

Revista  
Latinoamericana  
De Investigación Social

**RE  
LA  
IS**

Facultad de Negocios

Vol. 6 No. 1  
Enero-Abril (2023)



## **Editor en Jefe**

Dr. Héctor Alonso Olivares Aguayo  
Universidad La Salle México

## **Editores Asociados Internacionales**

Dr. Franklin Alejandro Angulo Rangel  
Universidad de la Guajira

Dra. Jeannette Valverde Chávez  
Universidad Nacional de Costa Rica

Dr. (c) Gabriel Alberto Agudelo Torres  
Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín

## **Editores Asociados Nacionales**

Dr. Oscar Valdemar de la Torre Torres  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Dra. Claudia Cintya Peña Estrada  
Universidad Autónoma de Querétaro

Dr. Julio Téllez Pérez  
Universidad Anáhuac México

Dra. Ruth Ortiz Zarco  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Dra. Blanca Estela Hernández Bonilla  
Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. Ricardo Jacob Mendoza Rivera  
Instituto Politécnico Nacional

Dr. Eusebio Ortiz Zarco  
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

## **Comité Científico Internacional**

Dra. Albana Berisha Qehaja  
Faculty of Business and Management Universum College  
República de Kosovo

Dra. Michaela Cocca  
College of Education and Human Development Texas A&M University  
Estados Unidos

Dr. Lucie Depoo  
University of Economics and Management  
República Checa

Dr. Oscar Alfredo Díaz Becerra  
Facultad de Contaduría de la Pontificia Universidad Católica del Perú  
Perú

Dra. Johanna Garzón Merchan  
Universidad Nacional de Colombia (Bogotá)  
Colombia

Dr. Jakub Husák  
Department of Humanities, Czech University of Life Sciences Prague  
República Checa

Dr. Igor Krejčí  
Department of Systems Engineering, Czech University of Life Sciences Prague  
República Checa

Dra. Gloria Inés Macías Villalba  
Universidad Autónoma de Bucaramanga  
Colombia

Dr. Javier Montoya del Corte  
Universidad de Cantabria  
España

Dra. Natalia Popova  
Institute for Philosophy and Law, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Rusia

Dr. Miguel Ángel Vargas Valencia  
Operations Research Department, Universidad Santiago de Cali  
Colombia

## **Comité Científico Nacional**

Dr. David Cantalá (Colegio de México)

Dr. Héctor Hugo Corrales Sánchez (Instituto Politécnico Nacional)

Dr. Enrique de la Garza Toledo (Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa)

Dr. David González-Sánchez (Universidad de Sonora)

Dr. Alejandro Islas Camargo (Instituto Tecnológico Autónomo de México)

Dr. Daniel Martínez Navarrete (Instituto Tecnológico Superior de Misantla)

Dr. Marco Antonio Méndez Salazar (Universidad Veracruzana)

Dr. Mauricio Ramírez Grajeda (Universidad de Guadalajara)

Dr. Modesto Raygoza Bello (Tecnológico Nacional de México)

Dr. Isaac Leobardo Sánchez Juárez (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez)

Dr. Jaime Sempere Campello (Colegio de México)

Dra. Danielle Tomta (Instituto Politécnico Nacional)

Dra. Claudia Vásquez Rojas (Instituto Tecnológico Superior de Misantla)

Dra. Ma. Enriqueta Mancilla Rendón (Universidad La Salle México)

Dr. Cesaire Chiatchoua (Instituto Politécnico Nacional-Universidad La Salle México)

Dr. Omar Neme Castillo (Instituto Politécnico Nacional)

Dr. Cutberto Hernández Legorreta (Universidad Nacional Autónoma de México)

## **Maquetación**

Dr. Ricardo Jacob Mendoza Rivera (IPN)

Dr. Héctor Alonso Olivares Aguayo (ULSA México)

Dra. Blanca Estela Hernández Bonilla (UAEMéx)

Mtra. Cecilia Bibiana Ramírez Waldo (UAEMéx)

## Periodicidad cuatrimestral

Vol. 6, No. 1, Enero-Abril, 2023

Revista Latinoamericana de Investigación Social, Vol. 6, No. 1, Enero-Abril, 2023, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad La Salle México. Benjamín Franklin No. 47, Condesa, Cuauhtémoc, CP 06140, Ciudad de México, <http://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/relais>, Editor en jefe responsable: Dr. Héctor Alonso Olivares Aguayo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2020-031316011000-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación ni de la Universidad La Salle. Los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de los autores.

### ***Revista Latinoamericana de Investigación Social de la Universidad La Salle***

La Revista Latinoamericana de Investigación Social actualmente se encuentra indizada en Latindex y es una publicación arbitrada y evaluada por pares académicos bajo el método de doble ciego que publica artículos de investigación científica en extenso, así como notas de investigación (comunicaciones breves) del área de las Ciencias Económico-Administrativas.

El objetivo de la revista es estimular la discusión científica y su impacto en el nivel local, regional, nacional e internacional entre académicos e investigadores de los sectores público y privado.

La revista recibe artículos que demuestren un alto nivel de rigurosidad y calidad científica y que además promuevan el diálogo inter y transdisciplinar entre otros campos del conocimiento que tradicionalmente se han bifurcado entre Ciencias Sociales y Naturales.

Los enfoques metodológicos de los artículos podrán inscribirse tanto en el paradigma cuantitativo como en el cualitativo, o incluso, superar tal dicotomía.

Las temáticas deberán ser problemas del área económico-administrativa, pero podrán ser abordados desde múltiples enfoques, privilegiando una mirada hacia la complejidad y demostrando una preocupación social y un enfoque humanista.

La revista publica artículos tres veces por año (Enero-Abril, Mayo-Agosto y Septiembre-Diciembre). Todos los artículos tienen que seguir estrictamente las Instrucciones para los autores, así como la Guía ética. La Revista se encuentra en: <https://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/relais/>

## Índice de contenido

### *Presentación editorial*

Por Claudia Cintya Peña Estrada .....(I-VII)

### *Artículos Científicos*

#### *Variables explicativas de las tasas de capitalización de las Fibras en México*

Por Ricardo Cristhian Morales Pelagio, Pablo David Castillo del Valle y Mónica Leticia Bazán Palacios... ..(1-21)

#### *Sincronización de fase y Análisis de Componentes Principales para la construcción del ciclo económico de México*

Por Josué Alan Cantú Esquivel, Ricardo Jacob Mendoza Rivera y Yorcka Veruska Arteaga Nagashiro..... (22-45)

*Revista Latinoamericana de Investigación Social de la Universidad La Salle*

Periodicidad cuatrimestral

Vol. 6, No. 1, Enero-Abril, 2023

**Editorial**

Esta edición de la Revista Latinoamericana de Investigación Social, en su volumen 6 número 1, presenta dos artículos científicos provenientes del ámbito de las Ciencias Económico-Administrativas, los cuales han sido sometidos a una rigurosa evaluación por pares académicos mediante un proceso de revisión a doble ciego. Esta metodología garantiza la calidad y validez de los artículos de investigación publicados, contribuyendo así al propósito fundamental de la revista: fomentar el debate científico y su impacto a nivel local, regional, nacional e internacional entre académicos e investigadores tanto del sector público como privado.

El primer artículo científico de los autores Ricardo Cristhian Morales Pelagio, Mónica Leticia Bazán Palacios y Pablo David Castillo del Valle, describe una investigación sobre la valuación de activos inmobiliarios en México, específicamente a través de los Fideicomisos de Inversión en Bienes Raíces (FIBRAS). El objetivo es determinar la tasa de capitalización implícita asumida por el mercado y su relación con variables de mercado y financieras de cada FIBRA. Se revisa la literatura sobre el riesgo y rendimiento de las FIBRAS, y se utiliza una metodología de *Random Forest* para analizar la explicación de las variables financieras en la tasa de capitalización de las FIBRAS. Los resultados y análisis se encuentran en el documento, y se concluye de acuerdo con los hallazgos de la investigación, ello como una invitación a revisar a detalle el artículo.

El segundo artículo de los autores Josué Alan Cantú Esquivel, Yorka Veruska Arteaga Nagashiro y Ricardo Jacob Mendoza Rivera, presentan un estudio sobre la construcción del ciclo económico de México mediante la sincronización de fase y el análisis de componentes

principales. La investigación se basa en la premisa de que es posible representar el ciclo económico agregado de la economía mexicana mediante la extracción del componente cíclico de doce variables macroeconómicas y financieras representativas. El objetivo principal es construir un indicador del ciclo económico agregado de la economía mexicana mediante la sincronización de fase y análisis de componentes principales en la interacción del sistema de doce variables. Además, los autores buscan identificar las series con ciclos más estables que posiblemente guíen a otras.

Desde RELAIS, queremos agradecer profundamente a todos los autores y revisores que han confiado en nosotros y han dedicado su tiempo y esfuerzo para hacer posible la publicación de este número. Sin su colaboración, este proyecto no habría sido posible. Muchas gracias por su compromiso y dedicación.

Dra. Claudia Cintya Peña Estrada

Editora Asociada

---

## **VARIABLES EXPLICATIVAS DE LAS TASAS DE CAPITALIZACIÓN DE LAS FIBRAS EN MÉXICO**

*Explanatory variables of the capitalization rates of REITS in Mexico*

---

**Revista Latinoamericana de Investigación Social, vol. 6, no.1**

**Ricardo Cristhian Morales Pelagio**

Universidad Nacional  
Autónoma de México, México  
*pelagioricardo@comunidad.unam.mx*  
(correspondencia)

**Pablo David Castillo del Valle**

Universidad Nacional  
Autónoma de México, México  
*progracompcas@gmail.com*

**Mónica Leticia Bazán Palacios**

Universidad Nacional  
Autónoma de México, México  
*monicaleticia.bazan@gmail.com*

### **Artículo de investigación**

Recibido: 01/01/2024

Aceptado: 08/03/2024

Fecha de publicación: 13/03/2024

### **Resumen**

Una variable fundamental para comprender el valor y precio en el mercado de las FIBRAS es la tasa de capitalización de la utilidad operativa neta en el tiempo; el objetivo es el de determinar la tasa de capitalización implícita asumida por el mercado, para explicar su nivel o valor en función de variables de mercado y financieras de cada FIBRA en México. El método para estimar las tasas de capitalización es con la metodología de valuación neta de los activos, mientras que para el análisis de su nivel o valor se utiliza el método de regresión de bosques aleatorios o *random forest*. Los resultados indican que las variables que más explican o determinan las tasas de capitalización de mayoría de las FIBRAS en México son la tasa de ocupación de los inmuebles, así como las tasas de interés del mercado local (Bono M10 años y EMBI). Se concluye que los inversionistas o mercado priorizan el nivel de ocupación de todos los activos inmuebles de las FIBRAS, además del rendimiento o costo de oportunidad que paga el mercado de dinero mexicano.

**Palabras Clave:** tasa de capitalización; *random forest*; FIBRAS; variables.

*Abstract*

*A fundamental variable to understand the value and price in the REIT market is the capitalization rate of net operating income over time; The objective is to determine the implicit capitalization rate assumed by the market, to explain its level or value based on market and financial variables of each REIT in Mexico. The method to estimate capitalization rates is with the net asset valuation methodology, while the random forest regression method is used to analyze their level or value. The results indicate that the variables that most explain or determine the capitalization rates of the majority of REITS in Mexico are the occupancy rate of the properties, as well as the interest rates of the local market (CETES91 days and Bono M10 years). It is concluded that investors or the market prioritize the flow through the entire generation of all the real estate assets of the REITS, in addition to the return or risk-free opportunity cost paid by the money market.*

**Keywords:** *capitalization rate; random forest; REITS; variables.*

## **Introducción**

La valuación de activos ha sido un tema fundamental, tanto para el ámbito académico, como para el profesional; la práctica de la valuación para la estimación del precio de mercado es una actividad clave de los analistas financieros de los fondos de inversión, mientras que probar la eficiencia de mercado (Fama, 1970) en los mercados financieros, ha sido un supuesto en los modelos que los investigadores han tratado de validar para pugnar por un libre mercado. La metodología de valuación a través de los flujos de efectivo descontados es la más utilizada, tanto a nivel académico, como profesional (Cain y Dennis, 2008), puesto que es la más robusta y que sustenta a través de los fundamentales de la empresa la generación y valor mismo de la empresa (Copeland et. al, 1990; Damodaran, 2015; Fernández, 2013).

En este sentido, Ferris y Pecherot (2002), evidencia la importancia de la modelación en el tiempo de la tasa de descuento a la que se traen a valor presente los flujos; los autores, asumen un modelo que va ajustando la estructura y costo de capital en función de la variación del apalancamiento en el tiempo. Al respecto Morales y López (2013) aplican dicho modelo para las empresas del sector autoservicios que cotizan en México y encuentran diferencias significativas en las valuaciones que consideran una tasa estática o constante con las valuaciones que consideran una tasa variable o dinámica en el tiempo.

Lo anterior, destaca la importancia de la tasa de descuento y su consideración en el tiempo para la obtención de los valores de los activos considerando el riesgo en el tiempo; además del flujo generado, es necesario una tasa que efectivamente considere el riesgo y costo de oportunidad que impliquen los activos en los que se invierte (Morales, 2014).

En México un sector atractivo para invertir es el inmobiliario, a través de los Fideicomisos de Inversión en Bienes Raíces (FIBRAS), dado el nivel de rentabilidad y riesgo que representan; el flujo relativamente estable y constante de la utilidad neta operativa generada por las rentas de los inmuebles genera un referente para asignar su valor en el mercado. Sin embargo, en lo que se refiere a la tasa de descuento, en este caso, la tasa de capitalización (*cap rate*), se debe estimar de acuerdo con el riesgo y tasas de mercado, así como el cambio de estas en el tiempo, para una razonable y justa valuación del mercado.

Por tanto, el objetivo del trabajo es determinar la tasa de capitalización implícita asumida por el mercado, para explicar su nivel o valor en función de variables de mercado y financieras de cada FIBRA en México.

La aportación y relevancia del trabajo, radica en el hecho de demostrar si las tasas de capitalización se explican en el tiempo en función a las tasas de mercado, así como a indicadores que reflejen el riesgo o situación de cada FIBRA; esto validará que tan eficiente es el mercado de FIBRAS en México, así como identificar cuáles son las variables que más explican o se relacionan con las *cap rate* de cada FIBRA.

