

RELACIÓN ENTRE EL PIB, LA ELECTRICIDAD Y LA ECONOMÍA SOMBRA EN BOLIVIA
RELATIONSHIP BETWEEN GDP, ELECTRICITY AND THE SHADOW ECONOMY IN BOLIVIA

Tatiana Z. Duran Ayoroa

Programa Doctoral en Economía y Administración
Universidad Privada Boliviana

tatianaduran@upb.edu

(Recibido el 03 de agosto 2021, aceptado para publicación el 08 de noviembre 2021)

RESUMEN

Se estima la magnitud de parte de la economía no registrada o sombra en Bolivia que está relacionada con el cultivo de hojas de Coca. El análisis se basa en datos de demanda eléctrica, PIB y producción de hoja de coca extraídos de UNODC[1], BID[2] y EIA[3], respectivamente. El modelo se basa en la existencia de una relación directa entre la actividad económica y la demanda eléctrica. La actividad económica tiene dos variables, una la economía formal que se cuantifica por el PIB de un país y la economía no registrada o sombra que no es cuantificable directamente. Así este trabajo cuantifica parte de la economía no registrada que se relaciona con el nivel de producción de hoja de coca.

Palabras Clave: Relación Electricidad – PIB, Cultivos de Coca, Economía Sombra, Economía No Registrada, Bolivia.

ABSTRACT

This document will estimate the dimension of part of the unregistered or Shadow economy in Bolivia that is related with the coca leaf crops. The analysis is based on data for electricity demand, GDP and coca leaf production extracted from UNODC[1], BID[2] and EIA[3], respectively. The model is based on the existence of a direct relationship between economic activity and electricity demand. Economic activity has two variables, the formal economy that is quantified by the GDP of a country and the unregistered or shadow economy that is not directly quantifiable. Thus, this work quantifies part of the unregistered economy that is related to the coca leaf production.

Keywords: Relationship Electricity GDP, Coca Leaf Crops, Shadow Economy, Unregistered Economy, Bolivia.

1. INTRODUCCIÓN

Bolivia cuenta con una amplia economía sombra en la región y el mundo [4], la definición del término economía sombra varía de autor a autor pero se puede comprender según Benkraiem como actividades ilegales y actividades legales no declaradas [5]. De acuerdo a Schneider, 62.28% de la actividad económica boliviana es relacionada con actividades de economía sombra en el año 2007. Bolivia es uno de los países con mayores niveles de economía sombra en el mundo. Esta característica, es permanente en el tiempo, pues nótese que este estudio se realizó en tres etapas: uno del año 1993 al 2007 [6] una segunda actualización 1993-2013 [7] y por último se tomó datos de los años 1993-2015 [8]. Los resultados para Bolivia son siempre similares.

La economía sombra definida en el párrafo anterior, es una forma de definir el conjunto de actividades informales en la economía. Según Benkraiem existen varias definiciones de economía informal, como economía no registrada, subterránea o economía sombra que coexisten en la literatura económica. Normalmente, se pueden distinguir dos categorías de actividades: actividades ilegales y actividades legales no declaradas [5]. En el presente documento se utiliza la definición de economía “no registrada” como el conjunto de actividades informales y se desea estimar la magnitud de la misma utilizando la producción de hoja de coca, el PIB en precios constantes y el consumo de la Energía Eléctrica como variables fundamentales. Si bien existen estudios que analizan la relación entre la electricidad y el PIB [9], en la literatura académica no se cuenta para Bolivia con una cuantificación de la relación entre la electricidad y la producción de hoja de coca.

La estrategia de este trabajo consiste en determinar y verificar el impacto del crecimiento de la demanda eléctrica en el PIB, así como la correlación entre la demanda de electricidad y la cantidad de hectáreas cultivadas de coca en el periodo 1981-2016. Para estimar estas relaciones se postula un modelo auto-regresivo de rezagos distribuidos (ARDL) que permite medir la relación entre las tres variables, donde la Energía Eléctrica es utilizada como variable dependiente, y el PIB y las hectáreas de hoja de coca son consideradas como variables independientes.

Entre los resultados principales se encuentra que las variables de Electricidad y hectáreas de coca están correlacionadas en Bolivia a través de una elasticidad de 0,042; esto indica que una variación de las hectáreas de coca de 1% está

asociada con una variación de 0.042% en la demanda de electricidad. Este resultado es robusto ante diferentes especificaciones del modelo empleado para estimar esta elasticidad.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A continuación, se hace un desglose de las variables más importantes que se utilizarán en el trabajo de investigación, como la relación que existe entre la Electricidad y el PIB en Bolivia, definición de la economía sombra sus bases teorías y formas de medición directa e indirectas, la relación de la hoja de coca con el narcotráfico en Bolivia. Estas variables permiten desarrollar el modelo del trabajo donde se relaciona la electricidad como variable dependiente, el PIB y las hectáreas de hojas de coca como variables independientes que afectan a la economía sombra.

2.1. Economía Sombra o economía no registrada

Según Alm y Embaye [10], la economía sombra o economía no registrada incluye a todos bienes y servicios de mercado (legales o ilegales) que escapan a la inclusión en cuentas oficiales. La economía no registrada se considera un buen medio para el lavado de dinero, con la conversión de ingresos criminales a formas que le permiten al infractor gastos e inversiones sin restricciones, habiendo sido una preocupación constante para el estado desde al menos los primeros días de la mafia estadounidense [11].

El lavado de dinero y las medidas para contrarrestarlo se han convertido en el foco de un intenso esfuerzo internacional. La evaluación de los costos y beneficios de los recursos de las contramedidas depende en parte de una comprensión de los efectos macroeconómicos del lavado de dinero por la amplia gama de actividades e instrumentos financieros implicados en el manejo de dinero. El lavado no es directamente observable, y las estimaciones integrales basadas en datos microeconómicos son difíciles de compilar. El foco de la investigación se centrará en la mayoría de los factores empíricos de trabajo [12], es decir, técnicas indirectas de base macroeconómica que involucran la estimación del alcance del lavado de dinero.

