

# Pronósticos para la inversión y los costos ambientales tras el Covid-19 en México

Pablo Sigfrido Corte Cruz<sup>1</sup> y Pablo Torres Lima<sup>2</sup>

**Resumen.** *Se estudian los pronósticos de los costos ambientales de México, considerando el papel de la inversión bruta antes y después de la enfermedad COVID-19. Se desarrollan tres modelos econométricos de series de tiempo, ARIMA, ARIMA-X y ARCH, en los cuales se toma en cuenta el papel de la tasa de interés en ambas variables. Los resultados muestran que la inversión hubiera aumentado sin pandemia, en comparación al resultado bajo la presencia de este virus a lo largo de 2020 y hasta 2021. Asimismo, se estudian los costos ambientales que pudieran incrementarse ante la presencia del SARS-COV2, en comparación al pronóstico previo a la presencia de la pandemia. Se concluye que el pronóstico de la Inversión Bruta, tras el COVID-19, presenta un comportamiento menor en comparación a un escenario sin enfermedad. Esta misma situación es verificable con la Tasa de Interés que presenta comportamientos más reducidos, contrario a su tendencia ascendente bajo la ausencia de la pandemia. De acuerdo con el pronóstico de los Costos Ambientales con ausencia de la enfermedad, al contrario de la Inversión Bruta, este muestra un comportamiento inferior en comparación cuando la enfermedad ocurre. Este tipo de estudios debe continuar en la medida que evoluciona la enfermedad y ante la espera de resultados del proceso nacional de vacunación en México.*

**Palabras Clave:** *Costos Ambientales, Inversión Bruta, Pronósticos de Series de Tiempo, COVID-19, México.*

<sup>1</sup> Facultad de Economía, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, e-mail: pablo.corte@correo.buap.mx

<sup>2</sup> Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, e-mail: ptorres@correo.xoc.uam.mx

**Abstract.** *Forecasts of Mexico's environmental costs are studied, considering the role of gross investment before and after the COVID-19 disease. Three time series econometric models are developed, ARIMA, ARIMA-X and ARCH, in which the role of the interest rate in both variables is considered. The results show that the investment would have increased without a pandemic, compared to the result under the presence of this virus throughout 2020 and until 2021. Likewise, the environmental costs that could increase in the presence of SARS-COV2 are studied, compared to the forecast prior to the presence of the pandemic. It is concluded that the forecast of Gross Investment after COVID-19, presents a lower behavior compared to a scenario without disease. This same situation is verifiable with the Interest Rate, which shows lower trend, contrary to its upward trend in the absence of the pandemic. According to the prognosis of the Environmental Costs with absence of the disease, contrary to the Gross Investment, this shows a lower behavior compared to when the disease occurs. This type of study should continue as the disease evolves and pending the results of the national vaccination process in Mexico.*

**Key words:** *Environmental Costs, Gross Investment, Time Series Forecasts, COVID-19, Mexico.*

## INTRODUCCIÓN

En 2019, la economía mundial registró su peor desempeño desde 2009, con una tasa de crecimiento de sólo 2.5%, y se preveía, antes de la pandemia, un crecimiento a la baja del PIB mundial para 2020 (CEPAL, 2020). A partir de la pandemia por COVID-19 se verificó la pronunciada caída de la economía mundial, y aunque la evolución de la enfermedad, el tamaño y persistencia de sus impactos económicos son muy inciertos, y son aún totalmente desconocidos, bajo el marco de posibles escenarios de desarrollo a mediano y largo plazos, se dificulta la formulación de respuestas apropiadas de política macroeconómica (McKibbin y Fernando, 2021). En la actualidad, se cuenta ya con efectos graves en el corto y el largo plazos tanto en la oferta, como la demanda, a nivel agregado y sectorial, cuya intensidad y profundidad han dependido de las condiciones internas de cada economía, el comercio mundial, la duración de la epidemia y las medidas sociales y económicas implementadas para prevenir el contagio (Baldwin y Weder, 2020).

Se refiere que, aunque las pérdidas de ingresos y las interrupciones de las cadenas de suministro local, asociadas con la pandemia, indudablemente han provocado un aumento de la inseguridad alimentaria en muchos países en desarrollo, el consumo mundial de alimentos no se ha visto afectado en gran medida debido a la demanda inelástica de la mayoría de los productos agrícolas y la corta duración del impacto.

Desde un punto de vista ambiental, los impactos de COVID-19 apuntan a una modesta reducción de los gases de efecto invernadero directos de la agricultura de alrededor de 1% o 50 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono en 2020 y 2021 (Elleby *et al.*, 2020).

De cualquier forma, se espera que la pandemia de COVID-19 afecte los mercados agrícolas durante la próxima década, a partir de que un crecimiento económico más lento podría afectar la seguridad alimentaria, los medios de vida agrícolas, las emisiones de gases de efecto invernadero y el comercio (OECD, 2020). Las repercusiones en política económica, derivadas del COVID-19, implican el conflicto entre el estrés fiscal que enfrentan las finanzas públicas en las economías emergentes y la necesidad de políticas económicas paliativas inmediatas, incluyendo tasas de inversión más eficientes (Hevia y Neumeyer, 2020). El COVID-19 sigue teniendo importantes efectos a corto plazo con posibles consecuencias graves a largo plazo para el medio ambiente y la gestión de los recursos naturales en América Latina (López-Feldman *et al.*, 2020). La pandemia está poniendo a prueba el tejido socioeconómico y el liderazgo político de todos los países latinoamericanos (Blofield *et al.*, 2020).

En particular, la economía mexicana ha caído en 8.5% con una inflación aproximada del 3.15% (casi un punto porcentual por encima del año anterior), con un aumento en la tasa de interés de 4.25%, y una depreciación de la moneda frente al dólar de 5.13% (Banxico, 2020a). Asimismo, se estima que la respuesta fiscal de México al shock de COVID-19 ha sido modesta, y los gastos adicionales han ascendido al 0.2% del PIB para apoyar la atención médica y al 0.5% para proteger hogares y empresas (Hannan *et al.*, 2020). Del mismo modo, se estima que los efectos potenciales que la actual coyuntura sanitaria ha podido generar en los niveles de pobreza por ingresos en México corresponden al incremento entre 7.2 y 7.9 puntos porcentuales, con un respectivo incremento de la pobreza extrema por ingresos entre 6.1 y 10.7 millones de personas para 2020, mientras que para la pobreza laboral se estima un aumento de 37.3 a 45.8% en los primeros dos trimestres del 2020, conforme al Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval, s/f).

Ante los cambios socioeconómicos y ambientales causados por la pandemia de COVID-19 se han provocado numerosos impactos ambientales, tanto positivos, como la mejora de la calidad del aire y el agua en las zonas urbanas debido a restricción de casi todas las actividades económicas mundiales, así como negativos, como la contaminación de la costa debido a la eliminación de consumibles sanitarios (Cheval *et al.*, 2020). Sin embargo, los cambios ambientales para poblaciones urbanas y rurales no son permanentes y el nivel de contaminación puede volver a aumentar en el futuro (Farhan *et al.*, 2020). Como resultado, los estudios internacionales actuales (Stock, 2020;

Zaremba *et al.*, 2021) sugieren la necesidad de estudiar otros aspectos de la economía, tal vez considerados menos específicos pero no menos importantes, por ejemplo los costos ambientales. Si bien el análisis sobre el papel del medio ambiente y los recursos naturales en la economía no es nuevo, en la actualidad revierte su importancia debido a que los procesos de protección ante el agotamiento y degradación de los recursos naturales se hacen fundamentales para cualquier economía que busca visualizar mejores perspectivas a futuro, en comparación al presente que se vive. Se considera el hecho de que, si bien el agotamiento y la degradación de los recursos naturales juegan un papel importante en la economía, no se deja de lado que tienen un vínculo con diversas variables económicas, en especial, la inversión y la tasa de interés (Haro y Taddei, 2014).

A lo largo del estudio de la economía de los recursos naturales y del medio ambiente, se ha encontrado una variedad de investigaciones que muestran diversas metodologías estadísticas para analizar la relación de los recursos naturales con las variables económicas. En particular, los costos ambientales se están convirtiendo en una herramienta importante para tomar decisiones de gestión informadas, destinadas a armonizar la economía y el medio ambiente. Sin embargo, en la actualidad, aun con la existencia de una gran cantidad de desarrollos metódicos, no existe una base teórica sólida para la formación de indicadores ambientales que caractericen adecuadamente la interacción de la economía y el medio ambiente y la toma de decisiones económicas en todos los niveles (Egorova *et al.*, 2019).

Algunos estudios buscan destacar los beneficios o posibles perjuicios que muchas economías pueden obtener a causa de su riqueza natural. Existen autores (Gylfason y Zoega, 2002) que buscan mostrar, a través de información transversal, que los países con abundancia de recursos naturales, tal como lo es México, se ven afectados en sus condiciones económicas y financieras. De igual forma, se refiere, con información cruzada, que los países dedicados a la exportación de recursos naturales tienen tasas de crecimiento más bajo (Sachs y Warner, 1995). En particular, Barrón *et al.* (2013), a partir de datos panel, buscan demostrar las hipótesis anteriores para el caso de México, sin embargo, pareciera que no consideran los cambios de información a lo largo del tiempo en cada una de las entidades federativas, puesto que realizan un trabajo a partir de Mínimos Cuadrados Ordinarios como un método para encontrar los parámetros poblacionales en un modelo de regresión lineal. Asimismo, con información de corte transversal, Corte (2016) señala que la llamada “maldición” de los recursos naturales depende la perspectiva en la que se analice, sobre todo a partir de considerar que el comportamiento de las llamadas economías “altamente desarrolladas” (correlación positiva) es diferente a lo que se observa en América Latina, Asia y África (correlación negativa). Además de que estos resultados ofrecen una explicación de carácter más cualitativo que cuantitativo.