Además de la presente introducción, el trabajo consta de tres apartados más; primero se hace una revisión de literatura respecto a la rentabilidad y valor de las FIBRAS, posteriormente, se presenta la metodología de *random forest* utilizada para ver la explicación de las variables financieras en la tasa de capitalización de las FIBRAS; después, se presentarán los resultados y análisis de estos, para finalmente, concluir de acuerdo con los hallazgos de la investigación.

## **Revisión de la literatura**

En lo que se refiere al riesgo y rendimiento de las FIBRAS, Allen et al. (2000) sostienen, que las FIBRAS están sistemáticamente expuestas al riesgo general del mercado de acciones y al riesgo de las tasas de interés; estudian si los rendimientos de las FIBRAS (*REITS*, en inglés) son sensibles a los cambios en el mercado de valores y en las tasas de interés, así como si la sensibilidad de los rendimientos en función a estos dos factores puede variar entre los diferentes FIBRAS.

Los autores concluyen que, en la medida en que los inversionistas inmobiliarios obtienen la rentabilidad requerida de sus inversiones a partir de una tasa libre de riesgo y una prima de riesgo, un aumento de las tasas de interés del mercado puede dar lugar a una mayor tasa de rentabilidad requerida por los inversionistas de FIBRAS, lo que se traduce en valoraciones más bajas. También, que las FIBRAS que minimizan su apalancamiento financiero pueden reducir la sensibilidad de sus rendimientos ante los cambios del mercado accionario.

Por su parte, Ghysels et. al. (2007), afirman que las tasas de capitalización pronostican los rendimientos de los inmuebles comerciales, además de que la relación renta-precio está asociada con los rendimientos futuros de los inmuebles comerciales; encuentran que las fluctuaciones de la tasa de capitalización pueden descomponerse en tres componentes: variables locales, crecimiento de las rentas y una parte ortogonal, es decir, una forma residual que vuelve a relacionar el índice de capitalización con los dos primeros componentes. Además, de concluir que la tasa de capitalización obtenida es la suma de la tasa de capitalización esperada y una parte ortogonal, también encuentra que las condiciones económicas pueden explicar solo una parte de los movimientos futuros de los rendimientos.

An y Deng (2019), pronostican la tasa de capitalización con un modelo de vectores autoregresivos que considera las variables de los rendimientos de las propiedades, la tasa libre de riesgo, el crecimiento de la utilidad operativa neta y la tasa de ocupación, además de valores rezagados de la tasa de capitalización. A su vez, Chervachidze et al. (2009) utilizaron la deuda neta total como porcentaje del PIB, el diferencial de los bonos AAA de *Moody's* con

respecto al Tesoro estadounidense a diez años y las tasas de capitalización rezagadas (entre otros factores) para pronosticar las tasas de capitalización.

En lo que respecta a los rendimientos de las FIBRAS, Laopodis (2009), investiga los vínculos entre las FIBRAS, el mercado de acciones y la actividad económica real en Estados Unidos; con una metodología de vectores autorregresivos junto con los análisis de causalidad de Granger y de cointegración para el periodo 1971-2007, encontraron que las FIBRAS muestran patrones esencialmente similares con sus interacciones con el mercado de acciones general y los movimientos de la producción industrial. Esto, evidencia como factores económicos, así como de tasas de rendimiento de mercado tienen una influencia en la tasa de rendimiento de las FIBRAS. A pesar de lo anterior, Alexander y Springer (2018), hallan evidencia sobre cómo los inversores REIT valoran los cambios en la diversificación de las propiedades subyacentes.

Das (2015), argumenta que, dado que los activos inmobiliarios se financian con deuda y acciones, sus expectativas de rendimiento deben ser una media ponderada de las expectativas de rendimiento individuales de estas fuentes. A menos que la tasa de capitalización ya esté especificada, un analista debe determinarla deduciendo las expectativas de crecimiento del flujo de efectivo y de la tasa de descuento. El autor encuentra que el costo de capital está subvalorado en la derivación real de la tasa de capitalización. El costo de la deuda tiene un peso sustancialmente más alto que el costo del capital, lo cual no es congruente ni con el modelo de apalancamiento de Hamada (1969) para determinar el costo del capital accionario. Al respecto, d'Amato (2017), propone un nuevo método de valoración de propiedades generadoras de ingresos, el cual introduce la variable de tasa de ocupación e intenta integrar el análisis y estimación del ciclo del mercado inmobiliario dentro del proceso de valuación. También, Kok et al. (2017) destaca que recientemente se han desarrollado trabajos con nuevas técnicas de *Machine Learning* que ofrecen otras alternativas para el análisis estadístico de las series de tiempo. En específico, se pueden implementar modelos de *random forest* para pronosticar valores futuros sin preocuparse por la autocorrelación de las variables.

Posteriormente, Van Nieuwerburgh (2019), observa que, durante los últimos años, el precio de las acciones inmobiliarias cotizadas ha sido inusualmente alto en relación con los dividendos; encuentra que ni las tasas de interés bajas ni las primas de riesgo bajas pueden explicar los altos índices de valoración. También, explica que tasas de interés más bajas se han visto compensadas por el aumento de las primas de riesgo para mantener los rendimientos esperados cerca del promedio. En cambio, el mercado ha valorado el crecimiento futuro de los ingresos de las propiedades comerciales muy por encima de las tasas de crecimiento observadas en los años anteriores.

En cuanto a las variables, Larriva y Linneman (2022), determinan que el desempleo y las tasas de capitalización pasadas contienen suficiente información para producir pronósticos más sólidos que las variables tradicionales (expectativas de rendimiento y primas de riesgo); mientras tanto, Fisher et. al (2022) encuentran que las FIBRAS con mayor densidad de población, si bien tienen mayores tasas de crecimiento en el monto de las rentas, también tienen tasas de capitalización más bajas. Además, Kallberg y Shimizu (2023) evidencian que los rendimientos anormales de las FIBRAS adquiridas están relacionados positivamente con la tasa de capitalización al momento de la adquisición.

## **Metodología**

Se analizan las FIBRAS seleccionadas por su nivel de bursatilidad y fecha inicial de cotización, por lo menos desde 2017; de las 15 FIBRAS en el Mercado mexicano que existían a principios de 2023, solo 10 cumplen con esa condición (ver tabla 1), sin embargo, se saca de la muestra a FIBRA PLUS por inconsistencia en sus datos, quedando sólo 9 FIBRAS para su estudio, es decir, el 60% del total de FIBRAS en México.

**Tabla 1**

*FIBRAS en México y sector al que pertenecen*

<b>FIBRA</b>	<b>Sector</b>
<b>Fibra Uno</b>	Comercial/Industrial/Oficinas
<b>Fibra Danhos</b>	Comercial/Oficinas
<b>Fibra Inn</b>	Hoteles
<b>Fibra Macquarie</b>	Comercial/Industrial
<b>Fibra Hotel</b>	Hoteles
<b>Fibra Monterrey</b>	Comercial/Industrial/Oficinas
<b>Fibra Plus</b>	Comercial/Industrial/Oficinas/Vivienda
<b>Fibra Prologis</b>	Industrial
<b>Fibra Shop</b>	Comercial
<b>TerraFina</b>	Industrial

*Nota:* Elaborado por el autor con información de Economatica.

Se considera información semanal de la base de datos de Economatica del 01 de enero de 2017 hasta el 30 de septiembre de 2022, de acuerdo con las variables mencionadas en la revisión de literatura y que se muestra en la tabla 2. Se utiliza ese periodo de tiempo, puesto que solo había una FIBRA que cotizaba en 2011; para 2013 habían cinco FBRAS cotizando y hasta 2017 cotizaban las diez FIBRAS mencionadas con una bursatilidad significativa. Se llega hasta septiembre de 2022, puesto que, al realizar el análisis de la presente investigación a principios de 2023, solo existía información contable (para el cálculo de la utilidad neta operativa) hasta el tercer trimestre del 2022.

**Tabla 2**

*Variables económicas- financieras y específicas a considerar*

<b>Variables económico-financieras</b>	<b>Variables específicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inflación</li> <li>● Tipo de Cambio USD/MXN</li> <li>● CETES 91: Deuda de renta fija a corto plazo</li> <li>● Bono M10: Deuda de renta fija a largo plazo</li> <li>● EMBI: Indicador del riesgo país</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tasa de Ocupación</li> <li>● Apalancamiento (D/A)</li> </ul>

*Nota:* Elaborado por el autor en función de la revisión de literatura.

Para la tasa de capitalización de las FIBRAS, se considera la tasa implícita de acuerdo con el valor de mercado semanal de cada FIBRA, así como el último dato de la utilidad operativa neta (NOI) que evidencien.

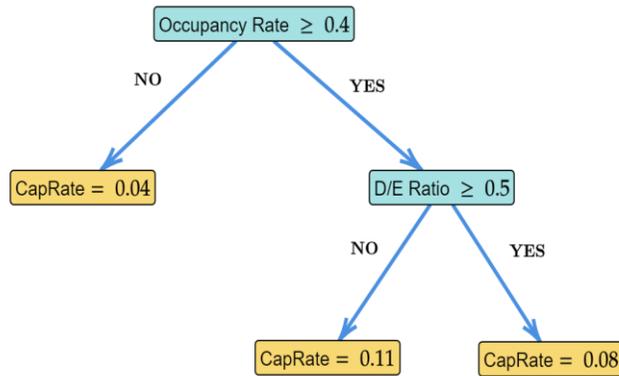
$$VNA = Valor\ de\ mercado = \frac{Utilidad\ Operativa\ Neta}{Cap\ rate} \quad (1)$$

$$Cap\ Rate = \frac{Utilidad\ Operativa\ Neta\ (NOI)}{Valor\ de\ mercado} \quad (2)$$

Para el análisis de la relación de las variables con respecto a la tasa de capitalización (*cap rate*) se utiliza el método de *random forest* (bosque aleatorio), los cuales son estructuras de datos conformadas por nodos y aristas entre nodos. El método de bosque aleatorio crea una población de árboles de regresión (bosque) y al momento de realizar una predicción evalúa primero una predicción por árbol y después las agrega para dar la estimación final de todo el bosque, como se aprecia en la figura 1.

**Figura 1**

Representación de un árbol de regresión sencillo.



Nota: Elaborado por el autor con base en el análisis de *random forest*.

Los árboles tienen la ventaja que son fácilmente interpretables y que son un método no paramétrico invariante a escala, es decir, no hace suposiciones sobre la distribución de las variables independientes o de la relación entre las dependientes e independientes.

### Resultados y discusión

Se creó un conjunto de entrenamiento y uno de prueba basado en el conjunto de datos de cada FIBRA. El muestreo se estratifica por el decil al que pertenece la variable objetivo dentro del conjunto de datos. Para cada FIBRA se entrena un *random forest* con 300 árboles. Para el modelo global basado en *random forest* se unificaron los datos de cada FIBRA en un solo conjunto de datos sin etiquetar la FIBRA de procedencia. De forma análoga al caso individual, el muestreo para realizar la partición de datos de entrenamiento y de prueba es mediante el decil de la variable objetivo.

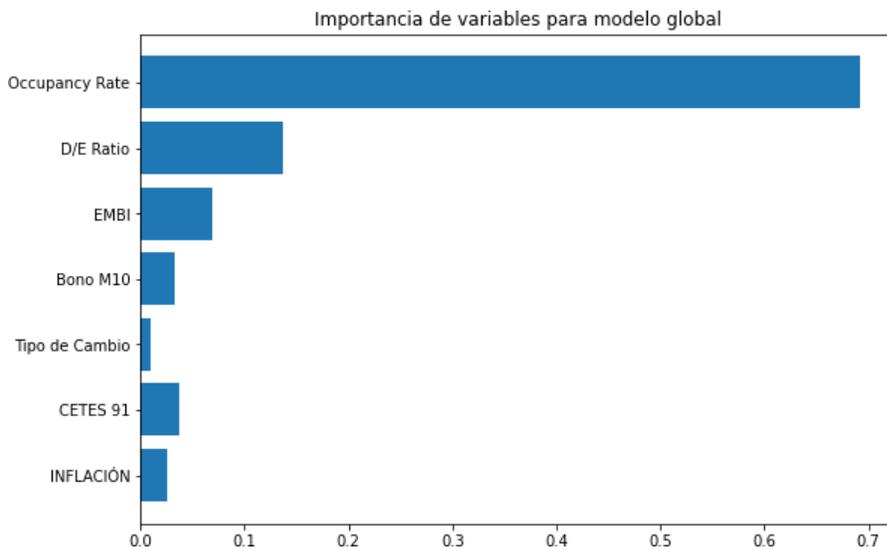
Las métricas más relevantes de rendimiento son las siguientes:

- Sesgo (error promedio):  $5.59 \cdot 10^{-5}$ .
- Error absoluto promedio: 0.000948.
- Error relativo promedio: 0.012550.
- Raíz del error cuadrado promedio: 0.002614.

