

VARIABLES MONETARIAS Y FORMACIÓN DE BURBUJAS ESPECULATIVAS: UN ANÁLISIS DE SINCRONIZACIÓN DE FRECUENCIAS (1992-2013)

MONETARY VARIABLES AND SPECULATIVE BUBBLE FORMATION: A FREQUENCY SYNCHRONIZATION ANALYSIS (1992-2013)

Angélica Alonso-Rivera*
Salvador Cruz-Aké**
Francisco Venegas-Martínez***

(Recibido: julio, 2016/Aceptado: diciembre, 2016)

Resumen

En la actualidad existe una tendencia creciente en el estudio de fenómenos de naturaleza económica y financiera desde enfoque no lineal. En este sentido, el presente trabajo pretende examinar la existencia de una relación entre la instrumentación de la política monetaria y la formación de burbujas especulativas con un modelo no lineal. Para ello se propone estudiar la relación entre estos sistemas como caóticos para poder determinar su sincronización de frecuencia. Los resultados muestran fuerte evidencia empírica de sincronización completa y sincronización de retardo entre los sistemas examinados.

Palabras clave: mercados financieros, burbujas especulativas, sincronización.
Clasificación JEL: C02, G10, G14.

* Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional. <angelicalonsorivera@hotmail.com>.

** Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional. <salvador.ake22@gmail.com>.

*** Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional. <fvenegas1111@yahoo.com.mx>.

Abstract

At present, there is an increasing tendency in studying phenomena of economic and financial nature from nonlinear approaches. In this sense, the present research tries to examine the existence of a relation between the instrumentation of monetary policy and the formation of speculative bubbles. To do that, we propose to study the relationship between these systems as chaotic to be able to determine the phase synchronization. The results show strong evidence of complete synchronization and delay synchronization between the examined systems.

Keywords: financial markets, speculative bubbles, synchronization.

JEL classification: C02, G10, G14.

1. Introducción

En las últimas décadas, muchas economías se han visto impactadas por la presencia de burbujas especulativas. Los casos que se pueden mencionar en los últimos 20 años son: la burbuja *kamikaze* generada en el sector de bienes raíces de Japón; la burbuja *dot com* ocurrida hacia finales de la década de los noventas que generó una oleada especulativa en todos aquellos activos relacionados con las nuevas tecnologías y la burbuja *subprime* que se gestó en el sector inmobiliario de los Estados Unidos y estalló en 2008. Ante la presencia recurrente de tales fenómenos y de los altos costos económicos que provocan, muchos estudios han concentrado su atención en entender el proceso de gestación de las mismas. Investigaciones recientes como las de Borio (2002), Greenspan (2004), Detken (2004), Trichet (2005), Gilchrist (2006), Christiano (2010), Mishkin (2011), Bordo (2013) y Galí (2013) apuntan en señalar la existencia de un mecanismo de transmisión entre la política monetaria y el crecimiento exagerado en los precios de los activos financieros.

La posible relación entre política monetaria y burbujas en los precios de los activos no ha pasado desapercibida por las autoridades encargadas del diseño y control de la política monetaria. El análisis de dichos instrumentos se ha tornado complicado toda vez que los canales o vías de transmisión por los cuales la política monetaria tiene influencia sobre los precios de los activos en los mercados financieros son de muy diversa naturaleza y

con diferentes temporalidades. Los análisis lineales del tipo econométrico, también basados en el supuesto de normalidad, no pueden captar toda la dependencia entre variables. En este sentido, en el presente trabajo de investigación se busca analizar la relación entre estas variables como procesos estocásticos con dinámicas no lineales.

Es notable la tendencia actual a investigar sobre las relaciones entre variables de naturaleza económica y financiera a través de sistemas no lineales. Diversos autores hacen conciencia de las desventajas y limitaciones al momento de construir modelos de características lineales, ya que este tipo de modelos están condicionados a supuestos muy restrictivos. Bajo una perspectiva diferente, el presente trabajo analiza los diferentes mecanismos por los cuales la implementación de la política monetaria genera y transmite ineficiencias sobre el proceso de valoración de activos en los mercados financieros. Se propone estudiar estos sistemas como estructuras complejas cuyo comportamiento suele acercarse más a la definición de un sistema caótico que a un sistema lineal.

Como herramienta de análisis en la presente investigación se utiliza la sincronización de fase. Bajo esta metodología se estudia la interacción entre las variables de política monetaria y la formación de burbujas especulativas en los precios de los activos financieros. Los resultados obtenidos demuestran de manera concluyente que existe una fuerte relación entre las variables estudiadas, y que la dinámica de transmisión es variante en el tiempo, lo que hace que la prevención y tratamiento de burbujas no sea fácil de implementar.

2. Definición de sincronización

Una vertiente dentro del campo de estudio de los sistemas dinámicos no lineales es el análisis de la sincronización. El fenómeno de sincronización fue estudiado por primera vez por el neerlandés Christiaan Huygens en 1673 cuando al observar dos relojes que pendían de un mismo soporte descubrió que sus oscilaciones coincidían a la perfección. Desde ese momento el fenómeno de sincronización ha sido ampliamente estudiado en diferentes aspectos de la vida humana, tales como sistemas mecánicos, eléctricos, musicales, biológicos, médicos y físicos, y hoy en día también se emplea en el análisis de sistemas sociales y económicos.