A partir de que la mayor parte de los estudios se basan en metodologías cualitativas (Saldívar *et al.*, 2002), principalmente bajo la consideración de crítica a las políticas económicas de los recursos naturales sin tomar en cuenta aspectos cuantitativos, sus resultados pueden ser materia de discusión en virtud de que existen diversas e importantes interrelaciones entre el medio ambiente y variables económicas. La presente nota de investigación, en lugar de buscar los coeficientes de medición de una variable con respecto a otra, incluye series de tiempo de las variables de Tasa de Interés, Costos Ambientales e Inversión Bruta, y su interrelación para el pronóstico de los costos ambientales, lo cual permite eliminar la necesidad de trabajar con mínimos cuadrados ordinarios (MCO) o con datos panel. Al considerar el papel de la inversión en los costos ambientales, se puede inferir el análisis del papel que juega la tasa de interés real en ésta, a fin de determinar los procesos autorregresivos, así como los elementos estacionales exógenos y, al mismo tiempo, la interrelación de los propios costos ambientales con la tasa de interés. Se refiere que la estimación precisa de los costos ambientales futuros puede ser importante para diversas actividades económicas, sin embargo, una forma de considerar cuán importante puede ser tal estimación es considerar el costo de equivocarse (Shifrin *et al.*, 2015). De esta forma, la finalidad de desarrollar pronósticos implica dos consideraciones: 1) el conocimiento de la evolución futura de la variable en estudio y su interrelación con respecto a otras variables que puedan afectar su comportamiento; y 2) sirve para la prevención de gastos necesarios y suficientes ante efectos nocivos, en este caso, ante la degradación y agotamiento de los recursos naturales y el medio ambiente tras la pandemia.

En este trabajo se presenta un ejercicio para el desarrollo de pronósticos de series de tiempo para el caso de los costos ambientales y la inversión bruta en México. En la siguiente sección se hace una exposición conceptual y técnica de la metodología que se utiliza para el desarrollo de pronósticos, enseguida se muestran los resultados principales y su discusión orientada hacia escenarios de política pública, para arribar finalmente a las conclusiones.

## METODOLOGÍA

### Modelos de Series de Tiempo: ARIMA y ARIMA-X

Los modelos ARIMA y ARIMA-X, si bien fueron desarrollados para el análisis y pronósticos de variables financieras, se ha demostrado que permiten el estudio de variables de series de tiempo que no son propias de la especulación, tal y como lo demuestran

Amaris *et al.* (2017). Este tipo de modelos pueden ser analizados para otros estudios que consideran la presencia de heterocedasticidad, a lo cual refiere a los llamados modelos ARCH-GARCH (Jaramillo *et al.*, 2007). Con ese tipo de modelos se pueden desarrollar pronósticos para variables como los costos ambientales que, si bien, no tienen elementos de especulación, dependen de las condiciones ambientales, así como de las disposiciones de las autoridades gubernamentales en los presupuestos públicos, además del papel que juegan los particulares.

Los modelos para el pronóstico de series de tiempo están basados en la metodología Box-Jenkins, que consta de cuatro etapas: Identificación, Estimación, Diagnóstico y Pronóstico (Becketti, 2020). La utilización de este tipo de modelos ha sido fundamental para trabajos de pronósticos financieros y precios de diversos bienes, así como de algunos comportamientos de variables económicas (Mejía *et al.*, 2017; Flores, 2017). El proceso de identificación del modelo determina los procesos Autorregresivos (AR), de Media Móvil (MA) y de Integración (I), que en conjunto depende del grado de estacionariedad de la variable en cuestión.

La nomenclatura que se utiliza en este trabajo permite ver el desarrollo de los procesos de identificación del modelo (Rosales, 2016). De esta forma, un modelo autorregresivo de orden uno, AR(1), se expresa de la siguiente manera:

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

mientras que un modelo AR(2):

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

y, por tanto, 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:

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

donde  $Y_t$  representa a los Costos Ambientales y a la Inversión Bruta.

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 modelo MA(2):

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

así, MA(q) queda representado:

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

En particular, el modelo ARIMA (p, d, q), se formula como:

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

donde  $\Phi^p$  y  $\Theta^q$  representan los procesos autorregresivos en  $Y_t$  y en  $e_t$ , respectivamente, mientras que  $\Delta^d$  es el grado de integración dado por las diferencias que determinan la estacionariedad de la variable. Si  $\Phi^p < 1$  y  $\Theta^q < 1$ , entonces, se refiere que hay convergencia, por lo que hay confiabilidad en el desarrollo de pronósticos (Rosales, 2016).

Para determinar el grado de integración de las variables, se requiere realizar la prueba para determinar si la variable es estacionaria. Para dicha acción se requiere la prueba Dickey-Fuller Aumentada (ADF) (Montero, 2013), esto es, bajo el supuesto de que se corre un proceso de MCO con un proceso autorregresivo de orden 1:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + e_t \quad (4)$$

en el cual, si  $\rho = 0$ , es decir, al no ser significativo, es un indicativo de que la variable en cuestión no es estacionaria, por lo que se requiere de algún grado de integración, a través del proceso de diferencias. Si fuera diferente de cero, entonces es estacionaria de grado cero, por lo que no se requiere de ningún grado de integración.

Para el caso del modelo ARIMA-X, con el mismo nivel de orden, se expresa al determinar el operador diferencia de la variable de estudio ( $\Delta^d$ ):

$$\Phi^p \Delta^d Y_t = \Sigma \beta X_t + \Sigma \delta D + \Theta^q e_t \quad (5)$$

en el cual,  $\beta$  es el vector de coeficientes de las variables dependientes  $X_t$  y,  $\delta$  es el vector correspondiente a las variables dummy (D), que ayudan a detectar la estacionariedad

exógena. Si  $Y_t$  se refiere a los costos ambientales, entonces, las variables  $X_t$  representan a la Inversión Bruta y a la Tasa de Interés Real, mientras que las  $D$  son doce variables binarias que representan, cada una, los meses de cada año.

En suma, los modelos ARIMA y ARIMA-X ayudan a realizar pronósticos sobre el comportamiento de las variables correspondientes para periodos futuros, lo cual permite analizar si los costos ambientales dependen de la inversión bruta y la tasa de interés real.

### Modelos de Series de Tiempo: ARCH (GARCH)

Al determinar el modelo ARIMA-X, se deben de considerar los efectos de los residuos que, por lo general, tienen comportamientos irregulares y presentan problemas de heterocedasticidad. De tal forma, los modelos ARCH se desarrollan a partir de considerar la presencia de heterocedasticidad en los residuos. Al identificarse dicha condición se puede detectar la volatilidad de la variable, tal como lo refiere Quintana y Mendoza (2016), que enseguida se indica:

$$\Delta^d Y_t = \beta X_t + u_t \quad (6)$$

$$\text{Var}(u_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2$$

el cual se puede determinar como el modelo ARCH(1), puesto que la varianza depende de los residuos del periodo anterior al cuadrado. Así, al considerar un número indeterminado de rezagos para los residuos al cuadrado, un proceso ARCH se describe:

$$\Delta^d Y_t = \beta X_t + u_t \quad (7)$$

$$\text{Var}(u_t) = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum \alpha_i u_{t-i}^2$$

A partir del modelo ARIMA-X, como parte del ARCH, que corresponde al manejo de las variables consideradas, se cuenta con un proceso que, a partir del programa estadístico STATA (2019), sería:

$$\Phi^p \Delta^d Y_t = \sum \beta X_t + \sum \delta D + \Theta^q e_t + \alpha_0 + \sum \alpha_i u_{t-i}^2 \quad (8)$$

Con ello se obtendrían los elementos necesarios para el desarrollo de pronósticos más eficientes con respecto a las variables consideradas. A partir de la naturaleza de las va-



riables, en la medida que en alguna de las dos variables (Inversión y Costos Ambientales) no exista evidencia de heterocedasticidad, sólo se establece el modelo de pronóstico a partir del ARIMA-X.

### **Fuentes y Manejo de Información**

Ante el contexto de que diversos países han buscado mediciones de sus economías a partir de variables macroeconómicas que sean alternativas al Producto Interno Bruto (PIB), desde 1991, México ha desarrollado diversas metodologías estadísticas para determinar el PIB y el Producto Interno Neto Ecológico (PINE), y ha construido el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM). Esta nueva medición no sólo se ocupa de la medición de la producción, sino también del gasto y desgaste de los bienes materiales y naturales que se ocupan en los procesos productivos (Inegi, 2018). En particular, el PINE se calcula:

$$\text{PINE} = C + \text{IN} + G + (X - M) - \text{CAmb} \quad (9)$$

donde C es el consumo privado, IN la inversión neta (Formación Bruta de Capital Fijo menos la depreciación), G el consumo del gobierno, X las exportaciones, M importaciones y CAmb los costos ambientales. Particularmente, los Costos Ambientales se conforman por los Costos por Agotamiento (CAg) y los Costos por Degradación (CDeg):

$$\text{CAmb} = \text{CAg} + \text{CDeg} \quad (10)$$

Los Costos por Agotamiento se refieren a los que se dan por el agotamiento de hidrocarburos (incluyendo el petróleo), recursos forestales y agua subterránea, los que representaron 0.5% del PIB de 2018 (Inegi, 2019). Los Costos por Degradación son los referentes a la degradación del suelo, contaminación por residuos sólidos, contaminación atmosférica y contaminación del agua, que significaron 3.8% del PIB del mismo año (Inegi, 2019).

Los Costos Ambientales son aquellos que cargan todas las partes involucradas en el sistema productivo: los hogares, las empresas, el sector externo y la autoridad pública. En este sentido, los gastos que realiza exclusivamente el gobierno corresponde a los Gastos de Protección Ambiental (GPA), mientras que los costos ambientales son los propios GPA, más lo que pagan los particulares.

