene una serie de resultados en función al presente estudio. Cada uno de estos resultados se muestran en el presente estudio (ver figura 5 y 6).

Figura 5

Resultados de modelo ARIMAX

SARIMAX Results						
Dep. Variable:	SUBSIDIO		No. Observations:	14		
Model:	ARIMA(1, 1, 1)		Log Likelihood	-192.363		
Date:	Tue, 14 May 2024		AIC	398.726		
Time:	23:24:29		BIC	402.681		
Sample:	01-01-2010		HQIC	397.913		
	- 01-01-2023					
Covariance Type:	opg					
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
PRODUCCION	5661.5946	1.35e+04	0.418	0.676	-2.09e+04	3.22e+04
PIB	-46.5571	53.557	-0.869	0.385	-151.528	58.413
PRECIO	4.483e+04	7487.814	5.987	0.000	3.02e+04	5.95e+04
POBREZA	1.244e+04	1.05e+04	1.181	0.238	-8207.294	3.31e+04
ar.L1	-0.4205	4.204	-0.100	0.920	-8.660	7.819
ma.L1	0.4030	4.245	0.095	0.924	-7.917	8.723
sigma2	1.891e+11	0.001	1.93e+14	0.000	1.89e+11	
Ljung-Box (Q):			32.87	Jarque-Bera (JB):		
0.22				0.00		
Prob(Q):			0.00	Prob(JB):		
0.90						
Heteroskedasticity (H):			13.20	Skew:		
-0.28						
Prob(H) (two-sided):			0.03	Kurtosis:		
2.69						

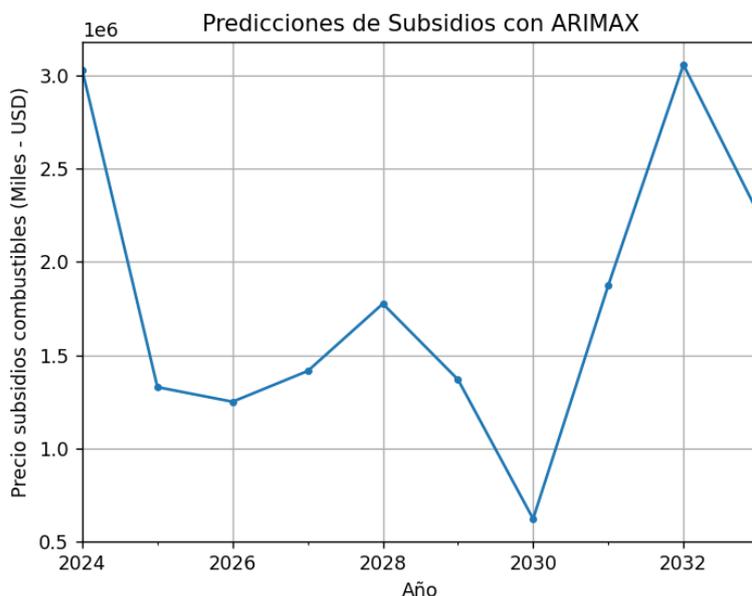
El análisis de la variable "SUBSIDIO" (ver figura 5) mediante un modelo ARIMA(1, 1, 1), utilizando datos recopilados a lo largo de 14 años (enero de 2010 a octubre de 2023), reveló un ajuste robusto del modelo. Este hallazgo se sustenta en la alta verosimilitud logarítmica y un valor de AIC de 399, indicativos de un equilibrio adecuado entre precisión y complejidad del modelo. Sin embargo, el BIC de 403 sugiere una penalización adicional por la complejidad del modelo.

La estimación de los errores estándar de los coeficientes se realizó utilizando una matriz de covarianza "opg". Los diagnósticos de autocorrelación (prueba Ljung-Box) y normalidad de los residuos (prueba Jarque-Bera) resultaron satisfactorios, al no mostrar autocorrelación significativa y seguir una distribución normal, respectivamente. No obstante, la prueba de heterocedasticidad reveló una varianza no constante en los residuos del modelo.

Los coeficientes del modelo, sus errores estándar y las estadísticas z indicaron que la mayoría de los coeficientes son estadísticamente significativos ($p < 0.05$), lo cual fortalece la confianza en la capacidad predictiva del modelo para los subsidios futuros.

Figura 6

Resultados Predicciones



Con el análisis de los resultados del modelo ARIMAX (ver figura 5) se ha obtenido las siguientes predicciones (ver figura 2 y 6). Para los años 2025, 2026, 2029, 2030 se evidencia una reducción en los subsidios de combustibles a consideración de los años 2027, 2028, 2029, 2031, 2032, 2033 donde la tendencia es creciente alcanzando un pico de subsidio de 3,06 mil millones de USD en 2032.