La literatura económica sugiere que el lavado de dinero puede distorsionar los datos económicos, y así distorsionar el análisis macroeconómico y la formulación de políticas [13]. Además, puede haber efectos directos en el ahorro que resultan de cambios inducidos en la distribución del ingreso y de la erosión de la confianza en los mercados financieros [12].

Para la estimación de la economía sombra se desarrollaron varios modelos directos e indirectos [14], [15]. El modelo MIMIC es un modelo directo, trata de determinar la economía no registrada como una variable latente, que existe y que está determinada linealmente, sujeta a una perturbación por un conjunto de causas exógenas de variables observables como: presión fiscal, tasa de desempleo, subsidios, empleo en el gobierno y presión regulatoria [13], [16].

Uno de los modelos indirectos que han sido relacionados con algunos trabajos es el consumo de energía y el desempeño económico en la ex unión soviética la relación que presenta, el modelo explica como el desempeño económico está relacionado con el consumo Eléctrico y como puede ayudar a medir la economía sombra [17], [18].

Este modelo es criticado por que debe cumplir ciertas relaciones para que pueda ser aplicado en un país y no se puede replicar en todos los países [19]. En Bolivia esta relación puede ser estimada por que existe una alta relación entre el PIB con la Electricidad, lo que permite utilizar este modelo indirecto para estimar parte de la economía sombra relacionada con las hojas de coca.

2.2. Relación Electricidad –PIB

La primera investigación para demostrar una relación entre el consumo de energía eléctrica y el PIB fue realizada por Kraft & Kraft [20], en ésta investigación se analizó y se relacionaron el consumo de energía y el PIB de Estados Unidos.

Dependiendo del país y los cálculos que se efectúen se debe entender la relación causal entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico [21], [22]. Y si proporciona una base para la discusión sobre el diseño apropiado e implementación de políticas ambientales y energéticas [23], [24] y [25]. No es sorprendente que los resultados empíricos hayan dado resultados mixtos en términos de las cuatro hipótesis (crecimiento, conservación, neutralidad, y retroalimentación) relacionados con la relación causal entre la electricidad, consumo y crecimiento económico [23].

En lo empírico, los resultados pueden atribuirse a la selección de variables, especificaciones del modelo, períodos de tiempo de los estudios y enfoques econométricos emprendidos [26] también se revisaron casos de ejemplos de países en vías de desarrollo, otros desarrollados y se definió que dependiendo del país, no todos cumplen con esta relación [27], [25].

Las relaciones del PIB y la Demanda Eléctrica de Bolivia están demostradas en la publicación de Campo y Sarmiento [28] donde se demuestra la relación que tiene Bolivia con respecto a la electricidad y el PIB del país. También se desarrolló un documento donde se analiza y se explica la relación entre la economía sombra y la demanda de la electricidad en Bolivia que demuestra que existe una relación [5].

2.3. Cultivos de Coca y narcotráfico

En los últimos años, Bolivia se ha convertido en uno de los países más citados por su relación con la coca (*Erythrocylon coca*), el cultivo, preparación de coca y tráfico de pasta de coca y cocaína. clorhidrato [29].

Históricamente, la coca ha sido parte de la economía andina, y el indio peruano siempre ha estado ligado a la producción de la coca y al consumo de las hojas. Ya en 1800 A.C., los habitantes de la costa pacífica peruana se encontraban masticando coca, producida en las selvas tropicales. Este tradicional intercambio ecológico. Se basó en patrones de reciprocidad entre poblaciones con agricultura de subsistencia [30].

Bolivia tiene una relación con la hoja de coca y con el lugar e importancia de la hoja de coca en el comercio mundial, es decir, su relación con el sistema-mundo, de acuerdo a los términos de Immanuel Wallerstein [31], no es reciente y tiene distintos momentos. Sin duda, el inicial se remonta a la época colonial cuando empieza a ser cultivada en grandes haciendas por comerciantes españoles en los Andes con el objetivo de proveer de la misma a las minas de plata de Potosí, donde la población indígena estaba forzada para realizar la explotación del mineral y una forma para mantener a los trabajadores, es que éstos precisan del consumo de hojas de coca para resistir las largas y pesadas jornadas de trabajo [32].

En la segunda parte del siglo XIX, según Vazualdo [32] se aplica procedimientos químicos a la hoja de la coca y se deriva la cocaína, con metas medicinales en principio, pero pronto destinada a ser un estupefaciente recreacional de comercio y producción ilegal. Con estos últimos acontecimientos se origina la prohibición del comercio y consumo de coca por parte de las Naciones Unidas en base al Informe de la Comisión de Estudio de las hojas de coca, llevado adelante por esta entidad en 1950 [33]. En Bolivia durante el año 1986 se generaron leyes con mayor precisión y mucho más fuertes que obligaban y tenían como responsabilidad, llevar efectivamente el control del cultivo de coca asignando un límite de 12 000 hectáreas para la producción legal de hoja de coca [34], [35].

El cultivo de la coca y las cantidades asignadas son consideradas legales en ciertas zonas de Bolivia, se considera como ilegal la fabricación de la cocaína y la producción en tierras que no han sido autorizadas y que se encuentran fuera de las áreas asignadas [36].

El efectivo obtenido de la producción ilegal de coca o procesamiento de cocaína, muestra una relación similar a las remesas, es decir, el efectivo que obtienen por un empleo fuera del territorio y la economía tradicional de su familia o grupo, regresa a gastarse en casa. Principalmente para embellecer o mejorar equipamiento de una vivienda existente. La mayor parte del efectivo restante se gasta en ropa, pago de deudas, electrodomésticos y bienes percibidos como "de lujo" [37].

Según el Centro Latinoamericano de Investigación Científica CELIN BOLIVIA[34], se realizó una investigación sobre el consumo tradicional asignado para este propósito una cantidad de 9 087,9 toneladas métricas equivalentes a 5 148,8 hectáreas de cultivo de coca para el año 2000 [35].

