



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

---

**ESCUELA SUPERIOR DE ECONOMÍA**  
**SECCIÓN DE ESTUDOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**ANÁLISIS NO LINEAL DEL EFECTO DE LA POLÍTICA MONETARIA  
SOBRE LA FORMACIÓN DE BURBUJAS ESPECULATIVAS.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS ECONÓMICAS  
(ECONOMÍA FINANCIERA)**

**PRESENTA:**

**ANGÉLICA ALONSO RIVERA**



**MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO**

**OCTUBRE DE 2016**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 10:00 horas del día 20 del mes de octubre del año 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la SEPI ESE-IPN para examinar la tesis titulada:

**Análisis no lineal del efecto de la política monetaria sobre la formación de burbujas especulativas.**

Presentada por la alumna:

**Alonso**  
Apellido paterno

**Rivera**  
Apellido materno

**Angélica**  
Nombre(s)

Con registro: 

A	1	3	0	0	9	3
---	---	---	---	---	---	---

Candidato al Grado de:

### Doctor en Ciencias Económicas

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

  
Dr. Salvador Cruz Aké

  
Dr. Francisco Venegas Martinez

  
Dr. Omar Neme Castillo

  
Dr. Francisco Ortiz Arango

  
Dr. Gerardo Angeles Castro



S.E.P.  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
E.S.E.  
REGION DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACION

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

  
Dr. Adrian Hernández Del Valle



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la Ciudad de México, el día 20 del mes de octubre del año 2016, la que suscribe Angélica Alonso Rivera alumna del Programa de Doctorado en Ciencias Económicas, con número de registro A130093, adscrita a la SEPI ESE-IPN, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Salvador Cruz Aké y del Dr. Francisco Venegas Martínez y cede los derechos del trabajo titulado ANÁLISIS NO LINEAL DEL EFECTO DE LA POLÍTICA MONETARIA SOBRE LA FORMACIÓN DE BURBUJAS ESPECULATIVAS, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección Oriente 2430 #293, Colonia Agrícola Oriental, Delegación Iztacalco, Ciudad de México, (C.P. 08500). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

D EN C. (C) ANGÉLICA ALONSO RIVERA

Nombre y firma del alumno(a)

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS, Y TABLAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>VII</b>
<b>CAPÍTULO 1. POLÍTICA MONETARIA, Y TEORÍA DE LA FRAGILIDAD FINANCIERA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Las burbujas especulativas y su relación con la política monetaria.....	1
1.1.1. Definición de burbuja .....	1
1.2. Episodios históricos de las burbujas y su relación con la política monetaria. ....	2
1.3. Mecanismos de transmisión de la política monetaria .....	4
1.3.1. Canal de tasas de interés.....	6
1.3.2. Canal del tipo de cambio.....	7
1.3.3. Canal del precio de otros activos .....	8
1.3.4. Canal de expectativas.....	12
1.3.5. Canal de crédito .....	13
1.3.5.1. Canal de crédito bancario en sentido estricto. ....	13
1.3.5.2. Canal de crédito en sentido amplio .....	13
1.4. Diversos enfoques teóricos respecto a la política monetaria y su vínculo con la formación de las burbujas especulativas.....	14
1.4.1. Teoría cuantitativa del dinero.....	14
1.4.2. Teoría monetaria post keynesiana.....	17
1.4.2.1. Teoría del circuito.....	17
1.4.2.2. La visión post-keynesiana horizontalista y estructuralista.....	18
1.5. Hipótesis de la fragilidad financiera .....	21
1.6. Expectativas racionales .....	24
1.7. El papel de la banca central .....	27
<b>CAPÍTULO 2. EFICIENCIA EN LOS MERCADOS FINANCIEROS Y ENTROPÍA.....</b>	<b>30</b>
2.1. Eficiencia en los mercados financieros .....	30

2.2.	Definición de entropía.....	31
2.3.	Propiedades básicas de la entropía.....	34
2.4.	Coeficiente de información mutua .....	35
2.5.	Información mutua como medida de dependencia.....	38
<b>CAPÍTULO 3. EVIDENCIA EMPÍRICA.....</b>		<b>41</b>
3.1.	Descripción de la política monetaria para EUA 1992-2014 .....	41
3.2.	Resultados del coeficiente de información.....	45
3.3.	La formación de precios en el sector inmobiliario y su efecto sobre la transmisión de la política monetaria.....	51
3.3.1.	Determinantes de los precios inmobiliarios.....	53
3.3.1.1.	Desregulación .....	53
3.3.1.2.	Expectativas .....	53
3.4.	Política monetaria y su relación con el sector inmobiliario .....	54
3.5.	Evolución de los precios residenciales en EUA .....	56
3.6.	Coeficiente de información mutua .....	57
<b>CAPÍTULO 4. SINCRONIZACIÓN DE LA POLÍTICA MONETARIA Y LA FORMACIÓN DE BURBUJAS ESPECULATIVAS .....</b>		<b>65</b>
4.1.	Definición de sincronización. ....	65
4.2.	Definición sistema caóticos.....	69
4.2.1.	Tipos de sincronización en sistemas caóticos.....	72
4.3.	Evidencia empírica. ....	73
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>89</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS.

Figura 1.1. Canales de transmisión de la política monetaria. ....	2
Figura 3.1. Evolución del Índice Shiller.....	2
Figura 4.1. Características de la sincronización.....	41
Gráfico 3.1. Evolución de las variables monetarias 1992-2013. ....	42
Gráfico 3.2. Coeficiente de información mutua para préstamos, y mercado financiero.....	45
Gráfico 3.3 Coeficiente de información mutua para créditos, y mercado financiero.....	46
Gráfico 3.4. Coeficiente de información mutua, M1 y mercado financiero. ....	48
Gráfico 3.5. Coeficiente de información mutua, inflación y mercado financiero .....	49
Gráfico 3.6. Coeficiente de información mutua. (Índice Shiller y M1).....	60
Gráfico 3.7. Coeficiente de información mutua. (Índice Shiller y préstamos) .....	61
Gráfico 3.8. Coeficiente de información mutua. (Índice Shiller y tasa de interés).....	62
Gráfico 4.1. Sincronización entre DJI y M1.....	74
Gráfico 4.2. Sincronización entre DJI y precios .....	74
Gráfico 4.3. Sincronización entre DJI y precios .....	76
Gráfico 4.4. Sincronización entre DJI y precios (ajustada) .....	76
Gráfico 4.5. Sincronización entre DJI y préstamos.....	78
Gráfico 4.6. Sincronización entre DJI y préstamos (suavizado de 0.95).....	78
Gráfico 4.7 Sincronización entre DJI y préstamos (suavizado de .95 y rezago). ....	79
Gráfico 4.8. Sincronización entre DJI y tasa de interés .....	81
Gráfico 4.9. Sincronización entre DJI y tasa de Interés (suavizado de .95).....	81
Tabla 3.1. Coeficiente de correlación y covarianza .....	58
Tabla 3.2. Coeficiente de información mutua.....	59

## RESUMEN

Es notable la tendencia actual a considerar las relaciones entre variables de naturaleza económica y financiera, entre muchas otras áreas del conocimiento, como sistemas no lineales. Diversos autores hacen conciencia de las desventajas, limitaciones y errores al momento de construir modelos de características lineales, ya que estos están condicionados a supuestos restrictivos y cuando tales condiciones se relajan, los sistemas se transforman en formas complejas que difícilmente se ajustan a un comportamiento lineal.

