

Modelos VAR y VEC para los gastos de protección ambiental en México

VAR and VEC models for environmental protection expenditures for Mexico

Pablo Sigfrido Corte Cruz

El presente trabajo busca medir los impactos de la inversión bruta y la tasa de interés real en los recursos naturales, representados por los Gastos de Protección Ambiental (GPA). Para tal efecto, se hace un análisis de estas variables a partir de las series de tiempo para desarrollar, ya sea en su caso, un Vector Autorregresivo (VAR), o un modelo de Vector de Corrección de Error (VEC). En la teoría económica se han desarrollado modelos para explicar las implicaciones del llamado capital natural sobre la economía y las finanzas, sin embargo, casi no se han realizado estudios similares para México. Entre los resultados se puede concluir que los GPA tienen procesos de ajuste lentos ante impactos de la inversión y la tasa de interés.

Palabras clave: gastos de protección ambiental, modelos ARIMA, pronósticos de series de tiempo, Vector Autorregresivo, Vector de Corrección de Error.

This paper seeks to measure the impacts of gross investment and the real interest rate on natural resources, represented by Environmental Protection Expenses (GPA). For this purpose, an analysis of these variables is made through the time series to develop, whether applicable, an Autoregressive Vector (VAR) or an Error Correction Vector (VEC) model. In the Economic Theory, models have been developed to explain the implications of the so-called natural capital on the economy and finance, however, almost no similar studies have been carried out for Mexico. Among the results, it can be concluded that the GPAs have slow adjustment processes in the face of investment and interest rate impacts.

Key words: Environmental Protection Expenses, ARIMA Models, Time Series Forecasts, Autoregressive Vector, Error Correction Vector.

Fecha de recepción: 12 de marzo de 2020

Fecha de dictamen: 15 de mayo de 2020

Fecha de aprobación: 14 de julio de 2020

INTRODUCCIÓN

El estudio sobre el papel que desempeñan los recursos naturales y sus efectos en la economía y las finanzas, en diferentes economías del mundo, si bien no es un aspecto demasiado estudiado, no pierde su importancia para aquellos profesionales dedicados a los temas ambientales y de la sostenibilidad. Algunos trabajos (Gylfason y Zoega, 2002a; Sachs y Warner, 1995) se han dedicado, a partir de estimadores lineales, al estudio de los efectos “negativos” de la tenencia de recursos naturales en el desarrollo económico y financiero. Estos artículos se caracterizan por partir de estadísticas de corte transversal y, en otros casos, de datos panel, para poder demostrar las respectivas hipótesis, aunque resultan llamativos por la forma de tratamiento de la información estadística.

Mientras que artículos dedicados a México, como el de Horacio Catalán (2014), se han dedicado al análisis del crecimiento económico con respecto a la contaminación ya sea del aire, del agua, del suelo, o cualquier otro aspecto similar. De igual forma, se han encontrado documentos como el de Cepeda, Zurita y Nina (2016) que relacionan algunas prácticas productivas con los daños ambientales, de algunas zonas específicas del país.

El presente documento rescata la idea, por un lado, de que existe una relación entre el uso de los recursos naturales, representados por los gastos de protección ambiental (GPA) y variables como el producto interno bruto (PIB), la inversión bruta a partir de la formación bruta de capital fijo (FBKF), y la tasa de interés real (la tasa de interés nominal menos la inflación).

A diferencia de los documentos mencionados, los cuales trabajan con datos de corte transversal y que considera la información estadística mundial de un momento determinado, el objetivo del presente trabajo es hacer un análisis de series de tiempo para nuestro país, considerando la relación entre la inversión, la tasa de interés y los GPA, sin olvidar el papel que desempeña el producto interno bruto.

La hipótesis central se basa en que las variaciones de la inversión y la tasa de interés generan grandes impactos en los GPA; las variaciones en los gastos ambientales también lo hacen, pero en una medida menor las primeras dos variables.

El primer paso es hacer una revisión de algunas lecturas referentes a la relación entre recursos naturales y medio ambiente con respecto a la economía. El segundo paso es desarrollar el modelo a demostrar, así como lo relacionado con algunos pronósticos que se realizan, definiciones, tratamiento de los datos y sus fuentes. Las secciones sobre los resultados, así como la de discusión, invitan a la reflexión sobre este ejercicio. Por último, se enlistan las referencias utilizadas en el presente trabajo.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Si bien existe mucha literatura sobre la importancia de los recursos naturales en la economía, se destaca aquella que busca demostrar que su abundancia resulta “nociva” para el crecimiento y desarrollo de cualquier país.

Dentro de los artículos que mencionan lo anterior encontramos los publicados por Gylfason y Zoega (2002a y 2002b). En ambos se busca demostrar que los países con tasas de crecimiento económico lento son aquellos que tienen abundantes recursos naturales, en comparación con el resto; incluso, señalan que entre mayor uso de recursos, las tasas de interés son más elevadas. De igual forma, parecen afirmar que entre mayor riqueza natural, las desigualdades económicas y sociales son más profundas.

En otro texto, escrito por Jeffrey D. Sachs y Andrew M. Warner (1995), también se argumenta efectos negativos de la riqueza natural con respecto a las variables económicas y financieras. En primer lugar, porque la abundancia de los recursos naturales lleva a la expropiación de los mismos por parte del Estado, lo cual conlleva a que exista corrupción. En segundo lugar, las condiciones comerciales de los países exportadores de bienes primarios, presentan altas desventajas frente a las economías productoras de bienes manufacturados.

Los trabajos mencionados se basan en modelos econométricos de sección cruzada sin considerar la diversidad de diferencias sociales, históricas, políticas y geográficas de cada región. Esto implica que los resultados y conclusiones estén demasiado limitados.

Un trabajo similar hecho para México lo realizan Karla Barrón, Claudia Gómez y Juan Meza (2013), con regresiones de datos panel se encuentra que el efecto de la abundancia de los recursos naturales sobre el crecimiento económico es negativo. La situación de este documento es que trabaja con un modelo de mínimos cuadrados ordinarios, como si se tratara de información de sección cruzada sin medir los cambios de las 32 observaciones de cada uno de las entidades federativas del país.