3. MODELO DE ANÁLISIS E HIPÓTESIS

La ilustración de la Figura 1 describe la relación básica que se desea mostrar: si la relación del PIB en Bolivia relacionado con la demanda de energía Eléctrica y, si se puede evidenciar que existe el efecto de la economía no registrada, generando un excedente en consumo de energía eléctrica.

3.1. Desarrollo de Conceptos y Formulación de Hipótesis

La relación de la demanda de la electricidad está dada en Bolivia: a medida que la actividad económica de un país crece, también su demanda de electricidad.

En algunos países como es el caso de Bolivia la actividad económica que es generada en el país está dada por dos partes una parte formal que puede ser cuantificada por el PIB del país y una parte informal que es la economía no registrada, pero el efecto en la demanda de electricidad es el mismo, la suma de la actividad económica formal y la actividad económica informal o economía sombra es al final la demanda eléctrica del siguiente año. Esta relación fue primeramente propuesta con Dobozi y Pohl 1995 proponiendo una estimación de economía no registrada de la ex Unión Soviética utilizando el PIB y el consumo de electricidad [17].

esta actividad agraria impulsa otros componentes que a su vez incrementan su requerimiento de demanda eléctrica dentro de Bolivia.

El modelo fundamental para el análisis es el siguiente:

$$\text{electricidad}_t = f(\text{PIB}_{t-1}, \text{coca}_t, \text{D1}) + \varepsilon_t \quad (1)$$

donde la electricidad del periodo t está en función al PIB de un periodo anterior, la producción de hectáreas de hojas de coca y una variable dummy denotada por D1. Específicamente, en la ecuación (1), las variables están definidas de la siguiente manera:

- Electricidad = Primera diferencia del logaritmo Demanda Eléctrica del periodo t
- PIB= Primera diferencia del logaritmo PIB del año anterior t-1
- coca= Primera diferencia del logaritmo Hectáreas de cultivo de coca año t
- D1=Variable dummy que toma el valor de 1 si el periodo t presenta un crecimiento económico atípico definido como una tasa fuera el rango intercuartílico de la serie de crecimiento entre 1981 y 2016
- ε = Término de error

$$\text{electricidad}_t = c + \beta_1 \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \text{coca}_t + \beta_3 \text{D1}_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Como una prueba de robustez, se considera un modelo alternativo que incluye, además, variables de control adicionales para comprobar si la variable de hectáreas de hoja de coca sigue siendo relevante. La inclusión de estas variables permite, en cierta medida, de mitigar posibles sesgos en los parámetros debidos a variables omitidas. A continuación, se describen las siguientes variables de control:

- N= Primera diferencia del Logaritmo Desempleo
- T= Primera diferencia del Logaritmo Presión Fiscal
- u_t = Término de error

$$\text{electricidad}_t = c + \beta_1 \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \text{coca}_t + \beta_3 \text{D1}_t + \beta_4 \text{N}_{t-2} + \beta_5 \text{T}_{t-2} + u_t \quad (3)$$

Al comparar la estabilidad de los coeficientes β_1 y β_2 estimados en ambos modelos, se presenta evidencia de la robustez de los mismo. Para complementar se desarrollaron dos modelos adicionales con el cambio de la variable de coca por la variable de coca_x que corresponde a sólo las hectáreas excedentarias de hoja de coca.

Se han elegido como variables de control, la variable de desempleo y la variable de presión fiscal debido a que en el modelo MIMIC[15] influyen en la estimación de la economía no registrada ayudando a disminuir el problema de variable omitida. Otra de las razones por las que se han elegido estas dos variables es porque se tiene disponibilidad de información de estas variables a lo largo de la serie del modelo, para el desempleo se intentó utilizar otras variables del mercado laboral en Bolivia como la variable de informalidad que podría brindar una medición más exacta pero lamentablemente sólo se tienen datos registrados desde el año 2000 [43] y se miden con las encuestas de hogar, las mismas antes de este periodo no se realizaban anualmente.

4. DATOS

Para el desarrollo de este trabajo se cuenta con una serie histórica para Bolivia de 1981 al 2016 de datos de demanda de energía eléctrica,[3] una serie histórica del PIB a precios constantes [2] y por último una serie correspondiente al número de hectáreas de cultivo de hoja de coca del país [1].

Para las variables de control se tiene una serie de desempleo [44] y de presión tributaria [45], [46], [47]. Los datos son anuales. Si bien existen estudios que analizan la relación entre la electricidad y el PIB, [9] en la literatura no se cuenta con una relación entre la electricidad y la producción de coca.

Así, en este trabajo se efectúan estimaciones para determinar cuál es el impacto del crecimiento de la demanda eléctrica y si evidentemente o no, se puede obtener la relación en algún nivel de correlación entre la electricidad y la cantidad de hectáreas cultivadas de coca.

La información obtenida para el desarrollo del trabajo, se ha realizado como resultado de investigaciones y la recolección de datos utilizando fuentes fiables, los datos que se recolectaron en series anuales del 1981 a 2016 fueron: Energía eléctrica Energía (GWh) en gigawatios, PIB (Bs. 1990) y hectáreas de producción de hoja de coca se utiliza la variable en hectáreas para evitar la multicolinealidad [48] con el PIB, porque parte de la producción de coca es comercializada legalmente y está registrada en unidades monetarias en la variable del PIB.

Según estudios sobre la demanda de energía eléctrica de Bolivia, existe una alta correlación entre el PIB de Bolivia y la demanda de energía eléctrica para el siguiente año [49]. Sin embargo, analizando los datos se puede observar que como efecto de profundos y grandes cambios que se realizaron en Bolivia, el comportamiento de la demanda eléctrica debería tender a disminuir durante ciertos periodos, pero por las características intrínsecas del caso boliviano, en esos años la demanda de energía eléctrica sigue con una tendencia de crecimiento. Estando al mismo tiempo altamente relacionada con la producción de coca.