La información correspondiente a los Costos Ambientales se obtuvo de los datos anuales, de 2003 al 2018, del Inegi. Dicha información, se transformó a información

trimestral y posteriormente a mensual, con la metodología que se explica más adelante. Para la Inversión Bruta, se recurrió a la información del Banco de Información Económica (BIE) (Inegi, s/f), cuya secuencia es trimestral. En lo que se refiere a los pronósticos de los Costos Ambientales, primero se tomó la información de 2003 a 2018 a fin de considerar las condiciones previas a la pandemia actual, posteriormente, se localizó la información disponible del primer trimestre de 2020 a fin de examinar el comportamiento de la información a inicios de la contingencia sanitaria mundial.

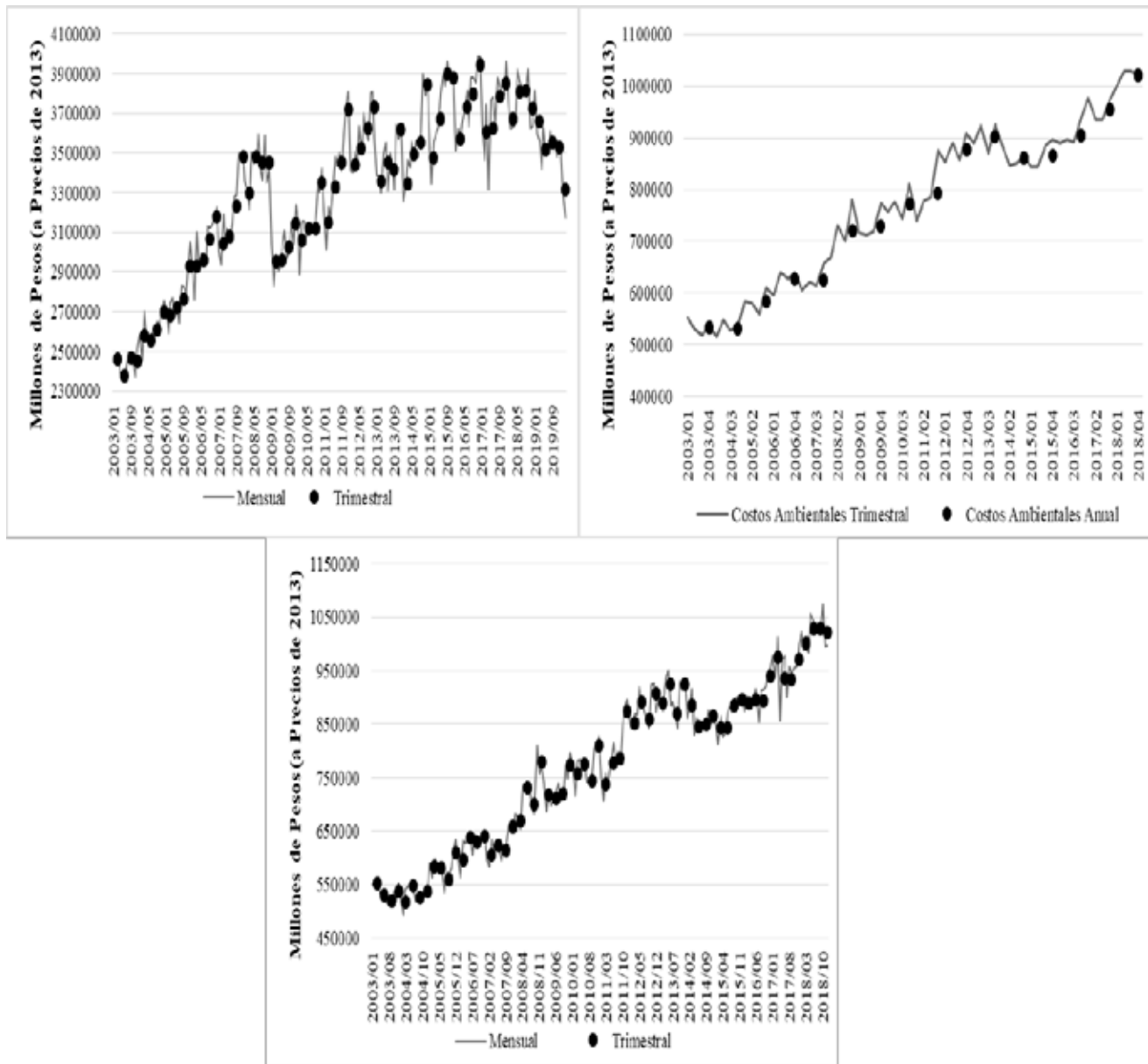
Con respecto a la tasa de interés ( $i$ ), se obtuvieron los datos de los Certificados de la Tesorería (Cetes) (Banxico, s.f.) a 28 días, la cual es la tasa de referencia para las instituciones de crédito. La secuencia de esta información fue mensual y, al igual que la inversión, se consideró hasta 2018, previo a la situación sanitaria, y hasta julio de 2020. La información de la tasa de interés se transformó en sus valores reales, es decir, se le transformó con la tasa de inflación ( $\pi$ ) de la siguiente manera:

$$r = (i - \pi)/(1 + \pi) \quad (11)$$

donde  $r$  representa a la tasa de interés real.

En virtud de que existe información con secuencia diversa (datos anuales, trimestrales y mensuales), para uniformar los datos bajo una misma estructura de tiempo se utilizó el Filtro de Kalman (Elizondo, 2012); para la conversión del PIB trimestral a mensual (índice de volumen físico de la inversión fija bruta), se realizó a partir del Indicador Global de Actividad Económica (IGAE). En la Figura 1-A se presentan los datos originales que, en su mayoría, coinciden con los datos mensuales, lo cual permite identificar la confiabilidad de la conversión para el desarrollo de pronósticos de esta variable. La importancia de este método implica que no se parte de relaciones lineales, sino que se muestran variaciones mensuales entre cada uno de los puntos trimestrales. Respecto a los Costos Ambientales, la conversión de información anual a trimestral tomó como base la información del consumo privado, debido a que la degradación y agotamiento de los recursos naturales incluidos, por la misma definición del SCEEM, pueden ser considerados como tal, es decir, los costos ambientales se pueden definir como consumo. Si bien, en la Figura 1-B se muestra que la información anual no coincide totalmente con la trimestral, la mayoría de los puntos oscuros concurren en la zona de la información trimestral. Para la conversión de datos trimestrales a mensual se utilizó como base al Indicador Mensual del Consumo Interior (Figura 1-C). Mediante el uso del Filtro de Kalman se identifica que las conversiones son confiables para los procesos de pronóstico de series de tiempo.

Figura 1. Conversión de: (A) inversión bruta de trimestral a mensual; (B) costos ambientales de anual a trimestral, y (C) costos ambientales de trimestral a mensual



Fuente: Elaboración propia con datos de BIE-INEGI. <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

Para remarcar la diferencia del comportamiento de los Costos Ambientales, antes y después de la enfermedad del COVID-19, se consideran los comportamientos de la inversión y la tasa de interés, primero hasta diciembre de 2018, tiempo hasta donde llega la información ambiental referente; después, hasta lo transcurrido del año 2020. Estos son los datos con los que se contaba hasta el momento de este ejercicio, sobre todo a partir de su importancia en el comportamiento de los propios datos cuando no se presumía la existencia de la pandemia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados Previos

Una de las preocupaciones más importantes que tiene los gobiernos nacionales consiste en crear las condiciones suficientes para generar la inversión al interior de su economía. En México, a raíz de la crisis económica que azotó a mediados de los años noventa, se han establecido mecanismos para atraer el capital, principalmente el que proviene del exterior, aprovechando las oportunidades que ofrecen los acuerdos comerciales firmados con otros países, principalmente, con Estados Unidos y Canadá (Arellanes, 2014). Ante dicho contexto, se han abierto las barreras políticas para la explotación de recursos naturales por parte de particulares. Por ejemplo, desde mediados de los años ochenta, la concesión para la explotación de minas de carbón en áreas rurales, por parte de particulares, ha sido una constante que permanece a la fecha.

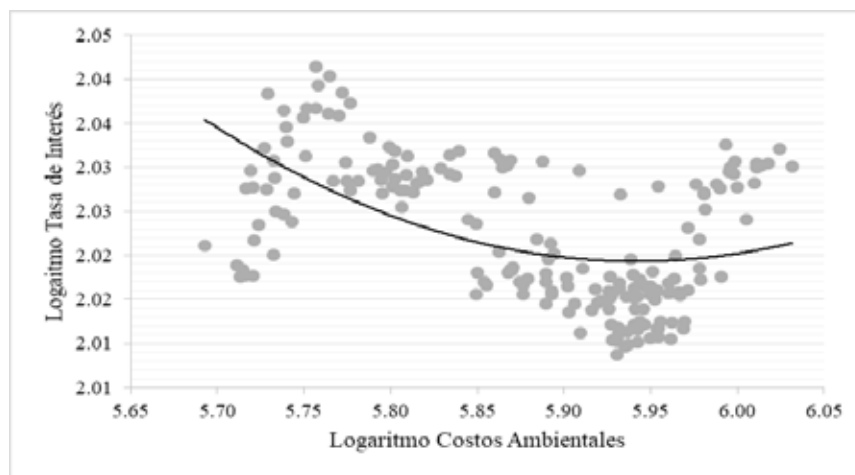
A finales de los años ochenta y principios de los noventa, el gobierno federal da fin al reparto agrario y las políticas al sector rural se transforman en asistencialistas, en la medida que orientan para que los pequeños productores no se acerquen al mercado a fin de no desvirtuar los precios. Este tipo de programas sólo beneficiaron la subcontratación de campesinos a empresas privadas, tanto transnacionales como multinacionales, por medio de contratos que obligan a entregar una cantidad determinada de producto a dichos consorcios (Rubio y Moguel, 2018).