En el modelo global la variable más relevante es la tasa de ocupación (*Occupancy Rate*) y esta variable domina significativamente la gráfica de importancia de variables. En segundo y tercer puesto está el D/E Ratio y EMBI respectivamente (ver figura 2)

## Figura 2

### Importancia de las variables en el modelo global

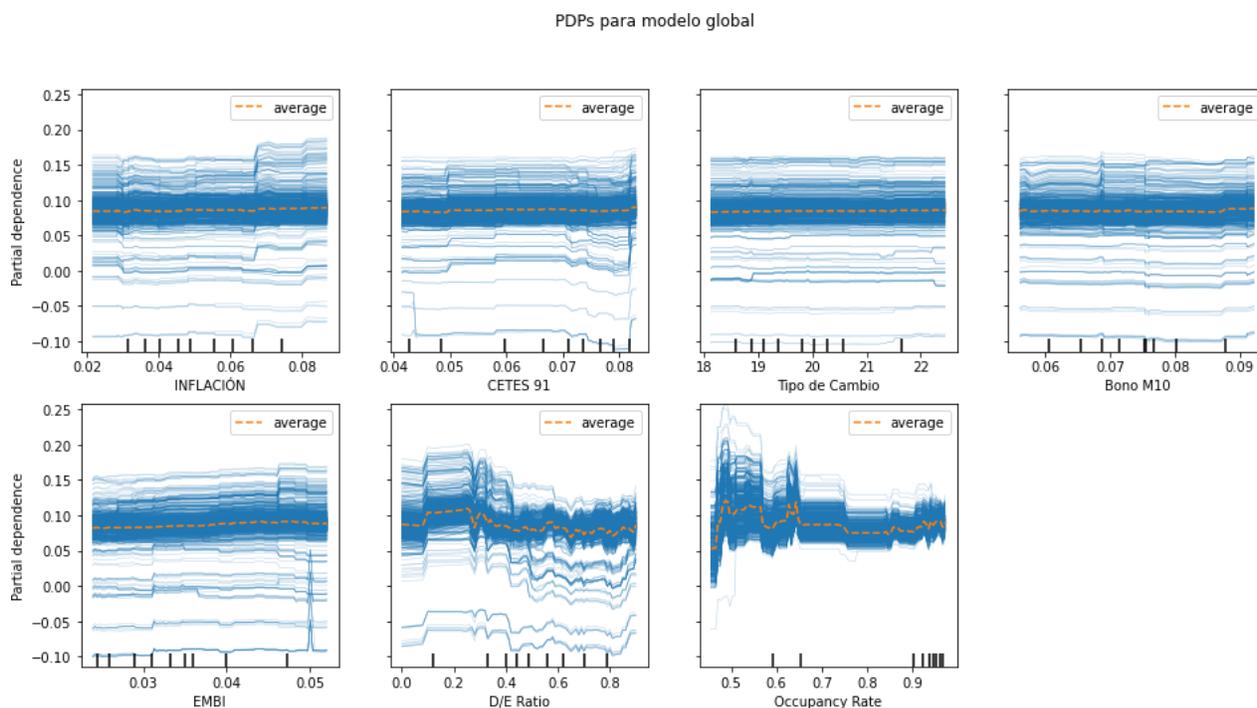


*Nota:* Elaborado por el autor con datos de Economatica

En las gráficas de dependencia parcial de este modelo se observa (figura 3) que la variable *Occupancy Rate* reduce notablemente la dispersión de las curvas individuales, sobre todo, el rango, esto implica que la variable no solo contiene mucha información para la estimación, sino que también es altamente determinante. También, es notable que las curvas individuales parecen preservar su orden en las gráficas de dependencia parcial para la mayor parte del rango y que la dispersión es muy alta. Además, es evidente la insensibilidad de la respuesta promedio a la mayor parte de las variables y que parece no haber relaciones monótonas.

**Figura 3**

*Gráficas de dependencia parcial en el modelo global*



*Nota:* Elaborado por el autor con datos de Economática

Los resultados de la evaluación de cada modelo sobre el conjunto de prueba correspondiente se resumen en la tabla 3. Se considera el desempeño de los modelos como adecuado, pues el MAE medio sobre todos los modelos es 0.00111 y el error relativo promedio sobre todos los modelos es 0.0132.

**Tabla 3**

*Tabla de resumen de resultados de los modelos por FIBRA*

FIBRA	Bias	Mean Absolute Error	RMSE	Mean relative error	Most relevant variable
FUNO	0.000005	0.000713	0.000981	0.009424	Bono M10
DANHOS	-0.000156	0.001548	0.00334	0.015739	EMBI
FINN	0.00033	0.001019	0.003136	0.022096	Occupancy Rate
FMAQ	-0.000035	0.00092	0.001207	0.009746	Bono M10
FIHO	0.000567	0.002356	0.006741	0.020714	Occupancy Rate
MTY	0.000011	0.000887	0.001779	0.010294	EMBI
PROLOGIS	0.000056	0.000944	0.001377	0.01164	INFLACIÓN
SHOP	0.000061	0.000669	0.001475	0.007387	INFLACIÓN
TERRA	0.000057	0.000936	0.001381	0.011809	EMBI

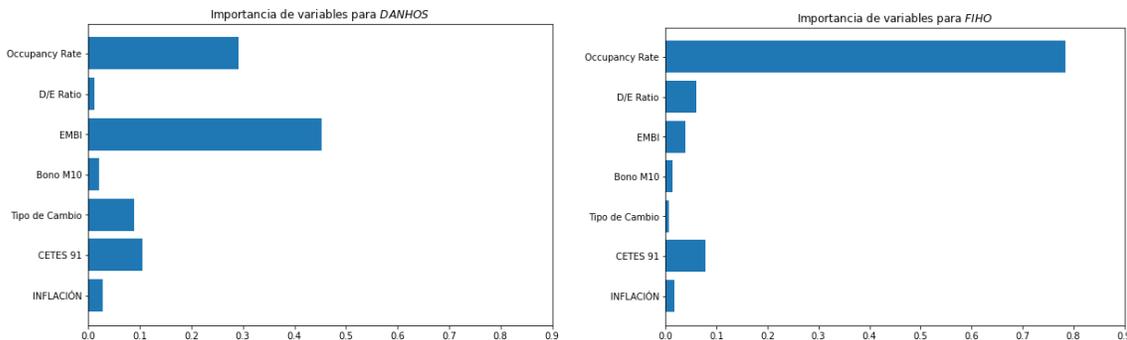
*Nota:* Elaborado por el autor con datos de Economática

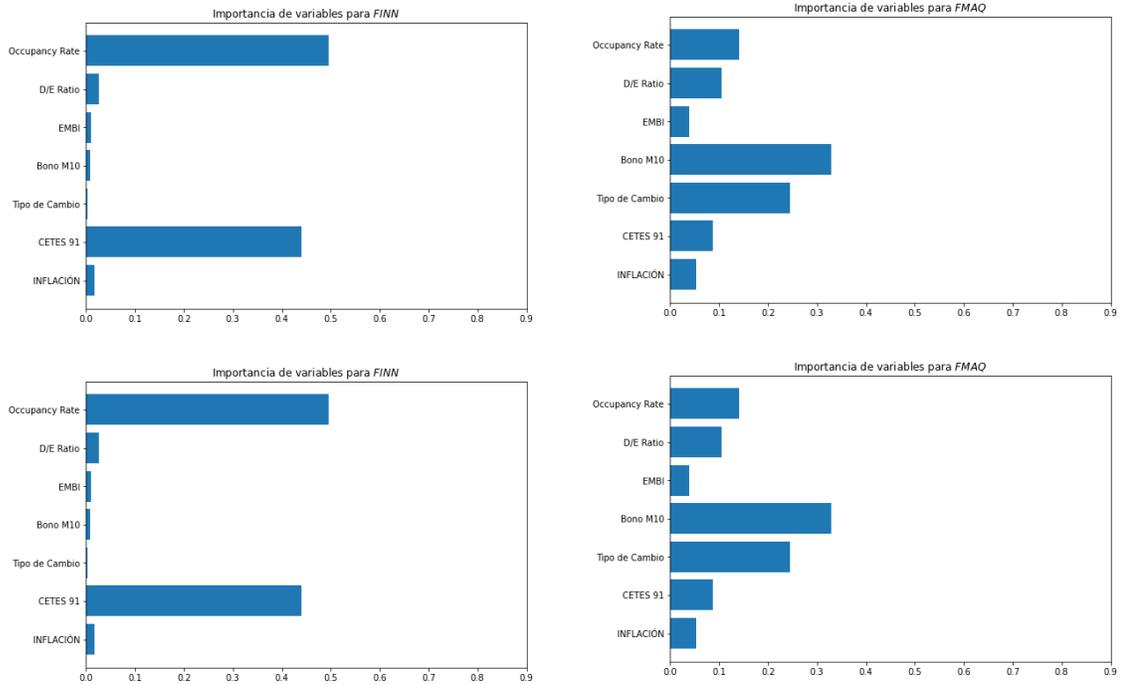
Al realizar las gráficas de importancia de variables (figura 4 parte I y II) se observa un comportamiento muy variado. En el caso de FIHO, por ejemplo, la importancia se conserva en la tasa de ocupación (*Occupancy Rate*) y en otros como SHOP o MTY hay varias características con importancias similares. Nótese que la variable más relevante para cada modelo varía y no necesariamente es la *Occupancy Rate* como lo es para el modelo global.

Para el caso de las FIBRAS del sector hotelero, FIBRAS Hotel y FIBRA Inn, es perfectamente congruente que la variable más relevante sea la tasa de ocupación, ya que como se observó en la pandemia fueron de los sectores más castigados por el confinamiento en lo que se refiere a la demanda de servicio de alojamiento, así como por una mayor sensibilidad al ciclo económico e ingreso; cabe destacar como en ambos casos, la segunda variable más relevante fue la tasa de interés gubernamental de corto plazo (Cetes 91) lo que implica que las expectativas de rendimiento en el sector se consideran con expectativas de corto plazo. En lo que concierne a las FIBRAS del sector industrial, Macquarie (FMAQ), Prologis y Terra, una de las dos variables más representativas fue la tasa de largo plazo gubernamental del Bono M 10 años, lo que se explicaría por la naturaleza o giro del sector, en donde el rendimiento de sus proyectos es siempre de largo plazo.

**Figura 4**

*Gráficas de importancia de variables para cada modelo de cada FIBRA individual (parte I)*

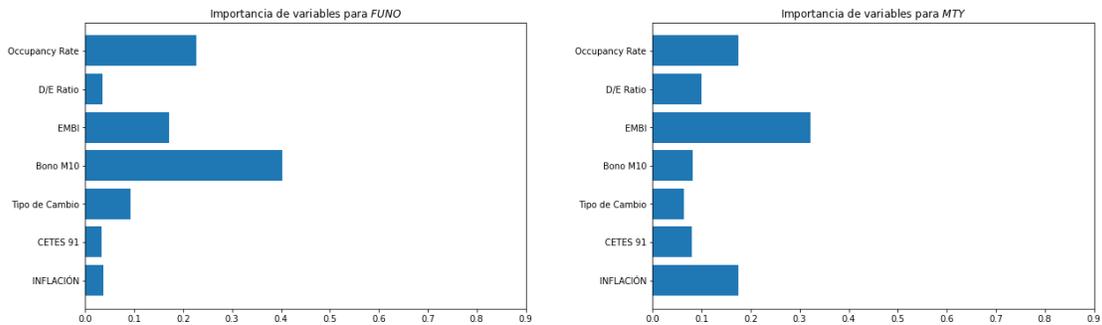


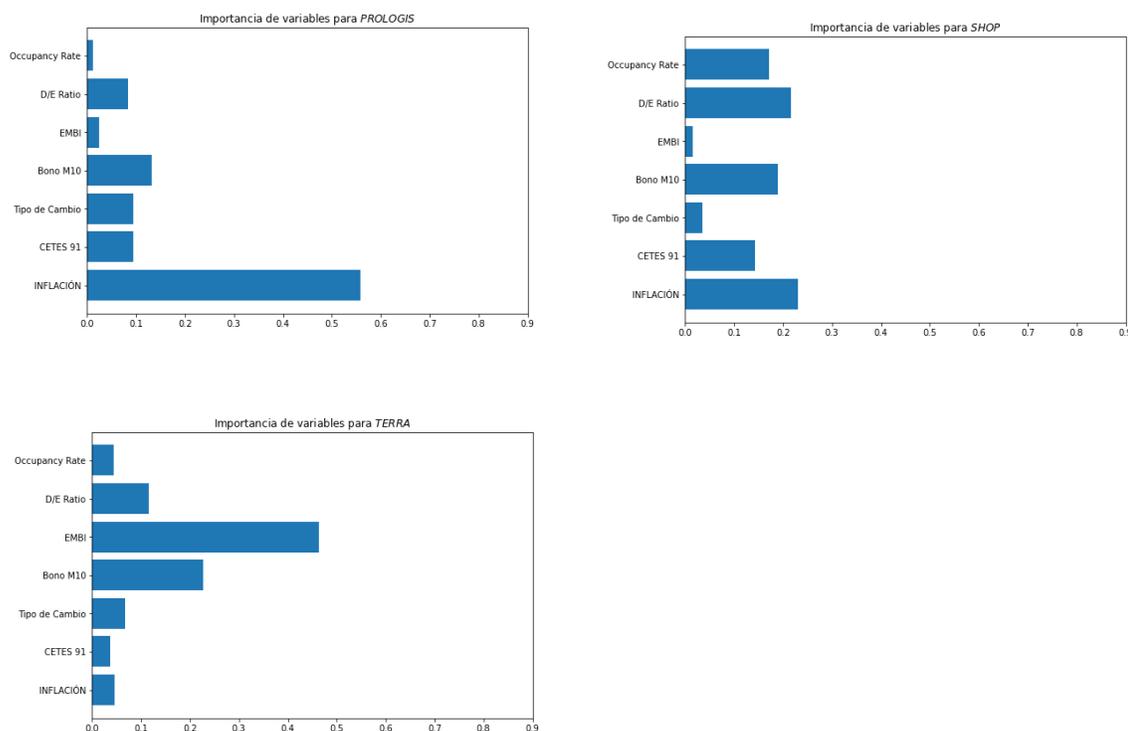


Nota: Elaborado por el autor con datos de Economática

**Figura 4**

Gráficas de importancia de variables para cada modelo de cada FIBRA individual (parte II)





