

Aproximación del ciclo político económico con series de Fourier

Approximation of the political business cycle through Fourier series

José Carlos Espinoza

Resumen

Objetivo: Determinar la existencia del Ciclo Político Económico (CPE) en México para el periodo 1980-2021 mediante un método matemático de la física, el cual no ha sido utilizado en el campo de la economía política.

Metodología: Se estudian las variables de crecimiento económico e inflación en México a través de la teoría del CPE empleando un análisis con series de Fourier, lo cual permite estudiar el comportamiento de una función cíclica.

Resultados: Se ha comprobado la presencia del CPE en las últimas cuatro décadas en México, donde ha existido una diferencia considerable en los datos del último año de gobierno respecto a la aproximación realizada mediante series de Fourier.

Limitaciones: Si bien existen otros métodos que incorporan el componente aleatorio de una serie temporal dentro de la estimación, el análisis con series de Fourier puede ser considerado como determinista. Sin embargo, esto se ha convertido en un elemento explicativo dentro de la aplicación de series de Fourier en el campo de la economía.

Originalidad: Es la primera vez que se realiza una aproximación del CPE con series de Fourier en México, ya que la metodología tradicional para estimar el CPE consiste en modelos autorregresivos con variables dicotómicas electorales. Por esta razón el presente ensayo puede considerarse como un estudio pionero dentro de la econofísica.

Conclusiones: Se concluye que la aproximación del crecimiento económico y la inflación bajo la teoría del CPE llevada a cabo con series de Fourier de una iteración, permite identificar una tendencia determinista y un componente estocástico, con lo cual no sólo se confirma la existencia del CPE, sino se determina la intensificación del mismo en el último año de gobierno.

Palabras clave: Ciclo Político Económico; series de Fourier; crecimiento económico; inflación; econofísica.

Clasificación JEL: C02; E23; E31; P00.

Abstract

Objective: Determine the existence of the Political Business Cycle (PBC) in Mexico for the 1980-2021 period through a mathematical method of physics, which has not been used in the field of political economy.

Methodology: Economic growth and inflation in Mexico are studied through the PBC theory using a Fourier series analysis, which allows us to study the behavior of a cyclical function.

Results: The presence of the PBC has been confirmed during the last four decades in Mexico, where a considerable difference was found in the data from the last year of government as compared to the approximation made by Fourier series.

Limitations: Although there are other methods that incorporate the random component of a time series within the estimation, the Fourier series analysis is deterministic. However, this has become an explanatory element within the application of Fourier series in the field of economics.

Originality: It is the first time that an approximation of the PBC through Fourier series has been carried out in Mexico, since the traditional methodology to estimate the PBC consists of autoregressive models with electoral dummy variables. Therefore, this paper might be considered a pioneering econophysics study.

Conclusion: It is concluded that the approximation of economic growth and inflation under the PBC theory carried out with Fourier series of one iteration, allows to identify a deterministic trend and a stochastic component, which not only confirms the existence of the PBC, but also leads to determine its intensification during the last year of government.

Keywords: Political Business Cycle; Fourier series; economic growth; inflation; econophysics.

JEL Classification: C02; E23; E31; P00.

José Carlos Espinoza. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Correo electrónico: jose.espinozabr@uanl.edu.mx. <https://orcid.org/0000-0001-6718-9336>

Introducción

La teoría del Ciclo Político Económico (CPE) analiza la manipulación de la política económica por parte de los gobernantes, con el fin de estimular la economía en el momento previo a una elección y con ello incrementar las posibilidades de ser reelegido (Tiganas y Peptine, 2012). De igual manera, dicha teoría estudia el comportamiento oportunista de los gobiernos para mantenerse en el poder y para ello emplea los recursos públicos como estrategia de clientelismo político (Reyes-Hernández et al., 2019). En el mismo sentido, la teoría del CPE explora los instrumentos de política económica utilizados por los gobernantes o partidos políticos de manera oportunista para incrementar las probabilidades de permanecer en el poder (Gámez e Ibarra, 2009).

Resulta relevante analizar la teoría del CPE en un país en vías de desarrollo como México, ya que la magnitud del ciclo está inversamente relacionada al nivel de desarrollo económico de un país (Shi y Svensson, 2006). Sin embargo, la mayoría de los estudios que comprueban la existencia del CPE en las últimas cuatro décadas en México, emplean la metodología tradicional que consiste en la estimación de modelos autorregresivos con variables dicotómicas asociadas al periodo electoral (Gámez e Ibarra, 2009; Gámez y Amarillas, 2011; Amarillas y Gámez, 2014; Mejía-Reyes et al., 2016; Germán-Soto y Gámez, 2017; Reyes-Hernández et al., 2019; Espinoza y Ramírez, 2023). Pero al día de hoy, no se cuenta con un estudio en el país que analice el CPE utilizando un método matemático de la física como lo son las series de Fourier. Y dada la naturaleza cíclica de las variables económicas alrededor del periodo electoral, como lo indica la teoría del CPE, resulta interesante analizar el CPE con series de Fourier.

Una aproximación con series de Fourier es una herramienta matemática que permite extraer información de la frecuencia de un ciclo a partir de información generalmente periódica, y de la

cual se puede aproximar una función mediante funciones sinusoidales (Percastré, 2015). Si bien el análisis con series de Fourier presenta la desventaja inicial de ser un método determinista, en la sección de la metodología se explica como la aproximación de una iteración permite extraer el componente aleatorio de una serie temporal.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo determinar la existencia del CPE en México mediante la aproximación de series de Fourier. Para ello, se utilizarán datos del crecimiento económico y la inflación para el periodo 1980-2021.

La principal aportación del estudio es la incorporación de una metodología que no ha sido empleada anteriormente en la teoría del CPE, por lo que puede fungir como un estudio pionero en el campo de la econofísica. Cabe destacar que el término econofísica fue acuñado por primera vez por el físico estadounidense Harry Eugene Stanley en 1995, en una conferencia en la India en un intento de agrupar las diversas publicaciones que intentaban comprender los mercados financieros, pero fue hasta 1996 cuando se publicó por primera vez (Stanley et al., 1996). La econofísica puede comprenderse como el área multidisciplinar que intenta combinar la física, la economía, las matemáticas y las finanzas (Contreras y Larralde, 2013). Dicha conexión se atribuye al físico, matemático y médico suizo Daniel Bernoulli, quien en 1738 introdujo el concepto de utilidad en su libro *Specimen theoriae novae de mensura sortis* (Trinidad y Chen, 2021).