Bajo esta perspectiva, 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, que se lleva a cabo en los mercados financieros. Sin embargo, se propone estudiar este sistema como estructuras complejas cuyo comportamiento suele acercarse más a la definición de un sistema caótico que a un sistema lineal.

Como herramientas de análisis se desarrollan el coeficiente de información mutua y la sincronización, bajo ambas metodologías se estudia la interacción entre las variables de política monetaria y la formación de burbujas especulativas en el precio 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 este fenómeno no sea fácil de implementar.

## **ABSTRACT**

Is remarkable, the current trend to consider the relationships between variables of economic and financial nature, among many other areas of knowledge, such as nonlinear systems. Various authors aware of the disadvantages, limitations and errors when building models of linear features, because these are conditioned by restrictive conditions and when assumptions are relaxed systems become complex forms that are difficult to fit a linear behavior.

In this perspective, this paper analyzes the different mechanisms by which the implementation of monetary policy generates and transmits inefficiencies on asset valuation process, which takes place in financial markets. However, we propose to study this system as complex structures whose behavior is closer to the definition of a chaotic system to a linear system.

Analysis tools used are the coefficient of mutual information and synchronization, under both methods the interaction between monetary policy variables and the formation of speculative bubbles in the price of financial assets is studied. The results show conclusively that there is a strong relationship between the variables and the dynamics of transmission is time-variant, which makes prevention and treatment of this phenomenon is not easy to implement.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas, el mundo se ha visto impactado por la presencia de burbujas especulativas en el precio de los activos financieros, solo por mencionar algunos casos se pueden citar la burbuja *kamikaze* generada en el sector de bienes raíces de Japón y que llegaría a estallar en 1990; la burbuja *dot com*, ocurrida hacia finales de la década de los noventa la cual generó una oleada especulativa respecto a todos aquellos activos relacionados con las nuevas tecnologías; y por supuesto, no se puede omitir, la burbuja *subprime*, que explotó en 2008, y que tuvo su gestación dentro del sector inmobiliario de los Estados Unidos. Este evento habría de convertirse en un corto periodo en un problema que dejó secuelas en casi todo el mundo, convirtiéndose en la mayor crisis financiera después de la Gran Depresión.

Ante la presencia recurrente de tales fenómenos y de los altos costos económicos que provocan, diversos estudios empíricos han centrado la atención en entender el proceso de gestación de las mismas, los más recientes, señalan diversas relaciones y mecanismos de transmisión, entre la política monetaria y el crecimiento explosivo en el precio de los activos financieros. Borio (2002), Greenspan (2004), Detken (2004), Trichet (2005), Gilchrist (2006), Christiano (2010), Mishkin (2011) Bordo (2013), Galí (2013).

En la actualidad, el manejo de la política monetaria, en la mayoría de los países, ha centrado su atención en procurar la estabilidad de precios, se puede afirmar, que la meta ha sido alcanzada con éxito, sin embargo, sus efectos y repercusiones han trascendido más allá de los propios objetivos propuestos por las autoridades monetarias. Greenspan (2004) señalaba que el paradójico resultado, del exitoso manejo de los precios en EUA, fue que la política aplicada contribuyó de manera notable sobre la formación de la burbuja hacia finales de la década de los noventa.

Jean-Claude Trichet, presidente del Banco Central Europeo (ECB), señalaba en 2005, que el tema de las burbujas especulativas en el precio de los activos financieros y la política monetaria se considera como uno de los retos más difíciles de enfrentar por parte de los bancos centrales en los inicios del siglo XXI. El discurso es concluyente cuando afirma que se observa una coincidencia entre baja inflación y altos precios de los activos, a la cual los economistas del Banco de Pagos Internacionales, han recientemente denominado la paradoja de la credibilidad del banco central.

Es evidente que la relación entre política monetaria y burbujas en los precios de los activos, no ha pasado desapercibida ni en el ámbito académico ni entre las autoridades encargadas del diseño y control de los lineamientos monetarios, conviene entonces preguntarse sobre la posibilidad real de modificar las directrices en función de corregir este problema, los posibles costos de esta acción y si esto puede ser posible de lograr manteniendo el esquema de estabilidad de precios. Desafortunadamente, y, aún después de los efectos devastadores ocasionados por la burbuja hipotecaria estadounidense a finales de 2008, no se tienen respuestas exactas para estas interrogantes.

Por tal motivo, el presente trabajo pretende analizar los diferentes mecanismos por los cuales la implementación de la política monetaria genera y transmite ineficiencias sobre el proceso de valoración de activos que se lleva a cabo en los mercados financieros.

En el primer capítulo, se analiza desde el punto de vista teórico, la relación entre política monetaria y formación de burbujas especulativas, como se podrá observar más adelante los canales o vías de trasmisión por los cuales la política monetaria tiene influencia sobre los precios de los activos en los mercados financieros, son de muy diversas características y con una temporalidad muy distinta, por lo tanto los

análisis lineales como los de tipo econométrico, basados en el supuesto de normalidad, no pueden captar todo el efecto entre variables.

En virtud de la no linealidad sugerida anteriormente, en la segunda parte de este documento se describe la metodología con la que se pretende evaluar la eficiencia de los mercados financieros, esta técnica es denominada como entropía mutua, la cual es un instrumento analítico, que forma parte de un novedoso campo de investigación científica conocido como econofísica, esta disciplina, es utilizada para el estudio de procesos estocásticos y de dinámica no lineal. Estudios recientes han utilizado diferentes variantes del concepto de entropía como un esfuerzo para hacer mensurable la eficiencia en los mercados que componen el ámbito financiero. Pincus(1991), Ludwing (2005), Wang (2012), Alvarez (2012).