*Nota:* Elaborado por el autor con datos de Economatica

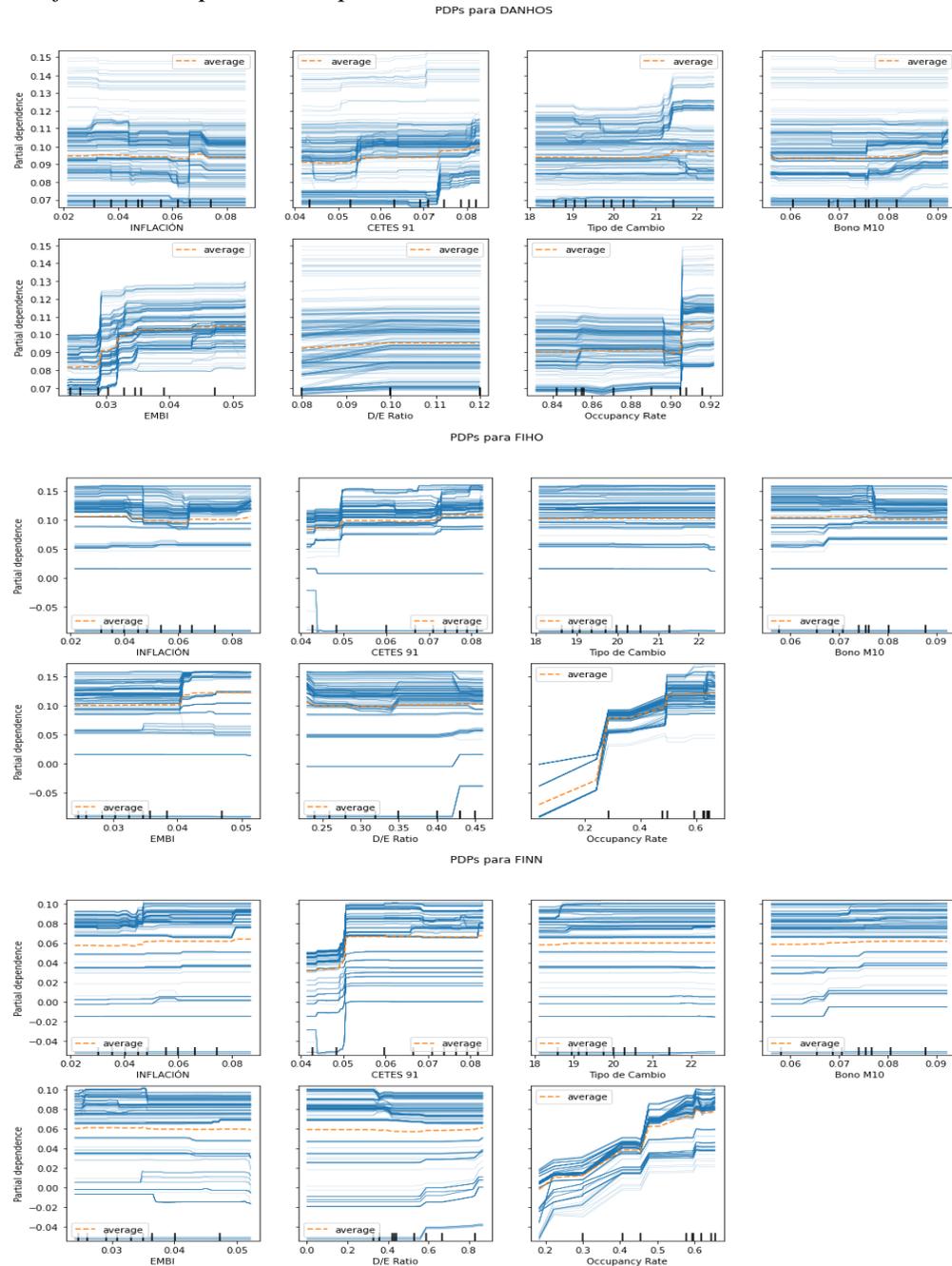
En lo que respecta a las FIBRAS del sector comercial, Danhos y Shop, como se mencionó tuvieron resultados muy variados, y hay prevalencia de factores de riesgo, tanto macro, como específicos, en cuanto a la relevancia para la tasa de capitalización. En cuanto a las FIBRAS diversificadas que poseen activos en tres sectores (comercial, industrial y oficinas), como Funo y Monterrey (MTY), las variables EMBI y tasa de ocupación (*occupancy rate*) fueron dos de las tres más importantes o relevantes, lo que implica factores de riesgos generales, ya sea macro o específicos, en los que el mercado se basaría para explicar su tasa de capitalización.

Al observar las gráficas de dependencia parcial de los modelos (figura 5 parte I, II y III), nuevamente se observa un comportamiento muy variado. De forma coherente con las gráficas de importancia de variable las gráficas muestran cambios mínimos al variar variables menos relevantes salvo por casos que se suelen encontrar en los extremos de las curvas individuales. Es importante considerar que los rangos de cada variable son diferentes para

cada modelo; se presentan gráficas de dependencia parcial mixtas, cada curva azul representa un caso particular de datos y cómo varía la predicción al modular la variable del eje x. También se representa con una línea punteada naranja el efecto en la predicción promedio.

**Figura 5**

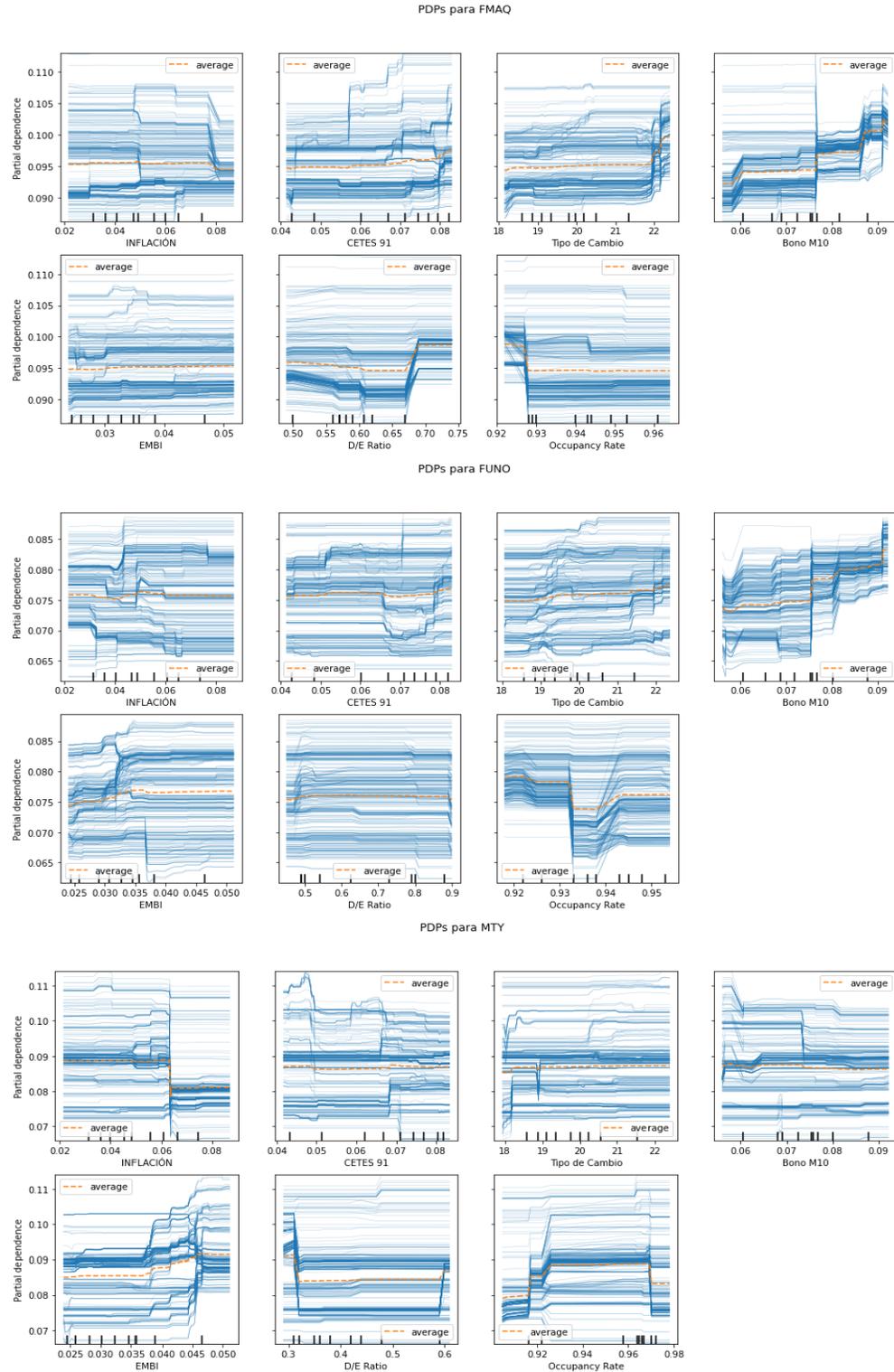
*Gráficas de dependencia parcial de los modelos de cada FIBRA individual (parte I).*



*Nota:* Elaborado por el autor con datos de Economatica

**Figura 5**

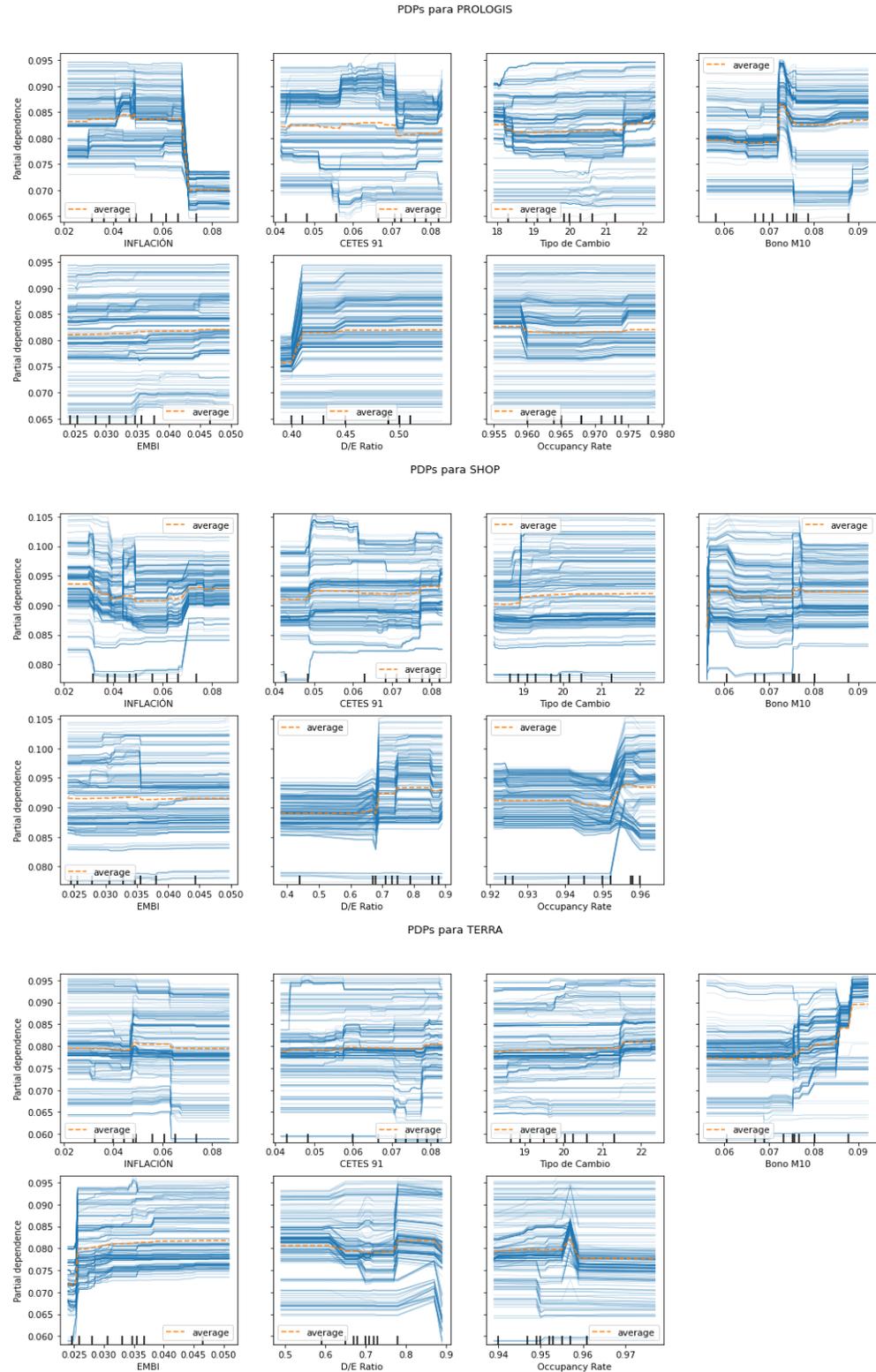
Gráficas de dependencia parcial de los modelos de cada FIBRA individual (parte II).



Nota: Elaborado por el autor con datos de Economática

**Figura 5**

Gráficas de dependencia parcial de los modelos de cada FIBRA individual (parte III).



Nota: Elaborado por el autor con datos de Economática

De las variables específicas sólo la tasa de ocupación (*occupancy rate*) fue relevante, puesto que de las 9 FIBRAS en 5 fue la primera o segunda variable más relevante y también en el modelo global; este resultado coincide con las posturas de An y Deng (2009) y d'Amato (2017) en cuanto a que sus estudios destacan la variable de tasa de ocupación como relevante para la estimación de la *cap rate*. Si bien en el modelo global fue una de las variables más significativa, contrario a otras investigaciones como la de Das (2015) y Hamada (1969), el apalancamiento no fue relevante para las tasas de capitalización implícita en las FIBRAS en México.

Aunque de las variables económicas financieras, el tipo de cambio (sólo 1 FIBRA) y los CETES (sólo 2 FIBRAS) sólo aparecieron como segunda variable relevante en 3 FIBRAS, tal y como habla de la limitación explicativa de las condiciones económicas, Ghysels et. al. (2007), las tasas de largo plazo y de riesgo sí fueron significativas como en otros estudios. De las variables económico-financieras el EMBI fue la más relevante en 3 de las 9 FIBRAS; sin embargo, el Bono M10 estuvo en 4 FIBRAS como la primera segunda más relevante, confirmando el efecto de las tasas y primas de riesgo evidenciado en otros estudios, como los de Allen et al. (2000) y Chervachidze et al. (2009).

Como lo planteaba Kok et al. (2017), el método de *random forest* resultó una técnica estadística alternativa para poder analizar la relación y explicación de las tasas de capitalización o rendimiento para el sector inmobiliario representado por las FIBRAS; sin embargo, es necesario incorporar la misma variable de *cap rate* históricas para mejorar la explicación, de acuerdo con los modelos propuestos por Chervachidze et al. (2009) y Larriva y Linneman (2022).

## **Conclusiones**

Los resultados indican que las variables que más explican o determinan las tasas de capitalización de mayoría de las FIBRAS en México son la tasa de ocupación de los inmuebles, así como las tasas de interés del mercado local (Bono M10 años y EMBI). Se concluye que los inversionistas o mercado priorizan el nivel de ocupación de todos los activos inmuebles de las FIBRAS, además del rendimiento o costo de oportunidad que paga el

mercado de dinero mexicano.

Las tasas de interés que reflejan el riesgo y costo de oportunidad en el mercado mexicano son relevantes para explicar el nivel y comportamiento de las tasas de capitalización de las FIBRAS en México. La variable interna más importante para la tasa de capitalización es la relacionada con la naturaleza o giro principal del negocio, es decir, la tasa de ocupación de los inmuebles, puesto que la de tipo financiero, el apalancamiento, no fue muy relevante.

Lo anterior, implica que el valor de mercado de las FIBRAS está sustentado o fundamentado no sólo en el rendimiento que implican los flujos de efectivo por la utilidad neta operativa generada por las rentas, sino también por el riesgo y rendimiento del negocio y del mercado que se refleja en las tasas de interés de largo plazo. A pesar del crecimiento y rendimiento del valor de las FIBRAS, este ha reflejado el riesgo en su tasa, aunque no es posible afirmar si en la magnitud correspondiente, lo que puede representar una línea de investigación a seguir en la agenda.