Con el cambio de gobierno (y partido político) a inicios de este siglo, las políticas se intensificaron para apoyar a las empresas que, lejos de proteger a los recursos naturales y el medio ambiente, los explotaron de manera desmedida por medio de políticas arancelarias, sobre todo en el caso del petróleo y otros hidrocarburos (Tah, 2019). Así, durante la primera década del siglo actual, se concesionaron grandes extensiones de territorios rurales en diversas zonas del país para realizar proyectos energéticos: desde hidroeléctricas, paneles de energía solar y eólicas, entre otras (Sener, 2016). Estas conce-

siones fueron los precedentes, para que en el año 2013 se realizara la llamada Reforma Energética, abriendo la explotación petrolera y eléctrica al sector privado, tanto interno como externo, para la obtención de ganancias, así como la extensión de tiempo en los parques de energías alternativas. De igual manera, a lo largo de la última década, se han otorgado permisos de explotación minera a cielo abierto a particulares, principalmente a empresas chinas y canadienses. Se supone que con las políticas señaladas, la inversión tienda a incrementarse, además de controlar las tasas de interés.

La relación de los Costos Ambientales, con respecto a las Tasas de Interés, es similar a la de la Inversión Bruta, en el sentido de que a pesar de encontrar una relación negativa, la información no es concluyente debido a la dispersión de los datos existentes (Figura 2).

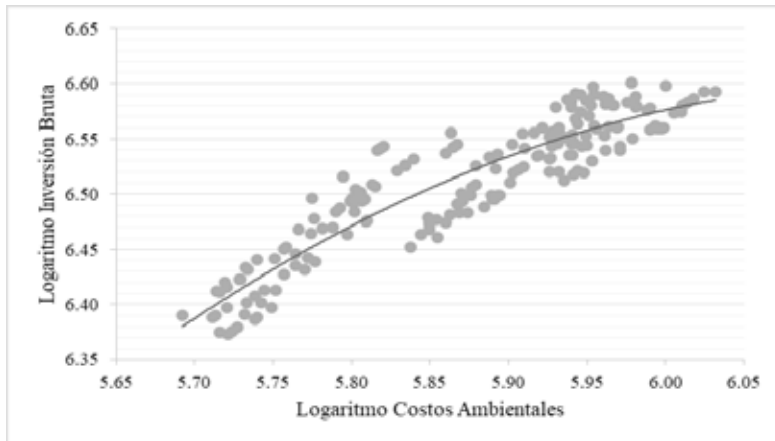
Figura 2. Relación entre Tasa de Interés y Costos Ambientales, 2003-2018



Fuente: Elaboración propia con datos del SCEEM-INEGI, <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/> y del Sistema de Información Económica, <https://www.banxico.org.mx>

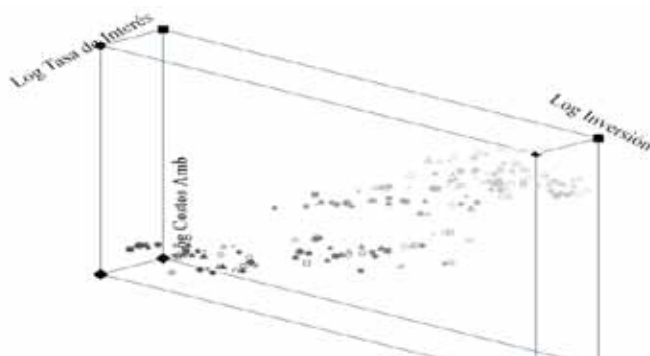
Sin embargo, en la Figura 3, se visualiza una relación positiva entre los Costos Ambientales y la Inversión Bruta, en la cual, pareciera que el ajuste entre ambas variables es consistente, es decir, pareciera que la variable ambiental puede ser explicada por el comportamiento de la inversión. Asimismo, en la Figura 4 se muestra un gráfico de dispersión entre la Tasa de Interés con respecto a la Inversión Bruta y los Costos Ambientales; estas últimas dos variables muestran una relación positiva entre sí.

Figura 3. Relación entre Costos Ambientales e Inversión Bruta, 2003-2018



Fuente: Elaboración propia con datos de BIE-INEGI, <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/> y SCEEM-INEGI, <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/>.

Figura 4. Relación de la Tasa de Interés con la Inversión Bruta y los Costos Ambientales



Fuente: Elaboración propia en STATA 16, con datos de BIE-INEGI, <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>, SCEEM-INEGI, <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/> y Sistema de Información Económica, <https://www.banxico.org.mx>

Por desgracia, las políticas aplicadas han afectado los recursos naturales y, en general, al medio ambiente, por lo que el cálculo de los Costos Ambientales ha permitido visualizar, de cierta manera, el daño ambiental, no sólo de los hogares y autoridades públicas, sino también del sector privado y su corresponsabilidad al daño ambiental. Cabe destacar que, aun con el diseño e instrumentación de políticas bajo el marco de una “Economía Verde e Incluyente”, lo cierto es que los proyectos puestos en marcha, en lugar de beneficiar, han perjudicado y excluido a muchos grupos sociales, sobre todo a los dedicados a las actividades del sector primario (Corte y Sandoval, 2018), quienes han visto reducido la calidad ambiental de sus recursos para las actividades agroproductivas. En este sentido, se refiere a la calidad ambiental como una particular conjunción de elementos tanto de presión (i.e. desmontes), como naturalidad o grado de intervención del ser humano, y se considera como un balance de los efectos de la presión sobre el estado del territorio o recurso natural (Torres *et al.*, 2008).

## Resultados de Pronósticos

Previo al pronóstico de las variables Tasa de Interés, Inversión Bruta y Costos Ambientales, se llevó a cabo un diagnóstico mediante la prueba Dickey-Fuller Aumentada (DFA) para cada una de ellas, con el fin de comprobar si presentaban algún grado de estacionariedad. En primer lugar, se realizó la correspondiente a la Tasa de Interés, la cual implica que se determina a través de la primera diferencia. De igual manera, se procedió con la prueba correspondiente a la Inversión Bruta, que también resultó ser estacionaria de grado uno. La probabilidad estadística indicó la misma situación que la correspondiente a la variable de Tasa de Interés (Cuadro 1). Con respecto a los Costos Ambientales, al igual que las dos variables anteriores, sólo es estacionaria al determinar la primera diferencia (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Prueba Dickey-Fuller Aumentada de Raíz Unitaria para Tasa de Interés, Inversión Bruta y Costos Ambientales**

<b>Variable: Logaritmo de la Tasa de Interés</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
-2.150	-3.474	-2.883	-2.573
<b>Probabilidad Z(t): 0.2248</b>			
<b>Variable: Diferencial del Logaritmo de la Tasa de Interés</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
<b>-9.037</b>	-3.474	-2.883	-2.573
<b>Probabilidad Z(t): 0.0000</b>			
<b>Variable: Logaritmo de la Inversión Bruta</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
-2.490	-3.475	-2.883	-2.573
<b>Probabilidad Z(t): 0.1179</b>			
<b>Variable: Diferencial del Logaritmo de la Inversión Bruta</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
<b>-13.913</b>	-3.475	-2.883	-2.573
<b>Probabilidad Z(t): 0.0000</b>			
<b>Variable: Logaritmo de los Costos Ambientales</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
-1.198	-3.480	-2.884	-2.574
<b>Probabilidad Z(t): 0.6746</b>			
<b>Variable: Diferencial del Logaritmo de los Costos Ambientales</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
<b>-14.844</b>	-3.480	-2.884	-2.574
<b>Probabilidad Z(t): 0.0000</b>			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos calculados en STATA 16.



Aunado a lo anterior, se buscó determinar si existe alguna relación espuria entre las variables mencionadas, esto es, a partir de determinar si los residuos de la regresión entre dos variables es estacionaria o no. En el Cuadro 2, se muestran las pruebas Dickey-Fuller Aumentada para detectar la estacionariedad de los residuos después de cada uno de los casos. En primer lugar, se encuentra el caso de la regresión de los Costos Ambientales con respecto a la Inversión Bruta; en dicho caso, los residuos pueden ser estacionarios a un nivel de significancia del 5%, lo cual pudiera señalar que la relación entre estas dos variables implica cointegración.

Cuadro 2. Resultados de los Residuos para detectar Cointegración entre Variables

<b>Variable dependiente: Logaritmo Costos Ambientales</b>			
<b>Variable Independiente: Logaritmo de la Inversión Bruta</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
-2.894	-3.480	-2.884	-2.574
<b>Probabilidad Z(t): 0.0461</b>			
<b>Variable dependiente: Logaritmo Costos Ambientales</b>			
<b>Variable Independiente: Logaritmo de la Tasa de Interés</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
-0.896	-3.480	-2.884	-2.574
<b>Probabilidad Z(t): 0.7893</b>			
<b>Variable dependiente: Logaritmo Inversión Bruta</b>			
<b>Variable Independiente: Logaritmo de la Tasa de Interés</b>			
<b>Prueba Estadística</b>	<b>Valores Estadísticos de Dickey-Fuller</b>		
	<b>1%</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>
-2.357	-3.480	-2.884	-2.574
<b>Probabilidad Z(t): 0.1542</b>			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos calculados en STATA 16.

Para el segundo caso, como resultado de la regresión de los Costos Ambientales con respecto a la Tasa de Interés, los residuos no son estacionarios, aun cuando tienen el mismo grado de integración, lo cual indica que al buscar una relación entre estas variables para los pronósticos, los resultados no serían los adecuados al no estar cointegradas. Para la última regresión, la correspondiente a la Inversión Bruta con respecto a la Tasa de Interés, los residuos tampoco llegaron a ser estacionarios, puesto que sobrepasan ligeramente el nivel de significancia del 10%, por lo que indica espuriedad entre estas variables.

Sin embargo, se busca revisar el comportamiento entre estas variables para analizar el desarrollo de los pronósticos, debido a que se está en el límite entre la definición entre si están cointegradas o no.

El siguiente paso fue ubicar los procesos AR y MA de la variable estacionaria. Mediante la realización de un correlograma (Cuadro 3), se pudo determinar la autocorrelación parcial (PAC) que especifica a los propios procesos de autoregresivos de la variable en cuestión. De igual manera, se analizó la autocorrelación (AC) para la autoregresión para los errores (MA). Mediante ensayo-prueba-error y las pruebas de raíz unitaria (Figura 5), se definieron los modelos, que se exponen en los Anexos 1, 2 y 3.