En un texto, con análisis más cualitativo, Rafael Aguirre Unceta (2017) recuerda el concepto de la “enfermedad holandesa”, en el cual se señala la tesis de que los países con mayor cantidad de recursos naturales son propicios al “despilfarro” con tal de tener un mayor “acaparamiento de rentas”, lo que provoca que los precios de los mismos tiendan a descender. Por otro lado, explica que ante esta sobreexplotación de riqueza natural, se provocan una serie de ingresos no visibles, o en todo caso, ilícitos, provocados por la corrupción institucional sobre el manejo de dichos recursos, principalmente, petróleo.

Contrario a los anteriores, Marcela Sánchez Álzate (2011) afirma que la abundancia de recursos naturales no es evidencia suficiente para demostrar el bajo desarrollo de las economías. En el mismo sentido se encuentra el documento de Nadyra Rodríguez Hernández y Claudia Gómez López (2014) quienes afirman que, de existir

una “maldición” de abundancia de recursos naturales en la economía, se debe a la conformación de las instituciones, la volatilidad de los precios del sector primario y la capacidad productiva.

De igual manera, Corte Cruz (2016) señala que no hay forma de demostrar que exista una “maldición” de los recursos naturales en la economía, en primer lugar porque si bien en general, se puede mostrar una relación negativa, este resultado no es robusto puesto que en la mayoría de los países europeos, al igual que en Estados Unidos, Japón y Canadá, la correlación es positiva, siendo éstos los que más utilizan los recursos naturales de las economías latinoamericanas y caribeñas y, de ahí, que la tendencia sea negativa para esta región.

En un caso específico sobre la explotación petrolera de Ecuador del año 2000 al 2015, Cepeda, Zurita y Nina (2016) dan a entender que una aplicación adecuada de políticas conlleva mejoras en la economía, de hecho afirman que:

La aceleración en el ritmo de crecimiento del PIB por trabajador se explica, fundamentalmente, por el incremento progresivo de la renta petrolera, lo cual ha mejorado los distintos mecanismos impulsores de acumulación de capital físico, siendo ésta la influencia causal más importante del crecimiento económico experimentado en el país a lo largo del periodo de estudio (2016:465).

Considerado lo hasta aquí señalado, no se puede afirmar una conclusión absoluta respecto de si la abundancia de los recursos naturales es una “maldición” o no, lo que sí se argumenta es que, más allá de las teorías del crecimiento y desarrollo de la economía, existen en la actualidad una serie de factores, principalmente institucionales, que permiten el buen o mal manejo de la riqueza natural. De igual forma, para señalar la existencia de una llamada “enfermedad holandesa”, se requiere revisar la historia de las diferentes regiones, así como su geografía y condiciones socioculturales, lo cual debe dar un panorama más amplio sobre el manejo de los recursos naturales.

En ese sentido, el libro de Ángel Bassols Batalla (2006) profundiza en las características geográficas, climáticas, históricas e institucionales que permiten entender, de una manera amplia, cómo se fue gestando la sobreexplotación de recursos naturales en México, desde la época de la Colonia. En dicho texto, se explica que las características geográficas y climáticas hacen de México un país megadiverso tanto en recursos naturales como en especies endémicas. La explotación de la tierra, así como de recursos como el agua, se intensifica a medida que evoluciona el sistema de producción vigente y, al llegar el porfiriato, con el descubrimiento de yacimientos de petróleo, aunado al llamado “capitalismo industrial”, se intensifica el uso de los mismos recursos (Bassols, 2006).

En la mayoría de los casos se reconoce que existe un uso intenso de los recursos naturales, pero las razones difieren de acuerdo con la postura económica o política que cada autor considera. Si bien no es toda la literatura existente, por lo menos, para lo que considera el presente trabajo, es pertinente para entender parte de los resultados que se exponen.

La mayoría de los trabajos cualitativos utilizan información de corte transversal de todas las economías, sin embargo, a diferencia del artículo realizado por Barrón, Gómez y Meza (2013), de datos panel, se considera, en el presente documento, la realización de un modelo de series de tiempo que permita analizar el tipo de impacto que pueden tener la inversión y la tasa de interés sobre los GPA y viceversa.

MODELO

En el presente documento, a diferencia de algunos ya mencionados, se trabaja con modelos de series de tiempo debido a que, en primer lugar, al tratarse de la información de un solo país, se tiene que recoger la información de este tipo; por otro, si bien se puede mostrar que los GPA tienen un comportamiento similar al de la inversión con respecto a la tasa de interés, uno de los pasos sería reconocer si tal relación es espuria o no, debido a que además permiten evaluar entre las variables consideradas en el análisis. El análisis de series de tiempo permite determinar la tendencia futura y los elementos estacionales (Contreras *et al.*, 2016).

Sin embargo, dichos modelos no son únicos, puesto que tienen su fundamento en los llamados modelos Autorregresivos con Media Móvil a partir del grado de Integración (ARIMA), los cuales se utilizan en las finanzas, pero que pueden ser de ayuda para verificar si existe algún grado de dependencia con otras variables, tal y como se realiza en los pronósticos de precios (Sanjuán, 2003).

MODELOS UNIVARIADOS DE SERIES DE TIEMPO: ARIMA, ARIMAX

De los modelos de regresión de series de tiempo, los más reconocidos son aquellos en los que una variable depende de sí misma a través del tiempo, conocidos como ARMA o ARIMA, dependiendo de si la misma variable tiene algún grado de diferenciación (integración), si es o no estacionaria.

El modelo Autorregresivo de orden uno, AR(1), se expresa:¹

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + e_t \quad (1),$$

mientras que un AR(2):

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + e_t \quad (1a),$$

y un AR(p):

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + e_t \quad (1b),$$

o en todo caso:

$$\Phi^p Y_t = e_t \quad (1c)$$

En este caso la variable Y_t representa a los gastos de protección ambiental.