Esta evidencia y conclusión pudiera llevar a los organismos reguladores o autoridades del mercado de valores a considerar la divulgación de la tasa de capitalización que asumen las FIBRAS considerando dichos factores de riesgo, especialmente las tasas de interés y así justificar la prima de riesgo que asumen e implican; también, considerar cómo la política monetaria afecta el valor de los activos del sector inmobiliario. Lo anterior, implica una línea de investigación a desarrollar al respecto de los resultados y conclusiones del trabajo. Además, considerar el análisis para las FIBRAS en otros mercados, así como para otros activos cuya valoración se basa en el descuento de flujos.

## **Referencias**

- Alexander, J. C., & Springer, T. M. (2018). Valuation effects of REIT mergers and the role of diversification. *Managerial Finance*, 44(4), 424–438. <https://doi.org/10.1108/MF-10-2017-0412>
- Allen, M. T., Madura, J., & Springer, T. M. (2000). REIT characteristics and the sensitivity of REIT returns. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 21(2), 141-152. doi:10.1023/A:1007839809578
- An, X. and Deng, Y. (2009), A Structural Model for Capitalization Rate, RERI.
- Cain, M. y D. Dennis (2008), The information content of fairness opinions in negotiated mergers, Working paper.
- Chervachidze, S., Costello, J. and Wheaton, W.C. (2009), “The secular and cyclic determinants of capitalization rates: the role of property fundamentals, macroeconomic factors, and ‘structural changes’”, *The Journal of Portfolio Management*, Vol. 35 No. 5, pp. 50-69.
- Copeland T., T. Koller y J. Murrin, (1990), *Valuation: measuring and managing the value of companies*, third edition, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Damodaran, A. (2015), *Applied Corporate Finance, a user’s manual*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Das, P. (2015). Revisiting the hotel capitalization rate. *International Journal of Hospitality Management*, 151-160.
- Fama, E. F. (1970). “Efficient capital markets: a review of theory and empirical work”. *Journal of Finance*, (25), 383-417.
- Fernández, P., (2013), *Valoración de empresas: como medir y gestionar la creación de valor*, tercera edición, Gestión 2000, Barcelona.
- Ferris, K. y B. Pécherot (2002), *Valuation: avoiding the winners curse*, Prentice Hall, New Jersey.
- Fisher, G., Steiner, E., Titman, S., & Viswanathan, A. (2022). Location density, systematic risk, and cap rates: Evidence from REITs. *Real Estate Economics*, 50(2), 366–400.

<https://doi.org/10.1111/1540-6229.12367>

- Ghysels, E., Plazzi, A., & Valkanov, R. (2007). Valuation in US commercial real estate. *European Financial Management*, 13(3), 472-497. doi:10.1111/j.1468-036X.2007.00369.x
- Hamada, R. S. (1969), Portfolio Analysis, Market Equilibrium and Corporation Finance, *The Journal of Finance*, 24 (1), 13-31.
- Kallberg, J. G., & Shimizu, Y. (2023). Acquisitions and the Opportunity Set. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 66(4), 904–938. <https://doi.org/10.1007/s11146-021-09859-9>
- Laopodis, N. (2009). REITs, the stock market and economic activity. *Journal of Property Investment and Finance*, 27(6), 563-578. doi:10.1108/14635780910993168
- Larriva, M., & Linneman, P. (2022). The determinants of capitalization rates: Evidence from the US real estate markets. *Journal of Property Investment and Finance*, 40(2), 87-137. doi:10.1108/JPIF-12-2020-0140
- Morales Pelagio, R. C. (2014). El rendimiento mínimo esperado por los proyectos de inversión. *Emprendedores al servicio de la pequeña y mediana empresa*, 17-20.
- Morales, R. y F. López (2013), Estructura de capital y valuación de la empresa: el sector autoservicios en México, *Estocástica Finanzas y Riesgo*, Vol. 3, No. 2, 161-188.
- Van Nieuwerburgh, S. (2019). Why are REITS Currently So Expensive?. *Real Estate Economics*, 18, 65.

---

**Sincronización de fase y Análisis de Componentes Principales para la construcción del ciclo económico de México**

**Phase synchronization and Analysis of Principal Components for the construction of the economic cycle of Mexico**

---

**Revista Latinoamericana de Investigación Social, vol. 6, no.1**

**Josué Alan Cantú Esquivel**  
*Instituto Politécnico Nacional*  
jcantue@ipn.mx

**Ricardo Jacob Mendoza Rivera**  
*Instituto Politécnico Nacional*  
ricardo.mendoza@ciencias.unam.mx  
(correspondencia)

**Yorka Veruska Arteaga Nagashiro**  
*Instituto Tecnológico Autónomo de México*  
yvarteaga@naturgy.com

**Artículo de investigación**

Recibido: 10/01/2024

Aceptado: 08/03/2024

Fecha de publicación: 13/03/2024

**Resumen**

El trabajo examina la dinámica evolutiva de los ciclos económicos de México empleando las combinaciones lineales de doce indicadores macroeconómicos representativos. Para abordar la complejidad del problema derivada del número de variables como por la volatilidad que estas manifiestan, se emplea la sincronización de fase, el análisis de componentes principales y pruebas de estacionariedad. Los resultados obtenidos demuestran que es posible construir un ciclo económico generalizado capaz de capturar los comportamientos más uniformes de las series mediante las combinaciones lineales de las variables en ciclos, además que estas combinaciones capturan los niveles de aportación en varianza agregada de cada serie.

**Palabras Clave:** análisis de componentes principales; ciclo económico; sincronización de fase.

**Abstract**

*Our research focuses on understanding the patterns of economic cycles in México by analyzing twelve key macroeconomic indicators. We use different techniques, such as phase synchronization, principal component analysis, and stationarity tests, to address the complexity of the problem arising from the high number of variables and their inherent volatility. Our results demonstrate that it is possible to create a generalized economic cycle by using linear combinations of these indicators, which capture the most consistent behaviors of the series. Additionally, these linear combinations reflect the contribution*

*levels of each indicator to the aggregate variance.*

**Keywords:** *principal component analysis; business cycle; phase synchronization.*

## **Introducción**

La comprensión de los ciclos económicos resulta esencial para la macroeconomía, la política monetaria y la gestión de riesgos financieros debido a que el análisis de la evolución de las oscilaciones facilita comprender las señales de la dinámica cíclica generalizada de las economías. Cantú, Ríos y Jiménez (2022) enuncian que modelar los ciclos permite anticipar posibles cambios del corto al mediano plazo en las condiciones económicas de los países e inclusive en la economía mundial y de sectores económicos por actividad.

Respecto al seguimiento de variables guía del ciclo agregado, Claessens, Kose y Terrones (2011) destacan la importancia de monitorear las fluctuaciones en los niveles de crédito, consumo, confianza empresarial e indicadores financieros al modelar los ciclos económicos y remarcan la importancia de no solo enfocarse en indicadores macro de producción y comercio, sino que remarcan la necesidad de también modelar indicadores de volatilidad del mercado financiero.

Asimismo, Grinderslev et al. (2017) subrayan que el desarrollo de las oscilaciones no debe subestimarse ya que el seguimiento de las fases económicas ha ganado mayor atención por el ámbito público como privado, especialmente después de las crisis derivadas de los colapsos financieros ocurridos en 2001 y 2008. El trabajo propone que es mejor (y más viable) modelar al ciclo económico de una nación mediante la incorporación de múltiples variables relevantes en la conformación de las oscilaciones, en lugar de solo tomar un indicador de actividad económica agregado.

Dada la relevancia del tema, y en sintonía con estos antecedentes, este trabajo plantea tres interrogantes fundamentales: ¿Existen variables que sean mayormente representativas del ciclo económico agregado?, ¿Se pueden identificar duraciones promedio de los ciclos?, y ¿Es factible construir el ciclo económico a través de una combinación lineal de un sistema de indicadores económicos representativo? En este contexto, la premisa fundamental de nuestra investigación reside en la factibilidad de edificar un sistema cíclico que capture las características y oscilaciones más

representativas de variables que representen las fluctuaciones de la economía de México. Se plantea que esto puede lograrse primero con la sincronización de fase, luego mediante la creación de combinaciones lineales de las variables en ciclos y posteriormente, con la extracción de los componentes principales de un sistema de variables que en conjunto reconstruyan un ciclo económico agregado.

Respecto a la hipótesis de la investigación, planteamos la siguiente: si se extrae el componente cíclico de doce variables macroeconómicas y financieras representativas, entonces podemos representar al ciclo económico agregado de la economía mexicana. Se propone que, con esta metodología, es posible capturar una dinámica más uniforme y significativa de los ciclos mediante el modelado de las series y el empleo de sus combinaciones lineales a través de las señales analizadas. Comprobaremos esta hipótesis mediante los resultados de técnicas específicas, como la sincronización de fase y el análisis de componentes principales.

En línea con la hipótesis, el objetivo principal de esta investigación es construir un indicador del ciclo económico agregado de la economía mexicana mediante la sincronización de fase y análisis de componentes principales en la interacción del sistema de doce variables. Los objetivos específicos incluyen modelar cada variable, examinar su evolución cíclica en términos de duración y número de oscilaciones promedio, analizar la estabilidad y volatilidad de los ciclos y evaluar la presencia de algún nivel de memoria mediante pruebas de estacionariedad. Además, se busca identificar las series con ciclos más estables que posiblemente guíen a otras.

En resumen, el principal aporte de nuestra investigación destaca al proponer la representación del ciclo económico agregado a través de la extracción de componentes principales de variables económicas y financieras. Los modelos revelan que las tasas de interés, los niveles de crédito y la dinámica de los índices bursátiles son las variables más representativas para la construcción de combinaciones lineales uniformes. El documento se organiza en cinco apartados: la revisión de trabajos (antecedentes al tema), las teorías económicas que apoyan al tema, la metodología, la aplicación del modelado a las series y finalmente las conclusiones.

En última instancia, los resultados respaldan la viabilidad de aplicar esta

metodología a otros países en futuras investigaciones.

## **Revisión de literatura**

Existen múltiples teorías que buscan explicar las causas de los ciclos económicos, pero ninguna ha sido completamente aceptada debido a sus fundamentos divergentes. Kindleberger (2005) sugiere que las oscilaciones en las economías suelen derivar por fallas sistémicas en los aparatos financiero y monetario del capitalismo, así como por las demoras en los factores cognitivos y de acción de los bancos centrales en detectar estos problemas. El trabajo explica que estos retrasos impiden que se actúe a tiempo para mitigar los impactos de la evolución de variables monetarias.

Enriqueciendo el debate, Minsky (1986) destaca que las fases de expansión económica son impulsadas por el aumento de los niveles de crédito, lo que eventualmente conduce a una etapa de especulación financiera, generando la pérdida de sostenibilidad alcista y desembocando en fases oscilatorias contractivas. Una conclusión destacada de su trabajo es su análisis sobre la intervención de los bancos centrales: pues, aunque su objetivo es mantener niveles de precios estables y fomentar el pleno empleo, Minsky argumenta que su intervención a menudo resulta en lo contrario, una idea que desarrolla en su hipótesis sobre fragilidad financiera.

En relación con los ciclos financieros, Razo de Anda et al. (2018) coinciden en que estos se originan por las facilidades de crédito en la economía, destacando la falta de coordinación efectiva entre los diversos agentes bancarios en la creación y destrucción de dinero. Su estudio concluye que es esencial limitar el papel de los mercados financieros, haciéndolos más productivos y menos especulativos en la concesión de créditos. De lo contrario, advierten que las fases contractivas podrían volverse más perjudiciales en cada ciclo, dificultando la recuperación del aparato económico.

También, algunos trabajos que analizan el comportamiento oscilatorio de variables monetarias en relación con las fases del ciclo económico agregado para distintos países son las investigaciones de Agénor et al. (2000) y Alper (2002). En estos señalan que para economías desarrolladas como la de Estados Unidos, los agregados monetarios y los niveles de precios tienden a actuar de manera contra cíclica y con cierto rezago respecto a

variables procíclicas como las oscilaciones de tasas de interés y flujos de capital. Por otra parte, su investigación reveló que, en economías emergentes como México, los ciclos económicos de las variables no están tan claramente definidos como en las economías desarrolladas. Además, en estas últimas, las masas monetarias no suelen reflejar patrones cíclicos evidentes.

También, Vergara, Mejía y Díaz (2021) analizan la dinámica de variables monetarias y financieras en relación con la economía agregada de México. Su investigación concluye que la política monetaria de Banxico ha demostrado comportamientos procíclicos, evidenciados en las oscilaciones de la tasa de interés. Ellos remarcan que, aunque esto ha contribuido a estabilizar los niveles de precios, también ha exacerbado las fluctuaciones de otras variables como los niveles de crédito, confianza empresarial y el tipo de cambio.

Todas estas investigaciones subrayan la interconexión de múltiples factores en la formación del ciclo económico. Los antecedentes destacan que las fluctuaciones no están limitadas al movimiento de una sola variable, sino que es posible construirlo mediante un modelo que capture las propiedades más uniformes de las series más representativas de las economías. El siguiente apartado se centra en fortalecer estas ideas desde diversas perspectivas del pensamiento económico.

## **Teorías económicas sobre las causas de los ciclos económicos**

En esta sección, se presentan algunas de las teorías más relevantes que abordan la explicación de los ciclos económicos. Estas buscan responder a preguntas clave sobre las causas de las oscilaciones, las variables que deberían manifestar comportamientos oscilatorios, y la comprensión de las duraciones promedio de los ciclos según su categoría, ya sea a corto o largo plazo.

### **Literatura económica**

De acuerdo con Keynes (1936), los ciclos económicos se originan a partir de las oscilaciones en la demanda agregada, movimientos en las tasas de interés, preferencias por la liquidez, variaciones del consumo y la eficiencia marginal del capital. Según su teoría, las variaciones en la demanda de inversión de los empresarios, dada su inestabilidad en comparación con

la demanda de bienes de consumo, son la principal causa de las oscilaciones económicas. Aunque esta escuela es criticada por concebir de manera mecánica el ciclo y recomendar la intervención estatal, afectando variables como la oferta monetaria, reservas internacionales, precios, niveles de empleo y salarios, se destaca que esta perspectiva considera que el dinero en la economía no es neutral, a diferencia de la visión neoclásica.