**Cuadro 3. Resultado de Correlograma y determinación de los procesos AR y MA**

Rezagos	Inversión		Tasa de Interés		Costos Ambientales	
	AC	PAC	AC	PAC	AC	PAC
1	-0.3247	-0.3247	-0.0318	-0.0319	-0.3918	-0.3918
2	-0.0689	-0.1984	0.1359	0.1356	-0.0678	-0.2662
3	0.1261	0.0428	0.0133	0.0224	0.1056	-0.0388
4	-0.2659	-0.2576	-0.0285	-0.0463	-0.2776	-0.3352
5	0.1068	-0.0629	0.0562	0.0415	0.1559	-0.1354
6	0.0013	-0.0647	-0.1969	-0.1877	0.0708	-0.0153
7	0.0256	0.0562	0.0196	-0.0184	0.0782	0.2012
8	-0.1365	-0.2232	0.0523	0.1026	-0.1628	-0.1081
9	0.1008	0.0113	-0.0152	0.0098	0.0871	0.0665
10	-0.1842	-0.2736	-0.0177	-0.0545	-0.1589	-0.1537
11	-0.0200	-0.1578	-0.093	-0.0793	-0.0574	-0.1823
12	0.4732	0.3909	0.2214	0.2077	0.3539	0.1545
	AR: 1, 2, 4, 8, 10, 11, 12		AR: 1, 6, 8, 12		AR: 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12	
	MA: 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 12		MA: 2, 6, 12		MA: 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 12	

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recordar que, tanto para la Tasa de Interés como para la Inversión Bruta se hacen dos cortes estadísticos conforme a la información existente al realizar el presente estudio: el primero, que abarca hasta diciembre de 2018, relativo a los datos de los Costos Ambientales. El segundo corte se abarcó hasta el momento en que se recabó la información en las fuentes mencionadas. Se realizaron una serie de procesos, incluyendo el ARIMA y el ARCH, pero el más confiable en resultados, para el primer corte de información fue el modelo ARIMA-X, donde se muestra la presencia de cierta estacionariedad exógena (ver Anexo 1).

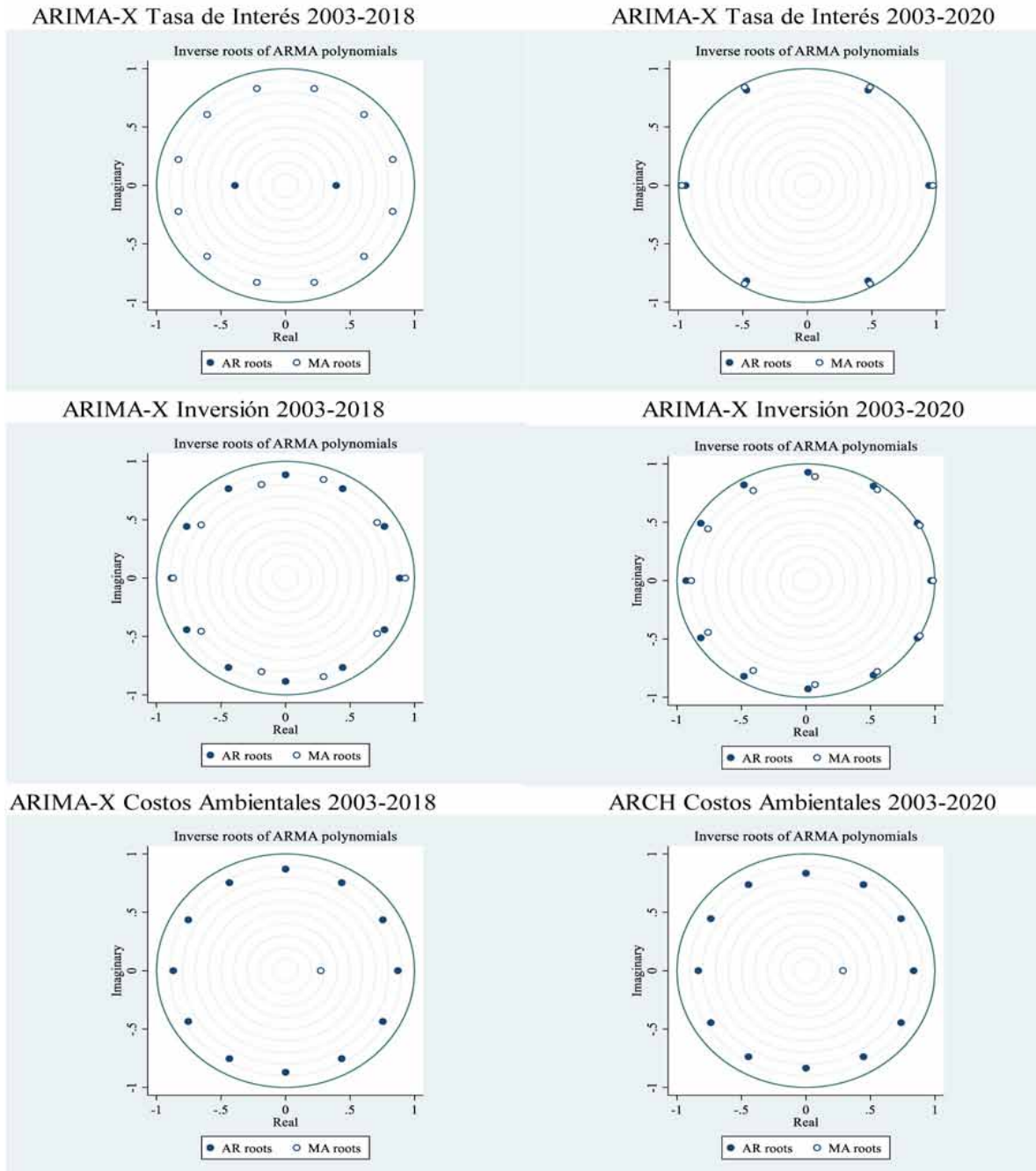
Cabe destacar, que si no existiera la pandemia de COVID-19, la Tasa de Interés seguiría con su tendencia ascendente, sin embargo, ante la presencia de dicha enfermedad, es visible su caída, lo que de seguir así, puede afectar a la inversión de cartera (ver Figura 6). Sin embargo, por otro lado, se debe destacar que el Banco de México decidió reducir las tasas de referencia a fin de proteger a la economía de una expansión inflacionaria (Banxico, 2020b).

**Anexo 1. Resultados Modelos ARIMA-X para Tasa de Interés**

Variable dependiente: Diferencial Logaritmo Tasa de Interés, 2003-2018		Variable dependiente: Diferencial Logaritmo Tasa de Interés, 2003-2020	
Variables Independientes	Coefficientes	Variables Independientes	Coefficientes
Febrero	0.0027**	Enero	-0.0024*
	(0.0012)		(0.0007)
	[2.09]		[-3.40]
Abril	0.0031*	Febrero	0.0027*
	(0.0011)		(0.0008)
	[2.81]		[3.52]
Mayo	0.0019***	Abril	0.0025*
	(0.0011)		(0.0007)
	[1.76]		[3.63]
		Junio	-0.0049*
			(0.0014)
			[-3.57]
		Diciembre	0.0037*
			(0.0010)
			[3.87]
<b>ARMA</b>			
AR(2)	0.1539**	AR(6)	0.7046*
	(0.0650)		(0.1745)
	[2.37]		[4.04]
MA(12)	0.1628**	MA(6)	-0.8486*
	(0.0727)		(0.1480)
	[2.24]		[-5.73]
/sigma	0.0042*	/sigma	0.0040*
	(0.0002)		(0.0001)
	[23.40]		[32.50]
() Error Estándar OPG, [] Estadístico z			
Significativos: (*) al 1%, (**) al 5%, (***) al 10%			

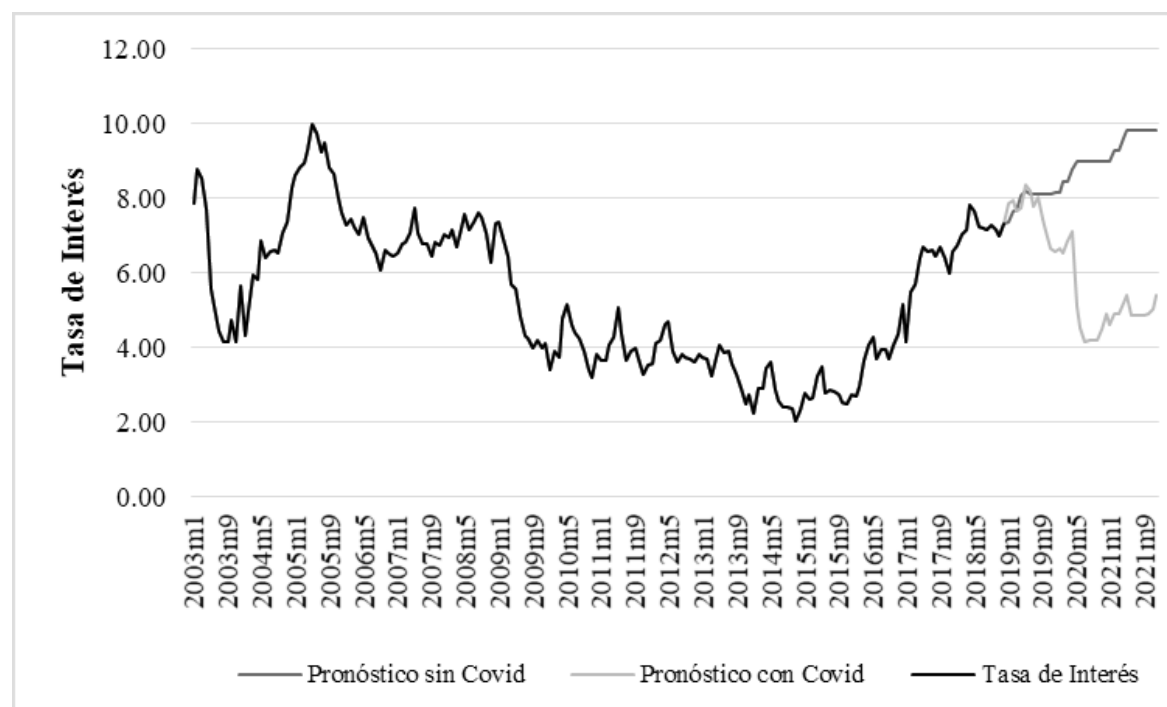
Fuente: Elaboración propia a partir de datos calculados en STATA 16.