Sin embargo, la aplicación directa del análisis de entropía con el tema de burbujas es un campo poco explorado, Risso (2008), aplica el concepto de entropía de Shannon para medir la evolución del valor de la entropía, en el comportamiento de mercado inmobiliario estadounidense, sus resultados concluyen que la entropía define a la perfección el ciclo evolutivo de la burbuja hipotecaria.

Por tal motivo este artículo propone la medición de la entropía mutua, como una metodología alternativa, que permita observar y hacer mensurable la eficiencia con que responden los mercados financieros ante la implementación de la política monetaria. En este sentido, se propone una medida de carácter prudencial que permite dotar a los agentes involucrados de la mayor cantidad posible de información que les permita detectar en etapas tempranas la formación de una burbuja, partiendo de la premisa de que la información hace eficiente a los mercados.

El presente trabajo está estructurado en cuatro capítulos, en el primero se abordan las teorías y mecanismos de transmisión monetaria mediante los cuales se explica la formación de burbujas especulativas.

El capítulo dos, hace una descripción del coeficiente de información mutua para entender su naturaleza y sus ventajas analíticas. En el tercer apartado, se presentan los resultados de la aplicación empírica del coeficiente de información mutua entre el Índice Down Jones y las variables monetarias precios, oferta monetaria, tasas de interés y préstamos. El capítulo 4 se enfoca a describir la sincronización en los rendimientos de los mercados financieros, con las variables monetarias antes mencionadas, finalmente se presentan las conclusiones.

# **CAPÍTULO 1. POLÍTICA MONETARIA, Y TEORÍA DE LA FRAGILIDAD FINANCIERA**

## **1.1. Las burbujas especulativas y su relación con la política monetaria.**

### **1.1.1. Definición de burbuja.**

A pesar de que el fenómeno denominado burbuja especulativa tiene antecedentes que datan desde el siglo XVII, no existe en la actualidad una definición que no sea tan ambigua y controversial. Se puede mencionar por ejemplo la conceptualización de Shiller y Case (2004), quienes hacen referencia a una burbuja especulativa, en su uso más amplio, como una situación en la que la excesiva expectativa del público sobre el incremento futuro de los precios de los activos causa el aumento temporal de los mismos.

Adam y Szafarz (1992) definen el comportamiento típico de una burbuja como una posibilidad abierta dentro del análisis de las expectativas racionales; para estos autores, entre los modelos de expectativas racionales, puede tener lugar una desviación “racional” del precio de un activo respecto de sus valores fundamentales (definidos como el valor descontado de los futuros dividendos) y esa desviación puede ser denominada burbuja, la cual refleja las modas del mercado y las profecías autocumplidas.

La definición de una burbuja especulativa, implica una dificultad adicional al distinguir, de acuerdo con Le Roy (2004) dos categorías: racional e irracional. En términos muy generales, una burbuja racional hace referencia a un crecimiento que va acorde a la evolución de las tasas de interés. El calificativo de irracionalidad es identificado con la existencia de agentes que comercian los activos por razones que no pueden ser modeladas, estos agentes son denominados “*noise traders*”. Este

último grupo, no tiene un comportamiento que pueda ser calificado como racional y son los que tienden a exacerbar los ánimos en el público inversionista.

Como se puede observar no existe un consenso al momento de conceptualizar una burbuja, respecto a si la ocurrencia de este fenómeno obedece a factores que se desprenden de la racionalidad o irracionalidad del comportamiento de los agentes económicos, por ello identificar la existencia de una burbuja especulativa es una tarea complicada aún con todo el desarrollo del análisis financiero de la actualidad.

En la siguiente sección se hace una breve revisión de algunos episodios históricos, tratando de ofrecer un panorama general de la coyuntura económica en la que ocurrió cada uno de ellos.

## **1.2. Episodios históricos de las burbujas y su relación con la política monetaria.**

La ocurrencia histórica de burbujas financieras tiene antecedentes muy antiguos, como lo describe Duran (2010) la primera burbuja moderna fue evidenciada en 1637, periodo en el que el precio de la flor del tulipán llegó a niveles exorbitantes. El siglo XX ha sido testigo de la ocurrencia de diversos acontecimientos que se han descrito como burbujas, y antes de terminar la primera década del siglo XXI tuvo lugar una de las mayores crisis mundiales producto de la denominada burbuja hipotecaria gestada en EUA. A continuación se presenta una descripción general de los principales sucesos de este periodo.

En la primera mitad de la década de los ochentas, Estados Unidos comenzó a presentar un marcado déficit en cuenta corriente, generado por la apreciación del dólar, por lo que las autoridades responden implementando, a partir de 1984, una política monetaria expansiva, tratando de realinear la moneda, en este contexto se generó una disminución importante de las tasas de interés inundando, en

consecuencia, al mercado de liquidez. Aunado al aumento de liquidez, convergieron otros factores importantes que contribuyeron a elevar los precios de las acciones: i) las innovaciones financieras (aparición de los bonos basura, las adquisiciones apalancadas LBOs y las operaciones programadas por ordenadores, *trading* programado), ii) la disminución de los precios internacionales del petróleo, y iii) la devaluación del dólar que incrementó las inversiones extranjeras directas. Todos estos aspectos incidieron sobre la expectativa de riqueza entre el público, permitiendo la formación de una burbuja especulativa que estallaría en 1987. (Para más detalle véase Durán, 2010)

Después de ser fuertemente golpeado por el derrumbe de 1987, Japón aplica una política monetaria laxa con el objetivo de estimular la demanda agregada, la abundancia de liquidez y las bajas tasas de interés resultantes favorecieron que las instituciones financieras otorgaran amplias facilidades para conseguir préstamos. Este contexto favoreció tanto a consumidores como al sector empresarial, la consecuencia, fue en incremento en la demanda de bienes y servicios la cual se inclinó considerablemente hacia bienes de tipo inmobiliario, propiciando el incremento acelerado en sus precios, en un país que ha tenido históricamente altos precios en este sector. Gracias al aumento en el precio de los bienes inmobiliarios que las empresas poseían, crecía su valor patrimonial lo que aumentaba su cotización bursátil, la tierra y las acciones se convirtieron en la base del frenesí especulativo. El resultado fue la formación de una enorme burbuja denominada burbuja Kamikaze, que se generaría sobretodo en el sector de bienes raíces y que reventaría a principios de 1990.