Por otra parte, los neoclásicos sostienen que el dinero es neutral, argumentando que las oscilaciones económicas se generan por choques provenientes de variables reales como innovaciones tecnológicas, variaciones en el gasto público y cambios en la producción agregada y en los niveles de empleo. Además, afirman que el mercado laboral siempre se equilibra mediante la sustitución intertemporal entre trabajo y ocio, basándose en las decisiones inter temporales de los trabajadores. Explican que los choques en las variables reales provocan variaciones temporales en las tasas de interés y salarios, alterando temporalmente la producción hasta que los mercados convergen a situaciones de equilibrio dinámico. Sugieren que lo más recomendable es permitir que las cosas se estabilicen por sí mismas.

En contraste a la escuela neoclásica, los neokeynesianos argumentan que, si existe rigidez en precios y salarios, lo que se traduce en precios pegajosos esta impide de ajustes inmediatos en los mercados. Su análisis destaca que el principal impulsor del dinamismo económico es la demanda agregada y las imperfecciones en los mercados; esto significa que los choques exógenos pueden hacer que la economía regrese lentamente a su estado original, ya que los ajustes en precios y mercados no ocurren de manera simultánea, sino escalonada, generando fluctuaciones temporales que desencadenan crisis económicas, monetarias y financieras.

Finalmente, en la perspectiva heterodoxa, destaca la teoría de la fragilidad financiera de Minsky (1977). Contrario a los postulados de los modelos neoclásicos, Minsky argumenta que no se requieren choques exógenos para perturbar la economía de su supuesta “senda de equilibrio estacionario”. Su hipótesis sugiere que las desviaciones surgen inherentemente por el sistema bancario debido a la concesión de préstamos, ya que eventualmente se otorgarán préstamos a solicitantes de menor calidad crediticia impulsados por las expectativas de crecimiento económico. Este concepto se explora en la teoría de la fragilidad financiera de Minsky.

## **Frecuencia y periodicidades de los ciclos económicos**

Las distintas escuelas del pensamiento económico ofrecen explicaciones sobre las causas de los ciclos, lo que ofrece un marco inicial para identificar las variables y canales que teóricamente pueden originar las oscilaciones. No obstante, Calderón (2012) señala una crítica común en la literatura económica: las teorías a menudo se limitan a referirse a los ciclos simplemente como oscilaciones, sin especificar su duración, ya sea corta o larga. Además, Villarreal y Hernández (2016) proponen una clasificación de los ciclos según su duración, periodicidad y frecuencia, mencionando las siguientes categorías:

- Ciclos de Kitchin: Duración de cuarenta meses (o entre tres y cinco años).
- Ciclos de Juglar: Fluctúan entre seis y diez años.
- Fluctuaciones de Kuznetz: Oscilan de dieciséis a veinte años.
- Ciclos de Kontratoeff: Presentan oscilaciones alrededor de cuarenta y ocho a sesenta años.

El análisis de diversas corrientes del pensamiento económico nos permite identificar las variables más representativas para modelar el ciclo económico agregado según distintos autores. A pesar de las divergencias en sus conclusiones, todos reconocen el papel y dinamismo de los mercados financieros, tasas de interés, niveles de crédito y empleo, así como de las expectativas empresariales como factores clave en el seguimiento de los ciclos. En cuanto a las duraciones, García-Ruiz (2014) destaca que, en el estudio de oscilaciones, aquellas variables que consoliden un mayor número de ciclos en lapsos relativos entre variables tenderán a exhibir duraciones más cortas. Esto se debe a la generación de un mayor número de fluctuaciones en el mismo intervalo de tiempo en comparación con sus semejantes, resultando en una frecuencia más alta debido a su mayor dinamismo.

## **Metodología**

En este apartado, se presentan las tres herramientas esenciales para analizar las oscilaciones cíclicas de cada variable modelada y posteriormente, para la construcción del indicador guía de la economía mexicana. La unificación de las metodologías resulta fundamental, ya que

facilita el análisis de acoplamientos al trabajar con todas las variables en ciclos depurados a un mismo nivel, esto propicia el manejo homogéneo de la información.

### Series de tiempo

De acuerdo con Xiao y Lima (2007) el propósito del análisis de series temporales es describir el proceso teórico subyacente en cada serie estudiada mediante la formulación de un modelo matemático y probabilístico. Cantú et al. (2022) señalan que se considera que una serie temporal es estrictamente estacionaria si todos los momentos de su distribución de probabilidad son invariables en el tiempo. Esto implica que cualquier innovación que afecte a la serie se reducirá a cero después de un determinado número de periodos, a menos que la serie posea algún nivel de memoria. La estacionariedad puede verificarse mediante pruebas estadísticas, y una serie se considera estacionaria si cumple con los siguientes requisitos:

$$E(X_t) = \mu \forall t$$

$$Var(X_t) = \sigma \forall t$$

$$Cov(X_t, X_s) = \gamma(X_t, X_s) = E(X_t - \mu_t)(X_s - \mu_s) ; f(t - s)$$

$$\rho(X_t, X_s) = \frac{\gamma(X_t, X_s)}{\sqrt{\sigma_t^2 \sigma_s^2}}$$

Estas afirmaciones implican que un proceso estocástico es fuertemente estacionario si la distribución conjunta de sus variables aleatorias,  $f(x_1, \dots, x_m)f(x_n, \dots, x_{2n})$  es la misma en cualquier punto de la muestra. Para procesos estacionarios, se tiene que  $\mu_t = \mu$ , y que  $\sigma_t^2 = \sigma^2$ . Es decir, estos parámetros no cambian a lo largo del tiempo ni en muestras de la población. Además, dados los puntos de evaluación  $t$  y  $t+k$ , tenemos que  $\gamma(t, t+k)$  y  $\rho(t, t+k)$  dependerán solo de  $k$ . En otras palabras, el promedio de una muestra al azar de una población de gran tamaño tiende a estar cerca de la media de la población completa<sup>1</sup>.

En el contexto de procesos estocásticos, la estacionariedad débil se define por la independencia temporal en el cálculo de la covarianza entre dos periodos, basándose únicamente en su distancia o rezagos. La comprobación de estacionariedad se realiza a través de pruebas de raíz unitaria, donde la estacionariedad se refleja en raíces reales del polinomio característico con un valor absoluto menor a uno. A continuación, se exponen las

---

<sup>1</sup> Por definición, en el caso de un proceso gaussiano, su distribución quedará determinada por  $\mu$  y  $\sigma^2$ .

tres pruebas de hipótesis que fueron empleadas en el trabajo.

### **Prueba Augmented Dickey Fuller (ADF)**

Un test fundamental en las pruebas de existencia de raíz unitaria en series temporales es el trabajo de Dickey y Fuller (1979). Su enfoque se centra en la evaluación de la existencia de raíces a través de la siguiente regresión:

$$X_t = \beta X_{t-1} + u_t \quad (1)$$

La hipótesis nula de la prueba es que la serie posee una raíz unitaria, ello se deduce del planteamiento de que  $\beta = 1$ . Mientras que la hipótesis alternativa es que, al no presentarse una raíz unitaria, la serie de tiempo es estacionaria. Para realizar una prueba más robusta, en la práctica se recurre al empleo de la prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF), ya que esta permite incorporar más rezagos de orden  $\rho$  de la variable estudiada, ello mediante la ecuación:

$$\Delta X_t = \beta X_{t-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \alpha \Delta X_{t-1} + u_t \quad (2)$$

La ventaja de esta estructura en la regresión es que le permite a la serie  $X_t$  ser capaz de absorber cualquier estructura dinámica de sí misma a manera de que el término de perturbación  $u_t$  no lo recoja y no existan estructuras de dependencia en los residuos, garantizando que en estos no haya problemas de autocorrelación serial.

### **Prueba Phillips Perron (PP)**

Otra contribución relevante sobre la existencia de raíces unitarias en series temporales proviene del trabajo de Phillips y Perron (1988). A diferencia de los enfoques iniciales de Dickey-Fuller, su propuesta incorpora procedimientos para evaluar la correlación entre los errores de regresión, analizando así la existencia de raíces unitarias en dichos errores. Basándose en la regresión utilizada en la prueba ADF, Phillips y Perron proponen un término  $u_t$  modificado en su regresión auxiliar:

$$u_t = e_t + \theta e_{t-1} + \dots + \theta_i e_{t-i} \quad (3)$$

Phillips y Perron destacan que su prueba incorpora la presencia de raíces unitarias en el proceso de media móvil, siendo diseñada para detectar cambios estructurales en las series. Este test comparte las mismas hipótesis nula y alternativa que las pruebas ADF para la existencia de raíces unitarias.

### **Prueba Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS)**

Una prueba considerada de mayor potencia estadística por descomponer los componentes de la serie en factores de tendencia determinista, caminata aleatoria y error estacionario es la prueba KPSS. Esto se logra al evaluar directamente la estacionariedad de la serie de tiempo mediante la siguiente estructura:

$$X_t = \xi t + r_t + \dots + e_t \quad (4)$$

Al realizar la descomposición de los elementos de la serie, note que  $\xi t$  representa el factor de tendencia,  $r_t$  un elemento de caminata aleatoria y  $e_t$  un término de error estrictamente estacionario. La prueba propone que el factor de caminata aleatoria está subordinado a la estructura:

$$r_t = r_{t-1} + u_t ; u_t \sim N(0, \sigma_u^2) \quad (5)$$

### **Sincronización de fase**

Inspirada en el trabajo de Christian Huygens de 1673, el concepto de sincronización se refiere a la ocurrencia simultánea de eventos, ya sea directamente asociados o no. La asociación se evaluará según el comportamiento de las oscilaciones de las variables, considerando si muestran una interacción conjunta, contraria o independiente de manera simultánea o con rezagos. En el contexto de investigaciones sobre el análisis cíclico económico, la sincronización de fase se puede realizar mediante la metodología propuesta por Calderón, García y Cruz (2017) y Cantú *et al.* (2022) para la extracción del componente cíclico mediante un depurado de variables. Los pasos por seguir son los siguientes:

1.- Para el análisis de las series bajo estudio, el primer paso implica asegurar que estén en la misma escala, facilitando así el cálculo de su componente cíclico. Esto se logra mediante algún método de estandarización que garantice que todas las variables compartan la misma escala.

2.- Una vez estandarizadas, se aplica a las series un filtro que elimine las contaminaciones aleatorias (ruido), ya que este afecta únicamente a las señales cíclicas relevantes. El filtrado facilita la obtención del componente cíclico inherente de cada serie, y se logra mediante la aplicación de la función:

$$X_t = (\varepsilon * X_{t-1}) + ((1 - \varepsilon) * X) \quad (6)$$

Donde:

$X_t$ : Serie Suavizada.

$\varepsilon$ : Nivel del suavizado.

$X_{t-1}$ : Serie Suavizada rezagada un periodo.

$X$ : Variable a Suavizar.

La ecuación (6) establece que valores cercanos a uno en el nivel de suavizado eliminarán la mayor parte de las oscilaciones de corto plazo, preservando únicamente los ciclos de larga duración.

3.- Después de aplicar el filtro a cada variable, se procede al cálculo de la derivada numérica de cada serie. Como detalla García (2014), este cálculo proporciona un indicativo del cambio en las señales reales de los ciclos. La derivada numérica se calcula mediante:

$$f'(X_0) = \frac{f(X_0 + h) - f(X_0)}{h} \quad (7)$$

Desde la perspectiva de la sincronización de fase, es importante señalar que la derivada numérica se considera la mejor aproximación disponible de la señal entre dos puntos de información analizados. Esto nos proporciona información clave sobre cuándo las señales alcanzan sus mínimos y máximos, y en el caso de que estén sincronizadas, si tienden a coincidir en el comportamiento de sus derivadas.

4.- Con las derivadas numéricas de las señales, se procede a analizar el diferencial de fases de los ciclos de las variables, según sea el estado de acoplamiento de las señales.

Existen tres posibles escenarios:

Escenario 1: Si los estados de las señales están perfectamente acoplados, ello es un indicativo de que:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} |x_1(k) - x_2(k)| = 0 \quad (8)$$

Ello independiente de las condiciones iniciales de las oscilaciones de  $x_1$  y  $x_2$ .

Escenario 2: De la ecuación (8), noté que mientras el diferencial más se aleje del cero, será un indicativo que existe un nivel de retardo mayor entre  $x_1$  y  $x_2$ , es decir, aparecerá un nivel de desfase entre las oscilaciones de las señales si:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} |x_1(k) - x_2(k)| \neq 0 \quad (9)$$

Escenario 3: En caso de que el resultado de la ecuación (9) sea divergente de cero en gran medida, debe realizarse un análisis exploratorio de los fenómenos más profundo, pues puede ser que las series no tengan sincronización directa, pero si con un nivel de adelanto significativo.

Por su parte, en lo que respecta a la duración de los ciclos, se plantea que el número de períodos promedio  $\langle T \rangle$ , se define como:

$$\langle T \rangle = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} (t_k - t_{k-1}) = \frac{t_N}{N} \quad (10)$$

Donde:

$t_N$ : Tiempo transcurrido

$N$ : Número de ciclos conformados

$T$ : Duración promedio de los ciclos conformados

También podemos plantear a la frecuencia del ciclo como el inverso de la duración, ello con la ecuación 11:

$$\langle f \rangle = \frac{1}{T} \quad (11)$$

Es decir, según la unidad de medida empleada para el análisis del tiempo transcurrido, la frecuencia indica que proporción del ciclo se avanza por unidad de tiempo.

5.- Basados en el acople de frecuencias de las señales, se procede a segmentar a las variables según sus oscilaciones y dinámica de estados, pues dentro de los sistemas de osciladores es probable encontrar variables cuyas dinámicas entre ellas sean en sintonía, en dirección contraria o acíclicas.

### **Análisis de componentes principales**

El Análisis de Componentes Principales (*PCA*, por sus siglas en inglés) tiene como objetivo sintetizar patrones presentes en los datos, facilitando la obtención de conclusiones generales a partir de grandes conjuntos de información mediante algoritmos de comprensión que identifican las principales fuentes de variación en un sistema: los componentes principales.

La extracción de cada componente principal resulta de la combinación lineal de las variables originales, lo que permite trabajar con estas combinaciones en lugar de las series originales. Mishra *et al.* (2017) sugieren que, antes de extraer los componentes principales de un conjunto de datos, es recomendable escalar las observaciones para que estén centradas con media cero y con varianza unitaria. Este proceso evita sesgos causados por diferentes unidades de medición en las variables y asegura que las matrices de correlación y covarianza sean consistentes con los datos. Si las variables fueron estandarizadas, los componentes principales se convierten en los eigenvectores de la matriz de correlaciones, proporcionando el mismo número de componentes principales que de variables disponibles en el sistema de información.