Para el caso de un modelo Autorregresivo en los errores, o de Medias Móviles de orden uno, MA(1), se expresa:

$$Y_t = e_t + \theta_1 e_{t-1} \quad (2),$$

mientras que el MA(2):

$$Y_t = e_t + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} \quad (2a),$$

y un MA(q):

$$Y_t = e_t + \theta_1 e_{t-1} + \dots + \theta_q e_{t-q} = \Theta^q e_t \quad (2b)$$

Así un modelo ARIMA (p, d, q), se expresa:

$$\Phi^p \Delta^d Y_t = \Theta^q e_t \quad (3)$$

¹ La gran parte del formulario expuesto en esta parte la desarrolla Roldán Andrés-Rosales (2016), en Quintana y Mendoza (2016).

donde Φ^p y Θ^q representan los procesos autorregresivos en Y_t y en e_t , respectivamente, mientras que Δ^d , es el número de diferencias necesarias para lograr que la variable sea estacionaria.

Un modelo ARIMAX, con el mismo nivel de orden se expresa:

$$\Phi^p \Delta^d Y_t = \beta X_t + \delta D + \Theta^q e_t \quad (4)$$

en el cual, β es el vector de coeficientes de las variables dependientes X_t y, δ es un vector de variables dummy (D), que ayudan a detectar la estacionalidad exógena. Las variables X_t representan a la FBKF y a la Tasa de Interés Real, mientras que las D son doce variables binarias que representan, cada una, los meses de cada año.

Los modelos ARIMA y ARIMAX ayudan a realizar pronósticos sobre el comportamiento de la variable Y_t para los periodos futuros, lo cual permite analizar, para el caso del presente documento si los GPA dependen de la inversión y la tasa de interés real.

MODELOS DE VECTOR AUTORREGRESIVO Y DE CORRECCIÓN DE ERROR

Un Vector Autorregresivo (VAR) se utiliza cuando se buscan interacciones simultáneas entre dos o más variables, que tienen el mismo grado de integración, pero que no se encuentran cointegradas (Novales, 2017).

Suponga el modelo de dos variables que no son estacionarias y, por lo que se requiere un grado de integración, $I(1)$, entonces se trabaja con primeras diferencias para lograr que sean $I(0)$.

$$\Delta Y_t = \beta_{10} + \beta_{11} \Delta Y_{t-1} + \beta_{12} \Delta X_{t-1} + v_t^{\Delta Y} \quad (5)$$

$$\Delta X_t = \beta_{20} + \beta_{21} \Delta Y_{t-1} + \beta_{22} \Delta X_{t-1} + v_t^{\Delta X}$$

donde Y_t son los GPA, mientras que X_t es la FBKF y/o la Tasa de Interés Real.

Los modelos de Vector de Corrección de Error (VEC) son una variante de los VAR para variables con el mismo grado de integración, además de que están cointegradas. Este se representa de la forma:

$$\Delta Y_t = \alpha_{10} + \alpha_{11} e_{t-1} + v_t^Y \quad (6)$$

$$\Delta X_t = \alpha_{20} + \alpha_{21} e_{t-1} + v_t^X$$

donde e_{t-1} es resultado de

$$e_{t-1} = Y_{t-1} - \beta_0 - \beta_1 X_{t-1} \quad (6a)$$

por lo que α_{11} y α_{21} , son conocidos como coeficientes de corrección de error de cointegración.

Los resultados, tanto de VAR como del VEC, muestran cómo las variaciones de variables externas (FBKF y tasa de interés real) afectan a los gastos de protección ambiental.

FUENTES Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Se destaca que, en la actualidad, la protección al medio ambiente es uno de los referentes de las políticas públicas, de tal forma que tanto las autoridades públicas, así como el sector privado (en menor medida), han destinado una parte de su presupuesto para el combate a la contaminación y la degradación ambiental (Cepal/Inegi, 2015).

Así los GPA se realizan “por distintas unidades económicas, incluido el gobierno [...] para financiar actividades cuyo propósito fundamental es la prevención, el control, la reducción y la eliminación de la contaminación, así como la promoción, el fomento y el cuidado del medio ambiente” (Cepal/Inegi, 2015:17). En México dichos gastos se realizan para mitigar los costos de agotamiento y degradación por el uso de los recursos naturales, a partir de la protección y rescate del agua (incluyendo aguas residuales, subterráneas y superficiales), clima, biodiversidad, paisaje, suelos y gestión de residuos sólidos, además de fomentar la educación, la investigación y el desarrollo, entre otros, que divulguen la protección ambiental (Inegi, 2019a). Es lógico pensar que, conforme el aumento de la degradación y agotamiento de los recursos naturales, así como de la contaminación atmosférica, los GPA aumentarán, condicionando una relación obvia y en la misma dirección.

La principal fuente de los GPA es el Sistema de Cuentas Satélites Económicas y Ecológicas (SCSE) que publica el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2019b).

Respecto a la información correspondiente al producto interno bruto (PIB) y la formación bruta de capital fijo (FBKF), la fuente son los Indicadores Económicos de Coyuntura del Banco de Información Económica (BIE-Inegi, s/f).

Con respecto a la tasa de interés, la fuente principal es el Sistema de Información Económica del Banco de México (SIE-Banxico, s/f), considerando la referida al mercado

monetario primario de los certificados de la tesorería 28 días (Cetes). Debido a que es información nominal, para convertirla en real se le elimina la inflación a partir del Índice Nacional de Precios al Consumidor del mismo BIE-Inegi (s/f).

La aplicación de modelos de series de tiempo como los ARIMA, VAR y VEC, requiere de información uniforme y frecuente, para obtener resultados altamente robustos.

Debido a la disparidad de frecuencia de la información recabada, ésta se transforma para generar uniformidad en la información. Para tal caso se utiliza el Filtro de Kalman, el cual es el más robusto para convertir la información trimestral en semestral, considerando la presencia de alguna variable cercana (Elizondo, 2012).