La revolución en las tecnologías de la información, ocurrida hacia fines de la década de los noventas, generó una oleada especulativa respecto a todos aquellos activos relacionados con las nuevas tecnologías, dando paso a la burbuja conocida bajo el nombre de *Dot Com*. Entre 1990 y 1995 la tasa de crecimiento en el precio de las acciones se incrementó 10.4% al año y de la segunda mitad de 1995 a mediados del año 2000, esta tasa fue de 21.2%. Igual que en los episodios anteriores estuvo

presente el relajamiento de la política monetaria, bajas tasas de interés que buscaba incentivar la demanda agregada y un fuerte déficit fiscal producto del costo de las guerras en Afganistán e Iraq durante la administración de Bush. (Véase Kraay y Ventura, 2005).

La burbuja hipotecaria o crisis *subprime* ocurrida en Estados Unidos en el 2008 surge como resultado, de acuerdo con Villegas (2010), de una serie de errores en la conducción de la política económica: el énfasis por parte de la Reserva Federal, durante la década de los noventas, en el control de la inflación, dejando pasar sin mayor importancia el desarrollo de otras variables clave como la expansión del crédito interno o de la oferta monetaria, la evolución de los precios de los activos y la evolución del déficit comercial con el exterior.

Las experiencias presentadas, hacen evidente que las expectativas juegan un papel principal dentro de la determinación de los precios de los activos, sin embargo, respecto a los posibles factores que afectan tales expectativas, existe una gama innumerable de posibles respuestas. Sin lugar a dudas se conjugan desde fenómenos microeconómicos, macroeconómicos, y otros eventos coyunturales de carácter interno y externo. Estudios actuales señalan la conducción de la política monetaria y su efecto sobre la evolución del ciclo económico, como un elemento clave en la formación de burbujas especulativas. A continuación, se describe el efecto de la política monetaria sobre el sector real y financiero dentro de una economía.

### **1.3. Mecanismos de trasmisión de la política monetaria.**

Actualmente, ha quedado claro tanto en círculos académicos como entre las autoridades monetarias alrededor del mundo, que el manejo exitoso de la política monetaria ha tenido contribuciones importantes para alcanzar un crecimiento económico estable y sostenido, sin embargo, derivado de las mismas políticas, se han generado efectos colaterales negativos, en específico sobre el desempeño de

los mercados financieros. Tal como lo señala Greenspan (2004) entre los resultados obtenidos por el manejo de la política de precios en EUA, se puede señalar, que paradójicamente, contribuyó de manera notable sobre la formación de la burbuja hacia finales de la década de los noventas. Estudios recientes, confirman la visión de Greenspan y coinciden en señalar la existencia de una relación causal entre el manejo de la política monetaria y la formación de burbujas especulativas, en este sentido es importante describir los distintos mecanismos de transmisión por medio de los cuales la política monetaria transmite sus efectos sobre el proceso de valoración de activos financieros.

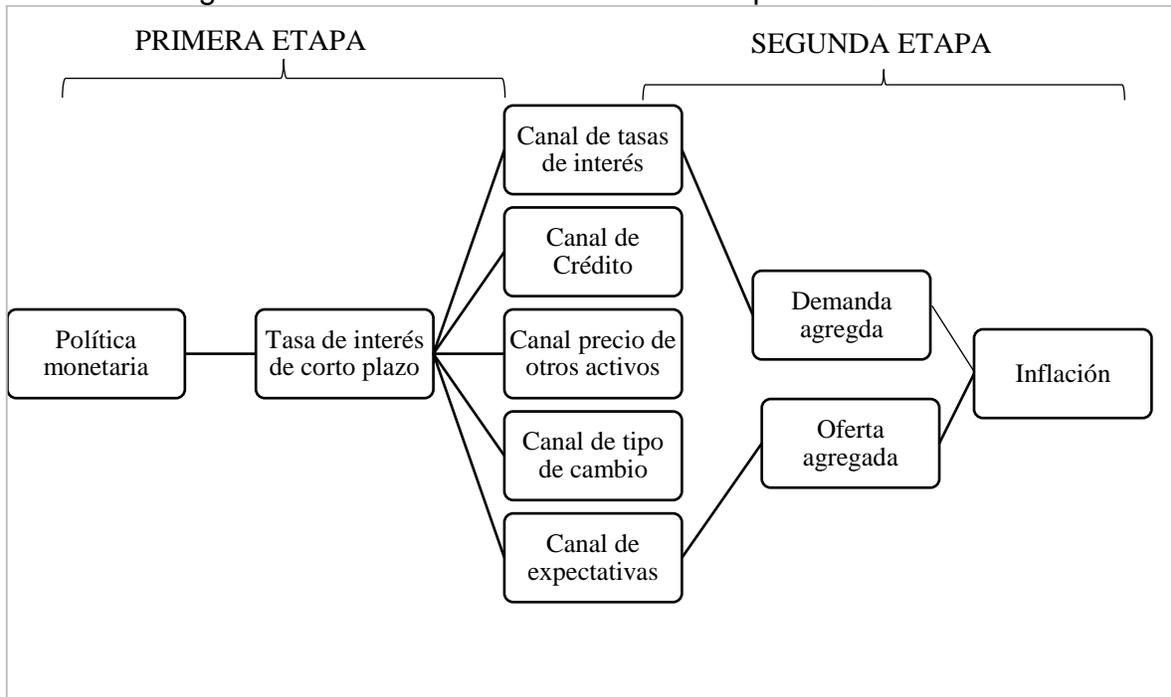
Ireland (2005) describe los mecanismos de transmisión monetaria como la forma en que las variaciones en los distintos instrumentos monetarios, afectan a variables reales tales como la producción y el empleo. Este mismo autor identifica que el efecto final sobre las variables reales ocurre por medio de los siguientes canales: tasas de interés, tipos de cambio, cotización de las acciones, precios de los bienes raíces, préstamos bancarios y los balances de las empresas.

Banco de México, define cinco distintos canales por medio de los cuales se irradia el efecto de las variaciones en el nivel del circulante sobre la demanda agregada y el nivel de precios, es importante destacar que los efectos finales, estarán en función del momento coyuntural que vive la economía y la conjunción de otras políticas públicas como la fiscal, el sector externo, etc. La política monetaria, de acuerdo con Banxico, es el conjunto de medidas aplicadas para influir sobre las tasas de interés y las expectativas inflacionarias del público, a fin de que la evolución de los precios sea congruente con el objetivo de mantener un entorno de inflación baja, reducción del desempleo, logro de mayores tasas de crecimiento y mejora de la balanza de pagos.

En términos generales, la conducción de la política monetaria tiene dos momentos:

- i) El primero donde se determinan las condiciones de liquidez, demandadas por la economía.
- ii) El mecanismo de transmisión, el cual habrá de modificar las condiciones de oferta y demanda agregadas y finalmente el nivel de precios.