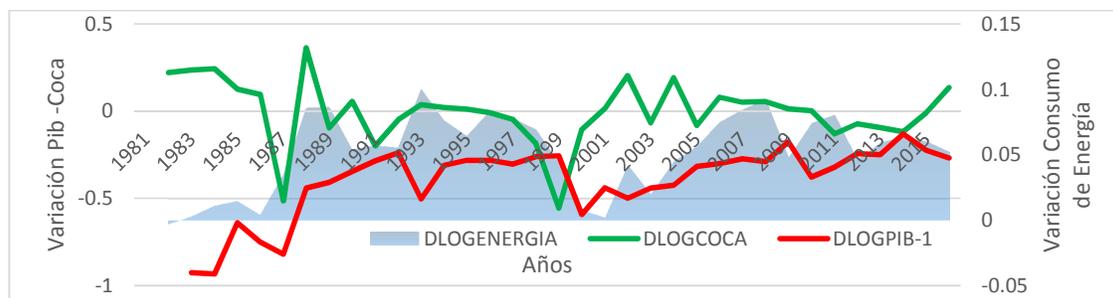


Figura 3– Relación de Primera Diferencia del Logaritmo serie de COCA-Energía-PIB Bolivia

Fuente: Elaboración propia en base a datos UNODC, BID y EIA.

Como se puede apreciar en la Figura 3, los años ochenta, donde Bolivia sufrió un periodo de hiperinflación y crisis económica, el consumo de energía continuó con una tendencia positiva. Otro de los periodos importantes es el 2002 – 2008, donde se tuvo una tendencia positiva en el consumo de energía. Estos datos permiten investigar y realizar un análisis de este incremento y las causas del porqué la demanda de energía eléctrica sigue una tendencia de crecimiento durante esos años, y se pone en consideración: si será a causa del efecto por el impacto de la economía no registrada o economía sombra, que conduce a formular uno de los puntos más relevantes y críticos a mencionar, por considerarse como parte de la economía informal, al narcotráfico que se encuentra relacionado a la producción de hoja de coca; en este sentido se puede observar que existe una tendencia muy marcada que relaciona los niveles que se presentan, mientras más hectáreas de producción de coca existen, mayores son las posibilidades de narcotráfico ambas con tendencia a incrementarse en el tiempo.

En este estudio se analiza la existencia de una relación de corto plazo entre la demanda de electricidad y los cultivos de hoja de coca. Mediante este análisis estadístico se pretende aproximar cuál es la proporción de la economía no registrada que se encuentra relacionada con la hoja de coca. Nótese que Bolivia figura como uno de los principales productores de hoja de coca según el informe de 100 años de la UNODC [50].

Existe un estudio del Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia que toma como base la Proyección de la Demanda de Energía Total del Sistema. En ese estudio la proyección se basa en la relación que existe entre el PIB y la demanda de energía. Esta relación supone un equilibrio de largo plazo entre la tasa de crecimiento del PIB y la demanda de energía eléctrica. Asimismo, para suavizar el efecto de la magnitud de las variables y facilitar la interpretación de los resultados se obtienen series expresadas en logaritmo natural [49].

Los resultados del modelo muestran que por cada 1% de crecimiento que tenga el PIB, la demanda crecerá con una elasticidad del orden de 1,4 [49].

Las relaciones de Bolivia están demostradas en la publicación de Campo y Sarmiento [28] donde demuestra un relación que tiene Bolivia con respecto a la electricidad y el PIB del país. También se desarrolló un documento donde se explica la relación entre la economía sombra y la demanda de la electricidad en Bolivia que demuestra que existe una relación según Benkraiem, Lahiani, Miloudi, y Shahbaz [5].

5. ANÁLISIS

5.1. Metodología

En este trabajo no se han elaborado relaciones estadísticas de largo plazo ya que se cuenta con una muestra limitada al contar con datos anuales, este tamaño de la muestra no permite aplicar pruebas y métodos elaborados. El test de cointegración de Johansen tendría muy bajo poder y sus conclusiones no serían confiables. De igual manera realizar un modelo de corrección de errores para analizar las relaciones de largo plazo tendrían un sesgo considerable de muestras finitas.

Además la serie de la hoja de coca en Bolivia recién empezó a tomar relevancia a partir de los años 1980s no se cuentan con datos más antiguos a esta fecha para desarrollar series de largo plazo. Por ello en este trabajo se estima un modelo de rezagos autodistribuidos (ARDL) que permite capturar de manera eficiente las dinámicas en el tiempo de las variables a ser analizadas. Por todo lo anteriormente expuesto se ha fijado el horizonte del presente trabajo al corto plazo.

En este modelo ARDL, las pruebas convencionales de especificación basadas en el criterio de Akaike sugieren que el PIB debería entrar al modelo con un rezago. Las pruebas de bondad del modelo, de residuos blanco, corroboran esta especificación, véase la Figura 3.

Los pasos realizados en el presente análisis son:

- a) Los datos fueron convertidos en logaritmos, para que las estimaciones tengan las propiedades deseadas, [51] para estabilizar las varianzas de las series a lo largo del tiempo y además tener rangos de variación comparables entre series y se trabajó con la primera diferencia. Esto para lograr que las series sean estacionarias.
- b) Se realizó la prueba de raíz unitaria de las variables para verificar que sean estacionarias, véase la Tabla 1.
- c) Las estadísticas descriptivas sugieren que existe una correlación entre las variables PIB y electricidad, y entre las variables producción de coca y electricidad.
- d) Tomando estos resultados se realizó una estimación del efecto de la variación de parte de la economía no registrada y su efecto en el crecimiento de la Demanda Eléctrica.
- e) Utilizando variables que están relacionadas con el modelo MIMIC se introdujeron las mismas en el modelo para corroborar si la relación de la hoja de coca cambia con nuevas variables de control como el desempleo y la presión tributaria.
- f) Se realizaron las interpretaciones, análisis, conclusiones y recomendaciones.

5.2. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la estructura de análisis descrita en el párrafo anterior.