Para el caso de la FBKF, la variable cercana es el Indicador Global de Actividad Económica, con la cual se puede transformar la información trimestral en mensual. Para el caso de los GPA, es más complicado, debido a que es información de carácter anual, pero utilizando el Filtro de Kalman, se puede transformar la información a trimestral, tomando como base el gasto de gobierno, debido a que la mayor parte del financiamiento a la protección del ambiente proviene del sector público.

La fuente del gasto de gobierno, proviene del BIE-Inegi (s/f), pero su conversión de trimestral a mensual se considera como fuente al PIB, el cual también se aplicó la conversión del Filtro de Kalman a partir del IGAE, del cual es la propuesta realizada por Rocío Elizondo (2012).

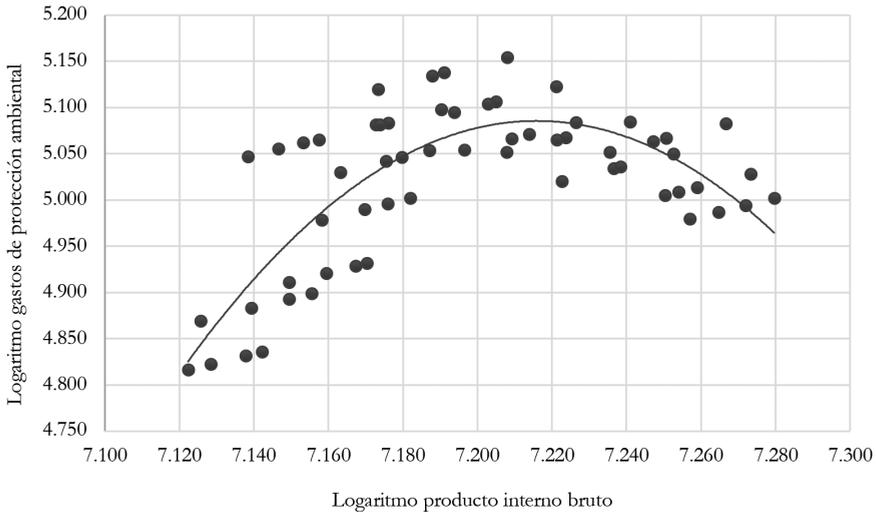
Con el gasto público transformado a mensual, se realiza el mismo tratamiento para los GPA, uniformando esta variable con respecto a las otras que se analizan en el presente trabajo, lo que permite verificar ciertos resultados del modelo.

RESULTADOS

Antes de considerar los resultados de los modelos VAR-VEC, se hace un análisis previo respecto de los recursos naturales, representados por los GPA, en relación con el PIB, la inversión bruta (FBKF) y la tasa de interés real (TIR), para observar sus comportamientos generales.

Para el primer caso, en la Figura 1 se muestra un comportamiento muy similar a la llamada curva ambiental de Kuznets (EKC), en la cual, en la medida en que es mayor el crecimiento económico, el crecimiento de los GPA llegan a un tope, y de ahí disminuye.

FIGURA 1
Curva de Kuznets para PIB y gastos de protección ambiental



Fuente: elaboración a partir de información BIE-Inegi y Sistema de Cuentas Satelitales Económicas y Ecológicas.

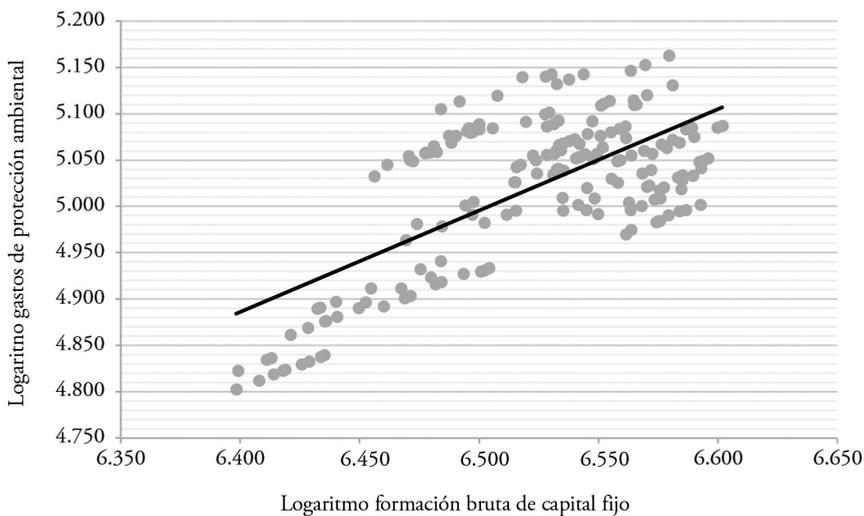
De acuerdo con esto, Horacio Catalán (2014:20) dice: “[...] la EKC muestra el desarrollo de una economía a través del tiempo [...] si bien se genera un mayor nivel de riqueza tiene como consecuencia un mayor deterioro en la calidad del medio ambiente. Después de un punto de inflexión, la economía sustenta su crecimiento en tecnologías eficientes y más limpias, principalmente en el sector servicios”.

Esto permite afirmar que al inicio, conforme se dan el agotamiento y la degradación de los recursos naturales, los GPA serán más altos, pero éstos se adaptan en la medida en que la economía sigue creciendo, y de ahí su descenso.

En un sentido similar, al revisar el comportamiento general de la inversión con respecto a los GPA, se percibe con una tendencia positiva (Figura 2). Al mismo tiempo, al examinar el comportamiento de estas dos variables con respecto a la tasa de interés real se verifica que el comportamiento es bastante similar (Figura 3).