Figura 1.1. Canales de transmisión de la política monetaria.



Fuente: Banco de México.

### 1.3.1. Canal de tasas de interés.

Ireland (2005) describe los efectos de las tasas de interés sobre la economía real, el mecanismo se explica desde un marco teórico keynesiano de precios fijos, en este contexto las variaciones nominales en las tasas de interés de corto plazo se traducen en variaciones de las tasas reales de interés en el largo plazo. Consumidores y empresas responden a la expectativa de alza en las tasas de interés disminuyendo sus niveles de consumo e inversión.

Por otra parte, el sector financiero de la economía también se ve afectado debido a que los individuos y las familias, dividen su riqueza entre bonos (y otros activos que devengan interés) y dinero, la forma en que distribuyan sus inversiones, suponiendo los demás factores constantes, está determinada por las tasas de interés. Los incrementos en las tasas de interés provocan dos efectos, por un lado, las personas demandan una cantidad de dinero menor y por otro lado, el precio de los bonos disminuye<sup>1</sup>, en esta situación, el público se encuentra con un exceso de dinero el cual será colocado por medio de una mayor demanda de bonos.

Por otra parte, es importante señalar que la evolución de las tasas de interés, está fuertemente influenciada por las expectativas que el público tenga respecto a su evolución futura, en general, las tasas de mediano y largo plazo se afectan fuertemente por este factor. De este modo una modificación en el corto plazo puede tener repercusiones sobre toda la curva de tasas de interés.

Como se describirá más adelante, Minsky, afirma que una política monetaria expansiva que genere la expectativa de la disminución de las tasas de interés, puede generar el aumento en el precio de los activos financieros en el largo plazo, este hecho crearía un ambiente de optimismo para las empresas las cuales estarían confiadas a solicitar mayores préstamos para financiar su actividad productiva, de este modo iniciaría el ciclo que conlleva a la fragilidad financiera. Para efectos de esta investigación, este mecanismo es un mecanismo de retroalimentación en la etapa de la formación de burbujas especulativas.

### **1.3.2. Canal del Tipo de Cambio.**

Como se comentó, una política monetaria de corte expansivo, provoca la disminución en las tasas de interés, si analizamos una economía abierta con

---

<sup>1</sup> La relación entre precio de un activo financiero y la tasa de interés es inversa. El precio de un bono puede ser representado por  $P = \frac{FV}{(1+r)^n}$  lo cual significa que a mayores tasas de interés, mayor será la tasa de descuento por lo que el precio tiende a ser menor.

perfecta movilidad de capitales, el diferencial en las tasas de interés interna con respecto a la externa hace más atractivos los activos financieros externos en relación a los activos domésticos. La consecuente salida de capital desde el país local hacia el resto del mundo, provoca la depreciación del tipo de cambio nominal y como resultado una reasignación del gasto en la economía. El efecto final sobre la demanda agregada depende de la intensidad de utilización de los insumos y bienes y servicios adquiridos en el exterior, con relación a los que son colocados en el mercado internacional. Es decir, el referido ajuste cambiario tiende a incrementar el precio de las importaciones, provocando el aumento de los costos de la producción interna; por otra parte, tenderá a disminuir el precio de las exportaciones, haciendo que este sector sea más competitivo lo cual conduciría a una modificación final sobre la demanda agregada positiva.

En cuanto al resultado sobre los precios de los activos financieros, Mishkin (2001) señala que los activos, al estar denominados típicamente en moneda local, su valor neto tiende a caer ante la presencia de un proceso devaluatorio. Adicionalmente, las unidades emisoras, suelen tener grandes cargas de deuda denominada en moneda extranjera por lo que, al ocurrir la depreciación de la moneda, el costo de la deuda se incrementa, dañando así la expectativa de ganancia, el público puede reaccionar rechazando la tenencia de dichos activos. En este contexto el efecto de una caída en los tipos de cambio provoca la disminución de precios de uno o varios de los activos financieros emitidos en el mercado local.

### **1.3.3. Canal del precio de otros activos.**

De acuerdo con Mishkin (2001), el impacto de la política monetaria sobre el mercado de valores tiene importantes repercusiones sobre la economía en su conjunto, estos efectos son transmitidos por medio de cuatro vías principales, los cuales se mencionarán brevemente a continuación.

El primer canal de transmisión hace referencia al incremento en los precios de las acciones a consecuencia de la implementación de una política monetaria expansiva. El proceso inicia con una disminución de las tasas de interés a consecuencia de una política monetaria laxa, este escenario provocará una disminución en la demanda de bonos y un incremento en la demanda de acciones con el consecuente aumento en el precio de las mismas. Con el precio de las acciones más alto, las empresas pueden incurrir en mayores gastos de inversión, el efecto final sobre el agregado de la economía se traduce en mayores niveles de demanda y producción.

Bernanke y Gertler (1995) señalan que en el mercado financiero existen imperfecciones que conllevan a problemas de riesgo moral y selección adversa, ante esta problemática, los costos de capital están fuertemente influenciados por los resultados observados en los balances empresariales. Cuando una expansión monetaria, provoca como se mencionó, el incremento en el precio de las acciones, se genera al mismo tiempo el incremento en el valor neto de las empresas. En este escenario las firmas pueden mostrar mayor solidez y por lo tanto acceder a mayor financiamiento a menores costos. Es decir, el precio de las acciones actúa como señalamiento para solucionar los problemas de información inherentes a los mercados crediticios. Este mecanismo constituye el segundo canal de transmisión denominado canal de balance.

El tercer canal, describe el efecto del incremento en el precio de los activos sobre la riqueza en los hogares. Estando parte de la riqueza de las personas distribuida en acciones, el incremento en el precio de estos activos incrementa de manera inmediata el valor del patrimonio de los hogares, los cuales tendrán ahora expectativas favorables para incrementar sus niveles de consumo, al final de proceso se tendrán mayores niveles de demanda agregada y producción.

De acuerdo con la descripción realizada por Mishkin (2001) una clase especial de activos que se ven fuertemente influenciados por la política monetaria son los bienes raíces. Ante una disminución en las tasas de interés, se incrementa la demanda de

los créditos hipotecarios, al aumentar la compra de este tipo de bienes su precio se incrementa notablemente. Esta situación genera en los propietarios de bienes raíces dos efectos principales, una mayor percepción de riqueza que les permite incrementar sus niveles de consumo y, por otra parte, una percepción de solvencia ante el mercado crediticio, lo que les conlleva a ser sujetos de préstamos. Como es de suponer este proceso produce un crecimiento del ingreso y demanda agregada en general.