El presente artículo está dividido en cuatro secciones, las cuales son marco teórico, metodología, resultados y conclusiones. La sección del marco teórico consiste en mostrar la información que caracteriza al CPE, indicando los tipos de enfoque que permiten el estudio de dicha teoría. Posteriormente, se muestra la metodología que será empleada en la presente investigación, la

cual estará apegada al análisis con series de Fourier. Después, se encuentra la sección de resultados, donde se muestra el panorama económico de México en el periodo 1980-2021, se analizan las variables por año de gobierno y se detalla el análisis con series de Fourier. Finalmente, se establecen las conclusiones del análisis realizado.

Teoría del Ciclo Político Económico

Uno de los fundamentos que sostiene la teoría del CPE es la memoria a corto plazo de los votantes, quienes votan de forma emocional y cortoplacista (Schumpeter, 1983).

Así mismo, el economista estadounidense William Nordhaus, quien propuso el primer modelo teórico y la primera metodología empírica del CPE, ha cuestionado la racionalidad de los votantes y ha establecido la magnitud de la importancia emocional del ciudadano al momento de emitir el voto. Por lo que, si los electores fueran racionales y contaran con toda la información disponible para emitir un voto consciente, los modelos asociados a la teoría del CPE serían inválidos. Sin embargo, la racionalidad del votante no es una amenaza real a dicha teoría (Nordhaus, 1975).

La teoría del CPE se refiere a la manipulación de la política fiscal o monetaria, con el propósito de manipular la economía en el momento previo a una elección y con ello incrementar las posibilidades de reelección (Tiganas y Peptine, 2012). De acuerdo con dicha teoría, los partidos políticos pueden adquirir un enfoque oportunista o un enfoque partidista. Considerando un enfoque oportunista, los políticos simplemente intentan mantenerse en el poder y llevan a cabo políticas orientadas a dicho objetivo (Alesina et al., 1999). Mientras que, tomando en cuenta un enfoque partidista, los partidos priorizan determinados objetivos económicos de acuerdo a su ideología, donde los partidos de izquierda buscan altas tasas de crecimiento económico y bajas tasas de desempleo, y los de derecha priorizan la

estabilidad económica a través de bajas tasas de inflación y de interés (Hibbs, 1977).

Entonces, bajo la teoría del CPE la política económica depende directamente de la cercanía de un proceso electoral, por lo que en el momento previo a las elecciones se anticipan políticas económicas expansionistas, a diferencia del momento posterior a las elecciones, donde se esperan políticas estabilizadoras con el objetivo de mitigar el impacto previo (Reyes-Hernández et al., 2013). Es decir, la teoría del CPE contempla un periodo de aceleración en el crecimiento económico y en la inflación en el momento previo a las elecciones, y un periodo de desaceleración tanto en el crecimiento económico como en la inflación en el momento posterior a las elecciones.

Diversos autores han estudiado la presencia del CPE en México. Tal es el caso de Gámez e Ibarra (2009), quienes han comprobado la existencia del CPE así como de un ciclo político presupuestal (CPP) en el país para el periodo 1997-2004. Así mismo, Gámez y Amarillas (2011) han encontrado evidencia tanto del CPE como del CPP en México para el periodo 1988-2010. De igual manera, Germán-Soto y Gámez (2017) han probado la teoría del CPE desde la productividad de la industria manufacturera en el país para el periodo 1993-2014, encontrando evidencia empírica en favor del CPE. Por otro lado, Reyes-Hernández et al. (2019) han confirmado la presencia del CPE en el gasto social en México en el periodo 1995-2016. Por su parte, Espinoza y Ramírez (2023) han comprobado la existencia del CPE desde un enfoque partidista en el país para el periodo 1990-2020. Todo lo anterior con la utilización de modelos autorregresivos, pero ninguno con un método matemático de la física.

Es así que la presente investigación aborda la teoría del CPE desde un enfoque oportunista, donde se pretende analizar el comportamiento de la economía mexicana durante los últimos ocho sexenios. Las variables a estudiar serán el

crecimiento económico y la inflación, por lo que de manera implícita se estará revisando la política fiscal y monetaria del gobierno, considerando de antemano que la política monetaria puede enfrentar cierto comportamiento paralelo a la política económica del gobierno, dada la autonomía del banco central y al mayor poder discrecional que tienen los países en desarrollo sobre los instrumentos fiscales (Schuknecht, 1996).

Metodología

Previo a la segunda guerra mundial, las variables de mayor interés para los economistas eran el crecimiento económico y el desempleo, pero desde la época de la posguerra, el desarrollo y la productividad han avanzado considerablemente y han convertido a la inflación y al crecimiento económico en el centro de atención (Kaldor, 1961).

Por lo anterior, en el presente estudio se analizan las variables de crecimiento económico e inflación para México en el periodo 1980-2021. Particularmente, se emplea el Producto Interno Bruto (PIB) y el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), con el fin de obtener la tasa de crecimiento económico anual y la tasa de inflación anual, respectivamente. Ambos datos fueron tomados del portal oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), organismo público autónomo responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, así como de captar y difundir información de México en cuanto al territorio, los recursos, la población y economía (INEGI, 2022).

No se omite mencionar que el crecimiento económico contemplado será en términos per cápita, por lo que el PIB se ha dividido entre la población del país, la cual ha sido obtenida a partir de las estimaciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO).

En el periodo de estudio el país ha tenido ocho presidentes, los cuales son José López Portillo y Pacheco (1976-1982), Miguel de la Madrid

Hurtado (1982-1988), Carlos Salinas de Gortari (1988-1994), Ernesto Zedillo Ponce de León (1994-2000), Vicente Fox Quesada (2000-2006), Felipe Calderón Hinojosa (2006-2012), Enrique Peña Nieto (2012-2018) y Andrés Manuel López Obrador (2018-2024). Donde cada uno de ellos resultó ganador en las elecciones presidenciales a nivel nacional que se organizan cada seis años.