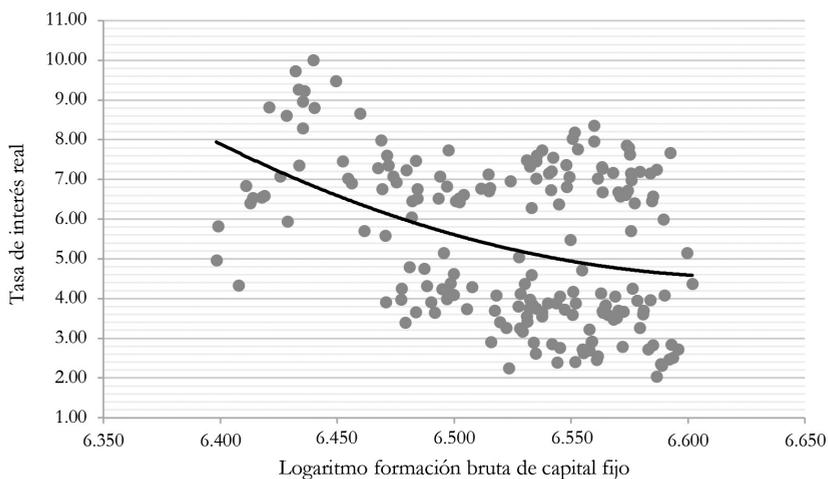
Esto permite deducir que los GPA son una forma de inversión para “recuperar” recursos naturales, ya sea por su agotamiento y/o degradación. Al mismo tiempo, contradice lo dicho por Gylfasson y Zoega (2002a) en el sentido de que a mayor abundancia de riqueza natural, las tasas de interés tienden a incrementarse, aunque sí se puede cumplir el papel financiero de los mismos.

FIGURA 2
Relación entre inversión y gastos de protección ambiental



Fuente: elaboración a partir de BIE-Inegi y Sistema de Cuentas Satelitales Económicas y Ecológicas.

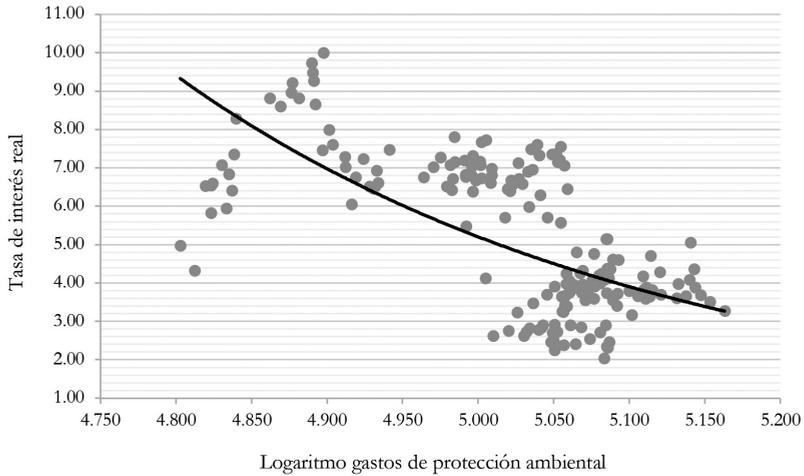
FIGURA 3
Tasa de interés real con respecto a la inversión y gastos de protección ambiental



Fuente: elaboración con información de BIE-Inegi y Sistema de Cuentas Satelitales Económicas y Ecológicas.

FIGURA 3a

Tasa de interés real con respecto a la inversión y gastos de protección ambiental



Fuente: elaboración con información de BIE-Inegi y Sistema de Cuentas Satelitales Económicas y Ecológicas.

Ahora bien, revisando los modelos de pronósticos de series de tiempo basados en los procesos autorregresivos, los resultados más robustos, con respecto a los GPA son el ARIMA y el ARIMAX, considerando una predicción de la inversión bruta (Cuadro 1). En dicho cuadro de resultados, se infiere una desviación estándar demasiado pequeña, lo cual implica que los resultados obtenidos son altamente robustos y estadísticamente significativos.

Se realizan cuatro pronósticos, el primero a través de ARIMA univariado (Cuadro 1, Figura 4a), en el que sólo se considera la información hasta diciembre de 2017, comparándola con la existente de 2018. El segundo, con un modelo ARIMAX, que considera la estacionalidad exógena por mes. El tercero, nuevamente con un modelo ARIMAX, que además de la estacionalidad exógena, toma en cuenta un pronóstico simple de la FBKF. El cuarto, un modelo similar, pero con una proyección de la inversión bruta con estacionalidad exógena (Cuadro 1 y Figura 4b).