- a) Como se observa en la Tabla 1, la prueba de raíz unitaria de las variables del estudio, de la primera diferencia de logaritmo de producción de coca, PIB y consumo de electricidad, y las variables de control de la primera diferencia de logaritmo de desempleo y de la variable de la primera diferencia del logaritmo de presión fiscal se sugiere que todas las variables son estacionarias.

TABLA 1 - TABLA DE RESULTADOS RAÍZ UNITARIA PRIMERA DERIVADA DEL LOG DE LAS VARIABLES COCA, ENERGÍA, PIB, DESEMPLEO Y PRESIÓN FISCAL

Descripción	Variable	t-Statistic Prob.*	Augmented Dickey-Fuller test statistic	Valores Críticos Test:		
				1% nivel	5% nivel	10% nivel
Hectáreas de Coca	Coca	0.0000	-6.458442	-3.588509	-2.929734	-2.603064
Hectáreas de Coca Excedentaria	Coca_x	0.0008	-4.606772	-3.639407	-2.951125	-2.614300
Consumo Energía Eléctrica	ENERGÍA	0.0571	-2.88956	-2.951125	-2.6143	-2.88956
PIB	PIB	0.0710	-1.783441	-2.619851	-1.948686	-1.612036
Variables de Control						
Desempleo	N	0.0000	-6.553.829	-3.639.407	-2.951.125	-2.614.300
Presión Fiscal	T	0.0002	-5.061.554	-3.639.407	-2.951.125	-2.614.300

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fuente: Elaboración propia en base a datos UNODC, BID y EIA.

- b) Como se puede apreciar en la siguiente tabla los resultados de Bolivia muestran que la correlación entre las variables Energía y Coca existe una correlación de -0.7023 La correlación entre la energía y el PIB es de 0.9985 como se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2: TABLA DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

	Energía	Coca	PIB
Energía	1.0000		
Coca	-0.7023	1.0000	
PIB	0.9985	-0.7196	1.0000

Fuente: Elaboración propia en base a datos UNODC, BID y EIA.

- c) Verificada la correlación entre la variable PIB, Electricidad y la coca, se procedió a realizar la estimación del modelo ARDL descrito anteriormente. Siguiendo a Campo y Sarmiento [28] se tuvo que incluir variables categóricas dummies, para el tratamiento de datos atípicos en la estadística en la historia Bolivia. Este análisis permitió ajustar el modelo con el cumplimiento de pruebas de bondad y ajustes del modelo. Las variables dummy tuvieron el valor de uno para los periodos de la economía en el que Bolivia tiene efecto de crisis económica.

Para la regresión se utilizó la variable D1 con 5 dummies, primeramente el año 1987 donde Bolivia pasa por un periodo de cambio con la implementación de las leyes 1008 y la ley 843, además de cambiar la moneda de Pesos a Bolivianos [52] [53], el siguiente periodo considerado como variable dummies es el año 1993 de elecciones [54], el año 1997 por las elecciones nacionales que se llevaron a cabo ese año [54], 2001 comienzo de la recesión generalizada en todos los sectores [55] 2011 elecciones judiciales por primera vez en Bolivia [56].

Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 3.

$$\text{electricidad}_t = c + \beta_1 \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \text{coca}_t + \beta_3 \text{D1}_t + \beta_4 \text{N}_{t-2} + \beta_5 \text{T}_{t-2} + u_t$$

TABLA 3 - RELACIONES DE PIB, COCA, ELECTRICIDAD Y VARIABLES DE CONTROL DE BOLIVIA

		(1)	(2)	(3)	(4)
		Energía	Energía	Energía	Energía coca Excedentaria
			Con variables de control	Coca Excedentaria	Con variables de control
PIB	β_1	0.777***	0.647***	0.760***	0.644***
		[0.541,1.012]	[0.407,0.888]	[0.521,1.000]	[0.386,0.902]
Coca	β_2	0.0415**	0.0658***		
		[0.00528,0.0776]	[0.0315,0.100]		
D1	β_3	0.0396***	0.0346***	0.0374***	0.0325***
		[0.0224,0.0567]	[0.0191,0.0502]	[0.0202,0.0546]	[0.0160,0.0490]
Coca_x	β_2			0.0245*	0.0381***
				[-0.000889,0.0498]	[0.0133,0.0630]
N	β_4		-0.0202**		-0.02*
			[-0.0399,-0.000536]		[-0.0414,0.00139]
T	β_5		0.0333***		0.0290**
			[0.0123,0.0543]		[0.00690,0.0511]
cons	c	0.0279***	0.0306***	0.0289***	0.0314***
		[0.0183,0.0374]	[0.0213,0.0400]	[0.0192,0.0385]	[0.0214,0.0415]
N		34	33	34	33
adj. R-sq		0.622	0.696	0.604	0.65
Dw		1.803	1.956	1.677	1.778

95% confidence intervals in brackets

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Fuente: Elaboración propia en base a datos UNODC, BID, BCB y EIA.

En la Tabla 3 se presentan cuatro modelos, el primero son las variables básicas (Energía, Coca y PIB) con las variables Dummies D1 y el segundo es el modelo utilizando las variables básicas adicionando las variables de control como el desempleo N y la presión Fiscal T que tienen un efecto de retardo de dos periodos.

El modelo 3 y 4 considera la variable de coca, pero solamente las hectáreas excedentarias según la ley 1008 aplicada desde el año 1988 sólo se deberían permitir en el territorio de Bolivia 12 000 Hectáreas de cultivo el resto de cultivos son considerados excedentarios [57] [34].

Para el modelo 1 y 2 las pruebas de bondad de ajuste, de residuos ruido blanco, sugieren que el modelo ARDL fue correctamente especificado. Asimismo, se puede apreciar que las probabilidades se encuentran por debajo de 0.05 y son estadísticamente significativas al 95 % de confianza. Mostrando un estadístico de Durbin-Watson (Dw) cercano a 2. Los modelos presentan un correlograma con valores cercanos a cero en los dos modelos.