Dado el comportamiento cíclico de la economía bajo la teoría del CPE, se llevará a cabo un análisis matemático a través de series de Fourier, el cual consiste en realizar aproximaciones de una función periódica mediante sumas de funciones sinusoidales. La función que se aproxima con series de Fourier tiene la siguiente forma (Thomas, 2005):

$$f_n(x) = a_0 + \sum_{k=1}^n (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

Donde $f_n(x)$ es la serie de Fourier para la función, a_0 es la constante de la función, k es el índice de la sumatoria, \cos es la función coseno, \sin es la función seno, x es la variable independiente, n es el número de términos que serán considerados para aproximar la función, a_k es el coeficiente de la función coseno y b_k es el coeficiente de la función seno.

La aproximación será llevada a cabo a través del uso de cálculo integral, donde será necesario calcular la serie a partir de los valores reales de ambas variables, considerando la amplitud de la serie sinusoidal.

Es importante destacar que el análisis con series de Fourier es un método que se considera determinista. Sin embargo, en el presente estudio se llevará a cabo la aproximación con series de Fourier considerando solamente la primera iteración, donde dicha estimación representa la tendencia determinista, mientras que el componente estocástico se pretende encontrar mediante el cálculo de la diferencia entre el valor real observado y la aproximación realizada.

Es decir, tomando en cuenta que una serie de tiempo puede descomponerse en una tendencia determinista y una tendencia estocástica (Gujarati y Porter, 2009), en la presente investigación se considerará a los valores aproximados mediante series de Fourier como la tendencia determinista, y por su parte, la tendencia estocástica será obtenida mediante la diferencia entre el valor real observado de la serie y el valor aproximado. Lo anterior es posible gracias a que, una serie de Fourier permite representar funciones deterministas o de índole aleatoria (Percastre, 2015).

Si bien, hay modelos econométricos utilizados en series de tiempo que incorporan las perturbaciones aleatorias dentro del modelo explicativo, tales como AR, MA, ARMA y ARIMA, la aproximación mediante series de Fourier permite integrar en su primera iteración lo que pudiera establecerse como la tendencia determinista en su máxima expresión. En otras palabras, si se emplearán k iteraciones, donde k es el número total de iteraciones para replicar el comportamiento de una serie temporal, el resultado obtenido sería una aproximación completamente determinista. No obstante, considerando únicamente la primera iteración, el resultado de la aproximación puede entenderse como el componente determinista, mientras que la diferencia entre los valores reales observados y los valores aproximados mediante esta primera iteración puede considerarse como el elemento estocástico.

Esto puede comprenderse suponiendo que una serie de datos reales observados replican un comportamiento sinusoidal de manera perfecta. En dicho caso los coeficientes obtenidos en la primera iteración representan la aproximación perfecta a través de series de Fourier y existe una tendencia completamente determinista. Por el contrario, mientras los datos de una serie presentan mayor aleatoriedad, la primera iteración arroja resultados cada vez más alejados de los valores reales observados. Por lo tanto, lo que era

una desventaja del método, se convirtió en un elemento explicativo dentro del análisis de una serie temporal.

El panorama económico de 1980 a 2021

Previo al análisis con series de Fourier se procede a revisar el comportamiento del crecimiento económico y la inflación en México para el periodo 1980-2021.

La **Figura 1** muestra la tasa de crecimiento del PIB en el país, la cual ha tenido un comportamiento cíclico a lo largo del periodo considerado, por lo que resulta pertinente realizar una aproximación con series de Fourier. Por otro lado, puede destacarse la presencia de un mayor número de años en los que se ha tenido una aceleración económica respecto al número de años con desaceleración económica. Estos últimos han acontecido en su mayoría justo en medio de crisis económicas en el país, en el periodo 1982-1983 con la crisis generada por la expropiación bancaria, en 1994-1995 con el “error de diciembre”, en 2008-2009 con la crisis de la burbuja inmobiliaria, y en 2019-2020, con la crisis del COVID-19.

Por su parte, la **Figura 2** presenta el comportamiento de la inflación en el periodo de estudio, donde dicho comportamiento ha sido cíclico, pero puede destacarse la existencia de dos sub-periodos con el año 2000 como punto de inflexión, lo cual puede observarse en la parte superior derecha de la figura. En el primer sub-periodo, México tenía altos niveles de inflación, lo que generaba una inestabilidad económica que a su vez repercutía en el resto de las variables macroeconómicas. Sin embargo, a partir del año 2000 surge el periodo de estabilidad económica, con tasas de inflación menores al 10%, en promedio cercanas al 4%, donde solamente han existido tres años con elevadas tasas de inflación, en 2008 y 2021, debido a las crisis económicas a nivel mundial, y en 2017, lo cual está directamente relacionado con los efectos del “gasolinazo” (Delajara, 2019).

Crecimiento económico e inflación por año de gobierno

Una vez observado el panorama económico para el periodo 1980-2021, se presenta el desempeño del crecimiento económico y la inflación por año de gobierno, como lo indica la teoría del CPE, donde se considera como primer año de gobierno el año posterior a la elección presidencial, debido a que las elecciones son llevadas a cabo a mitad de año y el presidente en México asume el poder en diciembre de dicho año. Mientras que el último año de gobierno es precisamente el año de las elecciones presidenciales.

En el **Cuadro 1** se ha calculado el promedio tanto del crecimiento económico como de la inflación por año de gobierno. Respecto al crecimiento económico, el primer año de gobierno es el único donde se observa un crecimiento económico promedio negativo, confirmando “la maldición del primer año” (Gámez, 2006). Así mismo, se aprecia que en los últimos tres años de gobierno la tasa de crecimiento económico es considerablemente mayor que al inicio de la administración, siendo el quinto año el de mayor crecimiento promedio. En cuanto a la inflación, el quinto año de gobierno es el año que presenta el mayor incremento en el nivel de precios. Por su parte, el tercer año de gobierno presenta las menores tasas de inflación en promedio.

En este sentido, resultan interesantes el primero y el último año de gobierno. En el primer año de gobierno se tienen tasas de crecimiento negativas; sin embargo, no es el periodo con la menor inflación, lo cual indica la presencia de cierta inconsistencia. Pero el último de gobierno es el de mayor interés, ya que presenta la mayor tasa de crecimiento económico por cada punto de inflación, por lo que puede estar ocurriendo alguna de las siguientes tres situaciones, o se están teniendo tasas de crecimiento por encima de lo correspondiente a esos niveles de inflación, o se están presentando tasas de inflación

por debajo de lo correspondiente a esos niveles de crecimiento, o una mezcla de ambas situaciones. No obstante, cualquiera de ellas pondría de manifiesto la evidencia de la manipulación de la economía mexicana con fines electorales, ya que esto ha ocurrido consistentemente en los últimos cuarenta años.