CUADRO 1
Resultados de estimadores modelos ARIMA y ARIMAX

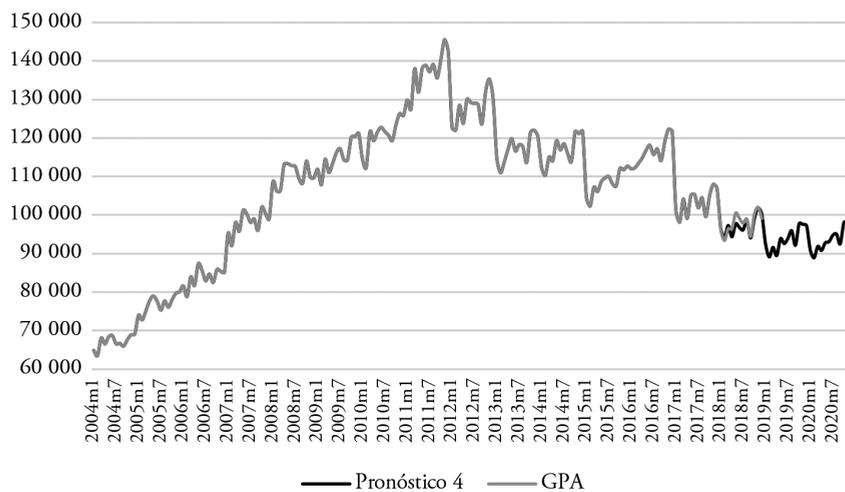
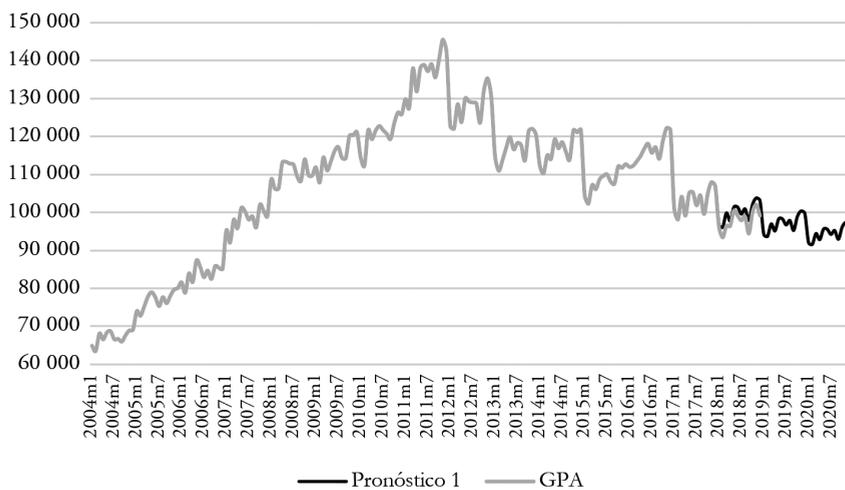
Variables independientes	Variable dependiente: diferencial logaritmos gastos de protección ambiental	
	ARIMA	ARIMAX
Pronóstico del diferencial de FBKF		0.8943* (0.1058) [8.45]
AR(12)	0.8940* (0.0293) [30.47]	0.8334* (0.0341) [24.45]
MA(1)	-0.1692** (0.0725) [-2.33]	
MA(12)	-0.4777* (0.0560) [-8.53]	-0.4894* (0.0595) [-8.23]
Desviación estándar estimada	0.0305* (0.0008) [37.78]	0.0279* (0.0007) [38.63]

() Error Estándar OPG, [] Estadístico z.

* Nivel de Significancia del 0.01, ** Nivel de Significancia del 0.05.

Fuente: elaboración a partir de STATA con información del Sistema de Cuentas Satelitales Económicas y Ecológicas.

FIGURA 4
Resultados del primer y cuarto pronóstico de los GPA



Fuente: elaboración a partir de STATA con información del Sistema de Cuentas Satelitales Económicas y Ecológicas.

Estos resultados implican hacer una revisión sobre si ambas variables están cointegradas o no, y éstas, con respecto a la tasa de interés real, para determinar el tipo de modelo a seguir.

De acuerdo con la Figura 3, tanto la inversión como los GPA actúan de manera inversa a la tasa de interés, por lo que es interesante revisar la información para verificar, y evitar, problemas de espuriedad. En ese sentido, el Cuadro 2 muestra los resultados de cointegración de las tres variables involucradas.

CUADRO 2
Resultados de pruebas de cointegración

Variable dependiente	Logaritmo de gastos de protección ambiental	Logaritmo formación bruta de capital fijo	Logaritmo de gastos de protección ambiental
VARIABLES INDEPENDIENTES	Logaritmo formación bruta de capital fijo	Logaritmo tasa de interés real	Logaritmo tasa de interés real
Resultado cointegración	No cointegración	Cointegración *	Cointegración *

* Valor crítico 1 por ciento.

Fuente: elaboración a partir de pruebas ADF en STATA.

Pero a pesar de lo mostrado en el Cuadro 2, y de acuerdo con la Figura 4b, los resultados del pronóstico considerando a la Formación Bruta de Capital Fijo, los datos resultan ser altamente robustos. Por otro lado, los pronósticos ARIMAX de la inversión y los GPA con respecto a la tasa de interés real, no resultan ser estadísticamente significativos.

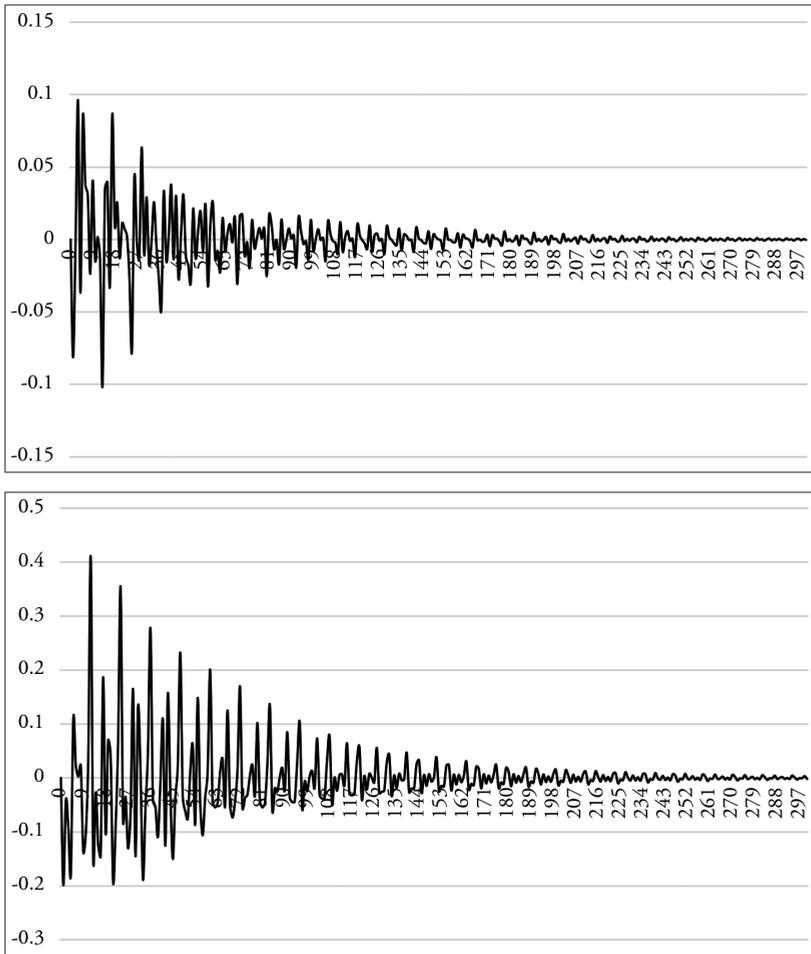
De ahí se hace necesario trabajar con un modelo VAR entre los GPA y la inversión, pues a pesar de tener el mismo grado de integración, no resultan cointegradas, por lo que implica revisar el grado de impacto existente entre ellas. Con respecto a la variable ambiental expuesta y la tasa de interés real, a pesar de no resultar significativa en los modelos de pronósticos, resultan estar cointegradas, por lo que se hace necesario revisar su vínculo por medio del modelo Vector de Corrección de Error.