De acuerdo con Pikovsky (2001), el término sincronización hace referencia a una variedad de fenómenos relacionados con casi todas las ramas de las ciencias naturales, las ingenierías y las ciencias sociales que podrían parecer de naturaleza diferentes pero que en muchas de las ocasiones obedecen a leyes universales. De acuerdo con Ramírez (2007), el concepto de sincronización se refiere a sucesos que ocurren en el mismo tiempo. En este sentido se puede hablar de sincronización en eventos o fenómenos de naturaleza diferente pero que tienden a operar en sincronía. La condición o característica fundamental de estos eventos es la existencia de cierto grado de interconexión. Asimismo, en Moreno (2006) se puede entender el concepto de sincronización haciendo referencia específica a sistemas caóticos. De este modo, la sincronización del caos puede entenderse como un proceso donde diversos sistemas caóticos se ajustan a un movimiento común debido al acoplamiento o a una fuerza (periódica o ruidosa).

Como ya se mencionó antes, actualmente existe una fuerte tendencia para analizar diferentes tipos de fenómenos desde una perspectiva no lineal, uno de los campos que más ha recurrido al análisis no lineal es el relacionado a la economía y a las finanzas. Estudios como el de Uribe (2014) estudian el fenómeno de las burbujas especulativas mediante el análisis de sincronización. En el presente trabajo se examina la existencia de sincronización entre los mercados financieros desarrollados y en desarrollo. La sincronización se explica a causa de una limitada oferta de activos financieros en las economías emergentes. Por tal motivo ocurren flujos masivos de capital desde los países emergentes hacia la economía estadounidense, provocando de esta manera la reducción en las tasas de interés en Estados Unidos y la consecuente aparición de burbujas especulativas. Este desplazamiento de capitales es el causante de una sincronización de fenómenos que producen burbujas.

Para comprender de mejor manera el concepto de sincronización es necesario definir algunos conceptos básicos. Primeramente se revisará el concepto de sincronización en Pikovsky (2003: 8). Se entiende por sincronización al ajuste de los ritmos entre objetos oscilantes entre los cuales ocurre al menos una interacción débil. Un objeto oscilante u oscilatorio puede ser definido como un sistema que contiene una fuente de energía interna, la cual se traduce en un movimiento oscilatorio. Este movimiento define un ritmo particular que será mantenido hasta que la fuente de energía se agote. Los cuerpos oscilatorios son una subclase de los sistemas dinámicos. El objeto

oscilante en su movimiento describe ciertas características las cuales se describen a continuación:

- 1) Periodo: se define como el tiempo necesario para realizar una oscilación completa y se representa como T .
- 2) Frecuencia: número de oscilaciones que el cuerpo realiza en una unidad de tiempo. La frecuencia se representa como inversa del periodo y se mide por $f = \frac{1}{T}$.
- 3) Fase: caracteriza el estado dinámico del oscilador; en $t = 0$ se denomina fase inicial. La fase en un objeto oscilatorio periódico se define como una cantidad que se incrementa uniformemente en el tiempo por 2π .
- 4) Ritmo: número de oscilaciones cíclicas por unidad de tiempo. Los sistemas oscilatorios pueden exhibir ritmos de diversas formas, desde simples formas de onda hasta una secuencia de impulsos cortos.

La principal característica que define un proceso sincronizado es el acoplamiento de los ritmos entre diferentes objetos oscilantes. En este sentido, la existencia de sincronización entre dos o más objetos oscilantes depende de la fuerza del acoplamiento y, a su vez, la existencia de acoplamiento depende directamente de la existencia de interacción entre los objetos oscilantes. En ausencia de interacción la fuerza de acoplamiento se define como cero.

La forma de la oscilación que describen los objetos oscilantes depende de los parámetros internos del sistema. Si dichas oscilaciones describen una figura cercana a la forma senoidal, la oscilación es llamada cuasilineal o cuasiarmónica. Sin embargo, cuando las características del sistema son fuertemente no lineales, el tipo de oscilación se torna más complicado. De acuerdo con Pikovsky (2003), hasta los años treinta del siglo anterior solamente se conocían sistemas oscilatorios periódicos, hoy en día los sistemas irregulares o también denominados caóticos son ampliamente conocidos.

Por otro lado, Connelly (1996) comenta que cuando se tiene un sistema complejo, la tendencia en la investigación es fragmentar el problema de estudio en diversos subtemas. Generalmente, estos estudios conducen al desarrollo de modelos econométricos que expresan relaciones lineales entre variables. Una vez obtenidos estos resultados parciales, el investigador pretende hacer inferencias sobre el resto del sistema integrándolo como un todo. Sin embargo, estos modelos están condicionados a supuestos restrictivos, cuando estas condiciones se relajan, los sistemas se transforman

en formas complejas que difícilmente se ajustan a comportamientos lineales. En este sentido, la nueva tendencia, en diversas áreas del conocimiento es el estudio de comportamientos complejos con trayectorias caóticas.