Para el modelo 3 y 4 las pruebas de bondad de ajuste, de residuos ruido blanco, sugieren que el modelo ARDL fue correctamente especificado. Pero existe un cambio en la variable de Coca excedentaria en el modelo 3 y la variable de desempleo en el modelo 4 genera una probabilidad por debajo de 0.10 y mayor a 0.05 y son estadísticamente significativas al 90 % de confianza. Los modelos presentan un correlograma con valores cercanos a cero en los dos modelos. A pesar del cambio de la variable de coca a solo coca excedentaria el modelo sigue siendo significativo y el cambio es mínimo.

- d) Utilizando los resultados, se realizó una estimación del efecto de la variación de la economía no registrada y su incidencia en el crecimiento de la Demanda Eléctrica durante estos periodos.

Tomando en cuenta las tres relaciones se realizó la estimación, planteándose la siguiente pregunta ¿Qué pasaría si la coca crece en 1% y el PIB no tiene crecimiento?

La respuesta a la pregunta planteada, se pudo estimar en el modelo 1 que Bolivia muestra incidencia, ante un cambio del 1 % de coca, su consumo de electricidad varía en 0.0415%, con un 95% de confianza estadística, se encuentra también relacionado con la economía no registrada del país, que se genera en la misma proporción.

En el modelo 2 donde se implementaron variables de control, como el desempleo y la presión fiscal de Bolivia, se muestra si existe sesgo por variable omitida, observamos que el coeficiente de la coca aumenta y mejora el modelo por tanto ante un cambio del 1 % de coca, el consumo de electricidad varía en 0.0658%, a un 99% de confianza estadística. Por tanto, se captura consistentemente un efecto de la coca sobre la electricidad asociado con parte de la economía no registrada.

Por el comportamiento económico que tuvo en los años 80, el país obtuvo un decrecimiento económico negativo como consecuencia de una crisis económica profunda por las presiones de los sectores sociales y bajo una inflación galopante y la falta de ingresos.

Como se observa en la Figura 3, Bolivia mostró un crecimiento económico negativo por diferentes razones, pero en la mayoría de los años donde se registró picos en la variación de producción de coca también hubo variación en el consumo de energía, estos resultados nos permiten considerar que se podría inferir, que parte de la economía no registrada está relacionada con el lavado de dinero con fondos extranjeros que ingresan a la economía Boliviana de manera ilegal generando ese crecimiento en los años específicos que están relacionados con la producción de la hoja de coca.

Considerando los parámetros descritos es necesario, realizar un análisis y una estimación de los efectos en las relaciones que se generan con el consumo de la energía eléctrica. Tanto los datos de energía como los del PIB son datos públicos y no pueden ser modificados; en cambio no se tenía acceso al efecto que generaba la economía sombra [42]; consiguientemente con este análisis se aproxima el efecto de la economía no registrada en el desarrollo económico, entonces se puede inferir que si la coca genera un cambio en el porcentaje de consumo de energía eléctrica también generaría el mismo cambio en el crecimiento del PIB por la existencia de la relación que tienen las variables PIB y electricidad.

6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones a las que llega el presente estudio se mencionan a continuación.

El resultado de los análisis efectuados muestran que la electricidad y el PIB en Bolivia se encuentran altamente correlacionados [58]. Al igual que la variable de electricidad y hectáreas de coca, las mismas que están correlacionadas con una mayor incidencia en Bolivia.

La parte de la economía no registrada no sólo está influenciada por el narcotráfico [42], [13].

Analizando los resultados de datos en los años donde se muestra que la electricidad tiene un crecimiento, a pesar de que los datos del PIB presentan decrecimiento, se puede observar con mayor claridad, el efecto de la economía no registrada.

En los años donde hubo hiperinflación, Bolivia tuvo una incidencia del 5% como efecto de economía informal, también se debe considerar que hubo un aumento en la cantidad de hectáreas de coca que permite inferir que existe una parte no registrada que contribuyó al ingreso de fondos extranjeros a Bolivia para que exista ese desarrollo adicional.

Este estudio es sólo el inicio de una línea de investigación que puede ampliarse a varias áreas como también relaciones con otros países.

Una posible próxima línea de investigación, sería ampliar a países que tienen las mismas características en relación PIB-electricidad como Perú, Ecuador, Colombia[22] donde también son productores de hoja de coca[36].