Otras teorías señalan, como el denominado modelo de la FED, el efecto de la política monetaria sobre la valuación de activos, enfatizando el papel de la inflación. Partiendo de la definición de la inflación como un fenómeno monetario, es evidente que la implementación de la política monetaria tiene un efecto directo sobre las cotizaciones de las acciones. El mecanismo de transmisión aplica por medio de las variaciones en las tasas de interés, las expectativas de los dividendos futuros esperados y la tasa de rentabilidad real.

Cuando se presenta un proceso inflacionario dentro de la economía, las autoridades monetarias tenderán a incrementar las tasas de interés para tratar de reducir el circulante y controlar la escalada de los precios, el aumento en los tipos de interés tiende a hacer más atractiva la inversión en bonos y disminuye la demanda de acciones, por lo que el valor de mercado de estas últimas, así como el de otros activos puede disminuir.

Por otra parte, la rentabilidad que ofrece un activo puede ser evaluada en términos reales y nominales, el aumento de la inflación disminuye la rentabilidad real, de las acciones disminuyendo con ello el valor de sus activos colocados en los mercados financieros.

Cuando ocurre un incremento en los precios generales de la economía, esto repercute sobre los niveles de rentabilidad esperada de la empresa al aumentar los costos de producción, teniendo como consecuencia un efecto negativo sobre los

beneficios esperados, esto invariablemente llevará a disminuir el valor de las cotizaciones en el mercado de valores.

Greenspan (2004), explica la relación entre la inflación y precios de las acciones en los siguientes términos. Las políticas monetarias implementadas en las épocas recientes han tenido la característica de ser de corte restrictivo con el objetivo principal de mantener el control de la inflación. En un entorno de precios controlados se genera la expectativa de estabilidad macroeconómica ayudando a reducir la percepción de riesgo y a generar un optimismo exacerbado entre el público inversionista. Todo ello permite que aumenten las expectativas de ganancia entre los analistas y por ende ocurra el aumento acelerado en los precios de las acciones. Este proceso ocurrió en el sector de alta tecnología, que observó altos niveles de ventas y rendimientos entre 1993 y 1995, la principal característica fueron las altas apuestas de los inversionistas sobre los rendimientos futuros esperados en este sector.

En Campbell (2004) encontramos la descripción de un modelo de valuación de acciones denominado modelo de la Fed, (*Federal Reserve System*) el cual vincula el rendimiento de las acciones (tal como se mide por la proporción de dividendos o utilidades a precios de las acciones) con el rendimiento nominal de los bonos del tesoro. La idea planteada es que las acciones y bonos compiten por el espacio en las carteras de los inversionistas, por lo que, si la rentabilidad de los bonos se eleva, entonces la rentabilidad ajustada al riesgo de las acciones también debe aumentar para mantener la competitividad de las acciones.

Por otra parte, la mayor influencia sobre el rendimiento nominal de los bonos es la tasa de inflación. Una baja tasa de inflación se traduce en un mayor rendimiento por lo que es de esperar que los rendimientos y precios de las acciones se incrementen en periodos de precios controlados para hacer más competitivos estos instrumentos. Así el modelo de la Fed implica que los rendimientos de las acciones están alta y negativamente correlacionados con la inflación. Más aún, es común el argumento de que el aumento de precios de las acciones, se justificaban por la

disminución de la inflación. Esta idea se encuentra claramente expresada en Greenspan (2004), Campbell (2004) y Clifford (2000).

En Greenspan (2004:35) se afirma lo siguiente:

*“Es de destacar, que en los Estados Unidos, incrementos repentinos en la relación precio-ganancias, la cual es una característica esencial de una presunta burbuja de las cotizaciones en bolsa, no se observan con una inflación elevada”.*

#### **1.3.4. Canal de expectativas.**

El modelo de las expectativas racionales descrito por Lucas (1972), detalla un efecto diferente de la política monetaria sobre el nivel de producto y la tasa de inflación, el cual ocurre por los cambios esperados y no esperados en el monto del circulante.

$$Q_t = Q_0 + (\pi_t - \pi_t^e) \quad (1.1)$$

Cuando el público no espera una variación significativa de la oferta monetaria, la diferencia entre el nivel de inflación esperado y el no esperado  $\pi_t - \pi_t^e \geq 0$  por lo que la variación en el circulante tendrá un efecto real sobre la economía.

Por el contrario, cuando los agentes formulan y revisan racionalmente sus expectativas los aumentos esperados en la cantidad de dinero se traducen en expectativas de inflación lo que provocará reacciones defensivas, como incrementos salariales y de precios, por tanto, podría existir inflación efectiva antes incluso de que se produzcan variaciones en la cantidad de dinero dado que bastaría con que los agentes creyesen que se van a producir.

De acuerdo con los argumentos expuestos, las decisiones de política monetaria tienen efectos sobre las expectativas acerca del desempeño futuro de la economía y, en particular, de los precios. A su vez, las expectativas de inflación tienen efectos

sobre las tasas de interés y éstas sobre la demanda y oferta agregada a través de los canales mencionados. Para ilustrar el papel que tienen las expectativas de inflación en la economía es importante destacar que las previsiones sobre costos e ingresos futuros de las empresas son muy importantes para determinar los precios y niveles de producción de los bienes y servicios que éstas ofrecen.

### **1.3.5. Canal de crédito.**

El efecto de este canal puede ser separado en el efecto directo de la disponibilidad de créditos, y el efecto sobre nivel de solvencia y las garantías para el pago o negociación de los préstamos.

#### **1.3.5.1. Canal de crédito bancario en sentido estricto.**

El aumento en las tasas de interés encarece el costo del crédito y la cantidad demandada del mismo disminuye, en cuanto a la oferta de crédito también puede reducirse, en virtud de que una tasa de interés real más alta, puede implicar mayor riesgo de recuperación de cartera, en este contexto predominará el racionamiento del crédito. El efecto sobre la demanda agregada será una disminución y consecuentemente en una menor inflación.