Trabajos como el de Charofas (1994) señalan que un mercado financiero no puede ser estudiado bajo dinámicas lineales debido a que en el comportamiento de los mercados financieros la distribución de probabilidad inherente no es constante en el tiempo (se presentan discontinuidades). Además, las variables financieras suelen exhibir grandes cambios a lo largo del tiempo. Para efectos de este trabajo de investigación se examina el comportamiento de los mercados financieros, los cuales exhiben trayectorias no lineales, y los rendimientos de los activos en US, la oferta monetaria, los créditos, las tasas de interés y la inflación son vistos como sistemas que exhiben un comportamiento caótico.

Es conveniente aclarar que otros estudios como los realizados por Scheinkman y LeBaron (1989), Hsieh (1991) y Takal (1996) ejemplifican los esfuerzos por probar la existencia de comportamientos caóticos en series de tiempo de carácter financiero. El primero de estos estudios encuentra evidencia de dependencia no lineal en los rendimientos del *Center for Research in Security Prices*. La segunda de las investigaciones encuentra evidencia de no linealidad en los rendimientos; sin embargo, esta última, no es concluyente para poder afirmar que esta falta de linealidad se deba a la naturaleza caótica de las series, sino que parece ser el resultado de la presencia de heteroscedasticidad condicional.

Otros trabajos argumentan la falta de linealidad en los sistemas financieros, tal como lo expresa Hsieh (1991, 1840). Los modelos lineales pueden generar sólo cuatro tipos de comportamientos: oscilatorio estable, oscilatorio explosivo, no oscilatorio y estable, no oscilatorio y explosivo. Por otro lado, los modelos no lineales pueden presentar muchos otros tipos de comportamiento; por ejemplo, en los mercados financieros se pueden evidenciar explosiones repentinas de volatilidad y, ocasionalmente, movimientos extremos.

3. Definición de sistema caótico

En 1987, James Gleick publica su libro denominado: *Caos la creación de una ciencia*, y es a partir de esta publicación que se han desarrollado un gran número de investigaciones que relacionan la temática del caos con diversas

disciplinas, entre ellas con las relacionadas a los mercados financieros y la economía. Pikovshy (2003: 137) en su definición de sistema caótico resalta la irregularidad o impredecibilidad de un sistema como característica esencial del sistema. En este sentido, el término caótico significa que el comportamiento de largo plazo de un sistema dinámico no puede ser predecible, incluso cuando no hubo fluctuaciones naturales en los parámetros o hubo influencia del ruido dentro el sistema.

De acuerdo con Connelly (1996) un sistema caótico es aquel que puede exhibir un amplio rango de comportamientos distintos caracterizados por combinaciones de orden y desorden y con la presencia de transiciones discontinuas. La dinámica de un sistema caótico tiene como característica esencial una fuerte sensibilidad a las perturbaciones o a las condiciones iniciales. De este modo, el resultado final estará determinado por las condiciones bajo las que fue desencadenado el sistema. Esto significa que si se coloca el mismo tipo de cuerpo en dos puntos de inicio iguales y se sigue la evolución, entonces se podrá observar que sus trayectorias eventualmente son divergentes. Esta característica de sensibilidad es lo que hace que la conducta de un sistema caótico sea prácticamente impredecible.

El acoplamiento entre osciladores caóticos permite su completa sincronización, contrario a la sincronización de fase, este tipo de sincronización puede ser observada en cualquier tipo de sistema caótico, no necesariamente autónomo. De hecho, este fenómeno no es cercano a la sincronización que ocurre en osciladores periódicas debido a que ésta no presenta el ajuste de los ritmos. Sincronización completa en éste sentido significa la supresión de diferencias en el acoplamiento de sistemas idénticos, sin embargo, este efecto puede ser descrito como completo o cerrado, y es cercano al concepto de simetría.

4. Tipos de sincronización en sistemas caóticos

Como se emocionó antes, la existencia de sincronización depende de la fuerza de acoplamiento entre las diversas variables involucradas. El sistema acoplado puede estar compuesto por dos subsistemas, uno de los cuales actúa como conductor del otro, cuando se tiene este comportamiento se dice que hay un sistema de esclavo-maestro. También se puede observar una influencia mutua entre dos subsistemas, y en este tipo de configuración se

dice que existe un acoplamiento bidireccional. Estos tipos de acoplamiento definen, los siguientes tipos de estados sincronizados.

- i) Sincronización completa: consiste en una perfecta unión de las trayectorias de dos o más sistemas.
- ii) Sincronización generalizada: ocurre cuando la salida de un sistema se asocia con la función de entrada de otro.
- iii) Sincronización de fase: si dos objetos oscilatorios se mueven en la misma dirección y de manera casi simultánea se dice que existe sincronización de fase entre ambos sistemas, incluso puede ocurrir aun cuando la correlación entre las amplitudes, de los respectivos sistemas, sea baja. Cuando el ajuste se da fuera del régimen de sincronización de fase, se dice que la sincronización de fase es imperfecta. Si los objetos oscilatorios se mueven en direcciones opuestas, se dice que existe sincronización en contrafase.