REFERENCIAS

- [1] «United Nations Office on Drugs and Crime», *United Nations: Office on Drugs and Crime*. [//www.unodc.org/unodc/en/index.html](http://www.unodc.org/unodc/en/index.html) (accedido sep. 16, 2019).
- [2] «GDP, PPP (current international \$) - Bolivia | Data». <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD?locations=BO> (accedido sep. 16, 2019).
- [3] «International - U.S. Energy Information Administration (EIA)». <https://www.eia.gov/international/data/world> (accedido sep. 16, 2019).
- [4] A. K. Biswas, M. R. Farzanegan, y M. Thum, «Pollution, shadow economy and corruption: Theory and evidence», *Ecol. Econ.*, vol. 75, n.º C, pp. 114-125, 2012.
- [5] R. Benkraiem, A. Lahiani, A. Miloudi, y M. Shahbaz, «The asymmetric role of shadow economy in the energy-growth nexus in Bolivia», *Energy Policy*, vol. 125, pp. 405-417, feb. 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2018.10.060.
- [6] F. Schneider, A. Buehn, y C. E. Montenegro, «Shadow Economies All Over the World: New Estimates for 162 Countries from 1999 to 2007», Social Science Research Network, Rochester, NY, SSRN Scholarly Paper ID 1645726, jun. 2010. Accedido: oct. 11, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=1645726>
- [7] M. Hassan y F. Schneider, «Size and Development of the Shadow Economies of 157 Countries Worldwide: Updated and New Measures from 1999 to 2013», Social Science Research Network, Rochester, NY, SSRN Scholarly Paper ID 2861026, oct. 2016. Accedido: oct. 11, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=2861026>
- [8] L. Medina y F. Schneider, «Shadow Economies Around the World: What Did We Learn Over the Last 20 Years?», Social Science Research Network, Rochester, NY, SSRN Scholarly Paper ID 3124402, ene. 2018. Accedido: oct. 11, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=3124402>
- [9] I. Ozturk, A. Aslan, y H. Kalyoncu, «Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries», *Energy Policy*, vol. 38, n.º 8, pp. 4422-4428, ago. 2010, doi: 10.1016/j.enpol.2010.03.071.
- [10] J. Alm y A. Embaye, «Using Dynamic Panel Methods to Estimate Shadow Economies Around the World, 1984–2006», *Public Finance Rev.*, abr. 2013, doi: 10.1177/1091142113482353.
- [11] M. Levi y P. Reuter, «Money Laundering», *Crime Justice*, vol. 34, n.º 1, pp. 289-375, ene. 2006, doi: 10.1086/501508.
- [12] P. J. Quirk, «Macroeconomic implications of money laundering», *Trends Organ. Crime*, vol. 2, n.º 3, pp. 10-14, mar. 1997, doi: 10.1007/BF02901593.
- [13] F. Schneider, «Shadow economies around the world: what do we really know?», *Eur. J. Polit. Econ.*, vol. 21, n.º 3, pp. 598-642, sep. 2005, doi: 10.1016/j.ejpoleco.2004.10.002.
- [14] C. Elgin, «Shadow Economies Around the World: Evidence from Metropolitan Areas», *East. Econ. J.*, vol. 46, n.º 2, pp. 301-322, abr. 2020, doi: 10.1057/s41302-019-00161-4.
- [15] F. Schneider y D. H. Enste, «Shadow Economies: Size, Causes, and Consequences», *J. Econ. Lit.*, vol. 38, n.º 1, pp. 77-114, mar. 2000, doi: 10.1257/jel.38.1.77.
- [16] B. Trebicka, «Mimic Model: A Tool to Estimate the Shadow Economy», *Acad. J. Interdiscip. Stud.*, vol. 3, n.º 6, Art. n.º 6, nov. 2014.
- [17] I. Dobozi y G. Pohl, «Real Output Decline in Transition Economies-Forget GDP, Try Power Consumption Data!», *World Bank*, n.º Transition Economics Division, p. 32, 1995.
- [18] A. Kaliberda y D. Kaufmann, *Integrating the Unofficial Economy into the Dynamics of Post-Socialist Economies: A Framework of Analysis and Evidence*. The World Bank, 1996. doi: 10.1596/1813-9450-1691.

- [19] M. Alexeev y W. Pyle, «A note on measuring the unofficial economy in the former Soviet Republics¹», *Econ. Transit. Institutional Change*, vol. 11, n.º 1, pp. 153-175, 2003, doi: <https://doi.org/10.1111/1468-0351.00143>.
- [20] J. Kraft y A. Kraft, «On the Relationship Between Energy and GNP», *J. Energy Dev.*, vol. 3, n.º 2, pp. 401-403, 1978.
- [21] J. D. Hoyo, «Consumo de electricidad y producto interior bruto: Relación dinámica y estabilidad», vol. 29, p. 21.
- [22] P. Sadorsky, «Energy consumption, output and trade in South America», *Energy Econ.*, vol. 34, n.º 2, pp. 476-488, mar. 2012, doi: 10.1016/j.eneco.2011.12.008.
- [23] J. Vera, W. Kristjanpoller, J. Vera, y W. Kristjanpoller, «Granger causality between exports, economic growth and electricity production: empirical evidence for Latin America», *Lect. Econ.*, n.º 86, pp. 25-62, ene. 2017, doi: 10.17533/udea.le.n86a02.
- [24] J. A. Méndez Sayago y C. A. Perugache Rodríguez, «Causalidad y sensibilidad entre precios de los derechos de emisión europeos y los certificados de reducción de emisiones de mecanismos de desarrollo limpio en el mercado europeo de transacción de emisiones», *Estud. Gerenciales*, vol. 28, n.º 124, pp. 141-167, jul. 2012, doi: 10.1016/S0123-5923(12)70220-6.
- [25] X. Zhang, H. Zhang, y J. Yuan, «Economic growth, energy consumption, and carbon emission nexus: fresh evidence from developing countries», *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 26, n.º 25, pp. 26367-26380, sep. 2019, doi: 10.1007/s11356-019-05878-5.
- [26] J. E. Payne, «A survey of the electricity consumption-growth literature», *Appl. Energy*, vol. 87, n.º 3, pp. 723-731, mar. 2010, doi: 10.1016/j.apenergy.2009.06.034.
- [27] U. Soytaş y R. Sari, «Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets», *Energy Econ.*, vol. 25, n.º 1, pp. 33-37, ene. 2003, doi: 10.1016/S0140-9883(02)00009-9.
- [28] J. Campo y V. Sarmiento, «The Relationship Between Energy Consumption and Gdp: Evidence from a Panel of 10 Latin American Countries*», *Lat. Am. J. Econ. Santiago*, vol. 50, n.º 2, pp. 233-255, 2013.
- [29] A. S. Biondich y J. D. Joslin, «Coca: The History and Medical Significance of an Ancient Andean Tradition», *Emergency Medicine International*, abr. 07, 2016. <https://www.hindawi.com/journals/emi/2016/4048764/> (accedido sep. 18, 2020).
- [30] E. Morales, «Coca and Cocaine Economy and Social Change in the Andes of Peru», *Econ. Dev. Cult. Change*, vol. 35, n.º 1, pp. 143-161, oct. 1986, doi: 10.1086/451575.
- [31] «(PDF) The Modern World-System: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century, Immanuel Wallerstein, New York: Academic Press, 1974, pp. xiv, 410», *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/248647189_The_Modern_World-System_Capitalist_Agriculture_and_the_Origins_of_the_European_World-Economy_in_the_Sixteenth_Century_Immanuel_Wallerstein_New_York_Academic_Press_1974_pp_xiv_410 (accedido sep. 17, 2020).
- [32] D. M. Vazualdo, «Coca y Representación: La hoja de coca en la constitución de la nación boliviana en la época neoliberal», *Lat. Am. Res. Rev.*, vol. 49, n.º 1, pp. 23-38, 2014.
- [33] D. M. Vazualdo, «Coca y Representación: La hoja de coca en la constitución de la nación boliviana en la época neoliberal», *Lat. Am. Res. Rev. Pittsburgh*, vol. 49, n.º 1, pp. 23-38, 283, 288, 2014.
- [34] F. Alcaraz del Castillo, N. Flores Salinas, y J. Jutkowitz, «El uso tradicional de la hoja de coca en Bolivia», *El Uso Tradic. Hoja Coca En Boliv.*, pp. 202-202, 1996.
- [35] «Coca, Droga y Protesta Social en Bolivia y Perú». Accedido: jul. 04, 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.files.ethz.ch/isn/27322/012_coca_drugs_and_social_protest_in_bolivia_and_peru_sp.pdf
- [36] V. B. Stolberg, «The Use of Coca: Prehistory, History, and Ethnography», *J. Ethn. Subst. Abuse.*, vol. 10, n.º 2, pp. 126-146, abr. 2011, doi: 10.1080/15332640.2011.573310.
- [37] D. Facini, Cultural Survival Report 23 Coca and Cocaine: *Effects on People and Policy in Latin America*. 1985.
- [38] V. E. Tokman, «The informal economy, insecurity and social cohesion in Latin America», *Int. Labour Rev.*, vol. 146, n.º 1-2, pp. 81-107, 2007, doi: 10.1111/j.1564-913X.2007.00006.x.
- [39] V. E. Tokman, «An Exploration into the Nature of Informal—Formal Sector Relationships», en *The Urban Informal Sector*, R. Bromley, Ed. Pergamon, 1979, pp. 1065-1075. doi: 10.1016/B978-0-08-024270-5.50007-7.
- [40] K. Hart, «Informal Economy», en *The New Palgrave Dictionary of Economics*, London: Palgrave Macmillan UK, 2017, pp. 1-4. doi: 10.1057/978-1-349-95121-5_804-2.
- [41] «ONU: Bolivia existe 19 mil hectárea de coca excedentaria». https://www.unodc.org/bolivia/es/press/mundo_coca.html (accedido ene. 02, 2021).
- [42] M. A. Chen, «The Informal Economy: Recent Trends, Future Directions», *NEW Solut. J. Environ. Occup. Health Policy*, jun. 2016, doi: 10.1177/1048291116652613.
- [43] «CEPALSTAT». <https://cepalstat-prod.cepal.org/cepalstat/tabulador/ConsultaIntegrada.asp?idIndicador=3138&idioma=e> (accedido jul. 25, 2021).
- [44] «Desempleo, total (% de participación total en la fuerza laboral) (estimación nacional) - Bolivia | Data». <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.UEM.TOTL.NE.ZS?locations=BO> (accedido ene. 02, 2021).

