

Causalidad y acoplamiento cíclico entre variables macroeconómicas en la conformación de crisis financieras

Josué Alan Cantú Esquivel - Instituto Politécnico Nacional, México

Humberto Ríos Bolívar - Instituto Politécnico Nacional, México

Ana Lorena Jiménez Preciado¹ - Instituto Politécnico Nacional, México

Resumen

Objetivo: analizar los componentes cíclicos entre variables económicas cuyos acoplamientos instauraron los mecanismos de propagación y causalidad en la formación del ciclo económico de la economía estadounidense. Método: se utiliza la técnica de sincronización de fase en series de tiempo para los componentes cíclicos de las variables sumada a un análisis de causalidad con un modelo VAR (Vectores Autorregresivos). Resultados: se encuentran los mecanismos de propagación entre variables mediante la secuenciación de los ciclos, reflejando los impactos de las decisiones de política monetaria en la economía agregada, transmitiendo inconscientemente ineficiencias en el desempeño y comportamiento de variables financieras y macroeconómicas. Recomendaciones: implementar análisis de componentes principales para capturar mejor los mecanismos de transmisión de política monetaria. Limitaciones e implicaciones: la dinámica de ajuste cíclico no es del todo pertinente para ser modelada en sistemas lineales. Principal contribución: se expone evidencia de una fuerte relación en subsistemas cíclicos de variables y la dinámica de transmisión y causalidad cíclica, revelando la generación de periodos de crisis económicas y financieras debidos a las decisiones de política monetaria.

Clasificación JEL: E32, E37, E5, E52.

Palabras clave: ciclo económico, crisis económica, crisis financiera, causalidad entre variables, sincronización de fase.

Causality and cyclical coupling between macroeconomic variables in the formation of financial crises

Abstract

Objective: This work analyzes the cyclical synchronization among macroeconomic time series, whose phase couplings incidentally established the mechanisms of propagation and causality in cyclical oscillations of the variables and implicitly fostered periods of the economic and financial crisis in the American economy. Method: we use cyclical phase synchronization in time series in addition to Granger causality tests of VAR (Vector Auto-Regressive). Results: this research explains the mechanisms by which monetary policy decisions are reflected in the movements of macroeconomic variables and how its effects transmit inefficiencies in the performance and behavior of aggregate financial and macroeconomic variables, originating the "boom and bust" process in the US economy. Recommendations: strengthen the analysis through causal nested relationships in time series to capture the transmission mechanisms of monetary policy. Limitations and implications: the dynamic adjustment is not pertinent for lineal systems. Main contribution: there is a strong relationship between cyclical subsystems of variables and the dynamics of transmission and cyclical causality is time variant, highlighting the beginning of economic-financial cycles.

JEL Classification: E32, E37, E5, E52.

Keywords: economic cycles, economics crisis, financial crisis, variables causality, phase synchronization.

¹ Autor de correspondencia. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional. E-mail: ajimenezp@ipn.mx

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación

1. Introducción

El ciclo económico es un fenómeno caracterizado por oscilaciones periódicas en las tasas de crecimiento de la producción, el empleo y demás variables macroeconómicas que dan origen a etapas expansivas y recesivas en la economía de manera agregada, ello es representado por las fases de expansión, auge, recesión y depresión inherentes a las oscilaciones de los principales indicadores de una economía, principalmente del PIB, aunque también es posible hallar dichas oscilaciones en variables menos agregadas. Heath (2012) explica que es plausible concebir a este fenómeno como el reflejo de la situación económica de un país ligada a sus principales agregados macroeconómicos acorde la etapa por la que se atraviese. La definición de este fenómeno parecería sugerir que las fases económicas siguen una pauta regular y predecible, pero como detallan Mendieta y Sündal (2020) estas fluctuaciones no experimentan variaciones del todo habituales debido a los elevados niveles de volatilidad de las series económicas y financieras, por lo cual los ciclos resultan ser prácticamente imposibles de predecir con precisión.

Con en el desarrollo del ciclo económico, secuencialmente se desatan fases de crisis económicas y períodos recesivos. Cagliarini & Price (2017) explican que estas etapas constituyen lapsos de elevado estrés financiero y disminuciones en los niveles agregados de producción y consumo de bienes y servicios, lo que puede repercutir en la forma y composición de futuras oscilaciones. Al respecto, investigaciones como las de Claessens, Kose y Terrones (2011) señalan que el trato que se le proporcione a la dinámica económica con la implementación de políticas “pro” o “contra” cíclicas durante las fases recesivas puede llegar a tener considerables repercusiones que alteren al posterior comportamiento oscilatorio de variables macroeconómicas y financieras, ello en función de los acoplamientos y los efectos de causalidad entre variables, sumado a sus posibles repercusiones en la evolución y duración de los ciclos que estas puedan experimentar como resultado de los derrames de volatilidad entre series y sus eventuales repercusiones y efectos de contagio al resto de variables de la economía real.

Con ello, merecen plantearse las siguientes preguntas: ¿Existen oscilaciones entre las variables que actúan como conductores del ciclo económico agregado?, ¿los componentes cíclicos de las variables pueden ser indicadores de causalidad previa a la aparición de periodos de crisis? y ¿las crisis económicas alteran la posterior composición cíclica de variables económicas?

Con estas interrogantes, la hipótesis de la investigación es: sí existe acoplamiento y secuenciación cíclica entre variables macroeconómicas y financieras, entonces se pueden hallar esquemas de causalidad entre las series para la explicación de fases recesivas y crisis económicas. Esto se logra con el análisis de los componentes cíclicos en el sistema de información.

Alineado con la hipótesis, el objetivo principal de la investigación es analizar los acoplamientos cíclicos y la causalidad entre variables de la economía estadounidense en la dirección del ciclo económico agregado. Esto se logra con la construcción de un modelo basado en el componente cíclico de las variables con la intención de detectar cuál es la variable maestra en la generación de los movimientos oscilatorios en las fases cíclicas y motive a las oscilaciones del resto.

La principal motivación del trabajo es ofrecer evidencia sobre como la conducción del ciclo económico agregado se origina con una variable maestra y como se transmite su interacción con el

resto de las variables con un nivel de rezago. Esto se logra con el empleo de dos herramientas complementarias: la sincronización de fase en series de tiempo y el empleo de medidas de causalidad en un modelo VAR. Esto con la finalidad de evidenciar canales y dinámicas de transmisión cíclica entre variables sin emplear los rígidos supuestos que el modelado econométrico tradicional implica, sino implementarlo de una manera más realista en las variables con la información que aporta su forma cíclica, amparada con medidas de causalidad entre series de tiempo.

La investigación se efectúa con la técnica de sincronización de fase en series de tiempo, por su ventaja de que ofrece un análisis más detallado de los componentes cíclicos que permite el mejor uso de la información y propiedades de las series mediante un apropiado nivel de depuración. Estos resultados se complementan con un análisis de causalidad en el sentido de Granger entre variables mediante un modelo VAR para robustecer los resultados de la secuenciación cíclica y apoyar interpretaciones económicas.

La economía para estudiar es la de Estados Unidos en el periodo de 1986 a 2020, pues en este lapso se presentaron dos crisis económicas y financieras debidas a la toma de decisiones de la banca central en el control de precios y su eventual conformación en burbujas y crisis económico-financieras: los casos *Dotcom* y *Subprime*, además de la situación crítica que experimentó la economía mundial por la aparición de la pandemia del *Covid-19*.

El presente documento se organiza de la siguiente manera: la sección primera es la introducción. En la sección segunda se abarcan algunas investigaciones que comparten nuestra visión sobre el origen de los ciclos y crisis económicas. En la tercera se presentan los fundamentos teóricos que amparan la investigación, donde se ligan algunas teorías del pensamiento económico respecto a los mecanismos de transmisión cíclica y causalidad teórica entre variables, ello con la intención de dotar de mayor soporte a la hipótesis de partida de causalidad y sincronización cíclica en series de tiempo. Por su parte, la cuarta sección expone las herramientas a emplear para el caso de estudio: la técnica de sincronización de fase en series de tiempo y las medidas de causalidad entre variables. La sección quinta presenta los resultados obtenidos tras la aplicación de las técnicas con los datos analizados y finalmente se presentan las conclusiones de los resultados del modelo y contrastación con la evidencia empírica del período de estudio.

2. Revisión de literatura

Investigaciones sobre la temática de crisis y ciclos económicos han sido diversas respecto al origen de las fases y los causantes de las oscilaciones. Por mencionar algunos trabajos al respecto destacan el de BIS (2004) pues explica que las directrices de política económica usualmente han sido implementadas con la finalidad de conducir a las economías hacia escenarios de pleno empleo, estabilidad en niveles de precios, sostenibilidad de expectativas empresariales y esquemas de crecimiento económico continuo. Bielecki (2017) retoma que estas medidas son acordes a la etapa cíclica (particularmente la fase expansiva) por la que atraviese la economía en forma agregada. Sin embargo, como detalla Kindleberger (2005) es que, con la finalidad de procurar estos esquemas en el andamiaje económico, incidentalmente se cristalizan esquemas de fragilidad macroeconómica por la evolución de las variables.

La explicación de este proceso fue desarrollada a mayor profundidad en la obra de Minsky (1986), en la cual advierte que la búsqueda de fases expansivas han plasmado contextos de elevada liquidez dentro de los mercados financiero y monetario, generando implícitamente olas de especulación financiera y llevando a situaciones de alta inestabilidad económica precedidas por crecimientos acelerados en indicadores bursátiles como resultado de la exacerbación de expectativas sobre el futuro de la economía, sumada al apoyo de la política económica en su búsqueda de mantener etapas expansivas. En palabras del autor: *“La estabilización económica tiende a ser desestabilizadora”*.

La tesis de Minsky ha sido desarrollada y expandida en más trabajos, como en el de Gerlach y Smets (1995) que cuestiona los efectos de la conducción de la política monetaria previo a las turbulencias del mercado cambiario europeo de 1992 a 1993. Su investigación plantea la conexión (y posible causalidad) de la política monetaria con ataques especulativos en los tipos de cambio. El trabajo explica que estos ataques son originados por las expectativas de los agentes respecto a la política económica de las autoridades. Davidson (1996) retoma el tema y expone que las decisiones macroeconómicas tienden a propiciar ataques de especulación y búsquedas de arbitraje en los tipos de cambio y en las tasas de interés.