Otros tipos de sincronización se definen a continuación:

- iv) Sincronización de retardo: ocurre cuando se encuentran unidas las fases y las amplitudes de los sistemas, pero con un sistema con un tiempo de retardo.
- v) Sincronización de retardo intermitente: significa que existe la sincronización de fase, pero también se presentan periodos no sincronizados.

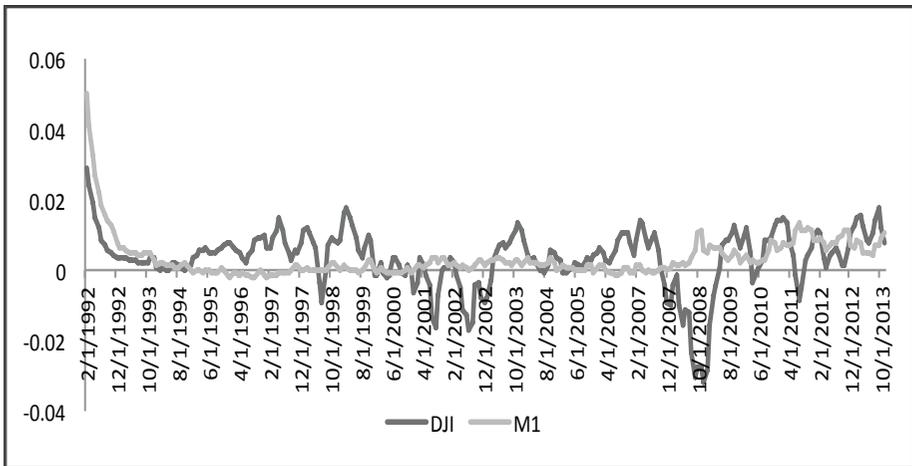
5. Evidencia empírica

Para efectos de este trabajo de investigación se utiliza la noción de trayectorias no lineales en el comportamiento de los rendimientos de un activo. Por lo tanto, se investigará sobre la sincronización entre las variables monetarias: oferta monetaria, nivel de préstamos, inflación y tasa de interés en relación con el comportamiento del índice Dow Jones industrial, el cual representa la formación de precios en el sector financiero. El periodo de estudio abarca de 1992 a 2013, en este lapso ocurrieron dos de las más recientes burbujas *dot-com* y *subprime*.

A continuación se presentan los resultados obtenidos por medio de la estimación de sincronización de fase. Las medidas de sincronización de fase buscan relaciones entre las fases de las señales analizadas, ignorando su amplitud. En términos generales se puede realizar el procedimiento iniciando

con la normalización de la serie y posteriormente se obtiene su derivada numérica. Para ello se probaron diferentes puntos de suavizado para observar de mejor manera la relación entre las series. En la gráfica 1 se muestran los resultados de la sincronización de fase entre la oferta monetaria y el índice Down Jones.

Gráfica 1
Sincronización entre DJI y M1

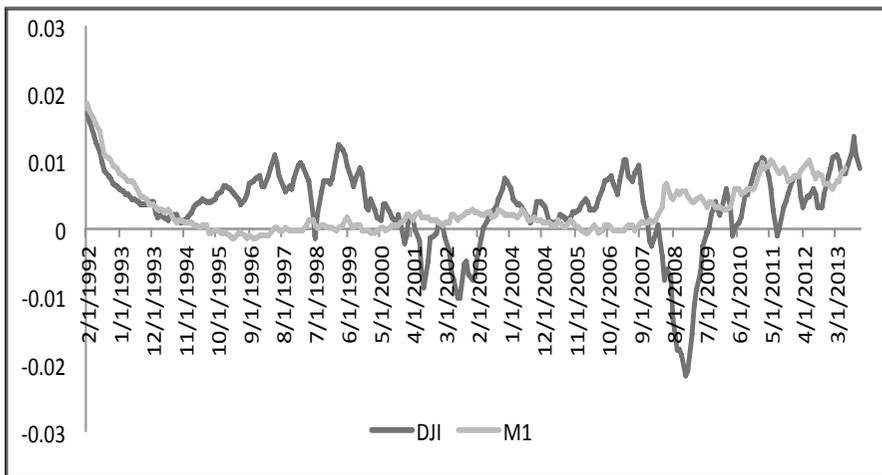


Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

En relación con los resultados obtenidos, entre los años 1992 a 1994 y para los años de 2010 a 2012, conviene mencionar que el primer periodo corresponde a la etapa de formación de la primera burbuja, sin embargo, para el segundo periodo que corresponde a una sincronización más evidente, no corresponde a un periodo donde esté presente la formación de una burbuja. En la gráfica 2 se hace un rezago de seis meses de la variable M1 para poder observar de mejor manera la sincronización entre las series mencionadas. Por la dinámica presentada se puede definir el comportamiento de la variable DJI como la variable maestra y la variable M1 como seguidora. En otras palabras, dependiendo del proceder del mercado financiero parece ser el que predetermina el comportamiento de la oferta monetaria para los periodos mencionados.