### **Extracción de componentes principales**

La extracción de componentes principales se realiza de manera que el primer componente constituya la línea de regresión que capture la mayor varianza. El segundo componente busca recolectar la mayor información no capturada por el primero, y así sucesivamente hasta abarcar la variabilidad total del sistema. El propósito de esta técnica es obtener el conjunto óptimo de combinaciones lineales que representen de manera sintética las variables  $X_1, X_2, \dots, X_\rho$ . Sean las combinaciones lineales de estas variables en  $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$ , donde  $m \leq \rho$ . Se puede plantear lo siguiente:

$$Z_m = \sum_{j=1}^{\rho} \phi_{jm} X_j \quad (12)$$

Donde  $\phi_{jm}$  representa la j-ésima carga del m-ésimo componente principal<sup>2</sup>. Note que cada vector de cargas:  $[\phi_{1m}, \phi_{2m}, \dots, \phi_{\rho m}]$  define la dirección del espacio en la cual es mayor la varianza de los datos. Una propiedad relevante es que, para manejar la varianza de los datos, estos se normalizan, por lo que la suma de los cuadrados de las cargas debe de igualarse a uno.

$$\sum_{j=1}^{\rho} \phi_{j1}^2 = 1 \quad (13)$$

Para evaluar el rendimiento, se utiliza como métrica discriminante el promedio de la distancia euclidiana al cuadrado del error, es decir:

$$z_{i1} = \phi_{11}x_{i1} + \phi_{21}x_{i2} + \dots + \phi_{\rho 1}x_{i\rho} \quad (14)$$

Dado que los componentes principales se presentan en orden jerárquico según la mayor cantidad de varianza que son capaces de explicar, en función de la minimización del error, el vector de cargas del primer componente principal resuelve el problema de optimización.

$$\text{Maximizar } \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^{\rho} \phi_{j1} x_{ij})^2 \mid \sum_{j=1}^{\rho} \phi_{j1}^2 = 1 \right\} \quad (15)$$

En el caso del segundo componente principal, este surge de la combinación lineal de las variables asociadas al segundo eigenvector, con mayor información respecto al conjunto de variables no correlacionadas con el primer componente. Así, el segundo componente principal será ortogonal al primero. Este proceso se repite de forma ordenada hasta completar el número de combinaciones lineales correspondientes.

### Aportaciones de los niveles de varianza explicada

En el análisis de componentes principales, es crucial conocer la proporción de varianza explicada por cada componente. Esto se expresa mediante la varianza total de un conjunto

---

<sup>2</sup> El concepto de carga hace referencia sobre que peso tiene cada variable en cada componente.

de información como:

$$\sum_{j=1}^{\rho} Var(X_j) = \sum_{j=1}^{\rho} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}^2 \quad (16)$$

Por su parte, la varianza explicada por el m-ésimo componente principal puede denotarse:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_{im}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^{\rho} \phi_{jm} X_{ij} \right)^2 \quad (17)$$

Con esto, la proporción de la varianza explicada por el m-ésimo componente principal es el producto ponderado de las dos expresiones anteriores, es decir:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^{\rho} \phi_{jm} X_{ij})^2}{\sum_{j=1}^{\rho} \sum_{i=1}^n x_{ij}^2} \quad (18)$$

Dado que cada eigenvalor corresponde a la varianza del componente  $Z_i$  del eigenvector  $\vec{v}_i$ .

$$Var(Z_i) = \lambda_i \quad (19)$$

Con esto, la proporción de la variabilidad del sistema explicada por el componente  $Z_i$  es:

$$\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^{\rho} Var(Z_i)} \quad (20)$$

Finalmente, note que le número óptimo de componentes principales de n variables y  $\rho$  combinaciones lineales es:

$$\min(n - 1, \rho) \quad (21)$$

## **Construcción de osciladores y extracción de componentes principales**

Basándonos en teorías económicas e investigaciones antecedentes, se pueden identificar variables clave para modelar los ciclos de la economía mexicana, detalladas en la tabla 1. Estas series se seleccionan debido a su estrecha relación con la actividad económica agregada: la balanza de pagos (México BT) refleja los ingresos y egresos monetarios, mostrando las transferencias comerciales del país y su dinámica externa.

El índice de confianza empresarial (México BC) supervisa las expectativas de empresarios sobre la actividad económica, considerando factores como la producción, el empleo, así como los niveles de precios (México CPI). Las reservas internacionales (México FER) se incluyen por su papel como recursos inmediatos en transacciones internacionales. El indicador monetario (México M2) abarca el dinero en circulación, reservas bancarias y depósitos a corto plazo.

La tasa de interés interbancaria (México IBR) se modela como un parámetro clave en el mercado de deuda de mexicano, influyendo en el costo y facilitación del crédito e inversión en la economía. Los préstamos al sector privado (México LTPS) se incorporan destacando su impacto en inversiones y financiamiento. La tasa de desempleo (México UR) es esencial para comprender la desocupación en periodos recesivos.

También se considera el tipo de cambio con respecto al dólar (USDMXN) para obtener información sobre la fortaleza de la divisa en relación con el ciclo económico. Finalmente, el índice bursátil (México Mexbol) actúa como indicador del rendimiento del sector bursátil en relación con la actividad industrial y las expectativas económicas. La información está disponible desde enero de 2004 hasta enero de 2023. Tras la depuración de los ciclos, cada serie termina con un total de 227 observaciones mensuales.

**Tabla 1**

*Variables objeto de estudio economía mexicana*

Serie	Variable	Unidad de medida original/Descripción
México BC	Índice de confianza empresarial	Índice con ajuste estacional
México BT	Balanza de pagos	Millones de dólares americanos a precios corrientes
México CPI	Índice de precios al consumidor	Índice con escala de puntos base (2018=100) sin ajuste estacional
México FER	Reservas Internacionales	Millones de dólares corrientes sin ajuste estacional
México IBR	Tasa de interés interbancaria	Medida en escala porcentual
México IPI	Índice de producción industrial	Índice con ajuste estacional
México LEI	Indicador adelantado de la actividad económica	Medida en escala porcentual
México LTPS	Préstamos al sector privado	Miles de pesos corrientes sin ajuste estacional
México M2	Agregado monetario M2	Miles de pesos corrientes sin ajuste estacional
México Mexbol	Índice bursátil IPC BMX	Índice bursátil ponderado por flotación libre de capitalización
México UR	Tasa de desempleo	Porcentaje sin ajuste estacional
USDMXN	Tipo de cambio USD/MXN	USD/MXN

*Nota:* Elaborado por el autor con métricas de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Louis*.

La información descriptiva del número y comportamiento promedio de los ciclos de cada variable aparece en la tabla 2 tras aplicar en las series originales un depurado del 0.95. Al respecto, la figura 1 presenta el comportamiento cíclico de cada serie con tal depurado, en la cual puede percibirse cuales son las variables con fluctuaciones más estables y uniformes.

**Tabla 2**

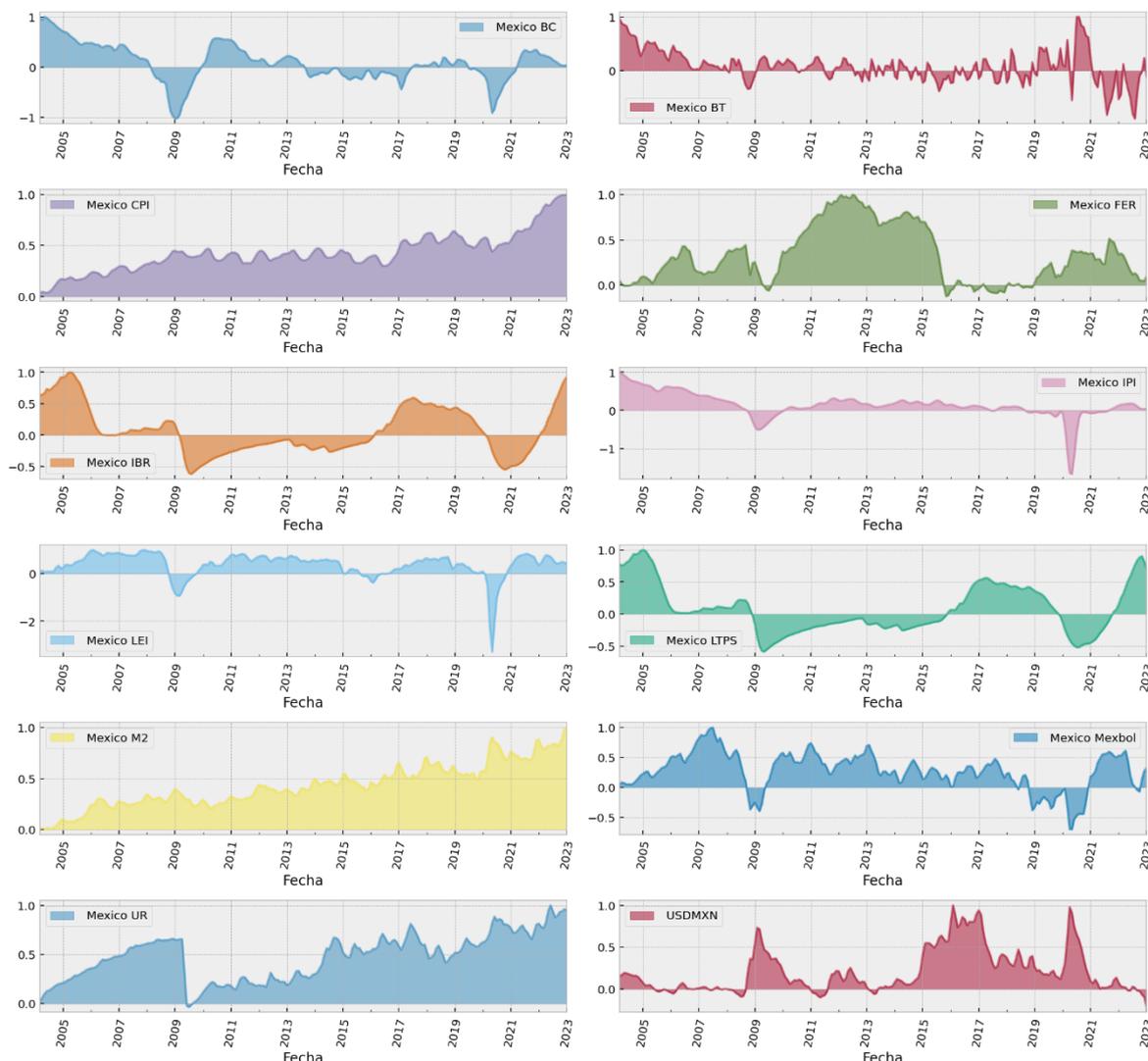
*Caracterización de los ciclos en las variables de México depuradas al 0.95*

Variable	Obs	N	<T>	<f>	<w>	Variable	N	<T>	<f>	<w>
México BC	227	3	75.33	0.01	0.08	México LEI	5	45.20	0.02	0.14
México BT	227	24	9.42	0.11	0.67	México LTPS	2	113.00	0.01	0.06
México CPI	227	0	0.00	0.00	0.00	México M2	0	0.00	0.00	0.00
México FER	227	9	25.11	0.04	0.25	México Mexbol	4	56.50	0.02	0.11
México IBR	227	3	75.33	0.01	0.08	México UR	1	226.00	0.00	0.03
México IPI	227	3	75.33	0.01	0.08	USDMXN	9	25.11	0.04	0.25

*Nota:* Elaborado por el autor con métricas de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Louis*.

**Figura 1**

*Sistema cíclico de México con depuración de 0.95*



*Nota:* Elaboración de los autores con datos de la Reserva Federal de *San Luis* y *Trading Economics*, Python.

Con las series en ciclos, se realizan las pruebas de estacionariedad para evaluar si exponen algún grado de memoria o si olvidan las innovaciones y sus esperanzas convergen a la media. Estos valores aparecen en la tabla 3, obteniendo resultados mixtos según el criterio de cada prueba. Después, en la figura 2 se presenta la agrupación de variables en tres tipos mediante la técnica de *k-means* del *PCA* con la propuesta metodológica de la teoría económica: procíclicas, contracíclicas o acíclicas.