En la **Figura 3** se representa el crecimiento económico promedio agrupado por año de gobierno. En dicha figura puede observarse la presencia del CPE, donde el primer año de gobierno sufre una desaceleración económica y es a partir del segundo año cuando se comienzan a experimentar tasas de crecimiento económico positivas, mientras que, en el quinto año de gobierno se alcanza la aceleración máxima y a pesar de que la teoría del CPE indica que en el último año de gobierno debería existir una tasa de crecimiento aún mayor, se observa una desaceleración en la tasa de crecimiento respecto al quinto año.

La **Figura 4** detalla el comportamiento de la inflación promedio agrupada por año de gobierno. De igual manera, la inflación muestra un comportamiento cíclico, donde se podría evidenciar la presencia del CPE. Se tiene que destacar el último año de gobierno, ya que en dicho año se reduce la tasa de inflación considerablemente, cuando la tendencia indicaría solamente una ligera reducción.

Las figuras anteriores muestran el comportamiento real observado de las variables económicas contempladas. A continuación se realizan las aproximaciones con series de Fourier, con lo cual se pretende obtener la tendencia determinista y el componente estocástico.

Aproximación con series de Fourier

Como se ha comentado anteriormente, dado el comportamiento cíclico que han tenido tanto el crecimiento económico como la inflación en las últimas décadas, se mostrará evidencia de la

manipulación de la economía mediante un análisis con series de Fourier.

La amplitud de los cálculos relativos al crecimiento económico ha sido estimada a partir de los valores promedio mínimos y máximos, los cuales han sido alcanzados en el primero y quinto año de gobierno, con un -2.10% y 1.88%, respectivamente. Por lo tanto, la aproximación mediante series de Fourier del crecimiento económico es la siguiente:

$$f(x) = \begin{cases} -0.0210, & 0 \leq x \leq \pi \\ 0.0188, & \pi < x \leq 2\pi \end{cases}$$

Donde x es el año de gobierno, el cual va del primero al sexto, por lo que habrá que interpolar el año de gobierno considerando que 2π equivale al ciclo sexenal completo.

Partiendo de la expresión general con series de Fourier se tiene que:

$$f_n(x) = a_0 + \sum_{k=1}^n [a_k \cos(kx) + b_k \text{sen}(kx)]$$

Para estimar el término a_0 :

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx = \frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} -0.0210 dx + \int_{\pi}^{2\pi} 0.0188 dx \right) \\ = \frac{1}{2\pi} (-0.0210\pi + 0.0188\pi) = -0.0011$$

Ahora bien, estimando el término a_k se obtiene que:

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(kx) dx = \frac{1}{\pi} \left(\int_0^{\pi} -0.0210 \cos(kx) dx \right. \\ \left. + \int_{\pi}^{2\pi} 0.0188 \cos(kx) dx \right) = \frac{1}{\pi} \left\{ \left[\frac{-0.0210 \text{sen}(kx)}{k} \right]_0^{\pi} \right. \\ \left. + \left[\frac{0.0188 \text{sen}(kx)}{k} \right]_{\pi}^{2\pi} \right\} = 0, \quad \text{si } k \geq 1$$

Respecto al término b_k :

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \text{sen}(kx) dx = \frac{1}{\pi} \left(\int_0^{\pi} -0.0210 \text{sen}(kx) dx \right. \\ \left. + \int_{\pi}^{2\pi} 0.0188 \text{sen}(kx) dx \right) = \frac{1}{\pi} \left\{ \left[\frac{0.0210 \cos(kx)}{k} \right]_0^{\pi} \right. \\ \left. + \left[\frac{-0.0188 \cos(kx)}{k} \right]_{\pi}^{2\pi} \right\} \\ = \frac{1}{k\pi} [-0.0188 \cos(2k\pi) + 0.0398 \cos(k\pi) - 0.0209]$$

Entonces, sustituyendo en la expresión general de series de Fourier, se obtiene que el resultado final de la aproximación con series de Fourier es el siguiente:

$$f_n(x) = -0.0011 + \sum_{k=1}^n \frac{1}{k\pi} \\ [-0.0188 \cos(2k\pi) + 0.0398 \cos(k\pi) - 0.0209] \text{sen}(kx) \\ = -0.0011 - \frac{0.0797}{\pi} [\text{sen}(x)], \quad \text{si } k = 1$$

Hay que recordar que x es el año de gobierno, por lo tanto, cada año de gobierno es alcanzado en $\pi/3$, debido a que son 6 años de gobierno, por lo que el periodo va de 0 a 2π .

Una vez estimada la aproximación del crecimiento económico por año de gobierno, se realiza un análisis con series de Fourier de manera similar pero ahora considerando la inflación.

En el caso de la inflación, los valores promedio mínimos y máximos corresponden a 16.78% y 34.25%, los cuales han sido alcanzados en el tercer y quinto año de gobierno, respectivamente. Por lo tanto, la aproximación a través de series de Fourier de la inflación es la siguiente:

$$f(x) = \begin{cases} 0.1678, & 0 \leq x \leq \pi \\ 0.3425, & \pi < x \leq 2\pi \end{cases}$$

Donde nuevamente x es el año de gobierno y será necesario interpolar tomando en cuenta que 2π equivale al ciclo sexenal completo.

Partiendo de la expresión general con series de Fourier se tiene que:

$$f_n(x) = a_0 + \sum_{k=1}^n [a_k \cos(kx) + b_k \text{sen}(kx)]$$

Donde los componentes representan exactamente lo señalado en la estimación llevada a cabo para el crecimiento económico.