Para las variables precios y DJI, los resultados son similares a los obtenidos en la gráfica 2. Sin embargo, las fases de sincronización son aún menos evidentes. Sin embargo, se repite el periodo de acoplamiento de 1992 y 1993 periodo anterior a la primera burbuja *dot com* y un periodo breve de sincronización para el periodo posterior al estallido de la burbuja *subprime*, en 2008-2009, gráfica 3. En la gráfica 4 (ajustada) se modifica el intervalo de tiempo para poder observar de mejor manera las fases de sincronización.

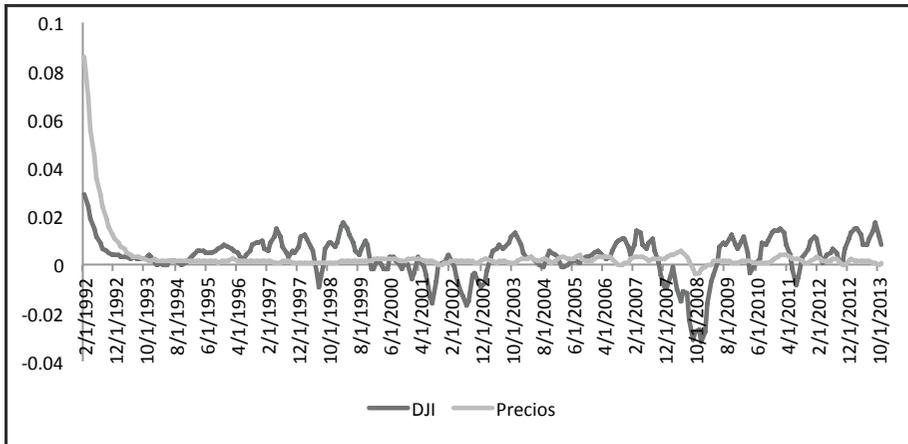
Gráfica 2
Sincronización entre DJI y M1 (rezago de seis meses)



Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

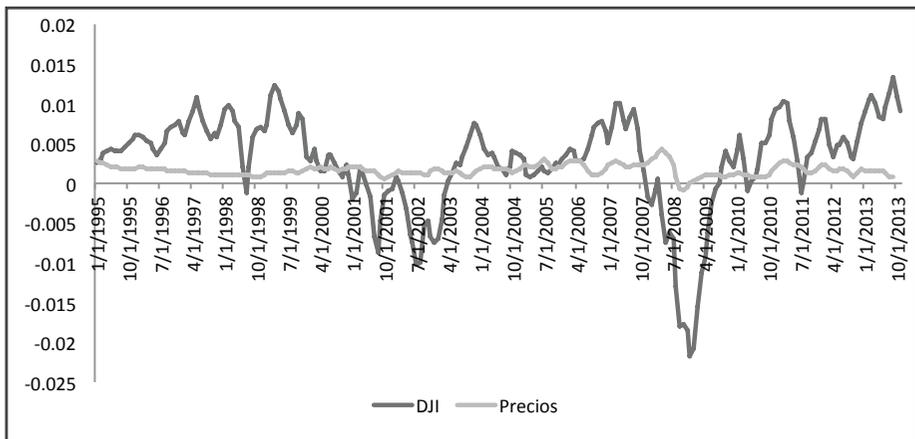
Es importante también destacar que para los periodos más álgidos de la burbuja, la sincronización entre las series se pierde, es decir, la variable monetaria no aporta información sobre la eficiencia o comportamiento del mercado. Ante la inexistencia de sincronización podemos afirmar, en este caso, que se trata de variables no conectadas.

Gráfica 3
Sincronización entre DJI y precios



Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

Gráfica 4
Sincronización entre DJI y precios (ajustada)

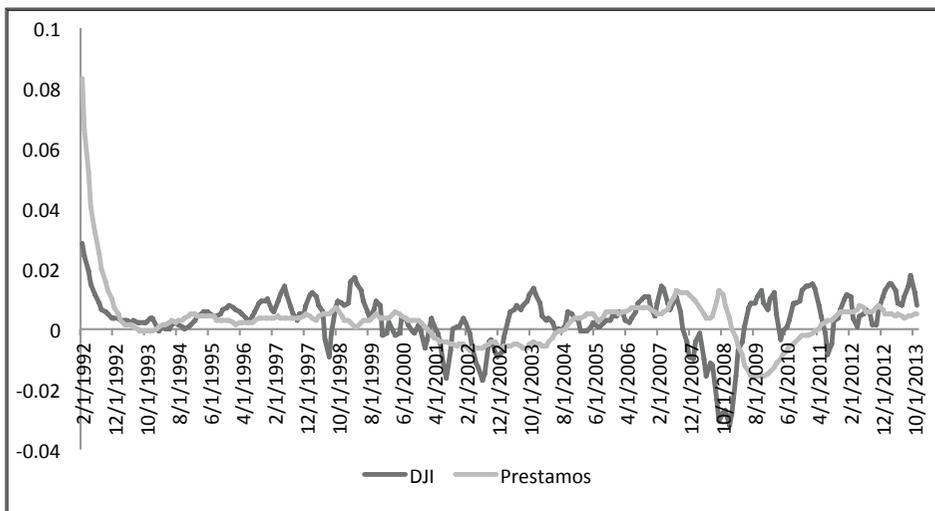


Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

De acuerdo con el patrón descrito en la gráfica 4, la variable DJI sigue apareciendo como la serie maestra, aunque ahora el rezago con la variable precios es mucho menor.