- [45] A. J. Mann y L. Wolfson, «Economía política de la reforma tributaria en Bolivia», *Desarro. Económico*, vol. 29, n.º 115, pp. 375-397, 1989, doi: 10.2307/3466880.
- [46] J. F. Siñani Cárdenas, «Presión Tributaria Departamental e Informalidad». Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcb.gob.bo/eeb/sites/default/files/paralelas5eeb/viernes/Economia%20Social/Jose%20Sinani.pdf>
- [47] J. F. Siñani Cárdenas, «Boletín Económico N9 2019». Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2019. [En línea]. Disponible en: https://medios.economiayfinanzas.gob.bo/VPT/documentos/Boletines_Ingresos_Tributarios/Bolet%20C3%ADn_N%20B0_9.pdf
- [48] C. H. Mason y W. D. Perreault, «Collinearity, Power, and Interpretation of Multiple Regression Analysis», *J. Mark. Res.*, vol. 28, n.º 3, pp. 268-280, ago. 1991, doi: 10.1177/002224379102800302.
- [49] Ministerio de Hidrocarburos y Energía Bolivia, «plan optimo de expansión del sistema interconectado nacional». Ministerio de Hidrocarburos y Energía Bolivia, 2012.
- [50] Thomas Pietschmann, «A Century of International Drug Control», United Nation Office on Drugs and Crime, 2009. Accedido: sep. 26, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.unodc.org/unodc/en/frontpage/2012/March/100-years-of-narcotics-control.html>
- [51] H. Lütkepohl y F. Xu, «The role of the log transformation in forecasting economic variables», *Empir. Econ.*, vol. 42, n.º 3, pp. 619-638, jun. 2012, doi: 10.1007/s00181-010-0440-1.
- [52] J. Sachs, «The Bolivian Hyperinflation and Stabilization», *Am. Econ. Rev.*, vol. 77, n.º 2, pp. 279-283, 1987.
- [53] J. Dunkerley, *Political transition and economic stabilisation: Bolivia, 1982 - 1989*. London: Inst. of Latin American Studies, 1990.
- [54] W. Assies y T. Salman, *Crisis in Bolivia: the elections of 2002 and their aftermath*. London: Inst. of Latin American Studies, 2003.
- [55] R. Marconi y P. Mosley, «Bolivia during the global crisis 1998–2004: towards a ‘macroeconomics of microfinance’», *J. Int. Dev.*, vol. 18, n.º 2, pp. 237-261, 2006, doi: <https://doi.org/10.1002/jid.1218>.
- [56] A. Driscoll y M. J. Nelson, «Judicial Selection and the Democratization of Justice: Lessons from the Bolivian Judicial Elections», *J. Law Courts*, vol. 3, n.º 1, pp. 115-148, mar. 2015, doi: 10.1086/679017.
- [57] Gobierno de Victor Paz Estensoro, «Ley del Regimen de la Coca y Sustancias Controladas. Ley 1008», 1988. <http://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo/edicions/view/1558> (accedido jul. 04, 2021).
- [58] C.-C. Lee, «Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis», *Energy Econ.*, vol. 27, n.º 3, pp. 415-427, may 2005, doi: 10.1016/j.eneco.2005.03.003.