Los subsidios de combustibles siguen un patrón cíclico a lo largo del tiempo, con fases de reducción seguidas de períodos de aumento. Este ciclo sugiere que existen fluctuaciones significativas en la política de subsidios, influidas por factores económicos y políticos que van ir marcando los valores subsidiados de los combustibles.

CONCLUSIONES

El análisis del modelo ARIMAX revela un patrón cíclico en los subsidios de combustibles, caracterizado por fases alternas de reducción y aumento a lo largo del tiempo. Estas fluctuaciones reflejan la influencia de factores económicos y políticos en las decisiones de política de subsidios. Comprender y gestionar estas variaciones es crucial para asegurar una política energética sostenible y estable, adaptada a las condiciones cambiantes del mercado y las necesidades socioeconómicas.

Mediante los valores recopilados de las diferentes instituciones gubernamentales en el período de 2010 al 2023, nos permitió predecir el comportamiento de los subsidios en los

siguientes 10 años. Se observó que estos subsidios están asociados con un aumento en el consumo de combustibles, el crecimiento del PBI, los índices de pobreza y el precio del crudo marcador de petróleo WTI. También se evidenció un aumento en la dependencia del gobierno de los ingresos petroleros, presiones inflacionarias y distorsiones en la asignación de recursos.

Los subsidios se constituyen en un factor importante para el desarrollo del país, pero deben estar bien focalizados en áreas específicas como se han detallado en trabajos relacionados. La propuesta estipulada en función a la data pública recopilada por fuentes como EP Petroecuador, datos proporcionados por el Ministerio Energía y Minas y Banco Central del Ecuador; han generado los siguientes datos mostrados en la figura 9.

Los criterios AIC y BIC son fundamentales para evaluar modelos ARIMAX, proporcionando métricas objetivas que balancean el ajuste del modelo y su complejidad. El AIC favorece modelos con mejor ajuste relativo, considerando la cantidad de parámetros, mientras que el BIC penaliza más la complejidad, promoviendo modelos más simples y generalizables. La diferencia entre AIC y BIC es crucial, una pequeña diferencia (en nuestro caso 4 unidades) sugiere que la complejidad adicional podría no ser justificada por una mejora significativa en el ajuste, mientras que una diferencia más amplia indica una preferencia clara por modelos más simples según el BIC.

REFERENCIAS

- D. J. Espinoza and C. J. Viteri, “Análisis económico de la eliminación del subsidio de la gasolina súper en el Ecuador,” *Revista ES- PACIOS*, vol. 40, no. 24, jul. 2019. [Online]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a19v40n24/19402408.html>
- F. Schaff Itzel, M. Jakob, R. Soria, A. Vogt-Schilb, and H. Ward, “Can Government Transfers Make Energy Subsidy Reform Socially Acceptable? A Case Study on Ecuador,” IDB Publications, Jun. 2019. [Online]. Available: <https://publications.iadb.org/en/can-government-transfers-make-energy-subsidy-reform-socially-acceptable-case-study-ecuador>
- A. D. Ramírez-Asanza and J. A. Campuzano- Vásquez, “Subsidio a los combustibles e incidencia sobre el IPC: Caso Ecuador, período 2000–2020.” *Portal de la Ciencia*, vol. 4, no. 3, pp. 286–303, Sep. 2023. [Online]. Available: <https://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/portal/article/view/392>
- o. Fernando A. Muñoz-Miño, “Subsidios a los combustibles en Ecuador: elementos y dimensiones para una discusión argumentada. 2018. [Online]. Available: <https://ecuador.fes.e/newslis/e/subsidios-a-los-combustibles-en-ecuador-elementos-y-dimensiones-para-una-discusion-argumentada.html>
- I. P. Ventosa, A. M. Sojos, Z. V. d. Pozo, G. C. Vela, and P. Rivera, “Subsidios a los combustibles fósiles en Ecuador : diagnosis y opciones para su progresiva reducción,” *Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica*, vol. 28, pp. 87–106, Jul. 2018. [Online]. Available: <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/338980>
- M. de Economía y Finanzas, “Subsidios proforma presupuestaria 2023,” Oct. 2022. [Online]. Available: <https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/10/Anexo-3-Subsidios-2023.pdf>
- G. Poveda Burgos, F. Carrillo Pérez, and F. Castro Torres, “Impacto social ante eliminación del subsidio a los combustibles en Ecuador,” *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, no. Agosto, Aug. 2018. [Online]. Available: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/08/eliminacion-subsidio-combustibles.html>
- M. B. D. G. Mendoza Carhuapuma Renso Emerso, “Comparación de Modelos de Pronóstico Arima y Arimax, para reconocer el impacto en las exportaciones del Perú, ante la actual "Guerra comercial EEUU-CHINA,” 2019. [Online]. Available: <https://fieecs.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2020/01/Comparaci%C3%B3n-de-modelos-de-pr%C3%B3nóstico-Arima-y-Arimax.pdf>