Con esto en consideración, la implementación de política económica repercute con serios efectos según la fase del ciclo económico en que es efectuada: las medidas de expansión han fomentado a procesos detonadores de crisis económicas y períodos recesivos. Borio y Lowe (2002) apoyan la idea de que las crisis han sido el resultado inconsciente de la implementación de la política económica en su búsqueda de perdurar de fases de expansivas. En investigaciones posteriores, Borio y Zhu (2008) explican que la aparición de crisis puede llegar a tener repercusiones que alteran a los acoplamientos y formaciones de oscilaciones cíclicas posteriores, esto por los mecanismos de transmisión de política monetaria y sus efectos finales en la economía agregada.

Según Rodríguez (2013), una característica común previa a la entrada de fases recesivas en los ciclos económicos ha sido que cercano al fin de las fases expansivas, las decisiones de la banca central respecto al control de precios sean orientadas hacia incrementos en las tasas de interés, buscando controlar la masa monetaria circulante, sumado a tratar de disminuir la aprobación de préstamos. Estas medidas afectan a la emisión como a la concesión de crédito para las familias y empresas, disminuyendo los niveles de producción y demanda agregada por recortes de personal.

Con el esquema de incrementos en los niveles de interés, los agentes económicos pueden llegar a convertirse en deudores, llegando a incumplir con el pago de sus préstamos, por lo cual los bancos ajustan sus perfiles de riesgo y limitan aún más el otorgamiento de crédito y lo encarecen. Razo (2019) detalla que esta dinámica provoca una posterior caída del PIB aun más profunda, además de que los niveles de capitalización de los bancos se ven gravemente afectados por los créditos incobrables surgidos por el incremento de las tasas de interés, sumado a que muchas empresas se encuentran en escenarios de alta vulnerabilidad financiera o incluso en bancarota. Todo esto daña gravemente a los niveles de confianza empresariales, de los consumidores y productores, provocando que los niveles de inversión y consumo se contraigan incluso aún más; empeorando la situación.

Finalmente, en la etapa crítica de los periodos de contracción económica, los bancos centrales se ven en la necesidad de intervenir con reducciones en los niveles de interés y facilitación cuantitativa de dinero para bancos y empresas que experimenten problemas de liquidez, sumado a medidas de apoyo fiscal contra cíclicas por parte de los gobiernos que estimulen el gasto público e inyecten dinamismo a la economía con la reducción de impuestos y la reactivación del consumo. Tras la finalización de esta etapa es que aparecen nuevos periodos expansivos, repitiéndose el metabolismo económico descrito. Bielecki (2017) menciona que el resultado de esta dinámica permite que surja un amplio espacio para intervenciones de políticas que mejoren el bienestar de los agentes.

Todas estas investigaciones exponen con pluralidad de ideas la interacción entre la política monetaria, los ciclos económicos y el desarrollo de las etapas de expansión y depresión en la economía agregada. Esto es importante, pues conocer el funcionamiento de esta dinámica permite formular la hipótesis de la investigación, además de que facilita entender potenciales canales de causalidad entre variables y prepararse para la toma de decisiones en materia de inversión, consumo y oferta de crédito en la economía, según la fase por la que se atraviese.

3. Teorías económicas sobre los ciclos y crisis económicas

Existe una amplia gama de trabajos en lo referente al desarrollo y formación de los ciclos económicos y su eventual evolución en fases de crisis en los campos de estudio de la teoría económica. El enfoque de este trabajo le presta principal atención a la explicación por parte de las teorías de corte heterodoxo, ello al considerar la interacción del sistema financiero y monetario en el desarrollo del metabolismo económico y su fuerte papel como ente que dirige las oscilaciones.

Arthur (2013) señala que una explicación popular en la ciencia económica sobre el origen de los ciclos económicos es que estos son causados por choques monetarios, los cuales darían indicios a considerar la no neutralidad del dinero en el aparato económico, contrario a la visión neoclásica. El autor señala que estos tópicos han sido temas de debate con relación a la explicación de fluctuaciones económicas de corto y largo plazo, particularmente entre las corrientes neo-keynesianas y neoclásicas en lo referente a los temas de salarios y precios flexibles con ajustes instantáneos en los mercados. El espíritu del debate se distingue por los siguientes detalles:

Los neo keynesianos consideran que los modelos de equilibrio no son capaces de explicar las fluctuaciones en la economía, además de abandonar el supuesto de que los mercados se ajustan perfectamente y emplear modelos con "*precios pegajosos*", por lo cual, el ajuste de precios en las economías es escalonado, lo que lleva a ajustes lentos en la tasa de interés. Además, los neo keynesianos descartan las decisiones intertemporales de trabajo y ocio como determinantes del desempleo, sino que plantean que este es originado por las imperfecciones de los mercados en adición de contemplar a la demanda agregada como principal determinante de la fase por la cual atraviese la economía.

Por su parte, la visión neoclásica con la teoría del ciclo económico real explica que el origen de las fluctuaciones es originado por choques en las variables reales: alteraciones en los niveles de producto agregado tendrán repercusiones directas en los niveles de utilidad de los agentes, y con ello de los niveles de utilidad esperada, por lo cual, ante estos escenarios los gobiernos deberán

diseñar políticas estructurales de largo plazo y evitar el empleo de políticas fiscales y monetarias para el suavizamiento de las fases del corto, pues no hacen más que entorpecer la dinámica de las fases evolutivas.

En adición, otra fuente de choques para los teóricos del ciclo económico real es originada por cambios y avances tecnológicos, pues conciben que ello lleva a mejoras en los niveles de producción y demanda de bienes y servicios dada una tasa de interés, lo cual llevará a cambios en los niveles de consumo, empleo, producción y eventualmente a nuevos niveles de interés, llevando a la nueva composición de decisiones intertemporales de trabajo por parte de los agentes². Por ello, esta teoría excluye las fluctuaciones derivadas de todo tipo de variable nominal; es decir, concibe que los ciclos económicos reflejan el funcionamiento eficiente de la estructura económica.

Pese a las explicaciones del origen de los movimientos, en estas teorías no se menciona específicamente a que tipo de ciclo económico se refieren (de corta o larga duración), pues ambas corrientes se limitan a mencionar de manera indistinta a los ciclos como procesos oscilantes. Como tal, no existe una duración estricta para cada fase ni para un ciclo en su conformación, pero los resultados de investigaciones con información de corto y largo plazo han permitido estimar duraciones promedio para estos fenómenos.

En adición, investigaciones como las de Kose *et al* (2003) señala que a los ciclos económicos se les puede clasificar en función de su periodicidad y frecuencia, señalando diferentes tipos de ciclos según su duración:

- 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 Konratieff: Presentan oscilaciones alrededor de cuarenta y ocho a sesenta años.

Con el desarrollo de la teoría económica, se derivaron otras teorías en las cuales concebían a la inestabilidad del sistema económico como parte inherente de su desarrollo; sin la necesidad de apariciones de choques inesperados que alejan a las variables de su senda de equilibrio. Es decir, las oscilaciones y perturbaciones son patrones recurrentes en la evolución de las economías. Un buen ejemplo de ello es con la teoría de la fragilidad financiera y la teoría del equilibrio de Hayek.

Minsky (1986) atribuyó la conformación de los ciclos económicos a la salud y funcionamiento del sistema financiero, principalmente a la conformación de las etapas recesivas del mismo. Cuando los gobiernos, las empresas o los hogares son alentados a solicitar elevados niveles de endeudamiento por las expectativas positivas del dinamismo económico pero que paulatinamente serán frenados por el enfriamiento de la economía, los agentes y la economía agregada se encontrarán en fases de crisis. A este fenómeno se le denomina 'momento Minsky' (*'a Minsky moment'*). El autor articuló una serie de ideas en una teoría que ligaba a la fragilidad potencial de los mercados financieros, con las oscilaciones cíclicas de la economía en coordinación con la formación de burbujas especulativas del mercado financiero. Ello se detalla de la siguiente

² Para más detalles, vease Robert J. Barro, *Macroeconomics*, 4th ed., New York, Wiley, 1993.

manera: en etapas de expansión económica, a los agentes económicos les será más atractivo endeudarse (inclusivo por encima de su capacidad de pago actual) por sus expectativas positivas del futuro dinamismo y expansión de la economía. Estos niveles excesivos de deuda provocarán que, con incrementos en los niveles de interés, un gran número de agentes dejen de pagar, se congele el esquema de créditos, se caiga en una crisis financiera y se detone una recesión.

Por su parte, en la teoría de ciclo económico de Hayek (1933) el autor postula que, en una economía de mercado, las fluctuaciones en las condiciones de la oferta y la demanda implican cambios que no solo afectan a los precios y las cantidades del momento, sino también a los precios relativos futuros del resto de los bienes. De ser así, el sistema de precios será apto de coordinar la actividad económica, en los mercados donde los precios sean flexibles, pero durante el desarrollo de las fases recesivas este sistema perderá su orden y equilibrio por las variaciones que emplee la banca central en la tasa de interés. Con esto, Hayek postula que durante la fase de crisis tiende a generarse una sobreproducción de bienes de capital que desestabiliza al sistema de precios relativos.

La principal contribución de Hayek consistió en exponer que la desviación de la tasa de interés de mercado respecto de la natural es la causa del ciclo económico inherente a las desestabilizaciones de capital, logrando empeorar las fases de crisis. Desde este sentido, la mejor política radica en dejar que las cosas se arreglen o regulen por sí solas (algo que resulta muy difícil de alcanzar ya que en las autoridades monetarias y los gobiernos prevalece la tentación de intervenir). Cualquier intento de incitar artificialmente en la economía mediante inyecciones de dinero (mediante políticas keynesianas de incrementos en el gasto público) solamente deprimirá aún más a la tasa de interés de mercado, distorsionando en mayor escala a la estructura de la cadena productiva y acentuando la crisis.

Con base a lo explicado al respecto de las etapas que dan forma y secuencia al ciclo económico, puede contemplarse a la fase de auge como la más peligrosa de las que componen a las etapas oscilatorias, ya que en la etapa final de ella se presenta el punto máximo de inflexión de crecimiento económico y en donde usualmente los agentes toman decisiones económicas y financieras considerando la perpetuidad de las fases de desarrollo positivo de la economía. Acompañado del desarrollo de este proceso, Cantú (2018) señala que es habitual observar episodios de altos niveles de inversión, gastos excesivos de los agentes y sobre endeudamiento como común denominador que conducen el desarrollo de las fases expansivas hacia su declive por burbujas especulativas. El autor puntualiza que, durante el desarrollo de esta etapa, los agentes deben de ser cautelosos en la solicitud de préstamos, pues la euforia de la economía conjugada con "*los espíritus animales*" ligadas a las expectativas de los agentes pueden ser disparadores de grandes revueltas en crisis económicas y fases depresivas si quienes solicitan los préstamos llegarán a perder su empleo en el desarrollo de la fase posterior. En adición a lo explicado, Calderón (2012) señala que las firmas deben de prepararse al incrementar su liquidez y reservas de efectivo, así como limitar los proyectos de inversión y dirigirse a activos menos riesgosos.