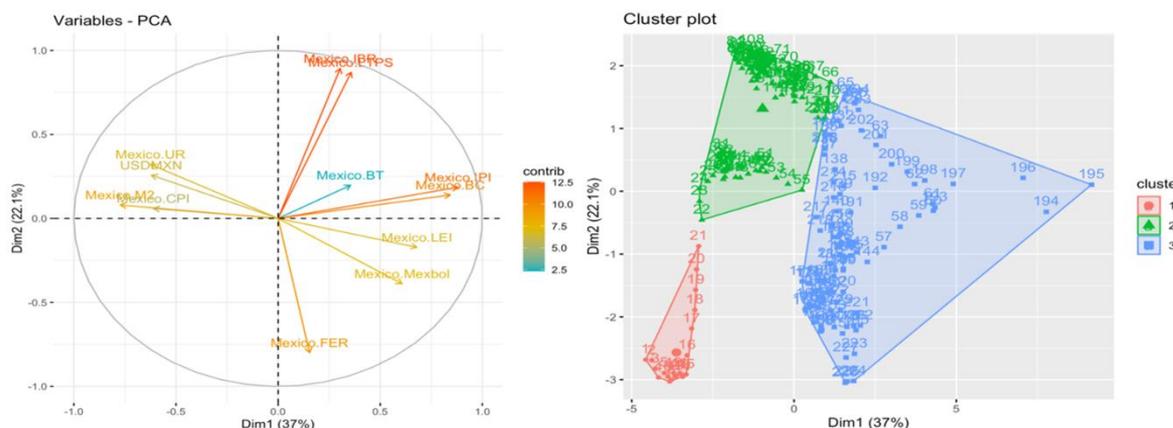
**Tabla 3**

*Pruebas de estacionariedad de las variables cíclicas de México*

Serie	ADF Test	PP Test	KPSS Test	Criterio del ADF Test	Criterio del PP Test	Criterio del KPSS Test
México BC	0.04	0.29	0.01	Serie Estacionaria	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria
México BT	0.01	0.01	0.01	Serie Estacionaria	Serie Estacionaria	Serie no estacionaria
México CPI	0.99	0.68	0.01	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria
México FER	0.57	0.69	0.02	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria
México IBR	0.39	0.93	0.05	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria
México IPI	0.07	0.03	0.01	Serie no estacionaria	Serie Estacionaria	Serie no estacionaria
México LEI	0.05	0.03	0.10	Serie Estacionaria	Serie Estacionaria	Serie Estacionaria
México LTPS	0.06	0.75	0.06	Serie no estacionaria	Serie no estacionaria	Serie Estacionaria
México M2	0.07	0.05	0.01	Serie no estacionaria	Serie Estacionaria	Serie no estacionaria
México Mexbol	0.08	0.09	0.01	Serie no estacionaria		

**Figura 2**

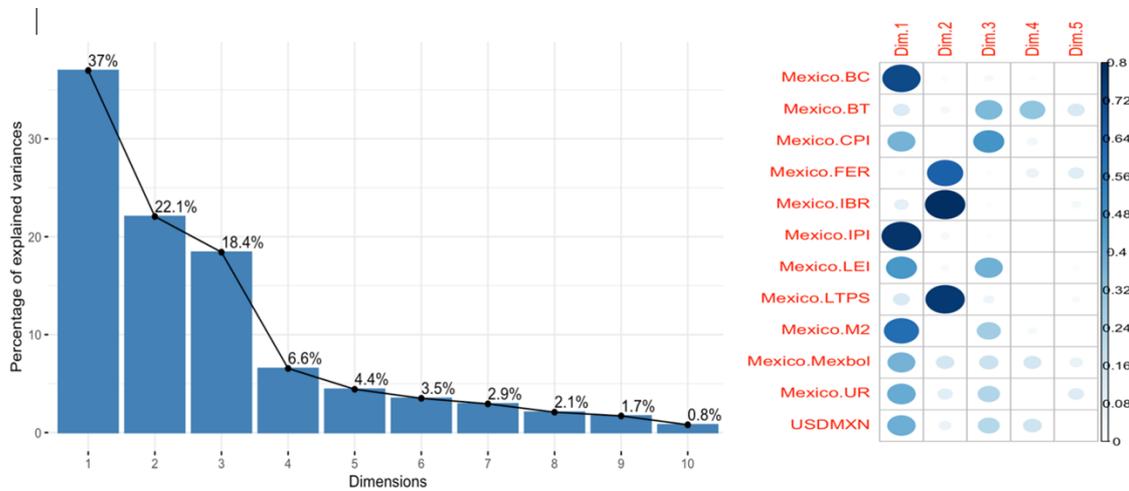
*Contribución de variables a los niveles de varianza y clusters de México*



*Nota:* Elaborado por el autor con datos de la Reserva Federal de *San Luis* y *Trading Economics*, *R-Studio*.

**Figura 3**

Contribución de las variables a las dimensiones y aportaciones de varianza



Nota: Elaborado por el autor con datos de la Reserva Federal de *San Louis* y *Trading Economics*, *R-Studio*.

**Tabla 4**

Contribución a los niveles de varianza de los componentes de México

Componentes México	Varianza por componente	Varianza acumulada	Componentes USA	Varianza por componente	Varianza acumulada
Componente 1	37.00%	37.00%	Componente 7	2.90%	94.90%
Componente 2	22.10%	59.10%	Componente 8	2.10%	97.00%
Componente 3	18.40%	77.50%	Componente 9	1.70%	98.70%
Componente 4	6.60%	84.10%	Componente 10	0.80%	99.50%
Componente 5	4.40%	88.50%	Componente 11	0.25%	99.75%
Componente 6	3.50%	92.00%	Componente 12	0.25%	100.00%

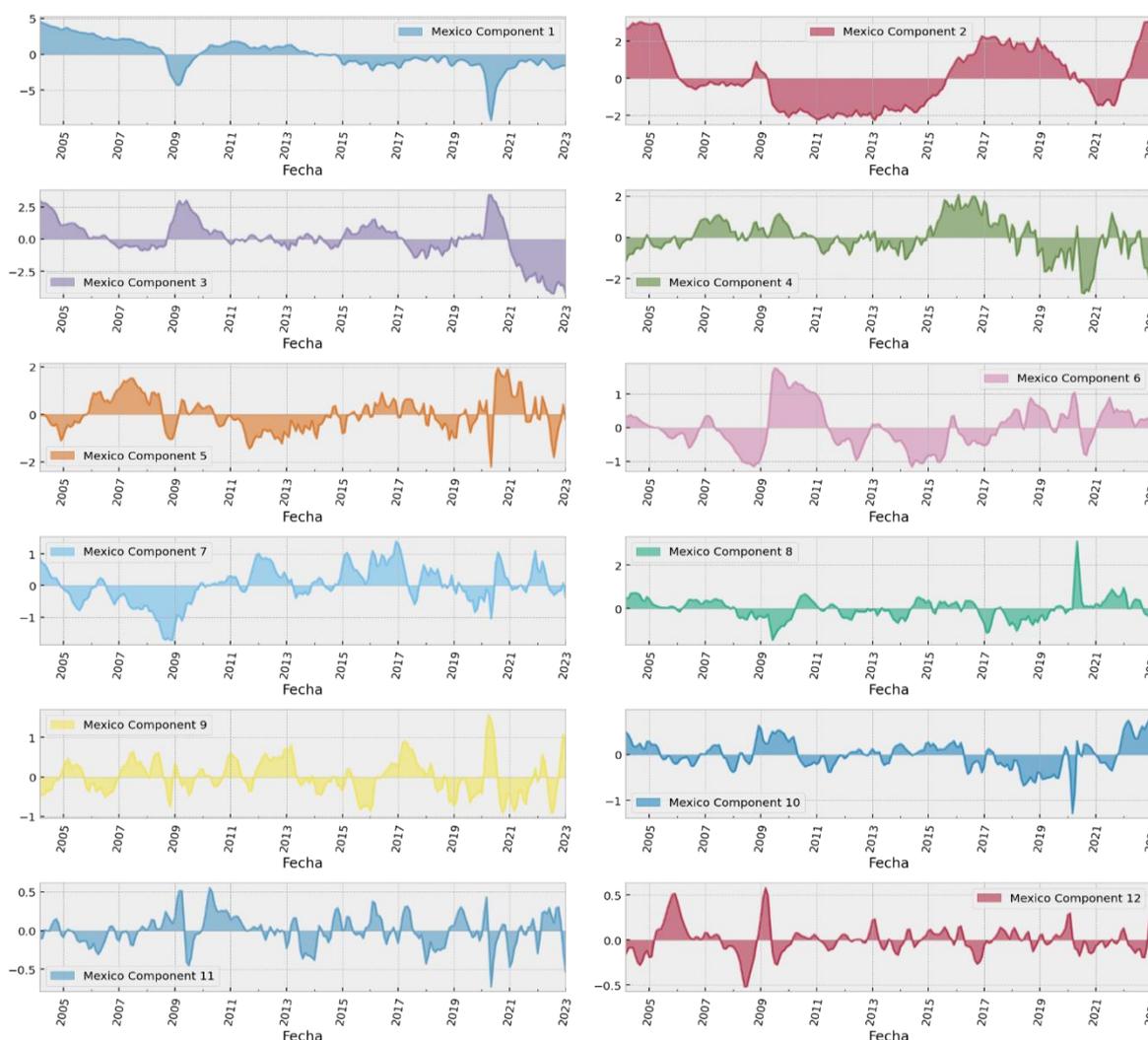
Nota: Elaborado por los autores con datos de la Reserva Federal de *San Louis* y *Trading Economics*, *Python*.

Respecto a la extracción de los componentes principales, la tabla 4 indica los resultados de las combinaciones lineales y su contribución individual como a la varianza agregada. Por su parte, los resultados de las aportaciones a los niveles de varianza en las combinaciones lineales aparecen en la figura 3, mientras que la figura 4 es la representación de los ciclos económicos mediante las combinaciones lineales de las variables. Con el

conjunto de entrada de información, el componente dos parece ser la mejor representación del ciclo económico mexicano.

**Figura 4**

*Sistema de componentes principales de los ciclos de México*



*Nota:* Elaboración de los autores con datos de la Reserva Federal de *San Louis* y *Trading Economics*, Python.

Note que los componentes que caracterizan las mejores propiedades cíclicas acorde a la realidad económica son los componentes 2 y 3. Si ambas series son graficadas, puede percibirse que son casi el espejo entre ellas: una representa el comportamiento cíclico mientras el componente 3 parece captura el comportamiento contra cíclico de la combinación lineal de todas las series modeladas. Someteremos la viabilidad de emplear este indicador de seguimiento de actividad agregada basados en este indicador de combinaciones lineales en futuras líneas de investigación.

## **Conclusiones**

La presente investigación identificó las variables con oscilaciones más estables y adelantadas de la economía mexicana, siendo la tasa de interés, los préstamos al sector privado y el índice bursátil de las series más destacadas y uniformes. Además, logró desarrollar un modelo de ciclos que captura la dinámica uniforme y estable mediante la extracción de los componentes principales y su representación en combinaciones lineales. De manera adicional, el modelo abordó la relación del ciclo económico con diversas variables financieras y monetarias, partiendo de la teoría económica apoyado de las combinaciones lineales del PCA.

La reconstrucción más estable de los ciclos se observa en las combinaciones lineales de los componentes dos y tres. Un hallazgo significativo del modelado econométrico es que las fuentes de inestabilidad en el sistema completo de las variables estudiadas disminuyen al extraer los primeros componentes principales: al limitarse a estos, se reduce el ruido de las combinaciones lineales, generando una estructura cíclica generalizada más sólida y estable. Este resultado puede interpretarse como el ciclo económico agregado, representando la principal contribución de la investigación.

Alineado con la teoría económica, los resultados de la sincronización proponen que las variables con oscilaciones más estables podrían desempeñar un papel impulsor en la conducción del ciclo económico. Aunque las pruebas de estacionariedad arrojan resultados heterogéneos, no se puede afirmar completamente que los ciclos sean procesos estacionarios con reversión a la media, ya que existe la posibilidad de que las series aún en ciclos tengan un cierto nivel de memoria. Dejamos pendiente como futura línea de investigación la incorporación de estas propuestas de modelado al caso de la economía mexicana.

Finalmente, nuestra investigación aporta una estructura lógica y práctica al análisis de las series estudiadas mediante las técnicas empleadas. Se logró esto al incorporar conceptos fundamentales de ciclos económicos, asociación de niveles y memoria de variables. La metodología se secuenció con el propósito de vincular movimientos y oscilaciones más uniformes, aislando el ruido y ordenando las fluctuaciones. Este enfoque puede ser una herramienta valiosa en la toma de decisiones de política económica y monetaria, contribuyendo al estudio de las fuentes de inestabilidad en las variables económicas.

## Referencias

- Agénor, P-R., McDermott, J. C. y Prasad, E. S. (2000). Macroeconomic fluctuations in developing countries: some stylized facts (English). *The World Bank Economic Review*, 14(2), 251-285.
- Alper, C. E. (2002). Business cycles, excess volatility and capital flows: evidence from México and Turkey. *Emerging Markets Finance & Trade*, 38 (4), 25 - 58. <http://www.jstor.org/stable/27750300>
- Calderón, C., García, R. y Cruz, S. (2017). Sincronización comercial e industrial en el TLCAN, un estudio de sincronización de fase. *Economía: teoría y práctica*, 46, 5-40.
- Calderón Villarreal, C. (2012). Crisis y ciclos económicos de México de 1896 al 2010: un análisis espectral. *Argumentos (México, D.F.)*, 25(70), 105-128.
- Cantú Esquivel, J., Ríos Bolívar, H., & Jiménez Preciado, A. (2022). Causalidad y acoplamiento cíclico entre variables macroeconómicas en la conformación de crisis financieras. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, 18(1), e669. doi: <https://doi.org/10.21919/remef.v18i1.669>
- Claessens, S., Kose, A. & Terrones, M. (2011). Financial Cycles: What? How? When? *NBER International Seminar on Macroeconomics*, 7, 303 - 344.
- Claessens, S., Kose, A., & Terrones, M. (2011). How Do Business and Financial Cycles Interact? *IMF Working Paper*. 11-88, 1-54.
- Dickey, D., & Fuller, W. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- García-Ruiz, R. S. (2014). No linealidad en los mercados financieros. [Tesis Doctoral]: Instituto Politécnico Nacional.
- Grinderslev, O. J., Kramp, P. L., Krongborg, A. F., y Pedersen, J. (2017). Financial cycles: what are they and what do they look like in denmark?. *Danmarks Nationalbank Working Papers*, 115, pp.1-53.
- Keynes, J. M. (1936). The supply of gold. *The Economic Journal*, 46(183), 412-418.

- Kindleberger, C., & Aliber, R. (2005). *Manias, panics and crashes. A History of Financial Crises* (Tercera ed.). New Jersey: Wiley.
- Minsky, H. (1977). *A Theory of Systemic Fragility*. En: Altman, E.D. and Sametz, A.W., Eds., Chapter 6: *Financial Crises: Institutions and Markets in a Fragile Environment*, John Wiley and Sons, New York, NY, 138-152.
- Minsky, H. (1986). *Stabilizing an Unstable Economy* (Primera ed.). Yale University Press.
- Mishra, Sidharth & Sarkar, Uttam & Taraphder, Subhash & Datta, Sanjoy & Swain, Devi & Saikhom, Reshma & Panda, Sasmita & Laishram, Menalsh. (2017). *Principal Component Analysis*. *International Journal of Livestock Research*. 1. 10.5455/ijlr.20170415115235
- Razo De Anda, J. O., Cruz-Aké, S., Venegas-Martínez, F., López-Herrera, F. (2018). *An Economic and Financial Turbulence Index: The Mexican Case 1996-2017*. *Journal of Applied Economic Sciences*, Volume XIII, Summer, 4(58): 871 - 887.
- Phillips, P., Perron, P. (1988). *Testing for a Unit Root in Time Series Regression*. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Xiao, Z., y L. R. Lima (2007). "Testing Covariance Stationarity". *Econometric Reviews*. vol. 26, núm. 6, pp. 643-667.
- Vergara González, R., Mejía Reyes, P. y Díaz Carreño, M. (2021). *Ciclos económicos y variables monetarias y financieras en México, 1980-2019: un enfoque de cambio estructural*. *Ensayos. Revista de economía*, 40(2), 137-158. Epub 21 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.29105/ensayos40.2-2>
- Villarreal, C. y Hernández, L. (2016). *Economic integration, economic crises and economic cycles in México*. *Contaduría y Administración* (62), 85-104.