#### **1.3.5.2. Canal de crédito en sentido amplio:**

Como ya se analizó, una política monetaria restrictiva tiende a elevar los tipos de interés, cuando esto ocurre se reduce el precio de ciertos activos financieros en poder de los agentes económicos ya sean familias o empresas. Si dichos activos en poder de las empresas han sido utilizados como garantías de préstamos bancarios, el valor del colateral se reduce y por tanto disminuirá el monto que los agentes pueden obtener vía préstamo bancario. Por otra parte, la política monetaria restrictiva al elevar los tipos de interés eleva los gastos financieros de las empresas reduciendo su disponibilidad de efectivo y por tanto su capacidad de

autofinanciación, en consecuencia, las empresas se ven obligadas a solicitar préstamos para efectuar sus proyectos de inversión. Para poder conseguir nuevos préstamos las empresas tendrán que enfrentarse a condiciones muy desfavorables, con altas tasas de interés y una deflación de los activos que son utilizados como garantías. En este contexto es evidente que el sistema económico está en una situación de fragilidad financiera que puede culminar en una crisis global.

Del análisis anterior se puede concluir que los diferentes instrumentos de la política monetaria en efecto tienen influencia directa sobre la economía real y sobre el precio de los activos, al mismo tiempo ejercen un efecto indirecto sobre las expectativas que el público tienen al momento de considerar el valor de un instrumento financiero. Diversas teorías, vinculan ciertos mecanismos de transmisión, como efectos causales en la formación de burbujas especulativas. A continuación, se presentan algunos enfoques teóricos que explican este fenómeno desde el impacto inicial de la política monetaria hasta el momento en que la burbuja se hace evidente. Cabe mencionar que esta investigación aborda la problemática desde el enfoque de la teoría de la fragilidad financiera propuesta por Hyman Minsky, sin embargo, se considera pertinente complementar este marco teórico con otros enfoques analíticos.

#### **1.4. Diversos enfoques teóricos respecto a la política monetaria y su vínculo con la formación de las burbujas especulativas.**

##### **1.4.1. Teoría cuantitativa del dinero.**

La teoría cuantitativa del dinero tiene sus principales vertientes en el modelo de Irving Fisher y la escuela de Cambridge. Ambas corrientes, coinciden en afirmar que el nivel de precios depende en forma proporcional de la cantidad de la cantidad de

dinero en circulación, así, un cambio exógeno en el circulante, provoca un cambio en la misma dirección y en el nivel de precios.

Irving Fisher determinó su conocida ecuación cuantitativa, cuya representación es:

$$MV = pT \quad (1.2)$$

En este modelo la oferta monetaria ( $M$ ) es tratada como una variable exógena la cual es controlada y sujeta a cambios discrecionales por parte de la autoridad monetaria. Las variables  $V$  y  $T$  representan la velocidad de circulación del dinero y el volumen de las transacciones respectivamente, aun cuando estos factores pueden ser modificados, los teóricos cuantitvistas los definen como estables y varían solo en circunstancias excepcionales en el largo plazo. Por lo tanto, el elemento  $p$  (precios) aparece dentro de la función como la variable que varía directamente con la cantidad de dinero en circulación. En este sentido se puede esperar que un incremento en la masa monetaria, tenga efecto sobre cada mercado particular donde se fijan los precios de los bienes, incluso el mercado financiero.

Como se mencionó, el modelo Fed, relaciona el precio de los activos con los niveles de inflación. En este sentido, al ser la inflación considerada como un fenómeno monetario en presencia de una política expansiva, el rendimiento de un bono se ve afectado cuando el nivel de los precios se incrementa, motivo por el cual cuando existe un proceso inflacionario, el rendimiento de estos instrumentos debe de incrementarse. En respuesta, el rendimiento de las acciones debe también de acrecentarse, de lo contrario quedarían fuera del portafolio de inversión de las familias.

Una hipótesis alternativa es propuesta por Gordon (1962), en el llamado modelo de crecimiento de Gordon, en el cual relaciona el coeficiente dividendos del activo-precio de la siguiente forma:

$$\frac{D_t}{p_{t-1}} = r - g \quad (3.1.)$$

Donde:

$D_t$  = Dividendos

$p$  = Nivel de precios

$r$  = Tasa de descuento de largo plazo

$g$  = Tasa de crecimiento de los dividendos a largo plazo.

Gordon propone medir  $g$  en términos nominales, en este sentido deja de ser una variable constante y depende directamente del nivel de precios, si los precios bajan, los dividendos en términos reales tenderían a subir y por lo tanto el valor de las acciones subiría. En el caso contrario, un alza en la inflación incrementa la percepción de riesgo y por tanto la prima de riesgo  $r$  tiende a incrementarse.

Bajo ambos esquemas teóricos, es claro que, bajo el enfoque de la teoría cuantitativa del dinero las variaciones en el nivel de oferta monetaria tienen un impacto sobre el nivel de precios y este a su vez sobre la valoración de los activos financieros, y en este sentido se puede afirmar que ejerce influencia sobre la formación de burbujas especulativas. Sin embargo, bajo la teoría cuantitativa, se asume que la autoridad monetaria tiene un control discrecional sobre el circulante, por lo tanto, se podría pensar que la misma banca central podría tener el poder de frenar el proceso de revaloración de un activo. En este punto cabría entonces cuestionar por qué hasta el momento la autoridad monetaria no ha podido evitar la presencia de estos fenómenos.

Una posible explicación a la interrogante anterior, se puede encontrar en las teorías monetarias de corte heterodoxo, las cuales postulan que el dinero es de carácter endógeno y no exógeno tal como lo afirman las teorías ortodoxas.

### **1.4.2. Teoría monetaria post keynesiana.**

La teoría monetaria en la visión postkeynesiana, implica el estudio no solo del papel de la moneda sino de las relaciones entre dinero, incertidumbre y tiempo. De este modo su visión de las relaciones entre el sector real y financiero, constituyen lo que esta corriente denomina la Economía Monetaria de Producción.

De acuerdo a como lo señala Lavoie (2007), la idea del dinero endógeno es la principal característica de la economía monetaria post-keynesiana. Entre los primeros estudios realizados en la materia, están los trabajos de Kaldor (1970) y Moore (1982) quienes argumentan que la oferta de dinero de alto poder expansivo debe ser considerada como endógena y la demanda como determinada. Ambos señalan que el banco central no tiene el control directo sobre la oferta monetaria y no puede ejercer muchas restricciones sobre las reservas de los bancos.

Estas ideas se hicieron famosas bajo el enfoque de los autores post-keynesianos, conforme se desarrollaron, surgieron dos enfoques, uno bajo el nombre de horizontalistas y el otro conocido como estructuralistas o teoría de preferencia por la liquidez. Ambas corrientes tienen muchos elementos en común y su principal diferencia se encuentra en la capacidad ilimitada que tiene la banca privada para otorgar créditos.

#### **1.4.2.1. Teoría del circuito.**

Para poder entender la idea de endogeneidad monetaria, es necesario desarrollar la teoría del circuito, por medio de esta, la representación de los flujos monetarios y reales entre los distintos polos que componen la economía, explica como el dinero surge a la par del proceso productivo y como resultado de la actividad bancaria.