Las teorías económicas correspondientes a cada época explican que los detonadores de las recesiones han sido conformados por una mezcla de eventos y niveles de desarrollo económico inherentes a las fases de los ciclos por los cuales atraviese la economía. En suma, el desarrollo de las decisiones de política económica de los planificadores centrales ha estado en función a las teorías del momento como posibles soluciones a las problemáticas que se enfrentaban según su nivel de

desarrollo tecnológico dentro del sistema económico y modo de producción de la época. Explicado el circuito de causalidad económica entre variables, el siguiente apartado detalla las herramientas para la comprobación de la hipótesis de partida.

4. Metodología

4.1 Sincronización de fase

Pese a los avances de la Econometría en investigaciones aplicadas, en los campos de Economía y Finanzas se ha desarrollado una fuerte tendencia hacia casos de estudio que contemplan el análisis de fenómenos desde perspectivas no lineales, ello debido principalmente a que en el comportamiento de los mercados financieros, la distribución de probabilidad inherente a la evolución de las variables aleatorias no es constante en el tiempo y usualmente experimenta algún grado de memoria, además de que en variables de naturaleza financiera es usual encontrar significativos cambios estructurales dentro de la dinámica de las series.

Con ello, el estudio de la relación entre sistemas de series de tiempo acopladas ha cobrado interés en diversos campos e investigaciones, como en la de Liu (2004) donde mide el grado de sincronización entre series y señala que los acoplamientos entre variables pueden ser exactos, semi exactos e incluso diferentes (contra cíclicos), o en el trabajo de Baxter & King, (1999) en el cual ofrecen un abanico de técnicas para el cálculo y análisis del componente cíclico de series de tiempo sin perjudicar tanto a la información de las variables con diferenciaciones o cambios de escala de medida, pues ello ocasiona la pérdida de información relevante que puede dotar de señales importantes del caso de estudio durante el cálculo de las oscilaciones. Sus investigaciones se hacen con el ánimo de exponer las bondades en el estudio de las propiedades cíclicas en lugar del empleo de las técnicas convencionales de series de tiempo.

En el artículo de Calderón, García, & Cruz (2017) señalan que el estudio de sincronización de fase se emplea en el análisis de sistemas complejos, en el que fenómenos aparentemente independientes y que manifiestan comportamientos erráticos o aleatorios, puede que en su interacción conjunta de alguna manera lleguen a relacionarse con las oscilaciones entre las variables e inclusive llegar a estabilizar su dinámica y movimientos de largo plazo entre ellas, pese a ser fenómenos aparentemente aislados o independientes un principio.

El estudio de la sincronización de fase fue desarrollado por Christian Huygens en 1665, del cual se derivó la teoría de osciladores acoplados, la cual ha sido popularmente abordada a través de técnicas como ecuaciones diferenciales y sincronizaciones de frecuencia en series de tiempo. Una de las ventajas de la técnica de sincronización de fase es que, por su metodología, esta es capaz de captar las oscilaciones cíclicas de corto y largo plazo de las series de tiempo mediante el cálculo de la amplitud y frecuencia de las variables que conforman sus ciclos dadas las propiedades emergentes de los sistemas.

Un factor para considerar con el empleo de esta técnica es que la amplitud del ciclo puede configurarse de manera irregular: no tiene que durar lo mismo en todas las oscilaciones que forma la variable, pues habitualmente se constituye una menor duración en la conformación de los ciclos

en función de los lapsos de elevada volatilidad, pues esta genera el aumento del número de formaciones de pequeñas oscilaciones sobre una media.

De igual modo, una ventaja de esta técnica es que no plantea supuestos sobre las funciones de distribución de las variables, sino que busca analizar la naturaleza de sus oscilaciones y trata de hallar patrones y caracterizaciones en la naturaleza de su comportamiento similares entre ellas, sin la necesidad de hacer transformaciones de variables y supuestos sobre las funciones de distribución.

Esta última propiedad es posible lograr mediante el empleo de los siguientes pasos:

1. Se normalizan las series de tal forma que se ponderan sobre el máximo de cada una de ellas en el intervalo temporal analizado (igual y de misma longitud para todas).
2. Se emplea un filtro que depure las perturbaciones de corto plazo de las series de tiempo y únicamente deje los componentes de tendencia y ciclo de cada serie. En nivel del filtrado dependerá del caso de estudio si es que se desean analizar ciclos de corto o de largo plazo.

Para realizar el suavizado se emplea la función:

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

Donde:

X_t : Serie Suavizada.

ε : Nivel del suavizado.

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

X: Variable a Suavizar.

Nótese que el suavizado de las series oscila entre valores de (0-1), indicando que con valores próximos a cero se dejarán las oscilaciones de corto plazo de las series, es decir su componente de perturbación cíclica. Por otro lado, valores próximos a 1 se eliminarán la mayor parte de las oscilaciones de corto plazo, dejando sólo los ciclos de largo plazo.

3. De los resultados del paso anterior, se discriminan los ciclos originados de perturbaciones estocásticas espontáneas, es decir, los ciclos de corta duración no se consideran en el análisis pues la finalidad del estudio radica en enfocarse en los ciclos de mayor duración o de largo plazo para encontrar trayectorias comunes en las variables. Ello posibilita el cálculo de la duración promedio de los ciclos en función del número de veces que la derivada numérica de la serie suavizada cambie dos veces de signo.
4. Se calcula el diferencial de fases entre los ciclos de las variables: primero se identifica cual es la variable que se adelanta en la conformación de ciclos y su nivel de adelanto en meses respecto al resto de variables.
5. Si las variables experimentan cierto nivel de acople entre sus ciclos, existirá evidencia de que las señales de estas están acopladas, aunque puede que con un nivel de desfase.

6. Respecto al desarrollo de esta metodología, se siguen los pasos en el cálculo de la amplitud, duración y frecuencia promedio de los ciclos que detalla García (2014) en los cuales señala que en el fenómeno de sincronización en series de tiempo se deben destacar los componentes de la sincronía en un conjunto de variables, así como las características de las señales que de éstas se pueden detectar. En su trabajo se parte desde el número de periodos promedio de un sistema dinámico, el cual la autora detalla que puede quedar definido como:

$$\langle T \rangle = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} T_k = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} (t_k - t_{k-1}) = \frac{t_N}{N} \quad (2)$$

Donde:

$\langle T \rangle$: Valor promedio de los periodos.

t_N : Tiempo total transcurrido.

N : Número de periodos.

Por su parte, la frecuencia cíclica se mide como el inverso del período, es decir, $f = \frac{1}{T}$ y la frecuencia angular por $\langle w \rangle = \frac{2\pi}{\langle T \rangle}$. El estudio de estas propiedades es para hallar características comunes en las oscilaciones de las variables

Como se detalló en el estado del arte, existen distintos tipos de ciclos económicos según su duración, por lo cual no sería extraño encontrar oscilaciones de distinta duración y recurrencia en el desempeño de las variables. Ligado al análisis de composición y dirección de los ciclos, la investigación enriquece el tema de sincronización con medidas de causalidad, ello en aras de dar más solidez a la explicación de la relación entre variables y tratar de caracterizar las interacciones simultáneas en el grupo de variables estudiadas.

4.2 Estructura de causalidad entre variables

Para tener una idea más clara del análisis de causalidad y acoplamiento de los ciclos de las variables, la investigación recurre a medidas de causalidad. El análisis de vectores autorregresivos (VAR) es muy útil cuando existe evidencia de simultaneidad entre variables y que sus relaciones se transmiten a lo largo de determinado número de períodos. Trujillo, (2010) explica la construcción de modelos con vectores autorregresivos mediante ecuaciones simultaneas explicadas por sus propios rezagos de la manera siguiente: suponga un modelo de ecuaciones simultaneas estructurales dinámico. Así mismo, considere que las perturbaciones de cada variable ϵ no son independientes ni correlacionadas.

$$\begin{aligned} y_t &= \alpha_{y0} + \alpha_{y1}x_t + \alpha_{y2}y_{t-1} + \alpha_{y3}x_{t-1} + \epsilon_y \\ x_t &= \alpha_{x0} + \alpha_{x1}y_t + \alpha_{x2}y_{t-1} + \alpha_{x3}x_{t-1} + \epsilon_x \end{aligned} \quad (3)$$

Luego, reduciendo el sistema de ecuaciones, se procede a realizar una transformación con la forma:

$$\begin{aligned} y_t - \alpha_{y,1}x_t &= \alpha_{y,0} + \alpha_{y,2}y_{t-1} + \alpha_{y,3}x_{t-1} + \epsilon_y \\ \alpha_{x,1}y_t - x_t &= \alpha_{x,0} + \alpha_{x,2}y_{t-1} + \alpha_{x,3}x_{t-1} + \epsilon_x \end{aligned} \quad (4)$$

De esta manera, la expresión matricial podría quedar definida (y simplificada) como:

$$Ay_t = \pi_0 + \pi_1 y_{t-1} + \epsilon \quad (5)$$

Donde:

$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} 1 & -\alpha_{y,1} \\ -\alpha_{x,1} & 1 \end{bmatrix}, \pi_0 = \begin{bmatrix} \alpha_{y,0} \\ \alpha_{x,0} \end{bmatrix}, \pi_1 = \begin{bmatrix} \alpha_{y,2} & \alpha_{y,3} \\ \alpha_{x,2} & \alpha_{x,3} \end{bmatrix}, \epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_y \\ \epsilon_x \end{bmatrix}, y_t = \begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix}, y_{t-1} = \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ x_{t-1} \end{bmatrix}, \\ u_t &= \begin{bmatrix} u_{t,y} \\ u_{t,x} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (6)$$

Para finalizar la transformación, se procede a multiplicar por A^{-1} , con lo cual se obtiene el modelo reducido del Vector Autorregresivo:

$$y_t = A^{-1}\pi_0 + A^{-1}\pi_1 y_{t-1} + A^{-1}\epsilon \Rightarrow y_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