Para estimar el término a_0 :

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx = \frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} 0.1678 dx + \int_{\pi}^{2\pi} 0.3425 dx \right) \\ = \frac{1}{2\pi} (0.1678\pi + 0.3425\pi) = -0.2551$$

Para la estimación del término a_k :

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(kx) dx = \frac{1}{\pi} \left(\int_0^{\pi} 0.1678 \cos(kx) dx + \int_{\pi}^{2\pi} 0.3425 \cos(kx) dx \right) \\ = \frac{1}{\pi} \left\{ \left[\frac{0.1678 \operatorname{sen}(kx)}{k} \right]_0^{\pi} + \left[\frac{0.3425 \operatorname{sen}(kx)}{k} \right]_{\pi}^{2\pi} \right\} \\ = 0, \quad \text{si } k \geq 1$$

Respecto al término b_k :

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \operatorname{sen}(kx) dx = \frac{1}{\pi} \left(\int_0^{\pi} 0.1678 \operatorname{sen}(kx) dx + \int_{\pi}^{2\pi} 0.3425 \operatorname{sen}(kx) dx \right) \\ = \frac{1}{\pi} \left\{ \left[\frac{-0.1678 \cos(kx)}{k} \right]_0^{\pi} + \left[\frac{-0.3425 \cos(kx)}{k} \right]_{\pi}^{2\pi} \right\} \\ = \frac{1}{k\pi} [-0.3425 \cos(2k\pi) + 0.1746 \cos(k\pi) + 1]$$

Entonces, sustituyendo en la expresión general de series de Fourier, se obtiene que el resultado final de la aproximación con series de Fourier queda de la siguiente manera:

$$f_n(x) = 0.2551 + \sum_{k=1}^n \frac{1}{k\pi} \\ [-0.3425 \cos(2k\pi) + 0.1746 \cos(k\pi) + 1] \operatorname{sen}(kx) = 0.2551 - \frac{0.3493}{\pi} [\operatorname{sen}(x)], \quad \text{si } k = 1$$

Una vez calculadas las aproximaciones del CPE para las variables de estudio, se procede a continuación a mostrar los resultados en forma gráfica por año de gobierno.

En la **Figura 5** se puede observar la aproximación del crecimiento económico a través de series de Fourier, donde la estimación cíclica captura las variaciones periódicas del crecimiento en cada año de gobierno. Dicha aproximación contiene una diferencia considerable en dos periodos, en el segundo y en el sexto año de gobierno. Particularmente, en el sexto año de gobierno existe una diferencia de 1.5 puntos porcentuales en el crecimiento estimado, es decir, la tasa de crecimiento económico esperada del último año de gobierno para el periodo 1980-2021 mediante series de Fourier es del -0.1%, lo que puede considerarse como el componente determinista, y la tasa de crecimiento obtenida en dicho periodo es del 1.4%, lo que pone de manifiesto una inconsistencia en el comportamiento cíclico de la economía mexicana. Dicha diferencia puede considerarse como el componente aleatorio de la serie, lo cual a su vez, puede ser explicado por la teoría del CPE debido a la aceleración económica con fines electorales.

Por su parte, el segundo año de gobierno debe ser una consecuencia del mismo último año de gobierno, ya que las aproximaciones se realizan a partir de los datos existentes y los datos de las últimas décadas evidencian la presencia de un CPE, por lo que dicha evidencia altera considerablemente el comportamiento cíclico, y si esto fuera de menor magnitud, la aproximación del año 2 sería de mayor precisión.

Por otro lado, es notorio que en la **Figura 6**, la cual muestra la aproximación de la inflación mediante series de Fourier, la aproximación se ajusta con mayor precisión a los datos reales observados, en comparación con el crecimiento económico. Por tanto, la variable de la inflación podría considerarse prácticamente como una función sinusoidal debido a que el comportamiento es altamente cíclico. En dicha figura, el último año de gobierno representa el dato que rompe la tendencia cíclica de la inflación. En este año de gobierno existe una diferencia de 10.2

puntos porcentuales en la inflación estimada, es decir, la inflación esperada en el último año de gobierno mediante series de Fourier es del 35.1% y la inflación obtenida en dicho periodo es de 24.9%. La diferencia puede ser considerada como el componente estocástico y a su vez, puede ser explicada por la teoría del CPE debido al oportunismo con fines electorales.

Ahora bien, se presenta en el **Cuadro 2** un análisis comparativo donde se plasman tanto los valores reales observados en el crecimiento económico y la inflación, como los valores esperados mediante el análisis con series de Fourier de una iteración, aproximación que representa el componente determinista. Así mismo, se estima la diferencia entre los valores reales observados y la aproximación, donde dicha diferencia representa el componente estocástico. Por otro lado, es importante señalar que debido a la naturaleza cíclica de una aproximación mediante series de Fourier de una iteración, diversos años de gobierno han tomado un mismo valor aproximado.

En dicho cuadro se pueden destacar diversos hechos. Por un lado, se pueden identificar los valores a partir de los cuales se ha estimado la serie de Fourier, en éste caso, a partir de los mínimos y máximos, donde la diferencia en el crecimiento económico y en la inflación, entre lo real observado y lo esperado tanto en el mínimo como en el máximo, es de apenas de 0.2045 puntos porcentuales y de 0.8965 puntos porcentuales, respectivamente, por lo que existe un alto grado de precisión en la estimación.

Por otro lado, se puede notar que el último año de gobierno es el año en que se rompe la tendencia cíclica en ambas variables. Si bien esto se pudo observar gráficamente en las figuras anteriores, con esta tabla se aprecia la diferencia significativa en términos porcentuales, donde la diferencia en el crecimiento económico es de 1.52 puntos porcentuales, ya que no solamente

se espera un menor valor de crecimiento, sino un valor negativo. Incluso, la gran diferencia del segundo año de gobierno es una consecuencia de “la maldición del primer año” (Gámez, 2006), la cual a su vez es un efecto del comportamiento oportunista por parte de los gobiernos en el último año. Respecto a la diferencia en la inflación, es evidente que el último año de gobierno ha distorsionado el comportamiento cíclico existente en el nivel de precios, ya que es el año que presenta la mayor diferencia entre el valor real observado y el valor esperado con una diferencia de 10.20 puntos porcentuales, de hecho, la segunda diferencia de mayor magnitud es en el segundo año de gobierno, donde es apenas poco mayor de 3 puntos porcentuales.

Por lo anterior, puede destacarse que el último año de gobierno es objeto de manipulación por parte del gobierno con propósitos políticos y electorales, ya que rompe considerablemente con la consistencia cíclica esperada, tendencia que ya considera de manera implícita un ciclo como bien lo indica la teoría del CPE.

Conclusiones

La principal aportación del presente artículo ha sido la incorporación de un método matemático de la física en el campo de la economía política, por lo que puede considerarse como un estudio pionero dentro de la econofísica en el país.