Figura 5.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos calculados.

Figura 6. Pronósticos de Tasa de Interés



Fuente: Elaboración propia a partir de datos calculados.

Respecto al comportamiento de la Inversión Bruta, el proceso se verifica durante el primer corte, en particular el papel que juega la tasa de interés en la inversión. Sin embargo, esto no se hace notar para la versión extendida para marzo del 2020, lo cual pudiera reafirmar la relación espuria de estas variables hasta este segundo corte de la información. Al momento de buscar los modelos para el pronóstico de esta variable, no se detectó la presencia de heterocedasticidad, por lo que no es posible realizar un modelo del tipo ARCH (ver Anexo 2). En la Figura 7, se puede notar que, ante la ausencia del COVID-19, la inversión se hubiera mantenido al mismo nivel que en los años anteriores del año 2018 y, con presencia de la enfermedad, se identifica una ligera caída en comparación al otro escenario expuesto. Los pronósticos, tanto de la Tasa de Interés como de la Inversión Bruta, bajo la condición de la pandemia, son consistentes con la información que otorgan los datos oficiales al momento en que se está realizando el presente documento, por lo que, también hay confianza en los resultados de estas dos variables bajo ausencia de la

enfermedad. Se reporta que en 2020, se ablandaron las condiciones para otorgar crédito a los productores agrícolas en varios países de América Latina y el Caribe, con reducción de las tasas de interés, otorgando garantías y dando otras facilidades de reprogramación financiera, y los presupuestos de varios ministerios de agricultura se expandieron en respuesta a la pandemia. No obstante, en México y Brasil esos presupuestos sufrieron recortes importantes en 2020 con relación a los valores de 2019, de 27% y 21%, respectivamente (CEPAL-FAO-IICA, 2021).

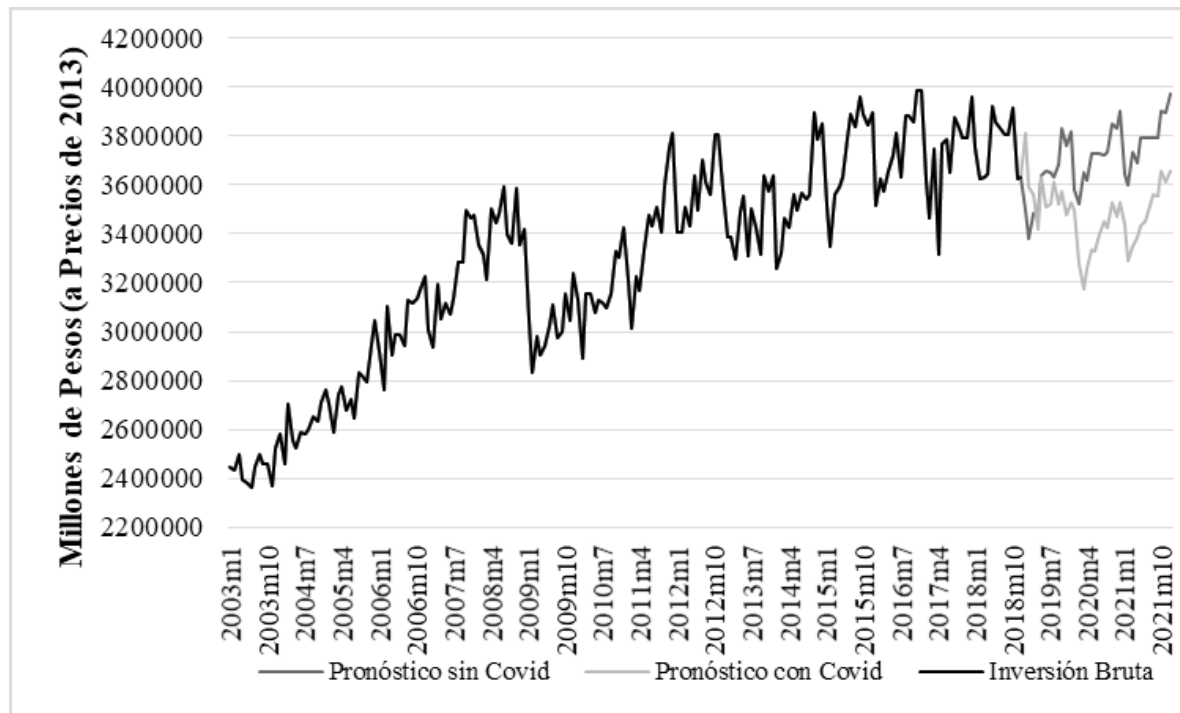
## Anexo 2. Resultados Modelos ARIMA-X Inversión Bruta

Variable dependiente: Diferencial Logaritmo Inversión Bruta, 2003-2018		Variable dependiente: Diferencial Logaritmo Inversión Bruta, 2003-2020	
Variables Independientes	Coefficientes	Variables Independientes	Coefficientes
Pronóstico del dif Log Tasa de Interés	-4.3701*		
	(1.5606)		
	[-2.80]		
Enero	-0.0711*	Enero	-0.0392*
	(0.0081)		(0.0106)
	[-8.74]		[-3.69]
Marzo	0.0378*	Febrero	-0.0325*
	(0.0099)		(0.0137)
	[3.81]		[-2.38]
Mayo	0.0352*	Marzo	0.0349*
	(0.0103)		(0.0110)
	[3.43]		[3.16]
Octubre	0.0272*	Octubre	0.0306**
	(0.0096)		(0.0129)
	[2.84]		[2.37]
Diciembre	0.0191***	Diciembre	0.0237***
	(0.0105)		(0.0128)
	[1.83]		[1.85]
<b>ARMA</b>			
AR(12)	0.2302*	AR(1)	0.2574*
	(0.0762)		(0.0825)
	[3.02]		[3.12]

			0.1116**
		AR(2)	(0.0544)
			[2.05]
			-0.2012*
		AR(4)	(0.0617)
			[-3.26]
			0.5832*
		AR(12)	(0.0806)
			[7.23]
MA(1)	-0.3818*	MA(1)	-0.7716*
	(0.0693)		(0.0986)
	[-5.51]		[-7.83]
MA(3)	0.1382***	MA(3)	0.2271**
	(0.0733)		(0.0894)
	[1.89]		[2.54]
MA(4)	-0.2470*	MA(12)	-0.3763*
	(0.0871)		(0.0790)
	[-2.84]		[-4.76]
MA(10)	-0.2030*		
	(0.0815)		
	[-2.49]		
/sigma	0.0306*	/sigma	0.0308*
	(0.0015)		(0.0019)
	[20.08]		[16.65]
() Error Estándar OPG, [] Estadístico z			
Significativos: (*) al 1%, (**) al 5%, (***) al 10%			

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos calculados en STATA 16.

Figura 7. Pronóstico Inversión Bruta



Fuente: Elaboración propia a partir de datos calculados.

Con respecto a los Costos Ambientales, que considera el papel de la inversión antes del COVID-19, el modelo más eficiente fue nuevamente ARIMA-X, a pesar de que se muestra la presencia de heterocedasticidad en la variable ambiental, debido a que los procesos ARCH-GARCH no resultan ser estadísticamente significativos. Lo cierto es que el modelo ARCH de orden 1 resulta más eficiente para el caso extendido, considerando el papel de la inversión bajo las condiciones de la pandemia actual (ver Anexo 3).

Si se considera que los resultados de la Inversión Bruta, con enfermedad y sin ella, son consistentes, entonces, se puede señalar que los correspondientes a los Costos Ambientales son una buena señal de lo que está ocurriendo en dicho rubro. Se observa que, sin la condiciones de COVID-19, el comportamiento de la variable ambiental es menor, en comparación al caso de considerar el papel que juega la enfermedad en estos momentos (Figura 8).