Nótese que, aunque las perturbaciones ϵ están incorrelacionadas, al momento de reducir el modelo dinámico estructural, las nuevas innovaciones u_t , si se encuentran correlacionadas, debido a lo siguiente:

$$u_t = A^{-1}\epsilon \Rightarrow \frac{1}{1 - \alpha_{x,1}\alpha_{y,1}} \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{y,1} \\ \alpha_{x,1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_y \\ \epsilon_x \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \frac{\epsilon_y + \alpha_{y,1}\epsilon_x}{1 - \alpha_{x,1}\alpha_{y,1}} \\ \frac{\alpha_{x,1}\epsilon_y + \epsilon_x}{1 - \alpha_{x,1}\alpha_{y,1}} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Por lo cual, la matriz de varianzas-covarianzas del vector u_t , $u_{t,y}$ quedaría definida por la expresión:

$$Var(u_{t,y}) = E(u_{t,y} - \mu_{u_{t,y}})^2 \quad (9)$$

Considerando que las innovaciones incluidas en el vector ϵ son ruido blanco y la varianza está definida por $E(\epsilon_x^2) = \sigma_{\epsilon_x}^2$, $E(\epsilon_y^2) = \sigma_{\epsilon_y}^2$, entonces, se tiene de forma respectiva que:

$$Var(u_{t,y}) = E \left[\frac{1}{1 - \alpha_{x,1}\alpha_{y,1}} (\epsilon_y + \alpha_{y,1}\epsilon_x) \right]^2 = \left[\frac{1}{1 - \alpha_{x,1}\alpha_{y,1}} \right]^2 [E(\epsilon_y^2) + \alpha_{y,1}^2 E(\epsilon_x^2)] \quad (10)$$

Nótese que el primer elemento de la matriz de varianzas covarianzas del vector u_t se encuentra dado por las varianzas de los elementos del vector ϵ . Considerando lo anterior la matriz de u_t , queda expresada como:

$$\begin{aligned} \Sigma = Var(u_t) &= \begin{bmatrix} \sigma_{uy}^2 & \sigma_{uy,ux} \\ \sigma_{ux,uy} & \sigma_{ux}^2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1 - \alpha_{x,1}\alpha_{y,1} \end{bmatrix}^2 \begin{bmatrix} \sigma_{\epsilon y}^2 + \alpha_{y,1}^2 \sigma_{\epsilon y}^2 & \alpha_{x,1}\sigma_{\epsilon y}^2 + \alpha_{y,1}\sigma_{\epsilon y}^2 \\ \alpha_{x,1}\sigma_{\epsilon y}^2 + \alpha_{y,1}\sigma_{\epsilon y}^2 & \alpha_{x,1}^2 \sigma_{\epsilon y}^2 + \sigma_{\epsilon y}^2 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (11)$$

Para una matriz simétrica definida como positiva, es posible descomponerla en una matriz triangular inferior L y su reciproca matriz triangular superior L' . Considerando que la matriz de varianzas-covarianzas Σ es simétrica y definida positiva, es posible utilizar la descomposición de Cholesky.

La descomposición queda expresada como:

$$\Sigma = LDL' \Rightarrow D = L^{-1}\Sigma L'^{-1} \quad (12)$$

Así mismo, es posible modificar la factorización anterior a manera de que la matriz diagonal D posea valores iguales a 1 en su diagonal principal, considerando, $L = UD^{-\frac{1}{2}}$ y $L' = WD^{-\frac{1}{2}}$ y definiendo de forma conjunta:

$$\Sigma = LDL' \Rightarrow I = L^{-1}\Sigma L'^{-1} \quad (13)$$

Donde I es la matriz identidad. Considerando que $W = U'$, es factible encontrar una relación tal que:

$$u_t = L\epsilon \quad (14)$$

Una vez que la estimación se lleva a cabo, es posible fijar las funciones impulso respuesta de forma indirecta, a través de los shocks exógenos sobre uno de sus elementos del vector ϵ .

En la dinámica de vectores autorregresivos, se plantea la idea que la variable x no causa a la variable y si al añadir valores pasados de x en la formulación explicativa de y , estos rezagos no mejoran la capacidad explicativa del modelo. El contraste de causalidad radica en el análisis de la significancia estadística de pruebas t y F respecto al número de retardos óptimos por parte de la variable explicativa y el poder exógeno de esta en el sistema de causalidad entre variables.

Con ello, la hipótesis nula de las pruebas de causalidad es que la variable x no causa en el sentido de Granger a la variable y , ello en función de la información actual y su pasado (medido mediante el número óptimo de rezagos) de x y de y . Es decir; si el pronóstico y la explicación de la variable y resulta mejor no solo en función de los rezagos de sí misma, sino en adición al poder explicativo de los rezagos de la variable x .

5. Construcción de osciladores y pruebas de causalidad entre ciclos económicos

En esta sección se presenta la aplicación de las metodologías empleadas para el problema de estudio: la técnica de sincronización de fase de ciclos económicos en adición a los análisis de causalidad de Granger entre variables.

Las variables para estudiar son el índice de confianza empresarial (*BC*), la balanza de pagos (*BT*), los niveles de reservas internacionales (*FER*), la tasa de interés interbancaria (*IBR*), los niveles de préstamos totales concedidos al sector privado (*LTPS*), la masa monetaria de M0 (*M0*), el número de personas desempleadas (*NUPS*) y el índice bursátil *S&P500* (*SP500*). Toda la información es de la economía de Estados Unidos con periodicidad mensual desde enero de 1986 a octubre del 2020 por la disponibilidad de la información. La justificación de las variables para el análisis de ciclos es debido a que la balanza de pagos representa el registro de los ingresos y egresos monetarios de una nación, midiendo las transferencias comerciales de un país y su dinamismo con el exterior.

El índice de confianza empresarial cuantifica las expectativas de empresarios respecto al futuro cercano de la actividad económica (principalmente en la demanda manufacturera) por lo cual monitorea la actividad productiva, el empleo, los niveles de precios. El análisis también contempla a los niveles de reservas internacionales al ser un activo importante bajo el control de la autoridad monetaria de Estados Unidos, pues representa a los recursos de los que puede disponer de manera inmediata para liquidar transacciones internacionales. También se estudia al indicador monetario M0, pues este agregado contempla al dinero físico (billetes y monedas) en circulación por los entes de una economía en adición de lo que cuentan en caja los bancos. La inclusión de estas variables monetarias es para contemplar el dinamismo e intercambio monetario de los agentes tras las facilitaciones cuantitativas de dinero y los paquetes de apoyo monetario que han sido implementados por los gobiernos de EE. UU.

Con ello, también se incluye a la tasa de interés interbancaria pues es una tasa importante del mercado de deuda en Estados Unidos que influye en la determinación del costo y facilitación del crédito e inversión. De igual modo, se incluye a los niveles de préstamos al sector privado pues representan concesiones de capital orientado a inversiones en trabajo y financiamiento de gastos como maquinaria y equipo. Por su parte, el número de personas desempleadas funge como indicador de desocupación de las personas y sus efectos que repercuten en variables como ingreso, gasto y consumo, aparte de que su análisis es vital en etapas recesivas y de estrés económico. Finalmente se incluye el *S&P500* pues es un buen indicador del desempeño del sector bursátil americano en lo referente a la actividad industrial y las expectativas de los agentes económicos traídas a valor presente en lo referente a estos giros de actividad económica.

La información de la balanza de pagos, los niveles de reservas internacionales y el agregado monetario es expresada en millones de dólares americanos. El índice de confianza empresarial se refiere al *ISM Purchasing Managers Index*, el cual, si está por encima de 50 indicaría una expansión general de la economía manufacturera, mientras que si oscila por debajo de 50 significaría una contracción de la actividad. Por su parte, la tasa de interés interbancaria y el *S&P500* están en unidades porcentuales y bursátiles respectivamente, sin ninguna ponderación base en particular.

Finalmente, el número de personas desempleadas esta expresado en miles de personas de manera mensual.

Tabla 1. Abreviatura de las variables objeto de estudio.

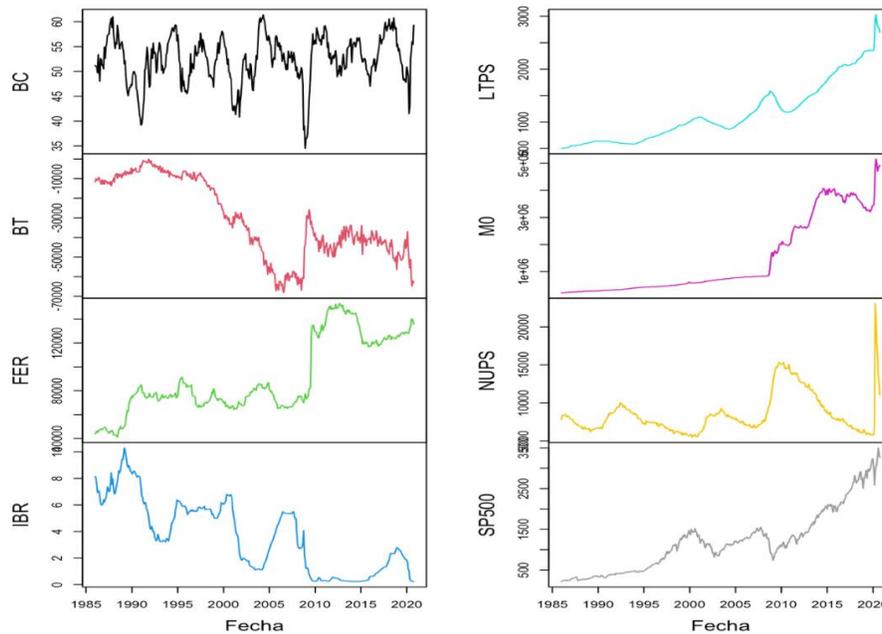
Serie	Variable
BC	Índice de Confianza Empresarial
BT	Balanza de Pagos
FER	Reservas Internacionales
IBR	Tasa de interés interbancaria
LTPS	Préstamos comerciales e industriales al sector privado
M0	Agregado monetario M0
NUPS	Número de personas desempleadas
SP500	Índice bursátil S&P500

Fuente: elaboración de los autores.

Pese a la heterogeneidad en la escala de medida entre las variables por la naturaleza de sus métricas, sumado a que algunas series difieren en la ponderación de años base y magnitudes, esto no representa ser un problema al comparar las series mediante las técnicas de análisis, pues como se explicó en la sección anterior, éstas se estandarizan al ser indizadas respecto a su máximo histórico en la misma ventana de análisis temporal, logrando tener la misma escala de medida sumado a que el interés de la investigación es el estudio de la causalidad cíclica entre variables, no en su nomenclatura nominal. Todas las series fueron obtenidas del portal de *Trading Economics*³ y de la *Reserva Federal de San Louis*.