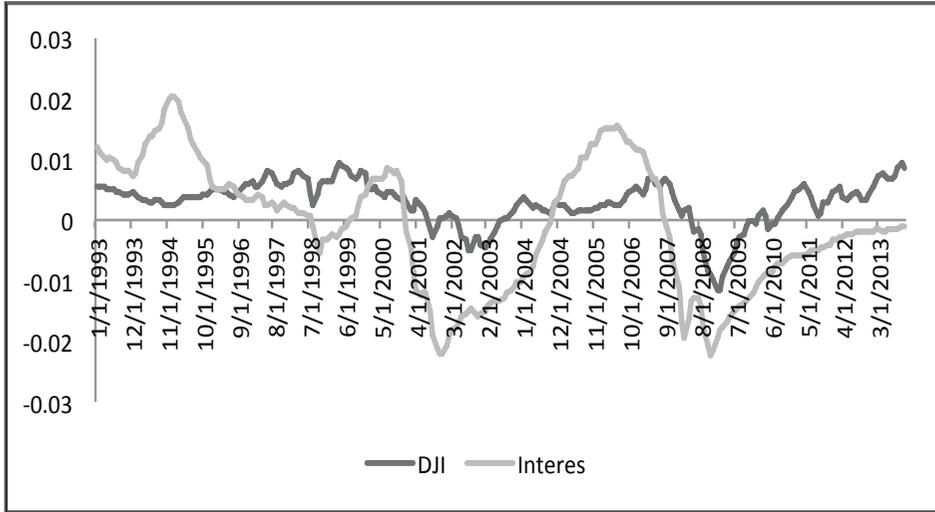
A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la sincronización entre las variables préstamos y DJI. En el gráfica 5 se presentan los valores obtenidos con un coeficiente de suavizamiento de 0.90 y es evidente la presencia de periodos de sincronización y desincronización, por lo que, para observar mejor los resultados, se incrementa el coeficiente de suavizamiento y se presentan los resultados en el gráfica 6. En este caso se observan de manera más clara los periodos de sincronización. Primeramente es importante remarcar la pérdida de sincronización para los periodos comprendidos entre 1993 y 1997 y entre 2003 y 2007. Estos resultados estarían demostrando la desconexión entre la variable préstamos y el comportamiento del mercado financiero. De igual forma la sincronización se recupera en los periodos posteriores al estallido de la burbuja. Después del rompimiento de la burbuja el público está alerta para analizar la información que proporcionan las variables financieras y las consideran para hacer la evaluación y la toma de decisiones.

Gráfica 5
Sincronización entre DJI y préstamos



Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

Gráfica 6
Sincronización entre DJI y préstamos (suavizado de .95% y sin rezago)

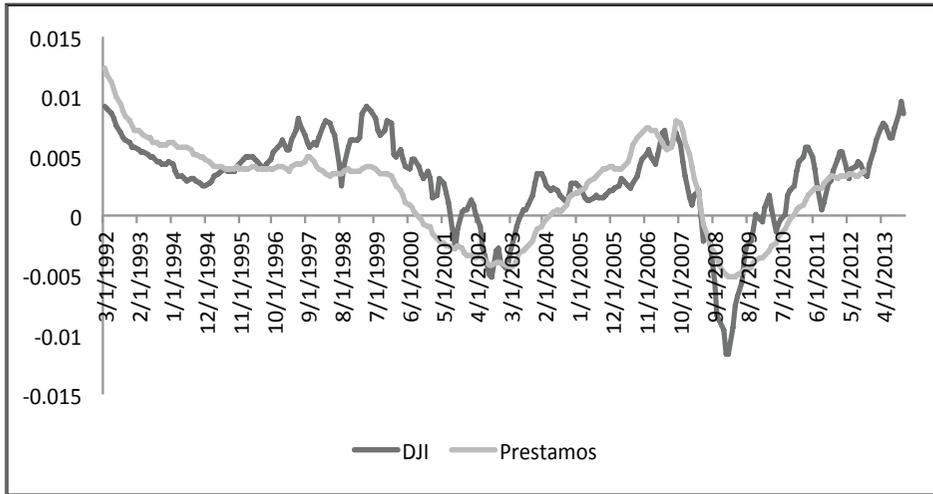


Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

Otra característica importante que hay que resaltar es que, a diferencia de las variables precios y oferta monetaria, ahora la variable préstamos se comporta como serie maestra y no como esclava como sucedía con las variables anteriores.