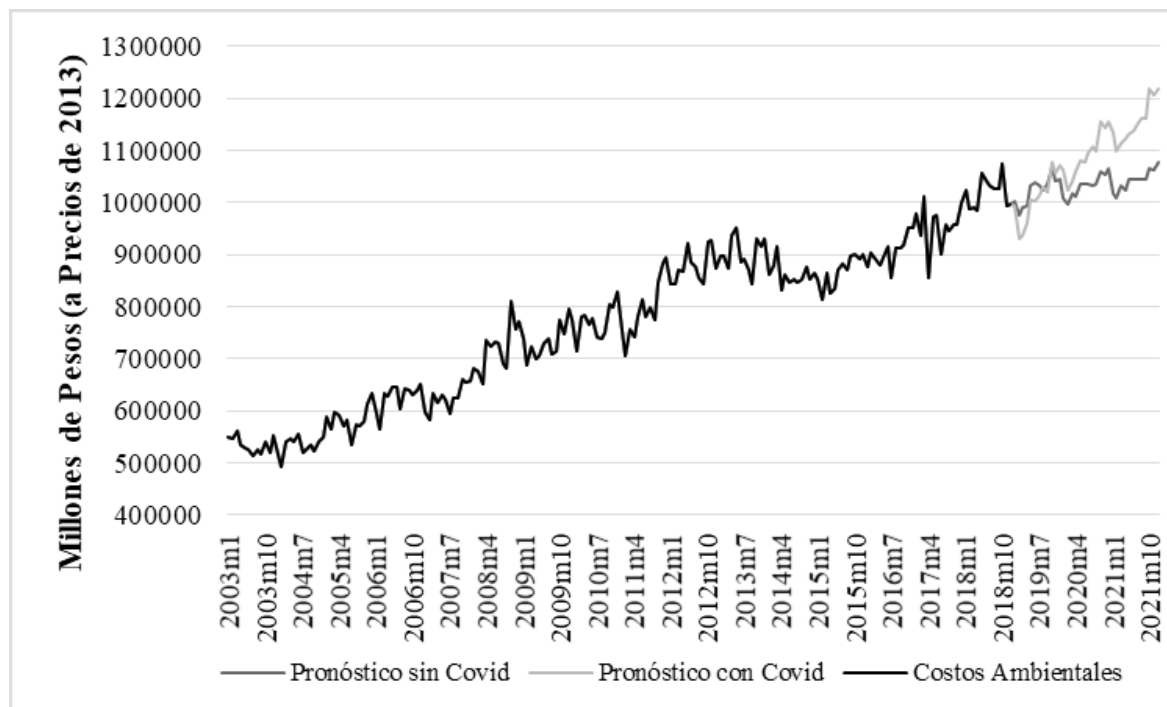


Anexo 3. Resultados Modelos ARIMA-X y ARCH Costos Ambientales

Variable dependiente: Diferencial Logaritmo Costos Ambientales			
Variabes Independientes	Coefficientes	Variabes Independientes	Coefficientes
Pronóstico del dif Log Inversión 2003-2018	0.6800*	Pronóstico del dif Log Inversión 2003-2020	0.5680*
	(0.1013)		(0.1100)
	[6.71]		[5.16]
		Septiembre	-0.0199*
			(0.0109)
			[1.84]
<b>ARMA</b>			
AR(12)	0.1890**	AR(4)	-0.1801**
	(0.0753)		(0.0743)
	[2.51]		[-2.42]
		AR(12)	0.1782**
			(0.0722)
			[2.47]
MA(1)	-0.2727*	MA(1)	-0.3088*
	(0.0901)		(0.1006)
	[-3.03]		[-3.07]
/sigma	0.0367*	<b>ARCH(1)</b>	0.2467**
	(0.0016)		(0.1160)
	[22.97]		[2.12]
() Error Estándar OPG, [] Estadístico z			
Significativos: (*) al 1%, (**) al 5%, (***) al 10%			

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos calculados en STATA 16.

Figura 8. Pronósticos de Costos Ambientale



Fuente: Elaboración propia a partir de datos calculados.

Este hecho pudiera señalar que, ante la presencia de la enfermedad, los daños ambientales pudieran ser mayores, en primer lugar, debido a la urgencia sanitaria en la que están enfocados los esfuerzos, tanto del sector público como del privado, para resolver dicha contingencia. En segundo lugar, debido a que, por la misma razón, es un estado temporal en que muchas personas se dedican a actividades dañinas al medio ambiente y, por tanto, la probabilidad de que tengan una sanción es menor. En tercer lugar, si bien las autoridades ambientales son consideradas como parte de las actividades esenciales que no pueden dejar sus labores de manera momentánea, también se observa que el cierre de reservas naturales implica un mayor gasto para su mantenimiento. Asimismo, el confinamiento de algunos sectores poblacionales obliga a muchos a dejar las zonas urbanas y regresar con sus familias en las zonas rurales, por lo que se incrementa la utilización de recursos para el autoconsumo. Por ejemplo, se reporta que la pandemia de COVID-19 ha afectado particularmente el suministro de alimentos perecederos como las verduras, lo

que podría afectar negativamente la seguridad alimentaria y nutricional. Debido a esto, pequeños agricultores, ante los desafíos para acceder a insumos agrícolas y almacenar o vender vegetales frescos producidos, han reducido la producción de hortalizas orientada al mercado, produjeron más hortalizas para el consumo propio, agregaron valor a través del procesamiento y almacenamiento en el hogar, exploraron nuevos mercados y aceptaron precios de venta más bajos en las fincas (Yegbemey *et al.*, 2021).

En suma, a pesar de que es altamente identificable que cada componente de la demanda agregada (consumo, inversión y exportaciones) ha mostrado una tendencia de caída por el COVID-19 (Clavelina y Dominguez, 2020), aun persiste la imperiosa necesidad de identificar las áreas focales estratégicas para abordar los presentes y futuros riesgos, así como tensiones ambientales y económicas tras la pandemia del COVID-19, que se integran en diversas escalas rurales y urbanas en México, a partir de las compensaciones y sinergias que ocurren entre los Costos Ambientales y la Inversión Bruta. Estas áreas estratégicas deben ser repensadas, como parte de una agenda de futuro compartida por los responsables de la formulación de políticas y la toma de decisiones, en conjunto con la sociedad. Particularmente, los gobiernos también tienen nuevas oportunidades para gravar actividades que son perjudiciales para la salud o el medio ambiente, por ejemplo, establecer impuestos al carbono para disminuir los efectos generalizados del cambio climático, lo que podría ser beneficioso y oportuno (Carvallo y Powell, 2021).

En este sentido, la construcción de esta agenda requiere el análisis de pronósticos para la inversión y los costos ambientales como parte de escenarios prospectivos, los cuales se deben inscribir dentro de un proceso estructurado de generación de posibilidades futuras que tienen implicaciones socioeconómicas y ambientales. En la medida que los escenarios no son modelos predictivos o pronósticos, sino más bien exploraciones de futuros plausibles, no probables (Peterson *et al.*, 2003), se les considera como narrativas que refieren la forma en que se pueden desarrollar futuros alternativos a partir de combinaciones de factores inciertos y altamente influyentes, tal como lo ha sido la pandemia del COVID-19. La principal premisa para la formulación, diseño y desarrollo de escenarios implica que la exploración de futuros posibles pueda informar las decisiones presentes, en la medida que los propios escenarios implican tanto el mapeo de los futuros dentro de un espacio de posibilidad y el análisis racional, como un pensamiento creativo que finalmente moldea la elección y la acción humana hacia sociedades sustentables para generaciones futuras (Saijo, 2020), lo que en su conjunto conlleva un aprendizaje social para una mejor toma de decisiones con respecto a los problemas y temas que se evalúan, por ejemplo, en este caso, los que refieren a los costos por agotamiento y costos por degradación.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio se revisa el comportamiento de tres variables: la Inversión Bruta, los Costos Ambientales y la Tasa de Interés, sobre todo debido a que el comportamiento de esta última influye en las otras dos variables de acuerdo con la teoría. Se verifica que la Tasa de Interés tiene un comportamiento muy disperso frente a la Inversión Bruta y los Costos Ambientales, por lo que, al realizar las pruebas de cointegración, su relación resulta ser espuria, principalmente con la variable ambiental aquí estudiada, mientras que con la otra, la hipótesis nula de espuriedad de las variables no se rechaza por muy poca distancia estadística.

Si bien, los resultados parecen coincidir en cierto punto con lo reportado por Gylfasson y Zoega (2002), la diferencia más visible radica en lo que respecta a la serie de tiempo de un país, pero no en proceso de mediano plazo, como lo indican las regresiones expuestas, entre estas tres variables. En trabajos que han relacionado las mismas variables (Sachs y Wraner, 1995; Gylfasson y Zoega, 2002; Barrón *et al.*, 2013), no se han enfocado a revisar diferentes comportamientos a través de series de tiempo, sin embargo, nuestro enfoque permite visualizar diferentes perspectivas en México para antes y después de la aparición de la enfermedad denominada COVID-19.

El pronóstico de la Inversión Bruta, tras el COVID-19, presenta un comportamiento menor en comparación a un escenario sin enfermedad. Esta misma situación es verificable con la Tasa de Interés que presenta comportamientos más reducidos, contrario a su tendencia ascendente bajo la ausencia de la pandemia. Las razones son obvias, debido a que, al reducirse las actividades económicas, el colapso de mercados bursátiles en diferentes países y afectación desigual en industrias y empresas (Contessi y De Pace, 2021), los proyectos de inversión para el año 2020 se redujeron e incluso culminaron de manera repentina ante la falta de ventas y contratos. De acuerdo con los datos oficiales, antes del mes de noviembre del 2020, los pronósticos realizados ante la presencia de la enfermedad resultan congruentes con dicha información.

Se encontró que respecto al comportamiento de los Costos Ambientales y su relación con la Inversión Bruta, las cuales resultan ser variables cointegradas, el resultado de los pronósticos en ambos escenarios puede considerarse confiable. De acuerdo con el pronóstico de los Costos Ambientales con ausencia de la enfermedad, al contrario de la Inversión Bruta, ésta presenta un comportamiento inferior en comparación al caso en que está presente la enfermedad. Las causas pueden ser diversas, en el sentido de que el confinamiento en México, al contrario de permitir la renovación de los recursos naturales, se está obligando a su uso intensivo, ya sea, por el desplazamiento obligado

de la población urbana hacia zonas rurales, o por el descuido de las autoridades en vigilar estrictamente que se cumplan las leyes ambientales.

Debe de considerarse que, si bien, la prioridad de estos tiempos de pandemia es salvaguardar las vidas humanas, sobre todo de la población vulnerable, y que los esfuerzos, tanto de los sectores público, privado y otros particulares, se enfocan a ello, lo cierto es que las consecuencias no sólo son de orden económico y financiero, también traen resultados sociales y ambientales, los cuales se deben de restaurar de manera prioritaria.

Los resultados aquí expuestos indican cuál es el costo ambiental que ocurre, o que se está por obtener a causa de la enfermedad que afecta, no sólo a México, sino a la mayor parte del mundo. Como parte de la investigación futura se sugiere continuar con este tipo de estudios a medida que ha evolucionado la enfermedad y ante la espera de resultados positivos a partir del proceso nacional de vacunación, el cual se espera tenga un impacto primordial a lo largo del año 2021 y a mediano plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amaris, G. *et al.* (2017). "Aplicación de modelo ARIMA para el análisis de series de volúmenes anuales en el río Magdalena", en *Revista Tecnura*, 21(52): 88-101.
- Arellanes, P. (2014). "El Tratado de Libre Comercio de América del Norte: Antes, durante y después. Afectaciones jurídicas en México", en *Revista del Instituto de Ciencias Jurídicas de Puebla*, 8(33): 257-274.
- Baldwin, R. y Weder, B. (2020). "Introduction". En: Baldwin, R., Weder, B. (Eds.). *Economics in the time of COVID-19*. Londres: CEPR Press.
- Banxico (2020<sup>a</sup>). Encuesta sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado. Publicado el 3 de agosto. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/encuestas-sobre-las-expectativas-de-los-especialis/encuestas-expectativas-del-se.html>.
- Banxico (2020b). Informe Anual de las Infraestructuras de los Mercados Financieros. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informe-anual-sobre-las-infraestructuras-de-los-me/%7BD10D30F6-7791-8CDC-4D38-D7666C8A21DA%7D.pdf>.
- Banxico (s/f). Sistema de Información Económica. Disponible en: <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF114&locale=es>.