Antes de proceder con la conjugación de los modelos, es recomendable analizar el comportamiento individual de las variables para verificar si comparten oscilaciones similares o tendencias comunes entre ellas, en adición a sus principales estadísticos como el promedio, la mediana, los valores máximo y mínimo, la desviación estándar, el sesgo y la curtosis para contemplar los principios estadísticos de las series y propiedades de sus distribuciones. Una primera representación de las series se encuentra en la gráfica uno, mientras que los estadísticos respectivos de las variables se presentan en la tabla 2.

³ <https://tradingeconomics.com>



Gráfica 1. Variables de la economía estadounidense

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*, R Studio.

Con el apoyo de la tabla 2 y la gráfica 1, es evidente que la mayoría de las series de tiempo experimentan marcados niveles de volatilidad, principalmente el índice de confianza empresarial (*BC*) y la balanza de pagos (*BT*), por lo cual, el tratamiento de estas variables se dificulta bajo los supuestos habituales de normalidad y varianza constante que sugieren los modelos econométricos convencionales. Esto causa problemas en la construcción de modelos con propiedades de linealidad, en adición a que la información de la balanza de pagos está expresada en términos negativos por el déficit fiscal de EE. UU., lo cual dificulta la transformación de esta variable a escala logarítmica. Sin embargo, como ya se explicó, el espíritu del análisis se enfoca particularmente al estudio de causalidad entre las oscilaciones cíclicas de las variables, por lo que estos problemas iniciales tienden a ser solucionados al extraer el componente cíclico de estas.

Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables, información absoluta.

	BC	BT	FER	IBR	LTPS	M0	NUPS	SP500
Media	52.39	-30494.20	90578.62	3.66	1164.17	1444720.00	8492.98	1201.18
Mediana	52.70	-34576.00	77060.00	3.38	1001.00	714345.00	7735.50	1133.71
Máximo	61.40	-63.00	153075.00	10.30	3030.13	5149527.00	23078.00	3500.31
Mínimo	34.50	-68277.00	41028.00	0.22	500.40	217759.00	5481.00	211.78
Desv. Est.	4.77	19667.47	31273.10	2.71	566.97	1390885.00	2632.97	764.93
Sesgo	-0.77	-0.03	0.57	0.29	0.99	0.96	1.78	0.84
Curtois	3.83	1.67	2.02	1.92	3.19	2.34	6.70	3.14
Jarque-Bera	53.43	31.00	39.44	26.37	68.43	72.19	458.71	49.77
Observaciones	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*.

Merece la pena un breve análisis descriptivo de las series en el período de estudio: por la naturaleza de la confianza empresarial, es normal que esta variable sea muy dinámica por las encuestas mensuales que se les realizan a los empresarios respecto a sus visiones de corto plazo de la economía por lo que es una variable que mayor dinamismo y oscilaciones expone. La balanza de pagos ha estado en números negativos debido a las elevadas importaciones de EE. UU. en combustibles, motores, auto partes, maquinaria industrial y materias primas. Por su parte, los niveles de reservas internacionales han mostrado comportamientos crecientes, principalmente desde 2008 en adelante debido a que esa nación ha estado acostumbrada a sostener elevados niveles de deuda con emisiones diarias de bonos, por lo cual necesita incrementar los niveles de reservas para hacer frente a las obligaciones. Respecto a la tasa de interés, esta experimenta un comportamiento asimétrico en relación con las reservas; con directrices opuestas y con una evolución en los niveles de rendimiento descendente, ello con la finalidad de incentivar las asignaciones de capital hacia el consumo o inversiones más riesgosas; sus principales disminuciones suceden en diciembre de 2001, junio de 2008 y agosto del 2020, originadas por preocupaciones de la reserva federal en lo referente al control de precios.

La disminución paulatina de las tasas de interés ha tenido como resultado una tendencia creciente en los niveles de préstamos coordinados a grandes cantidades monetarias que giran en la economía real debido a las políticas de facilitaciones cuantitativas y prestamos baratos que tienden a estimular la actividad en estas variables y fomentando el consumo. De manera muy similar el SP500 comparte la misma tendencia, principalmente con los niveles de préstamos, pero con un dinamismo naturalmente más volátil por la velocidad de los mercados financieros.

Por su parte, el número de personas desempleadas demuestra tener un comportamiento creciente en fases recesivas del ciclo económico, es decir, cuando se experimentan lapsos de estrés en la economía agregada (representado por oscilaciones a la baja de variables como la tasa de interés, los niveles de préstamos y el índice SP500), el número de desempleados va en sentido contrario; incrementando la cantidad de personas no ocupadas.

Tras este primer análisis estadístico y descriptivo, se proceden a aplicar los pasos expuestos en la sección anterior, en los cuales se comienza por homogeneizar las variables no necesariamente con una transformación logarítmica que ocasione la pérdida de información y de propiedades de las variables mediante su suavizamiento a esas escalas, sino que primeramente se indexan las variables en función a su valor máximo individual respectivo a la misma ventana temporal de cada serie.

5.1 Sincronización de fase

Una de las bondades de homogeneizar las variables es que todas quedan expresadas en la misma escala de medida, por lo cual resulta más sencillo el análisis de la interacción conjunta entre ellas como tendencias comunes o derrames de volatilidad simultáneos que son más fáciles de emparejar. En la gráfica dos, las variables que parecen ir al unísono con tendencias al alza son las reservas internacionales (*FER*), los niveles de préstamos (*LTPS*), la masa monetaria circulante (*MO*), el número de desempleados (*NUPS*) y el S&P500 (*SP500*). De igual modo, las variables *LTPS* y *SP500* comparten oscilaciones muy parecidas en cuanto a caídas y subidas, pero naturalmente el *SP500*

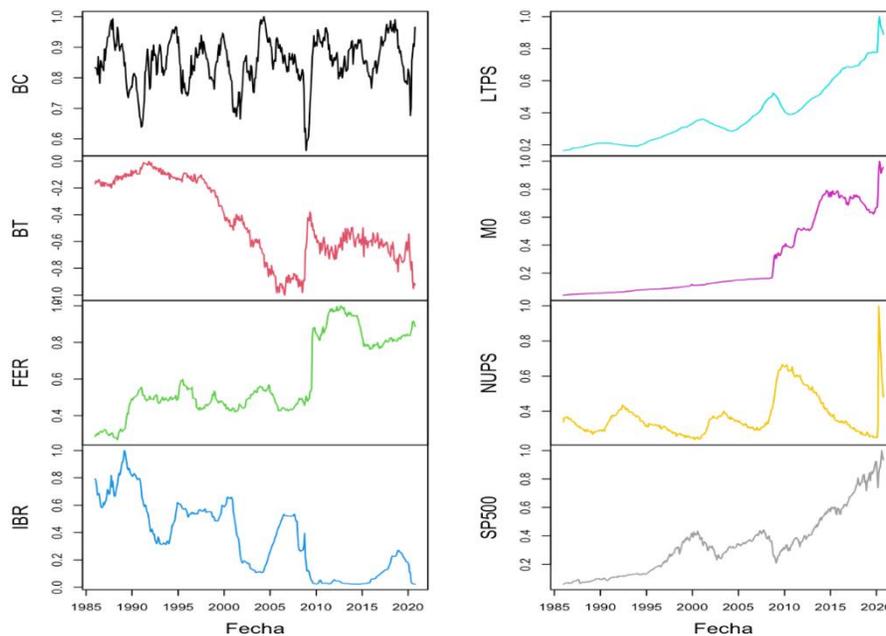
experimenta mayores niveles de volatilidad sumado a una mayor velocidad de reacción alrededor de las oscilaciones que comparten en común.

Por su parte, las variables como la balanza de pagos (*BT*) y la tasa de interés (*IBR*) parecen compartir tendencias a la baja, aunque con volatilidades y pendientes distintas. Mientras que, por sí misma, la confianza empresarial (*BC*) experimenta múltiples oscilaciones alrededor de su media acorde las expectativas de los agentes y por la constitución misma de la variable sin la necesidad de pasar por alguna transformación cíclica. Este tema de componentes regulares entre variables se ajusta con la técnica de transformación en oscilaciones cíclicas expuesta más adelante. De igual modo, se presentan sus propiedades estadísticas en la misma escala de medida en la tabla 3 para analizar que el efecto de homogeneizar las series no repercute en sus propiedades estadísticas naturales, pero si permite conservar información relevante.

Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables, información indexada

	BC	BT	FER	IBR	LTPS	MO	NUPS	SP500
Media	0.85	-0.45	0.59	0.36	0.38	0.28	0.37	0.34
Mediana	0.86	-0.51	0.50	0.33	0.33	0.14	0.34	0.32
Máximo	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mínimo	0.56	-1.00	0.27	0.02	0.17	0.04	0.24	0.06
Desv. Est.	0.08	0.29	0.20	0.26	0.19	0.27	0.11	0.22
Sesgo	-0.77	-0.03	0.57	0.29	0.99	0.96	1.78	0.84
Curtosis	3.83	1.67	2.02	1.92	3.19	2.34	6.70	3.14
Jarque-Bera	53.43	31.00	39.44	26.37	68.43	72.19	458.71	49.77
Observaciones	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00	418.00

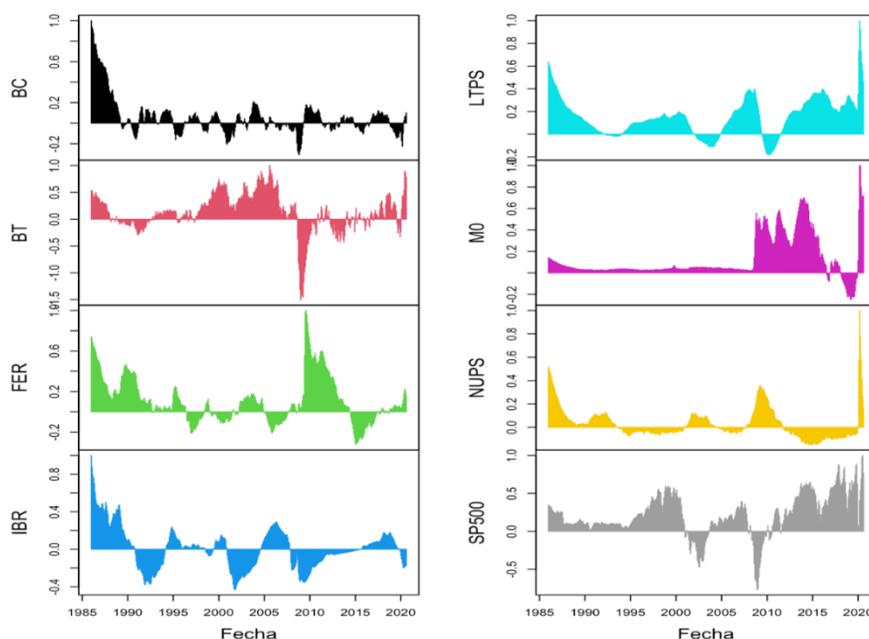
Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*.