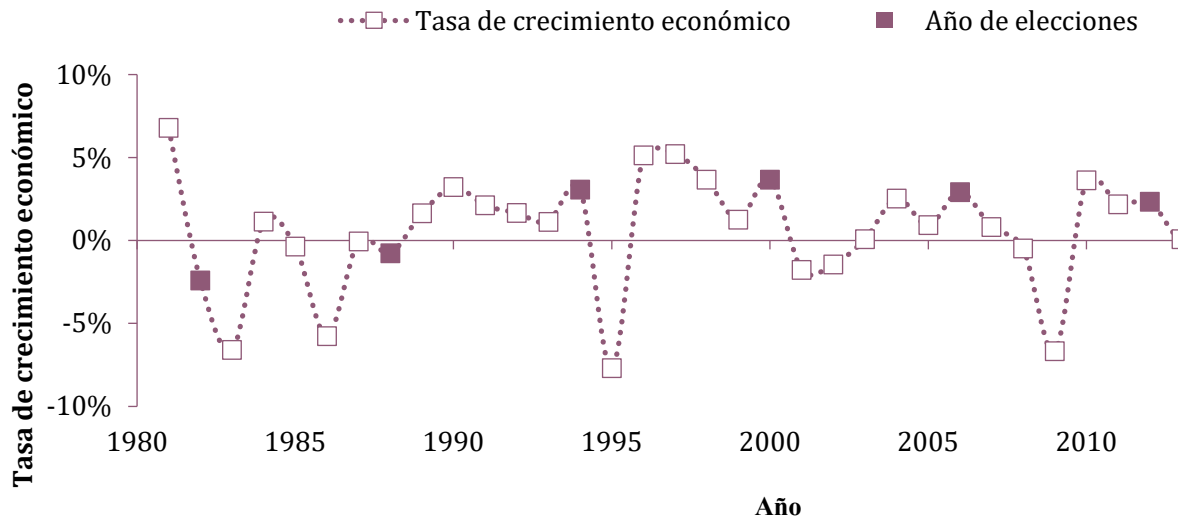
A partir del análisis con series de Fourier pueden establecerse dos hechos relevantes en la economía mexicana. Por un lado, claramente el crecimiento económico del último año de gobierno es considerablemente inconsistente con la aproximación realizada, donde el crecimiento real observado es mucho mayor que el crecimiento esperado. Y por otro lado, la inflación del último año de gobierno rompe significativamente la tendencia experimentada, ya que la tasa de inflación real observada es mucho menor que la inflación esperada.

Por todo lo anterior, queda evidencia de la presencia del CPE en México en el periodo 1980-2021, pero lo que incluso es de mayor interés es la gran diferencia calculada en el último año de gobierno entre el valor real observado y el esperado con series de Fourier. Es decir, si bien existe un CPE, lo cual por sí solo es digno de estudio, el último año de gobierno es considerablemente manipulado porque rompe con la tendencia del ciclo, pero dicho rompimiento solo intensifica lo señalado por la teoría del CPE.

La principal limitación del presente estudio ha sido la característica determinista del análisis con series de Fourier. Sin embargo, se ha logrado contemplar dicha característica como un elemento explicativo dentro de la naturaleza del CPE.

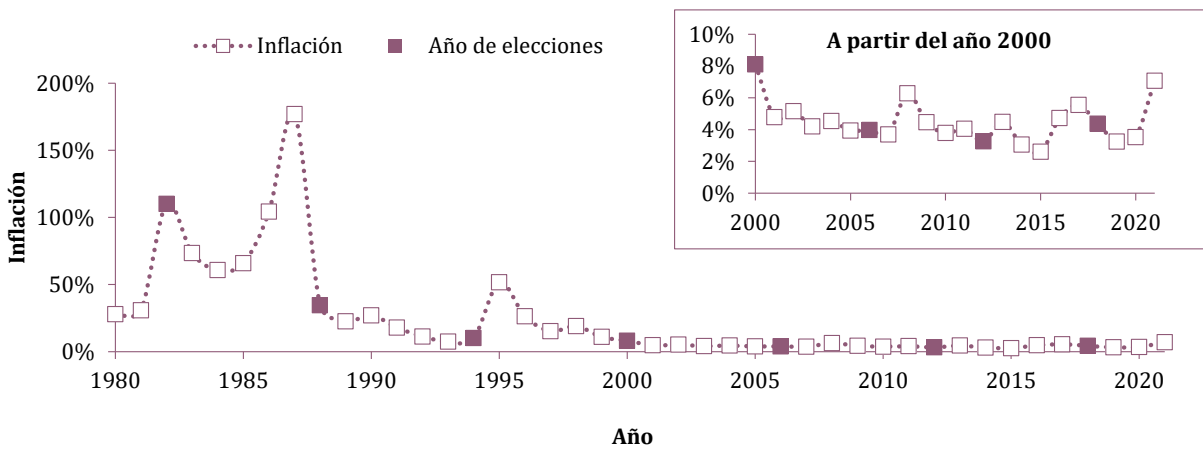
Finalmente, se indica el surgimiento como posible línea de investigación, el análisis de diversas series económicas mediante algún método matemático de la física, tales como el desempleo, tipo de cambio, tasas de interés, entre otras, lo que permitiría la generación de un mayor número de estudios dentro del campo de la econofísica.

Figura 1
Crecimiento económico anual en México



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Figura 2
Inflación anual en México



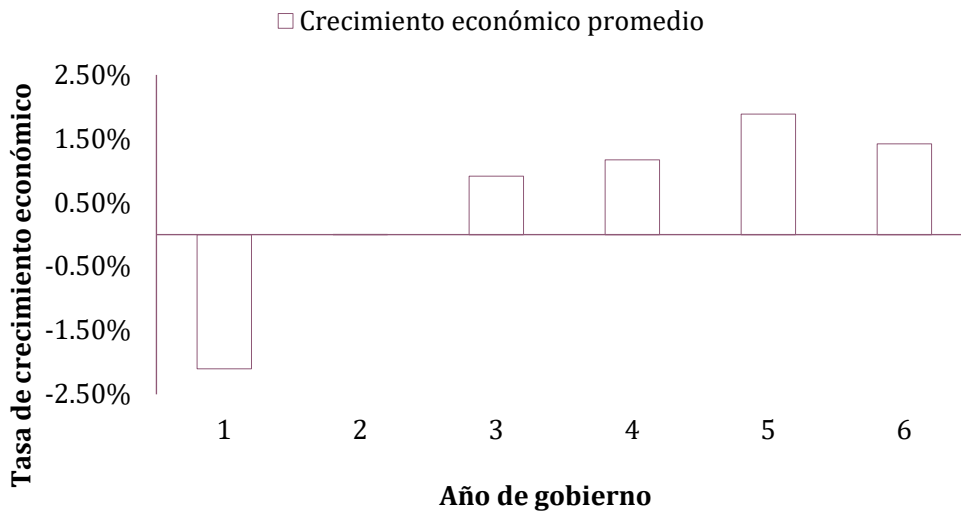
Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Cuadro 1
Comportamiento del crecimiento económico y la inflación en México, por año de gobierno