- Barrón, K., Gómez, C., Meza J. (2013). "Recursos naturales y crecimiento económico". En: Barrón, K., Moreno, L., Gómez, C. (Coords.). *Crecimiento Económico y Recursos Naturales en México* (pp. 12-40). México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Beckett, S. (2020). *Introduction to Time Series Using Stata*. EUA: STATA Press.
- Blofield, M., Hoffmann, B., Llanos, M. (2020). "Assessing the political and social impact of the COVID-19 crisis in Latin America". (GIGA Focus Lateinamerika, 3). Hamburg: GIGA German Institute of Global and Area Studies - Leibniz-Institut für Globale und Regionale Studien, Institut für Lateinamerika-Studien. Disponible en: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-67260-7>.
- Carvallo E. y Powell, A. (2021). *Oportunidades para un mayor crecimiento sostenible tras la pandemia*. s/l.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- CEPAL (2020). *Informe Especial COVID-19*. No. 1. Santiago de Chile: CEPAL.
- CEPAL-FAO-IICA (2021). *Perspectivas de la Agricultura y del Desarrollo Rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2021-2022*. CEPAL, FAO e IICA, San José, C.R., IICA.
- Cheval, S. et al. (2020). "Observed and potential impacts of the COVID-19 pandemic on the environment", en *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11): 4140. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17114140>.
- Clavelina J. y Dominguez, M. (2020). *Implicaciones económicas de la pandemia por Covid-19 y opciones de política*. Notas estratégicas no. 18. México: Instituto Besilario Domínguez, Senado de la República.
- CONEVAL (s/f). *La política social en el contexto de la pandemia por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19) en México*. México: CONEVAL. Disponible en: [https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Politica\\_Social\\_COVID-19.pdf](https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Politica_Social_COVID-19.pdf).
- Contessi, S. y De Pace, P. (2021). "The international spread of COVID-19 stock market collapses", en *Finance Research Letters*, 42: 101894 [doi.org/10.1016/j.frl.2020.101894](https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101894)
- Corte, P. (2016). "Recursos Naturales en la Economía: ¿Es Posible el Crecimiento Verde?", en *Revista Formación Gerencial*, 15(1): 25-50.
- Corte, P. y Sandoval, Y. (2018). "Los Parques Eólicos de Juchitán, Oaxaca, y la Política Energética en México". En: Vázquez, O., Carrillo, M. (Coords.). *Desarrollo sostenible: educación ambiental, experiencias prácticas y evaluación de las políticas públicas*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-ICGDE: 237-249.
- Elleby, C. et al. (2020). "Impacts of the COVID-19 Pandemic on the Global Agricultural Markets", en *Environ Resource Econ*, 76:1067-1079 [doi.org/10.1007/s10640-020-00473-6](https://doi.org/10.1007/s10640-020-00473-6)
- Elizondo, R. (2012). "Estimaciones del PIB Mensual Basadas en el IGAE", en *Documentos de Investigación del Banco de México*, 11(2012). México: Banco de México. Disponible

- en: <http://www.banxico.org.mx/publications-and-press/banco-de-mexico-working-papers/%7B4A2AE786-F07A-2E23-65B7-29167E4F3AF2%7D.pdf>.
- Egorova, S. *et al.* (2019). *Environmental costs as an indicator of sustainable development*. *EECE-2019-E3S Web of Conferences* 140, 09007, <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/201914009007>.
- Farhan, M., Benjiang, M. Shahzad, L. (2020). "A brief review of socio-economic and environmental impact of Covid-19", en *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13:1403-1409.
- Flores, L. (2017). "Pronóstico del Índice Nacional de Precios al Consumidor", en *Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 6(12): 60-88.
- Gylfason, T. y Zoega, G. (2002). "Natural Resources and Economic Growth: The Role of Investment", en *Documentos de Trabajo*. Banco Central de Chile, 142. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.4300&rep=rep1&type=pdf>
- Hannan, S., Honjo, K., Raissi, M. (2020). *Mexico needs a fiscal twist: Response to Covid-19 and beyond*. IMF Working Paper/20/215, International Monetary Fund.
- Haro A. y Taddei, I. (2014). "Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental", en *Economía, Sociedad y Territorio*, 14(46): 743-767.
- Hevia, C., Nuemeyer, A., 2020, *A conceptual framework for analyzing the economic impact of COVID-19 and its policy implications*. United Nations Development Programme, Latin America and the Caribbean, COVID 19 | Policy Documents Series, New York. UNDP. [www.latinamerica.undp.org/content/rblac/en/home/library/crisis\\_prevention\\_and\\_recovery/a-conceptual-framework-for-analyzing-the-economic-impact-of-covi.html](http://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/en/home/library/crisis_prevention_and_recovery/a-conceptual-framework-for-analyzing-the-economic-impact-of-covi.html)
- INEGI (2018). *Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2013-2017*. Fuentes y Metodologías. México. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ee/2013/metodologias/SCNM\\_Metodo\\_SCEEM\\_B2013.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ee/2013/metodologias/SCNM_Metodo_SCEEM_B2013.pdf).
- INEGI (2019). *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2003-2018*. México: Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/ee/>.
- INEGI (s/f). Banco de Información Económica. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- Jaramillo, M. *et al.* (2007). "Análisis de series de tiempo univariante aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad de Cali, Colombia", en *Revista Facultad de Ingeniería* (39): 79-88.
- López-Feldman, A. *et al.* (2020). "Environmental impacts and policy responses to Covid-19: A View from Latin America", en *Environmental & Resource Economics*, 1-6. [doi.org/10.1007/s10640-020-00460-x](https://doi.org/10.1007/s10640-020-00460-x).

- McKibbin, W. y Fernando, W. (2021). "The Global macroeconomic impacts of COVID-19: Seven escenarios", en *Asian Economic Papers*, 20: 2 doi.org/10.1162/asep\_a\_00796
- Mejía, R., Hilario, L., López M. (2017). "Predicción del Precio Diario de la Acción de the Coca-Cola Company (KO)", en *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji Del Río*, 4(8). Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tepeji/n8/a14.html>
- Montero, R. (2013). "Variables no estacionarias y cointegración", en *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*. España: Universidad de Granada. Disponible en: <https://www.ugr.es/~montero/matematicas/cointegracion.pdf>.
- OECD (2020). *OECD The impact of Covid-19 on agricultural markets and GHG emissions*. París: OECD Publishing. Disponible en: <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/the-impact-of-covid-19-on-agricultural-markets-and-ghg-emissions-57e5eb53/>
- Peterson, G. et al. (2003). "Scenario planning: A tool for conservation in an uncertain world", en *Conservation Biology*, 17(2): 358-366.
- Quintana, L. y Mendoza, M. (2016). "Modelos ARCH" (pp. 272-294). En: Quintana, L. y Mendoza, M. (Coords.). *Econometría Aplicada Utilizando R*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Acatlán.
- Rosales, R. (2016). "Autocorrelación Serial" (pp. 157-173). En: Quintana, L. y Mendoza, M. (Coords.) *Econometría Aplicada Utilizando R*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Acatlán.
- Rubio, B., Moguel J. (2018). "La Agricultura Mexicana en la Encrucijada: Un Futuro Incierto" (pp. 63-91). En: Rubio, B. (Coord.). *América Latina en la mirada. Las transformaciones rurales en la transición capitalista*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sachs, J. y Warner, A. (1995). "Natural Resource Abundance and Economic Growth", en *Working Paper*. National Bureau of Economic Research, NBER. 5398, Cambridge, MA. Disponible en: <http://www.nber.org/papers/w5398.pdf>.
- Saijo, T. (2020). "Future design: Bequeathing sustainable natural environments and sustainable societies to future generations", en *Sustainability* 12(16): 6467. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12166467>.
- Saldívar, A. et al. (2002). "Tres Metodologías para Evaluar la Sustentabilidad: 10 Años Después de Río", en *Investigación Económica*, 52(242): 159-185.
- SENER (2016). *Prospectivas de Energías Renovables, 2016-2030*. México: Secretaría de Energía. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva\\_de\\_Energ\\_as\\_Renovables\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2016-2030.pdf).



- Shifrin, N., Pitts, B. y Chow, A. 2015, "Estimating environmental costs", en *Environmental Claims Journal*, 27(1):9-18.
- STATA (2019). *STATA Time-Series Reference Manual. Release 16*. Texas: Stata Press-Publication.
- Stock, J. (2020). "Data gaps and the policy response to the novel coronavirus". En: Wyplosz, C. (Ed.). *Covid economics. Vetted and real-time papers*. Issue 3:1-11. Londres: The Centre for Economic Policy Research (CEPR) Press.
- Tah, E. (2019). "Neoliberalismo petrolero en la política económica", en *Revista Política, Globalidad y Ciudadanía*, 5(10): 110-133.
- Torres, P. *et al.* (2008). "Construcción local de indicadores de sustentabilidad regional. Un estudio de caso en el semidesierto del noreste de México", en *Región y Sociedad*, 20(43): 25-60.
- Yegbemey, R. *et al.* (2021). "COVID-19 effects and resilience of vegetable farmers in North Western Nigeria", en *Agronomy*, 11:1808 doi.org/10.3390/agronomy11091808
- Zaremba, A. *et al.* (2021). "COVID-19, government policy responses, and stock market liquidity around the world: A note", en *Research in International Business and Finance*, 56: 101359.