El gráfico 7 conduce a conclusiones muy importantes. Después de modificar el coeficiente de suavizamiento y rezagar la variable préstamos un año, se observa una mayor sincronización, aún en periodos de existencia de la burbuja, lo cual invita a pensar que el problema en la formación de expectativas es que la información se toma con un rezago demasiado amplio en periodos de euforia. Este hecho explicaría la falta de conexión entre variables.

Gráfica 7
Sincronización entre DJI y préstamos
(suavizado .95% y rezago 12 meses)

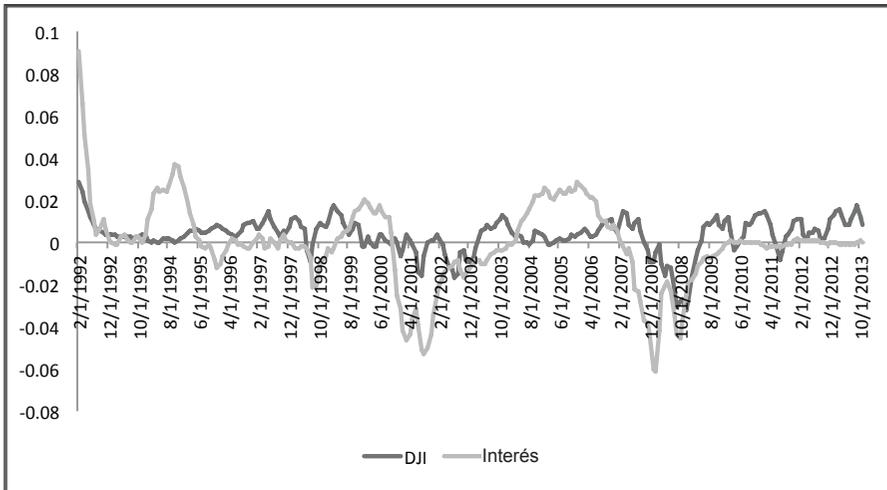


Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

Se consideran ahora los resultados obtenidos para la sincronización entre las variables tasa de interés y DJI, En la gráfica 6 se presentan los valores obtenidos con un coeficiente de suavizamiento de .90% los resultados son muy similares a los obtenidos con la variable préstamos. Para observar de mejor manera los resultados se incrementa el coeficiente de suavizamiento y se presentan los resultados en la gráfica 7. En esta gráfica se observan de igual manera los anteriores periodos de sincronización, para los periodos comprendidos entre 1993 y 1997 y entre 2002 y 2007. Nuevamente se puede afirmar que estos resultados son completamente consistentes al señalar la pérdida o la desconexión entre la variable préstamos y el comportamiento del mercado financiero.

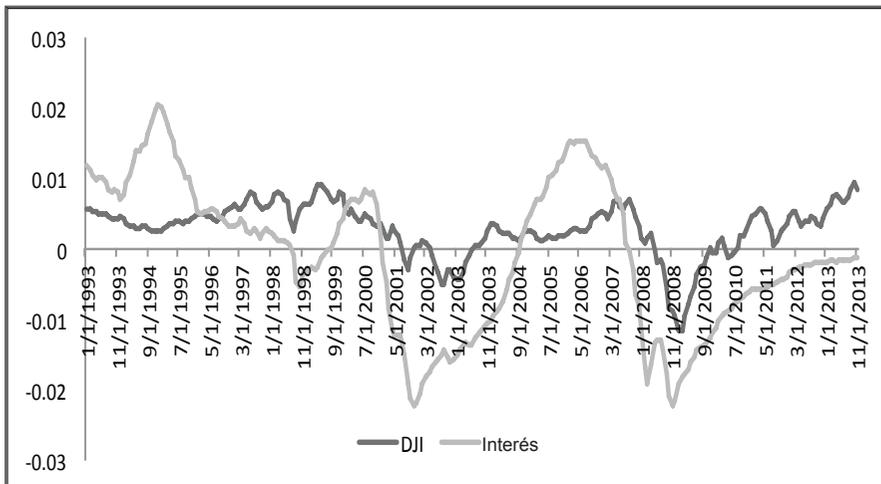
A diferencia de la variable préstamos, la sincronización se recupera en el periodo posterior al estallido de la burbuja *subprime*, pero no ocurre así en el caso de la burbuja *dot com*; véanse, al respecto, las gráficas 8 y 9. La gráfica 9 fue realizada con un coeficiente de suavización de 0.95%.

Gráfica 8
Sincronización entre DJI y tasa de interés



Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

Gráfica 9
Sincronización entre DJI y tasa de interés
(suavizado de .95%)



Fuente: elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis, Excel.

Es notorio que después de la segunda burbuja del periodo, la variable tasa de interés mantiene una fuerte conexión con la variable DJI, por lo que podemos afirmar que a pesar de los bajos niveles en las tasas de interés, el público considera como importante la evolución de esta variable con relación a la formación de expectativas.