Año de gobierno	Crecimiento económico		Inflación	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
1	-2.0989%	0.0364	23.4003%	0.2829
2	0.0027%	0.0454	18.9058%	0.2125
3	0.9131%	0.0388	16.7829%	0.2245
4	1.1697%	0.0354	25.0744%	0.3607
5	1.8850%	0.0226	34.2484%	0.6357
6	1.4197%	0.0225	24.9351%	0.3909

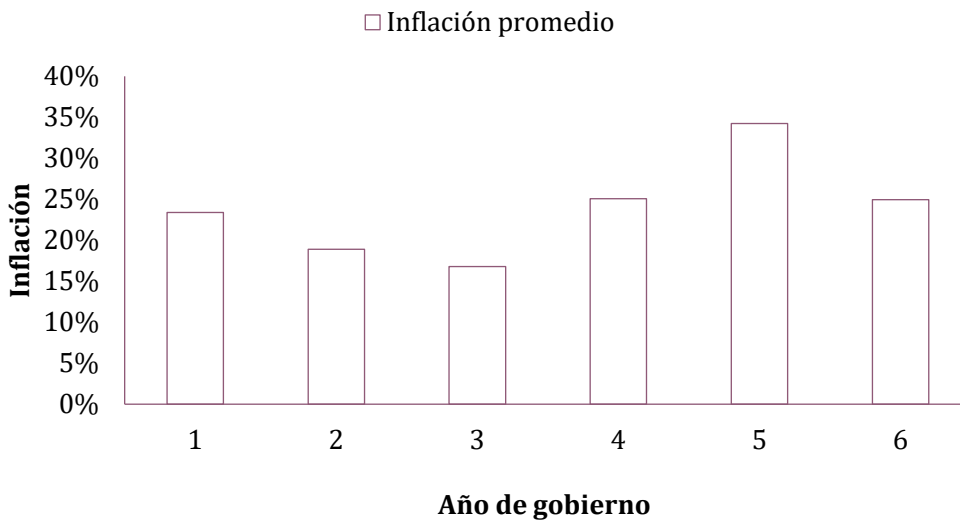
Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Figura 3
Crecimiento económico promedio por año de gobierno



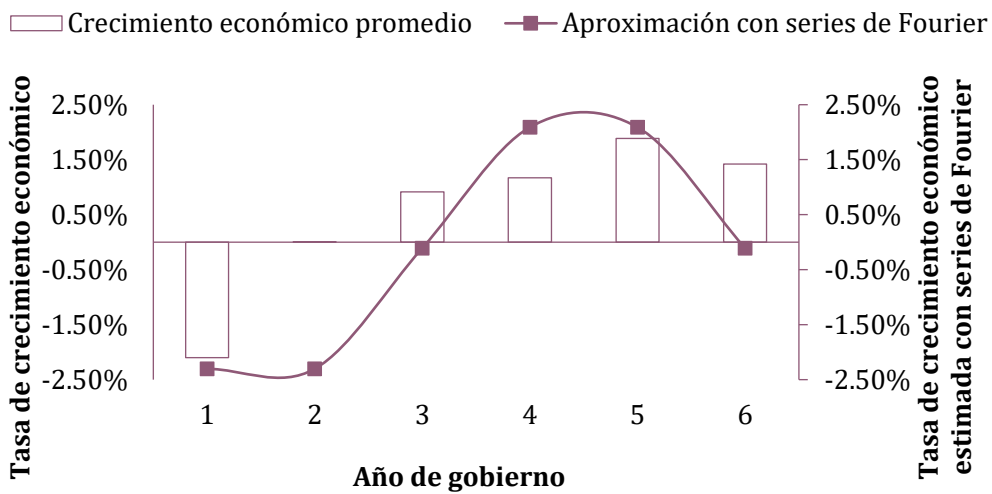
Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Figura 4
Inflación promedio por año de gobierno



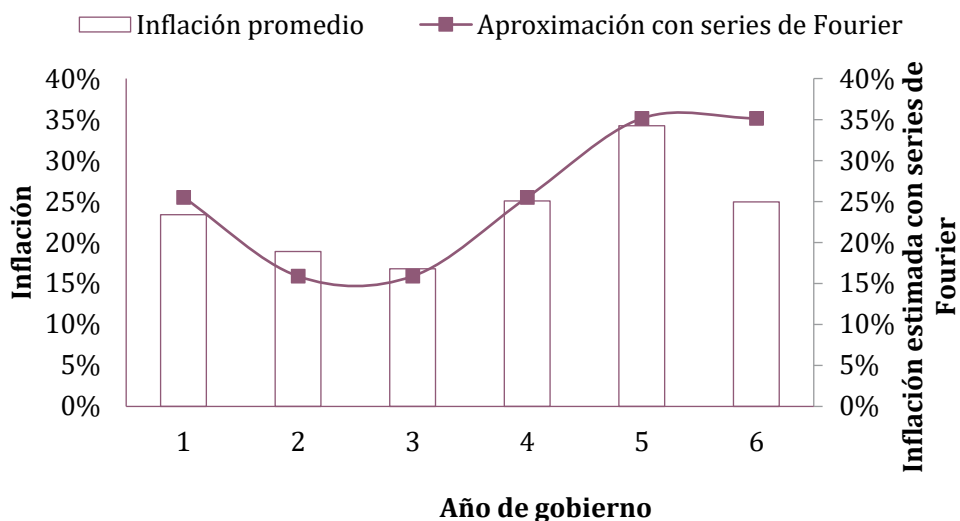
Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Figura 5
Aproximación del crecimiento económico mediante series de Fourier



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Figura 6
Aproximación de la inflación mediante series de Fourier



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Cuadro 2
Comparativo entre los valores reales y los valores aproximados del crecimiento económico y la inflación en México, por año de gobierno.