Gráfica 2. Sistema de variables indexado

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*, R Studio.

Con la información homogeneizada, ya es posible obtener el componente cíclico de las variables con la metodología detallada anteriormente. El nivel de filtrado seleccionado fue de 0.95, ello con la finalidad de que la información sea capaz de reflejar los ciclos de largo plazo, pero sin ser excesivos en el depurado. Sin embargo, pese a tener el mismo nivel de depurado, hubo variables que experimentaron un mayor número de ciclos. La gráfica tres presenta de manera individual los comportamientos cíclicos de las variables, en ésta se aprecia de inmediato cuales fueron las variables con mayor dinamismo y uniformidad en la conformación de ciclos económicos. En la tabla 5 se presenta a detalle el número de ciclos de cada variable como su longitud, frecuencia y duración promedio.



Gráfica 3. Componente cíclico de las variables (0.95)

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*, R Studio.

De igual modo, la tabla 4 expone las propiedades estadísticas de las variables tras haber sido filtradas al nivel de 0.95 y como esto impactó en sus momentos muestrales. Si bien el estudio ya no es sobre las series originales, ya se logra un análisis sobre un componente característico y común entre ellas.

Tabla 4. Estadística descriptiva de las variables, información cíclica

	BC	BT	FER	IBR	LTPS	MO	NUPS	SP500
Media	0.05	0.13	0.11	0.01	0.16	0.13	0.03	0.22
Mediana	0.02	0.11	0.06	0.01	0.15	0.04	-0.01	0.19
Máximo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mínimo	-0.31	-1.50	-0.32	-0.43	-0.18	-0.25	-0.15	-0.77
Desv. Est.	0.18	0.36	0.23	0.23	0.17	0.21	0.14	0.28

Sesgo	2.40	-0.95	1.07	0.69	0.76	1.55	2.33	-0.29
Curtosis	7.86	3.68	1.27	1.30	2.11	2.12	8.88	0.94
Jarque-Bera	1439.19	290.08	106.30	60.57	113.91	239.05	1702.24	20.42
Observaciones	416.00	416.00	416.00	416.00	416.00	416.00	416.00	416.00

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*.

Tabla 5. Número de ciclos por variable (filtrado del 0.95)

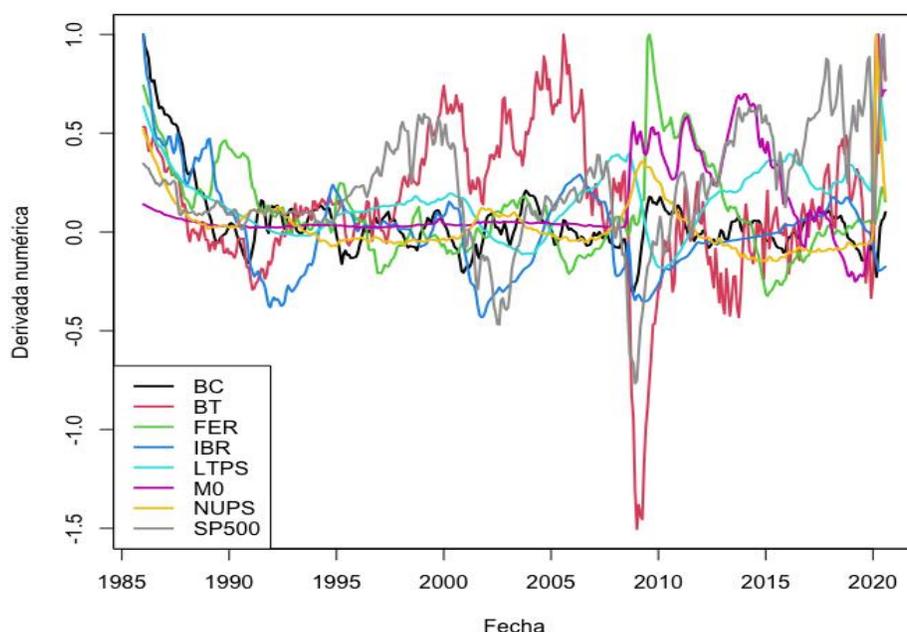
Ciclos	BC	BT	FER	IBR	LTPS	MO	NUPS	SP500
0	19	19	19	19	19	19	19	19
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	19	19	19	19	19	19	19	19
<T>	1.05	1.11	0.53	0.26	0.16	0.11	0.16	0.32
<f>	0.95	0.90	1.90	3.80	6.33	9.50	6.33	3.17
<w>	5.97	5.68	11.94	23.88	39.79	59.69	39.79	19.90

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*.

Con la información transformada, ya es posible construir deducciones iniciales en lo que respecta a acoplamiento de variables y oscilaciones comunes, así como variables cuyas oscilaciones son opuestas entre ellas. Esto último no significa que las variables no estén conectadas, sino tan solo que sus acoples cíclicos no son coordinados o que sus movimientos son contra cíclicos. Sin embargo, esto no quiere decir que no haya canales de causalidad entre las variables.

5.2 Evaluación de acoplamientos entre variables

Como ya se explicó, para que dos o más osciladores sean considerados sincronizados, sus trayectorias y dinámicas cíclicas deben ser iguales (o aproximadas) después de determinado periodo temporal pese a haber comenzado en condiciones iniciales distintas. En la gráfica cuatro se aprecia el comportamiento oscilatorio de las variables de manera conjunta en la cual se percibe un comportamiento oscilatorio común en la mayoría de ellas, aunque también hay algunas cuyo desempeño es contra cíclico o con algún nivel de retraso. Cabe resaltar que la variable M0 no se acopla notoriamente con el resto de las variables. Sumado a ello, se percibe que existen niveles de volatilidad distintos entre series pese a que a todas se les aplico el mismo nivel de depurado para perseverar los ciclos de largo plazo. De igual modo, existen variables que van al unísono en trayectorias como otras que van en dinámica contra cíclica, es decir, mientras unas pasan por la fase de expansión o en la etapa de la cresta, otras se encuentran en la de contracción o en el valle y viceversa.



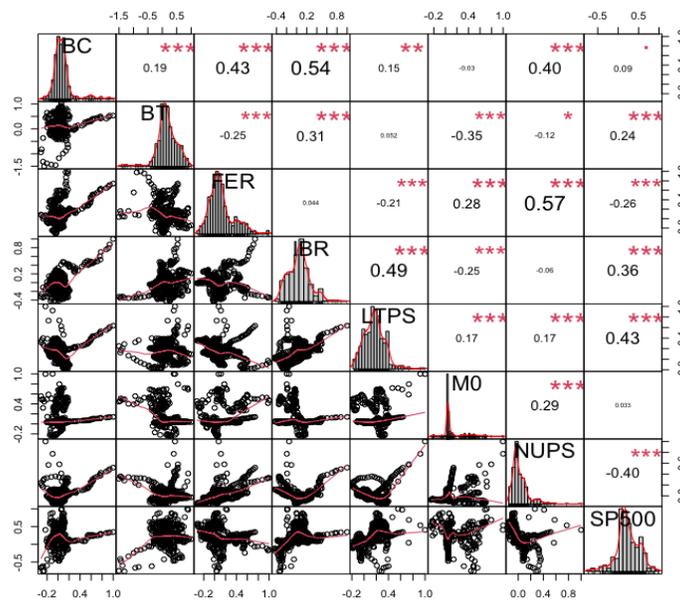
Gráfica 4. Acoplamiento cíclico entre variables (0.95)

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Louis*, R Studio.

El estudio de estas variables representa un desafío dado que, pese a que se han obtenido sus componentes cíclicos como materia prima de estudio y la mayoría de las variables rondan en una tendencia común del ciclo, algunas experimentan marcados niveles de volatilidad en determinados lapsos, ocasionando ciclos de corta duración pero que generan ruido en el modelado, principalmente las series *BT*, *FER*, *LTPS* y el *SP500*.

Se propone como primera aproximación en el análisis el estudio de la distribución de los ciclos y la medición de los niveles de correlación entre ellos para determinar las variables

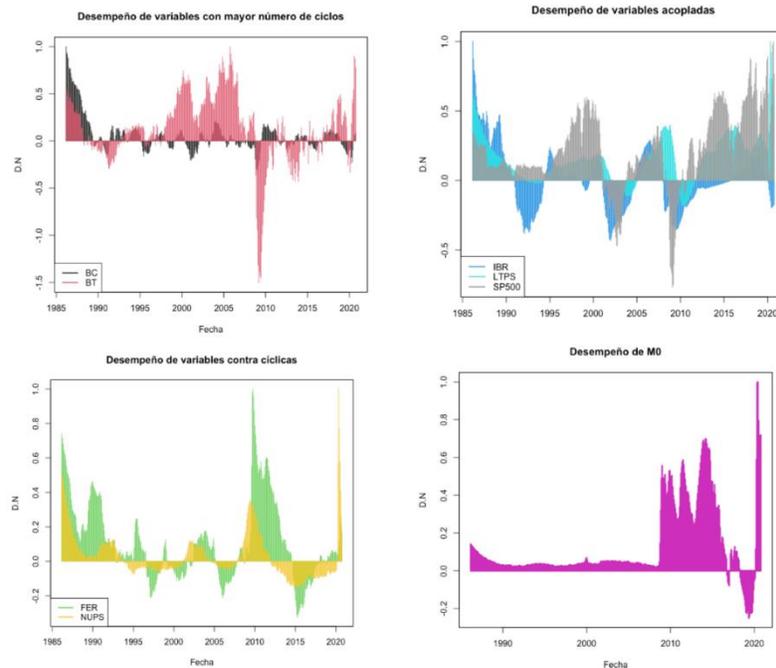
mayormente asociadas y constatar distribuciones similares o propiedades comunes entre algunas variables. Naturalmente, por los elevados niveles de volatilidad que poseen algunas series per se, es que algunas experimentarán mayor número de ciclos en relación a otras sumado a que entre algunas se experimentan niveles de retraso en la formación de estos, es por ello que las variables no manifiestan directamente niveles de asociación muy significativos, sumado a que el estudio de los osciladores no es una relación meramente lineal entre variables, pero es una buena aproximación para deducir propiedades de las mismas. Ello se aprecia más nítidamente con los estadísticos, las distribuciones y los diagramas de correlación del gráfico cinco.