Con respecto al modelo VAR se tuvieron que aplicar 12 rezagos de los diferenciales de las variables GPA y FBKF, para obtener los resultados más robustos. A partir de dicho resultado se determina la función de impulso respuesta (IRF, por sus siglas en inglés), lo que es una simulación para analizar los impactos que reciben las variables ante variaciones con respecto a la otra (Cuevas y Más, 2008).

En este caso, al revisar los comportamientos de dichos impacto de la inversión causados por los GPA (Figura 5a), éstos resultan ser demasiado pequeños, por lo cual la estabilidad de la FBKF se alcanza de manera inmediata.

Caso contrario es cuando los GPA se ven afectados por la FBKF, si bien el impacto es pequeño, las alteraciones son más elevadas, y el proceso hacia la estabilidad es más lento (Figura 5b).

FIGURA 5
Gráficos de función impulso-respuesta entre los gastos de protección ambiental e inversión



Fuente: elaboración a partir de un modelo VAR por medio de STATA.

Estos resultados implican que existe una mayor dependencia de los GPA con respecto a la inversión, y no a la inversa. El efecto de causalidad de la FBKF afecta en mayor medida a la variable ambiental expuesta.

Para el caso del modelo VEC, al tener un coeficiente negativo, tanto los GPA como la tasa de interés, tienden a disminuir ante efectos de uno con respecto al otro. Para el caso de la variable ambiental, al ser significativo al nivel del 5%, su ajuste mensual es del 4.2% a la baja, lo que indica un ajuste demasiado lento (Cuadro 3).

CUADRO 3
Resultados del Modelo Vector de Corrección de Error

Variable independiente	Variables dependientes	
	Diferencial del logaritmo de los gastos de protección ambiental	Diferencial de la tasa de interés real
Coefficiente de corrección de error	-0.042** (0.021) [-1.96]	-0.137* (0.049) [-2.82]

() Error Estándar OPG, [] Estadístico z.

* Nivel de Significancia del 0.01, ** Nivel de Significancia del 0.05.

Fuente: elaboración por medio de STATA/información del Sistema de Cuentas Satelitales Económicas y Ecológicas.

Si bien hay un resultado de la corrección de error con respecto a la tasa de interés (y estadísticamente significativo), la estabilización no es igual de lenta, por lo que, al igual que la inversión, los GPA tienen más problemas para estabilizarse ante cambios en la tasa de interés real.

De la misma manera, este resultado cumple con la premisa de que los GPA se comportan de manera similar a la inversión ante cambios en la tasa de interés. Y aunque el efecto es al revés, no se puede decir lo mismo debido a que la velocidad de ajuste, dado por el coeficiente de corrección de error es diferente.

Con estos resultados se destaca que, si bien lo dicho por Gylfasson y Zoega (2002a), Sachs y Warner (1995) y Barrón, Gómez y Meza (2013), respecto de la existencia de un vínculo entre la economía y los recursos naturales, no se demuestra del todo una causalidad propia de la riqueza natural, o de su explotación, en las variables como la

inversión o la tasa de interés, pero sí existen efectos en los GPA a causa de las variables suscritas.

Dicho de otra manera, para el caso de México, estos resultados implican que, si bien la explotación de recursos naturales, representados por los GPA, puede afectar a la inversión y a la tasa de interés, los efectos son mínimos, a diferencia de lo que éstos pudieran hacer con respecto a la variable ambiental; así, el efecto de una llamada “enfermedad holandesa”, es una secuela de cómo se manejan las instituciones responsables y no es a causa de un uso de los mismos como tal.

REFLEXIONES FINALES

En primera instancia se debe señalar que la existencia de una “maldición” de los recursos naturales en la economía mexicana, no es del todo aceptable, debido a que, de acuerdo con los resultados mostrados, si bien su uso beneficia al crecimiento económico, lo cierto es que también las actividades económicas exigen una mayor explotación de los mismos.

Existen condiciones para afirmar lo dicho por Gylfasson y Zoega (2002a y 2002b), en términos de que una mayor intensidad de uso de recursos naturales requiere de mayores inversiones; por otro lado, con respecto a la TIR, se muestra que los GPA se comportan como la FBKF. Esto último implica que los GPA son una forma de inversión en recursos naturales.

De los resultados ARIMA y ARIMAX se infiere que existe un vínculo entre los GPA y la inversión bruta, al tener resultados altamente robustos.

Al realizar las pruebas de cointegración los resultados entre los GPA y la inversión resultaron ser espurios, o mejor dicho no validados. Pero al tener el mismo grado de integración se realiza la simulación de la función de impulso respuesta (IRF) a partir del modelo de Vector Autorregresivo.

Al realizar la cointegración entre los GPA y la tasa de interés real, los resultados son estadísticamente significativos y validados, pero al no ser estadísticamente significativo en los pronósticos ARIMAX, se realiza un vector de corrección de error.

En la IRF, resultado del modelo VAR, se verifica que los GPA se desestabilizan en mayor medida por impactos causados por la inversión, pero no es una causa viceversa pues los efectos son demasiado pequeños. En el caso de los GPA el proceso de estabilización es lento.

De igual forma ocurre con los resultados del modelo VEC, en el cual los ajustes son más lentos en los GPA ante variaciones en la tasa de interés, a diferencia del resultado a la viceversa, aunque ambas variables se ajusten, mensualmente, a la baja.