Año de gobierno	Crecimiento económico			Inflación		
	Valor real	Valor aproximado (elemento determinista)	Diferencia (elemento estocástico)	Valor real	Valor aproximado (elemento determinista)	Diferencia (elemento estocástico)
1	-2.0989%	-2.3034%	0.2045	23.4003%	25.5156%	-2.1153
2	0.0027%	-2.3034%	2.3061	18.9058%	15.8864%	3.0194
3	0.9131%	-0.1070%	1.0201	16.7829%	15.8864%	0.8965
4	1.1697%	2.0895%	-0.9198	25.0744%	25.5156%	-0.4412
5	1.8850%	2.0895%	-0.2045	34.2484%	35.1448%	-0.8965
6	1.4197%	-0.1070%	1.5266	24.9351%	35.1448%	-10.2097

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2022).

Referencias

- Alesina, A., Roubini, N. y Cohen, G. (1999). *Political Cycles and the Macroeconomy*. Cambridge: MIT Press.
- Amarillas, V. y Gámez, C. (2014). El ciclo político presupuestal y la alternancia en el poder en los estados mexicanos. *Explanans*, vol. 3, núm. 1, enero-junio 2014, pp. 89-120.
- Contreras, A. y Larralde, H. (2013). *Econofísica*. En Miramontes, O. y Volke, K. *Fronteras de la Física en el Siglo XXI*. Ciudad de México: Coplt-arXives.
- Delajara, M. (2019). México: una economía en piloto automático. Ingreso, inflación y empleo en vísperas de la cuarta transformación. Ciudad de México: Centro de Estudios Espinosa Yglesias.
- Espinoza, J. C. y Ramírez Díaz, K. I. (2023). Impacto de la ideología partidista en el crecimiento económico a nivel estatal en México. *Análisis Económico*, vol. 38, no. 97, pp. 57-80. <https://analisiseconomico.azc.uam.mx/index.php/rae/article/view/775>
- Gámez, C. (2006). *The Political Cycle and the Mexican Economy*. Tesis doctoral, Monterrey: EGADE.
- Gámez, C. e Ibarra, A. (2009). El ciclo político oportunista y el gasto de los estados mexicanos. *Gestión y Política Pública*, vol. 18, no. 1, pp. 39-65. <http://mobile.repositorio-digital.cide.edu/handle/11651/2940>
- Gámez, C. y Amarillas, V. (2011). Política económica o economía política: El ciclo político presupuestal en México. *Cofactor*, vol. 2, núm. 3, pp. 3-25.
- Germán-Soto, V. y Gámez, C. (2017). El ciclo económico de la productividad y su relación con el ciclo político en México, 1993.1-2014.4. *Estudios Económicos*, vol. 32, no.1, pp. 65-94. <https://doi.org/10.24201/ee.v32i1.3>
- Gujarati, D. y Porter, D. (2009). *Econometría*. Quinta edición. Ciudad de México: e McGraw-Hill.
- Hibbs, D. (1977). Political Parties and Macroeconomic Policy. *American Political Science Review*, vol. 71, no.4, pp. 1466-1487. <https://doi.org/10.2307/1961490>
- INEGI (2022). *Economía y sectores productivos*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx>
- Kaldor, N. (1961). El crecimiento económico y el problema de la inflación. *El Trimestre Económico*, vol. 28, no. 109, pp. 92-121. <https://www.jstor.org/stable/20855496>
- Mejía-Reyes, P., Reyes-Hernández, M. y Melquía-des-Ramírez, B. (2016). Evidencia de ciclo político presupuestal en el Estado de México. *Economía: Teoría y Práctica*, no. 45, pp. 207-234. <https://economiatyp.uam.mx/index.php/ETYP/article/download/66/229>
- Nordhaus, W. (1975). The Political Business Cycle. *Review of Economic Studies*, vol. 42, no. 2, pp. 169-190. <https://doi.org/10.2307/2296528>
- Percastre, A. (2015). La Serie de Fourier: estimación de observaciones económicas inexistentes. *Economía Informa*, no. 394, pp. 100-105. <https://www.elsevier.es/es-revista-economia-informa-114-pdf-S0185084915000389>
- Reyes-Hernández, M., Mejía-Reyes, P. y Mancilla-Bárceñas, M. (2019). Elecciones presidenciales y el gasto público en desarrollo social en México, 1995-2016. *Ensayos*. *Revista de economía*, vol. 38, no. 1, pp. 41-60. <https://ensayos.uanl.mx/index.php/ensayos/article/view/125>
- Reyes-Hernández, M., Mejía-Reyes, P. y Riguzzi, P. (2013). Ciclo político presupuestal y gobiernos con y sin mayoría en México, 1994 y 2006. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. 13, No. 41, pp. 79-119. <https://doi.org/10.22136/est0201319>
- Schuknecht, L. (1996). Political Business Cycles and Fiscal Policies in Developing Countries. *Kyklos*, vol. 49, no.2, pp. 155-170. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6435.1996.tb01390.x>
- Schumpeter, J. (1983). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Barcelona: Ediciones Orbis.

- Shi, M. y Svensson, J. (2006). Political Budget Cycles: Do they differ across countries and why? *Journal of Public Economics*, vol. 90, pp. 1367-1389. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2005.09.009>
- Stanley, E., Afanasyev, V., Amaral, L., Buldyrev, S., Goldberger, A., Havlin, S. y Viswanathan, G. (1996). Anomalous Fluctuations in the Dynamics of Complex Systems: From DNA and Physiology to Econophysics. *Physica A*, vol. 224, pp. 302- 321. [https://doi.org/10.1016/0378-4371\(95\)00409-2](https://doi.org/10.1016/0378-4371(95)00409-2)
- Thomas, G. (2005). *Cálculo, varias variables*. Undécima edición. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Tiganas, C. y Peptine, C. (2012). Political Business Cycle and Economic Instability-Literature Review. *CES Working Papers*, University of Iasi, Centre for European Studies, Iasi, vol. 4, no. 4, pp. 853-865.
- Trinidad, J. y Chen, J. (2021). Algunas Notas sobre la Econofísica. *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 37, no. 2, pp. 1-4. <https://doi.org/10.25115/eea.v37i2.4498>