5. Conclusiones

Al tratar las variables de estudio como sistemas caóticos se encontró evidencia empírica de sincronización entre las variables monetarias y el comportamiento del mercado financiero. Conforme a los resultados obtenidos, se pueden derivar las siguientes conclusiones. Las variables precios y oferta monetaria exhiben un comportamiento de series esclavas y el mercado financiero de serie maestra, lo cual permite interpretar que el mercado financiero predetermina el comportamiento de la oferta monetaria y los precios.

En cuanto a préstamos y el comportamiento del mercado financiero, los resultados también indican que estas variables aparecen como desconectadas o sin vínculo durante la mayor parte del periodo excepto para los lapsos de formación de ambas burbujas estudiadas.

Con respecto a los resultados obtenidos para la variable préstamos y tasas de interés, las variables aparecen desconectadas o sin sincronización en los periodos de formación de las burbujas y se conectan nuevamente en los periodos posteriores al estallido de las mismas. Este resultado es consistente pues al momento de formación de la burbuja el público no obedece las señales de mercado sino que, por el contrario, se deja llevar por el cúmulo de expectativas vigentes.

Por último, una conclusión importante adicional es el hecho que al rezagar las variables la sincronización se hace más fuerte en periodos de burbuja y sin burbuja por lo que al parecer las variables monetarias interés y préstamos si aportan información al proceso de valoración de activos, pero en periodos de euforia proceso se lleva a cabo con demasiado rezago provocando la aparición de las burbujas especulativas.

Referencias

- Barco H. y E. Rojas (1996). *Física General para estudiantes de ingeniería. Oscilaciones –Movimiento ondulatorio Termología– Electricidad*. Universidad Nacional de Colombia. Manizales.
- Bordo M. D. y L. J. Landon (2013). “Does expansionary monetary policy cause asset price booms; some historical and empirical evidence”. National Bureau of Economic Research October 2013, *Working Paper*, 19585. Disponible en <http://www.nber.org/papers/w19585>.
- Borio C. y P. Lowe (2002). “Asset prices, financial and monetary stability: exploring the nexus. BIS”, *working Papers*, No. 114, July, pp. 125-143.
- Connelly, T. J. (1996). “Chaos theory and the financial markets”. *Journal of Financial Planning*, vol. 9, No. 6, pp. 26-32.
- Detken, C. y F. Smets (2004). “Asset price booms and monetary policy”. European Central Bank, *Working paper series* No. 364 May (2004). Retrieved from <http://www.ecb.int>.
- Fridson, M. S. (1994). *Chaos theory in the financial markets: Applying fractals, Charlottesville: CFA Institute*, pp. 210-255.
- Galí, J. (2013). “Monetary policy and rational asset price bubbles. National bureau of economic research”, *Working Paper* 18806, February 2013. <http://www.nber.org/papers/w18806>.
- Gilchrist S. y M. Saito (2006). “Expectations, asset prices, and monetary policy: the role of learning. National bureau of economic research”, *Working Paper* 12442 August 2006. <http://www.nber.org/papers/w12442>.
- Granger, C, E. Maasoumi y J. Racine (2002). “A Dependence Metric for Possibly Nonlinear Processes”, *UCSD Working Paper*.
- Greenspan, A. (2004). “Innovations and Issues in Monetary Policy: The Last Fifteen Years Risk and Uncertainty in Monetary Policy”. *American Economic Review*, vol. 94, No. 2, pp. 33-40.
- Hsieh, D. A. (1991). “Chaos and nonlinear dynamics: application to financial markets”. *The journal of finance*, vol. 46, No. 5, pp. 1839-1877.
- Hirata H., M. K. A. Kose, C. Otrok, y M. E. Terrones (2013). “Global House Price Fluctuations: Synchronization and Determinants”. *IMF Working Paper* February.
- Lawrence, C.; C. L. Ilut, R. M. Motto, y M. Rostagno (2010). “Monetary policy and stock market booms. National bureau of economic research”, *Working Paper* 16402. September, 2010. Disponible en <http://www.nber.org/papers/w16402>.

- Mishkin, F. S. (2011). "How Should Central Banks Respond to Asset-Price Bubbles? The 'Lean' versus 'Clean' Debate After the GFC Reserve Bank of Australia", *Journal RBA Bulletin*, junio, 2011.
- Pikovsky, A.; M. Rosenblum, M. y J. Kurths (2003). *Synchronization: a universal concept in nonlinear sciences*, vol. 12. Cambridge University Press.
- Ramírez, F. (2007). *Motores Brownianos: Transporte, Caos y Sincronización*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Scheinkman, J. A. y LeBaron, B. (1989). "Nonlinear dynamics and stock returns". *Journal of Business*, vol. 63, No. 3, pp. 311-337.
- Takala, K., y Virén, M. (1996). "Chaos and nonlinear dynamics in financial and non-financial time series: Evidence from Finland". *European Journal of Operational Research*, vol. 93, No. 1, pp. 155-172.
- Trichet, J. y C. Claud (2005). "Asset price bubbles and monetary policy". Speech by President of the ECB. 8 June 2005, Singapore.
- Uribe, J. y J. Fernández (2014). "Burbujas financieras y comportamiento reciente de los mercados de acciones en América Latina". *Lecturas de Economía*, vol. 81, pp. 57-90.