Gráfica 5. Análisis de correlación entre variables cíclicas.

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Louis*, R Studio.

Una propiedad interesante de la dinámica de acople es que, en el desarrollo de los ciclos, la serie que forma oscilaciones más uniformes va por adelantado y lleva la dirección de las trayectorias es la tasa de interés (*IBR*), pues es la variable que avanza en la conformación de fases u oscilaciones, por lo cual, existe la posibilidad de que esta variable sea considerada como la maestra del sistema. En segundo lugar, le sigue el S&P500 (*SP500*), con un retraso promedio de dos meses respecto a las oscilaciones de la tasa de interés. Luego siguen las oscilaciones de la balanza de pagos (*BT*) con el mismo nivel de rezago que el *SP500* y posteriormente los niveles de préstamos (*LTPS*) con un retraso promedio de 16 meses con respecto al *SP500*, aunque el comportamiento de *BT* es el más incipiente y errático por los periodos de elevada volatilidad de sí misma.



Gráfica 6. Análisis de acoplamientos cíclicos parecidos entre variables

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*, R Studio.

Por su parte, las variables que parecen ir en sentido inverso a las primeras son los niveles de reservas internacionales (*FER*) y el número de personas desempleadas (*NUPS*), lo cual tiene bastante sentido económicamente, pues cuando las otras variables van en declive, como por ejemplo el *SP500* o la concesión de préstamos o crédito, es normal que aumente el número de desempleados o la economía de un país incremente sus niveles de reservas para tener estabilidad y solvencia económica frente obligaciones o necesidades del corto al mediano plazo.

Una peculiaridad dentro del análisis fue el comportamiento y número de oscilaciones de la confianza empresarial (*BC*), pues naturalmente está en función de las expectativas de los agentes las cuales son muy dinámicas, por lo cual es natural que esta variable sea una de las que experimenten un mayor número de ciclos tras la aplicación y tratamiento del depurado. De igual modo, *M0* fue la variable que menos ciclos tuvo por su poca volatilidad explicada por las medidas de facilitación cuantitativa de dinero que se hicieron más comunes desde 2008 tras la crisis *subprime*, ello se aprecia claramente desde la gráfica dos, pues en el lapso de 1986 a 2007 los niveles de este agregado monetario crecían a ritmos constantes, pero con los excesos de las inyecciones de 2007 en adelante es lo que origina que su oscilación cíclica manifieste comportamientos raros que le impidan consolidar las fases de ciclos a la baja, es por ello que la variable no atraviesa tan seguidamente el umbral (0,-1) de la derivada numérica para la consolidación de sus ciclos como el resto de variables para construir las etapas de oscilaciones cíclicas.

5.3 Evaluaciones de causalidad entre variables

Con este primer paso, el estudio de los ciclos económicos permite identificar cuáles son las variables que se adelanten en la conformación de sus osciladores para llevar a las etapas por las que atraviese la economía, esto no es una cuestión menor en el desarrollo de la investigación pues dota de indicios para conocer cuál de las variables ha dado principal dirección a la conducción de la economía norte americana y sus repercusiones en los movimientos del resto del sistema de variables, ello partiendo de la evolución periódica y la conformación de las oscilaciones. En este punto, el análisis no contempla a la confianza empresarial (*BC*) como variable maestra que guía al resto de osciladores, dado que, aunque esté un paso por delante de la tasa de interés (*IBR*), sus oscilaciones son muchas y de corta duración, generando muchos “ciclos ruidosos” para la dirección del análisis que no son comunes para todas las variables, a diferencia de la *IBR*, la cual con sus oscilaciones más definidas sugiere ser capaz de dirigir los movimientos de largo plazo.

Ante esta temática, se procede a enriquecer los análisis de sincronización y acoplamiento entre variables con los estadísticos duración, amplitud y frecuencia propios de cada serie, además de las medidas de causalidad entre estas. Antes de modelar un vector auto regresivo con variables cointegradas, se procede a realizar las pruebas raíz unitaria de cada serie. En esta parte se realizaron las pruebas ADF y Phillips Perron cuyas respectivas hipótesis nulas son que cada serie posee una raíz unitaria o que las series son integradas de orden uno. Los resultados de estas con sus respectivas conclusiones se presentan en la tabla 6. Todas las pruebas se plantearon con un nivel de significancia del 0.05.

Tabla 6. Resultados de las pruebas de raíz unitaria en los ciclos de las variables

Serie	ADF	PP	Criterio ADF	Criterio PP
BC	0.0001	0.0000	<i>Serie estacionaria</i>	<i>Serie estacionaria</i>
BT	0.0450	0.0196	<i>Serie estacionaria</i>	<i>Serie estacionaria</i>
FER	0.0261	0.0174	<i>Serie estacionaria</i>	<i>Serie estacionaria</i>
IBR	0.0262	0.0004	<i>Serie estacionaria</i>	<i>Serie estacionaria</i>
LTPS	0.1993	0.0416	<i>Serie con raíz unitaria</i>	<i>Serie estacionaria</i>
M0	0.1077	0.1516	<i>Serie con raíz unitaria</i>	<i>Serie con raíz unitaria</i>
NUPS	0.0395	0.0010	<i>Serie estacionaria</i>	<i>Serie estacionaria</i>
SP500	0.1556	0.1202	<i>Serie con raíz unitaria</i>	<i>Serie con raíz unitaria</i>

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics, Eviews 10*.

Pese a que los resultados de las variables LTPS, M0 y SP500 dan indicios a que sean series no estacionarias (pese a que se les realizó la prueba a su factor cíclico), se incluyen en la modelación del VAR en su forma cíclica original, pues, como detallan Toda y Yamamoto (1995), es normal encontrar variables fuertemente conectadas y con medidas de causalidad en la economía real, pero con distintos niveles de integración en su modelaje, por lo cual, la sobre diferenciación de variables genera que se pierda información importante como relaciones de largo plazo, sumado a que ya no se está trabajando sobre la serie en su composición original. En adición a este paso, como el análisis está principalmente orientado en el estudio de los ciclos, la diferenciación de estos lleva a

que se pierdan acoplamientos cíclicos e importantes longitudes de onda de las variables, por lo cual se decidió modelarlos en su forma cíclica para ofrecer un análisis de causalidad más rico desde la perspectiva económica real. Desde este sentido, el presente trabajo ofrece una nueva alternativa en la cual realizar el análisis como una posible aportación a los campos de investigaciones futuras.

En adición, la inclusión de series no estacionarias fue controlada con la inserción del número de rezagos óptimo propuesto por los criterios de AK, SCH y HQ en el modelado del VAR, pues con este, todas las raíces del polinomio característico de la regresión permanecen en el círculo de raíz unitaria, sumado a que la verosimilitud de los criterios es la más negativa. El número óptimo de rezagos que señalan los criterios fue de diez.

Los resultados de las pruebas de causalidad se exponen en la tabla 7. La hipótesis nula de la prueba es que la variable explicativa no causa en el sentido de Granger a la variable dependiente en cuestión. La tabla demuestra que hubo resultados variados al respecto de esta prueba entre variables. Sin embargo, en la interacción conjunta, todas las corridas demuestran que hay interacción conjunta de causalidad entre todas las variables. Un resultado interesante es que, en la regresión en la cual la tasa de interés es la variable dependiente, la única variable que tentativamente la causa en el sentido de Granger es la confianza empresarial (*BC*).

De igual modo, un resultado interesante es que, de ocho regresiones, la tasa de interés (*IBR*) fue explicativa en 7 de ellas, a excepción de la regresión en la cual el SP500 es la variable dependiente. Para el caso de la regresión sobre esta, fue que ninguna de las regresoras arrojó evidencia estadística significativa que sugiera que causan las oscilaciones de este indicador bursátil, pero este si resulto ser una variable exógena en cinco de las ocho regresiones, además de que en los resultados de la sincronización aparece rezagado alrededor de dos meses respecto a las oscilaciones de la tasa de interés.

Tabla 7. Pruebas de causalidad de Granger entre variables

Variable dependiente: BC				Variable dependiente: BT			
Variable explicativa	Chi-cuadrada	Rezagos	Prob.	Variable explicativa	Chi-cuadrada	Rezagos	Prob.
BT	12.02157	10	0.2836	BC	18.10688	10	0.0532
FER	14.4512	10	0.1534	FER	20.95959	10	0.0214
IBR	23.76446	10	0.0083	IBR	6.255029	10	0.7934
LTPS	15.80311	10	0.1054	LTPS	39.18034	10	0
M0	8.89573	10	0.542	M0	22.33424	10	0.0135
NUPS	16.82234	10	0.0784	NUPS	6.640118	10	0.7589
SP500	25.87574	10	0.0039	SP500	18.96673	10	0.0407
Interacción conjunta	172.8974	70	0	Interacción conjunta	152.1487	70	0
Variable dependiente: FER				Variable dependiente: IBR			
Variable explicativa	Chi-cuadrada	Rezagos	Prob.	Variable explicativa	Chi-cuadrada	Rezagos	Prob.
BC	12.61941	10	0.2457	BC	36.26661	10	0.0001
BT	37.91483	10	0	BT	7.520587	10	0.6756
IBR	36.6632	10	0.0001	FER	2.985045	10	0.9818

LTPS	27.13629	10	0.0025	LTPS	11.50712	10	0.3194
M0	19.65864	10	0.0327	M0	3.143505	10	0.9778
NUPS	19.66296	10	0.0326	NUPS	13.48534	10	0.1978
SP500	14.54909	10	0.1494	SP500	9.243921	10	0.5091
Interacción conjunta	270.127	70	0	Interacción conjunta	103.3909	70	0.0058
Variable dependiente: LTPS				Variable dependiente: M0			
<i>Variable explicativa</i>	<i>Chi-cuadrada</i>	<i>Rezagos</i>	<i>Prob.</i>	<i>Variable explicativa</i>	<i>Chi-cuadrada</i>	<i>Rezagos</i>	<i>Prob.</i>
BC	10.63687	10	0.3865	BC	18.75698	10	0.0435
BT	30.32814	10	0.0008	BT	16.34788	10	0.0901
FER	7.411552	10	0.6861	FER	10.60136	10	0.3894
IBR	18.41129	10	0.0484	IBR	26.30114	10	0.0034
M0	18.70725	10	0.0441	LTPS	123.0919	10	0
NUPS	56.90151	10	0	NUPS	60.23595	10	0
SP500	90.78733	10	0	SP500	27.97669	10	0.0018
Interacción conjunta	343.072	70	0	Interacción conjunta	347.7446	70	0
Variable dependiente: NUPS				Variable dependiente: SP500			
<i>Variable explicativa</i>	<i>Chi-cuadrada</i>	<i>Rezagos</i>	<i>Prob.</i>	<i>Variable explicativa</i>	<i>Chi-cuadrada</i>	<i>Rezagos</i>	<i>Prob.</i>
BC	7.331655	10	0.6938	BC	10.87286	10	0.3675
BT	16.00938	10	0.0994	BT	13.62997	10	0.1905
FER	4.960494	10	0.8938	FER	11.02351	10	0.3557
IBR	33.34464	10	0.0002	IBR	14.20817	10	0.1637
LTPS	389.7899	10	0	LTPS	12.21022	10	0.2712
M0	47.62707	10	0	M0	13.43418	10	0.2004
SP500	48.67815	10	0	NUPS	15.67878	10	0.1092
Interacción conjunta	1028.926	70	0	Interacción conjunta	112.6953	70	0.0009

Fuente: Elaboración propia con datos de *Trading Economics* y la *Reserva Federal de San Luis*, *Eviews 10*.