Con estos mismos resultados para el caso mexicano, se verifica que si bien existe un vínculo económico-financiero con respecto a la explotación de los recursos naturales, los efectos de éstos, representados por los GPA, no son tan grandes, incluso minúsculos, en relación con lo que éstos pueden hacer hacia la variable ambiental.

Para un efecto de “enfermedad holandesa”, la evidencia de México no muestra que sea por la explotación de los recursos naturales.

REFERENCIAS

- Aguirre Unceta, R. (2017). *Recursos naturales y desarrollo: los dilemas de una relación crítica* [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-82472/DT39_RafaelAguirre.pdf], fecha de consulta: 14 de enero de 2020.
- Andrés Rosales, R. (2016). “Autocorrelación serial”, en L. Quintana Romero y M. Mendoza González, *Econometría aplicada utilizando R*. México: UNAM-FES-Acatlán
- Banxico (s/f). Sistema de Información Económica [https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF114&locale=es], fecha de consulta: 24 de febrero de 2020.
- Barrón Arreola, K., C. Gómez López y J. Meza Fregoso (2013). “Recursos naturales y crecimiento económico”, en K. Barrón Arreola, L. Moreno Moreno y C. Gómez López (coords.), *Crecimiento económico y recursos naturales en México*. México: Universidad Autónoma de Baja California, pp. 12-40 [https://www.researchgate.net/publication/271273684_Recursos_Naturales_y_Crecimiento_Economico_Un_Analisis_de_la_Economia_Mexicana], fecha de consulta: 9 de febrero de 2020.
- Bassols Batalla, A. (2006). *Recursos naturales de México: una visión histórica*. México: Cenzontle [http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/iiec-unam/20170526045113/pdf_797.pdf], fecha de consulta: 14 de enero de 2020.
- Catalán, H. (2014). “Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable”, en *Economía Informa*, vol. 389, pp. 19-37. México: Universidad Nacional Autónoma de México [https://doi.org/10.1016/S0185-0849(14)72172-3], fecha de consulta: 24 de febrero de 2020.
- CEPAL/Inegi (2015). *Guía metodológica. Medición del gasto en protección ambiental del gobierno general*. Santiago de Chile: ONU [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37738/1/S1420956_es.pdf], fecha de consulta: 14 de enero de 2020.
- Cepeda Chacaguasay, P., E. Zurita Moreano y D. Ayaviri Nina (2016). “Los ingresos petroleros y el crecimiento económico en Ecuador (2000-2015)”, *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 8(4), pp. 459-466 [http://dx.doi.org/10.18271/ria2016.238], fecha de consulta: 29 de enero de 2020.
- Contreras Juárez, A., C. Atziry Zúñiga, J. Martínez Flores y D. Sánchez Partida (2016). “Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos

- percederos”, en *Estudios Gerenciales*, 32(141), pp. 387-396. Colombia: Universidad ICESI [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592316300754], fecha de consulta: 17 de julio de 2020.
- Corte Cruz, P. (2016). “Recursos naturales en la economía: ¿es posible el crecimiento verde?”, *Revista Arbitrada Formación Gerencial*, 15(1), pp. 25-50.
- Cuevas, A. y P. Más (2008). “Análisis y evaluación de un shock en la inversión residencial española”, *Clm.economía*, núm. 12 [http://www.clmeconomia.jccm.es/pdfclm/cuevas_12.pdf], fecha de consulta: 23 de febrero de 2020.
- Elizondo, R. (2012). “Estimaciones del PIB mensual basadas en el IGAE”, *Documentos de Investigación del Banco de México*, 11(2012). México: Banco de México [http://www.banxico.org.mx/publications-and-press/banco-de-mexico-working-papers/%7B4A2AE786-F07A-2E23-65B7-29167E4F3AF2%7D.pdf], fecha de consulta: 5 de febrero de 2019.
- Gylfason, Thorvaldur y Gylfi Zoega (2002a). “Natural Resources and Economic Growth: The Role of Investment”, *Documentos de Trabajo*, núm. 142, febrero, Banco Central de Chile [http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.4300&rep=rep1&type=pdf], fecha de consulta: 1 de enero de 2016.
- Gylfason, Thorvaldur y Gylfi Zoega (2002b). “Inequality and Economic Growth: Do Natural Resources Matter?”, *Working Paper*, núm. 712(5), April, CESifo [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=316620], fecha de consulta: 9 de febrero de 2020.
- Inegi (2019a). *Cuentas económicas y ecológicas de México 2018*. Comunicado de Prensa núm. 640/19, México: Inegi [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/StmaCnntaNaI/CtasEcmcasEcologicas2018.pdf], fecha de consulta: 7 de diciembre de 2019.
- Inegi (2019b). *Sistema de cuentas satélites económicas y ecológicas* [https://www.inegi.org.mx/temas/ee/], fecha de consulta: 7 de diciembre de 2019.
- Inegi (s/f). *Banco de Información Económica* [https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/], fecha de consulta: 24 de febrero de 2020.
- Novales, A. (2017). *Modelos vectoriales autorregresivos (VAR)* [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41459/VAR.pdf], fecha de consulta: 14 de octubre de 2019.
- Rodríguez Arias, N. y C. Gómez López (2014). “La maldición de los recursos naturales y el bienestar social”, *Ensayos Revista de Economía*, 23(1), pp. 63-90. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Sachs, J. y A. Warner (1995). Natural Resource Abundance and Economic Growth, *Working Paper*. National Bureau of Economic Research, NBER. 5398, Cambridge [http://www.nber.org/papers/w5398.pdf], fecha de consulta: 24 de enero de 2016.
- Sánchez Álzate, M. (2011). “¿Condicionan los recursos naturales al crecimiento económico?”, *Semestre Económico* 14(19), pp. 117-128. Universidad de Medellín [http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/378], fecha de consulta: 3 de febrero de 2016.
- Sanjuán, A. (2003). Modelos de predicción aplicados a series de precios agrarios. Documento de Trabajo. España: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón [https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/187/1/10532-80_160.pdf], fecha de consulta: 17 de julio de 2020.