6. Conclusiones

Contrariamente a lo que las oscilaciones cíclicas reflejan en comportamientos de fenómenos controlados en las ciencias exactas, en los ciclos económicos ni la amplitud, duración ni frecuencia tienden a presentar comportamientos regulares; la búsqueda de períodos expansivos con bajas tasas de interés y controles de precios lleva a que las dinámicas cíclicas lleguen a ser duraderas con derivadas numéricas pronunciadas y bien definidas, mientras que en otras, por los elevados niveles de volatilidad y las cambiantes expectativas de los agentes es que se crean pequeños ciclos y con ello eventuales fases negativas que perturban a la trayectoria común entre variables, propiciando a las fases recesivas. Sin embargo, con la técnica de filtrado de series de tiempo para la obtención del factor cíclico, es posible (con un apropiado nivel de depuración) el estudio de los factores que componen a los ciclos más uniformes, los cuales exhibieron tener duraciones promedio de seis a

siete años (de 80 a 90 meses), muy similares en duración a los ciclos de *Juglar*. Con la construcción de los ciclos se dio pauta a analizar la secuenciación de fases entre variables, principalmente en etapas recesivas y de desaceleración con trayectorias comunes, las cuales parecen ser dirigidas por una variable maestra cuya evidencia sugiere que es la tasa de interés. La secuenciación de ciclos resulta fácil si las variables no experimentan oscilaciones contra cíclicas, aunque esto también refleja que las variables comparten un comportamiento sistemático común, pero con direcciones opuestas.

Con el desarrollo y búsqueda de nuevas técnicas para el estudio de la dinámica económica mediante el análisis de ciclos, este trabajo recurrió a dos herramientas en la búsqueda explicaciones causales entre trayectorias comunes que, al consolidarse, sean capaces de arrojar evidencia sobre como las decisiones de la política monetaria de la banca central transmiten efectos e ineficiencias en la conformación de las oscilaciones en el resto de las series y de la economía agregada. Esta dinámica de conformación y acoplamiento cíclico se robustece con la determinación de un sistema explicativo o maestro que actué como guía y dictaminé los movimientos y oscilaciones del resto de variables. Con ello, el análisis sugiere que las actividades del sector bancario son unas de las más sensibles a las fases del ciclo económico, principalmente por las medidas y decisiones de la banca central y sus repercusiones en la concesión de préstamos, expectativas de los agentes, indicadores de empleo y repercusiones en el desempeño del sector bursátil.

Respecto a ello, esta investigación arrojó evidencia de que la variable maestra es la tasa de interés, ello por ser una con oscilaciones más sólidas y regulares periódicamente, en adición a que es la variable que usualmente se adelanta entre el resto del sistema y actúa como guía. Por su parte, las variables subordinadas o esclavas fueron explicadas por las oscilaciones y movimientos del sistema maestro con un respectivo nivel de rezago. También hubo variables cuyo comportamiento errático generaba un mayor número de ciclos inestables de corta duración donde en algunos de los cuales la derivada numérica no atravesaba valores inferiores a cero, por lo cual, no se consolidaban ciclos estables.

En adición, la revisión de literatura sumada a la conjugación de los modelos planteados constata que existe una disociación en los modelos de ciclos económicos, pues existen escuelas que se especializan en su explicación teórica mientras que otras se enfocan en exponerlos mediante modelos empíricos, es decir, no existía una visión conjunta que una la explicación de causalidad cíclica entre variables con el análisis de la evolución y medida de las oscilaciones. Desde este sentido, este trabajo buscó ofrecer una interpretación tanto teórica como práctica con el modelado de variables y los análisis de sincronización cíclica que permitiera no solo entender el fenómeno de análisis con planteamientos meramente teóricos, sino, además, con evidencia estadística que explicará el desarrollo e interacción de los componentes cíclicos.

Aunque la relación de acoplamiento cíclico de las variables no parece ser constante ni estable a lo largo del tiempo por períodos de volatilidad distinta entre las variables, la evidencia de acoplamientos cíclicos parece sugerir que la dependencia entre las series va más allá de los supuestos de linealidad y causalidad directa de la econometría convencional explicados con la distribución normal, por lo cual, el desarrollo de nuevas técnicas que expliquen el comportamiento de los ciclos se deja como una futura línea de investigación con métodos como sistemas dinámicos, entropía cruzada entre variables o el análisis de componentes funcionales de los ciclos.

En suma, la evidencia histórica demuestra que la economía es usualmente alentada por esquemas de dinero barato con bajas tasas de interés derivando políticas monetarias laxas y millonarios esquemas de rescate que han llevado a que los mercados financieros se recuperen de forma rápida, por lo cual, este metabolismo se ha convertido en un peligro, pues incidentalmente ha llevado que con la búsqueda de fases expansivas en el ciclo económico se exacerben las expectativas de los agentes, logrando la constitución de burbujas financieras que son detonadas por aumentos en la tasa de interés y la desestabilización de los sistemas de precios relativos entre activos, llevando así a periodos de crisis. Esta situación refleja la necesidad de que las autoridades monetarias actúen con precaución y precisión, principalmente en la coyuntura económica actual: aumentando paulatinamente las tasas de interés para evitar sobre calentamientos en los niveles de precios y descarrilando problemas en los sistemas de precios relativos, particularmente en los mercados de renta fija y variable.

Referencias

- [1] Arthur, W. B. (2014). *Complexity and the Economy*. Oxford University Press.
- [2] Barro, R. (1993). *Macroeconomics* (Cuarta ed.). New York: Wiley.
- [3] Baxter, M., & King, R. (1999). Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters For Economic Time Series. *The Review of Economics and Statistics*, 81(4), 575-593.
- [4] Bielecki, M. (2017). Business cycles, innovation and growth: welfare analysis. IDEAS Working Papers 2017-19, 1-49. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/war/wpaper/2017-19.html>
- [5] BIS. (2004). Whither monetary and financial stability? the implications of evolving policy regimes. Basel: BIS Working Papers. Retrieved from <https://www.bis.org/publ/work147.pdf>
- [6] Borio, C., & Lowe, P. (2002). Asset prices, financial and monetary stability: exploring the nexus. BIS Working Papers No 114, 1-43. Retrieved from <https://www.bis.org/publ/work114.pdf>
- [7] Borio, C., & Zhu, H. (2012). Capital regulation, risk-taking and monetary policy: A missing link in the transmission mechanism. *Journal of Financial Stability*, 8(4), 236-251. doi:10.1016/j.jfs.2011.12.003
- [8] Cagliarini, A., & Price, F. (2017). Exploring the Link between the Macroeconomic and Financial Cycles. Reserve Bank of Australia. Retrieved from <https://www.rba.gov.au/publications/confs/2017/cagliarini-price.html>
- [9] Calderón, C. (2012). Crisis y ciclos económicos de México de 1896 al 2010: un análisis espectral. *Argumentos*, 25(70), 105 - 126.
- [10] Calderón, C., & Hernández, L. (2017). Integración económica, crisis económicas y ciclos económicos en México. *Conataduría y Administración*, 62, 64-84.
- [11] Calderón, C., García, R., & Cruz, S. (2017). Sincronización comercial e industrial en el TLCAN, un estudio de sincronización de fase. *Economía: teoría y práctica*, 46, 5-40.
- [12] Claessens, S., Kose, A., & Terrones, M. (2011). How Do Business and Financial Cycles Interact? IMF Working Paper 11-88, 1-54. Retrieved from <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2011/wp1188.pdf>
- [13] García, R. (2014). No linealidad en los mercados financieros. [Tesis Doctoral]: Instituto Politécnico Nacional.
- [14] Gerlach, S., & Smets, F. (1995). Contagious speculative attacks. *European Journal of Political Economy*, 11(1), 45-63. doi:10.1016/0176-2680(94)00055-0

- [15] Hayek, F. A. (1932). Money and Capital: A Reply. *The Economic Journal*, 42(166), 237-249. doi:10.2307/2223821
- [16] Heath, J. (2012). Lo que indican los indicadores. INEGI.
- [17] Kindleberger, C., & Aliber, R. (2005). Manias, panics and crashes. A History of Financial Crises (Tercera ed.). New Jersey: Wiley.
- [18] Kose, A., Otrok, C., & Whiteman, C. (2003). International Business Cycles: World, Region, and Country-Specific Factors. *The American Economic Review*, 93(4), 1216-1239.
- [19] Liu, Z. (2004). Measuring the degree of synchronization from time series data. *Europhysics Letters*, 68(1), 19-25. doi:10.1209/epl/i2004-10173-x
- [20] Mendieta-Muñoz, I., & Sündal, D. (2020). Business cycles, financial conditions and nonlinearities. Department of Economics Working Paper No: 2020-04, 1-36. Retrieved from https://economics.utah.edu/research/publications/2020_04.pdf
- [21] Minsky, H. (1986). *Stabilizing an Unstable Economy* (Primera ed.). Yale University Press.
- [22] Razo, J. (2019). Crisis como consecuencia de inestabilidad financiera: Evolución de las decisiones individuales al comportamiento agregado. [Tesis Doctoral]: Instituto Politécnico Nacional.
- [23] Rodríguez, R. (2013). Predicción de crisis financieras a través de la volatilidad implícita del precio de las opciones, asumiendo distribuciones alfa estables. [Tesis Doctoral]: Instituto Politécnico Nacional.
- [24] Toda, H., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250. doi:10.1016/0304-4076(94)01616-8