El proceso o circuito comienza con la determinación, por parte del banco central, de la tasa de interés monetaria (la tasa a la que el banco central presta a la banca privada). Una vez que se da a conocer esta tasa, la banca comercial fija su propia tasa estableciendo un *mark up* sobre esta. En la primera etapa del circuito, las empresas acuden a solicitar los créditos necesarios para iniciar el proceso productivo, como la oferta es considerada horizontal, el crédito es concedido, por lo cual la banca está creando dinero dentro del sistema. Velázquez (2009) señala que es posible observar la ley de Say donde toda demanda de crédito crea su oferta.

El segundo tipo de flujo tiene su origen en las empresas, primeramente, en la demanda que estas realizan en forma de materias primas y bienes de capital que son requeridos para el proceso productivo. Así mismo distribuyen recursos monetarios a las familias en forma de salarios y dividendos.

La tercera fase del circuito ocurre con la participación de las familias. Una vez recibidos sus respectivos ingresos, estos son llevados al mercado bajo el supuesto de que el salario se agota en la compra de estos bienes, es decir en este modelo no existen excedentes. En la cuarta etapa se da la destrucción del dinero creado debido a que las empresas con los ingresos obtenidos, liquidan las deudas, contraídas con la banca.

#### **1.4.2.2. La visión post-keynesiana horizontalista y estructuralista.**

Como se señaló, la endogeneidad del dinero es la característica principal dentro de las teorías de economía monetaria planteada por la corriente post-keynesiana, esta se explica por la capacidad que tiene la banca central de conceder préstamos a las empresas, mismos que habrán de ser utilizados para llevar a cabo el proceso de producción. De este modo los bancos y las empresas tienen la capacidad de definir los niveles de producto y empleo dentro del sistema económico.

El esquema, planteado por la corriente post keynesiana horizontalista, argumenta que la oferta monetaria es completamente elástica, es decir, la banca tiene la capacidad de atender todos los créditos solicitados al nivel de la tasa de interés y por tanto las variaciones en la demanda de dinero no afectan a la tasa de interés. De este modo la oferta de dinero dentro de la economía estará determinada por la demanda y no bajo la autonomía del Banco Central.

Sin embargo, la corriente monetaria estructuralista realiza un análisis sustancialmente distinto al considerar la incertidumbre como un elemento clave que afecta las decisiones de los agentes, en específico que determina la preferencia por la liquidez dentro del sistema bancario. Cuando existe la preferencia por la liquidez, los bancos agregan una sobretasa que refleja el riesgo asociado al crédito. En este contexto la oferta de créditos ya no es infinitamente elástica, sino que tiene una pequeña pendiente positiva, la cual es una consecuencia de la existencia de incertidumbre en el mercado. Ahora las empresas se verán obligadas a mantener mayores niveles de rentabilidad y a mostrar mayores colaterales para la contratación de nuevas deudas. Es decir, deberán presentar flujos de ingresos futuros superiores para poder seguir contratando nuevos créditos. García (1990).

La existencia de riesgo e incertidumbre, nuevamente, obliga a las empresas a revalorar sus activos, de forma similar a como se plantea en el análisis cuantitativo, al ser percibido un incremento del riesgo crédito o de mercado, se exige una sobretasa que habrá de impulsar el precio de los activos financieros al alza.

Sin embargo, a diferencia de la escuela cuantitativa, en el análisis post-keynesiano, la autoridad central no tiene poder para controlar la oferta monetaria y por ende pierde el control directo sobre las tasas de interés. De este modo la banca central no puede hacer nada por frenar un proceso de revaloración de los activos financieros, por el contrario, la creciente preferencia por la liquidez retroalimenta vorazmente el proceso.

En respuesta a la preferencia por la liquidez, los horizontalistas argumentan que ante la presencia de riesgo la oferta de dinero puede desplazarse, pero seguirá siendo constante a su nuevo nivel. Lavoie (2007) comenta que la oferta de créditos es una línea horizontal para un nivel de riesgo dado. Esta clasificación de riesgo depende de la duda y de la razón de endeudamiento, pero también depende de la solidez de los colaterales y del tamaño de la firma. Una firma con un alto porcentaje de deuda, consigue préstamos a un costo más alto que la tasa de interés preferencial. Este supuesto de la corriente horizontalista no limita, el proceso propuesto de formación de burbujas especulativas, solo lo traslada como se verá más adelante, al momento en que los altos niveles de endeudamiento, provoquen una espiral inflacionaria en el precio de los activos financieros, que necesitan mostrar una mayor solvencia por medio de un valor más alto de sus colaterales.

Finalmente conviene resaltar que ambos esquemas, el horizontalista y el estructuralista coinciden en adjudicar a la autoridad central una capacidad muy limitada para controlar de forma efectiva el circulante dentro de una economía. Así lo señala Dow (2007) cuando afirma que la incapacidad de las autoridades para controlar la oferta monetaria se hizo evidente desde la década de los ochentas y que los bancos centrales no tienen los instrumentos para controlar directamente ni el volumen de la oferta monetaria ni del crédito.

En consecuencia, bajo esta hipótesis de la endogeneidad del dinero, la autoridad monetaria no puede controlar los fenómenos colaterales generados por un exceso de liquidez, como pueden ser la revaloración de un activo financiero. Si el proceso coincide con un periodo de incertidumbre que genere la percepción de riesgo entre los agentes, entonces la exigencia de una sobre tasa y la necesidad de mostrar colaterales más valiosos, provoca una inercia que termina con la formación de burbujas especulativas.

## 1.5. Hipótesis de la fragilidad financiera.

Hyman Minsky en su trabajo denominado hipótesis de la fragilidad financiera (1992), describe el funcionamiento de una economía a la cual se le denomina como economía monetaria. Este sistema se caracteriza por la necesidad de financiamiento para llevar a cabo tanto la creación de nuevo capital, así como su acumulación. En este sentido, las condiciones financieras existentes en la economía tendrán efectos sobre los precios de los bienes de capital, la demanda efectiva de estos y su precio de oferta.

En este modelo, las obligaciones contraídas por las firmas, comprometen a estas a pagos futuros, por lo que es de crucial importancia mantener un monto de inversión creciente para poder lograr flujos de efectivo y márgenes de ganancia que sean suficientes para cubrir o refinanciar los compromisos formalizados en el pasado. Las necesidades crecientes de financiamiento por parte de las empresas solo son sustentadas por los bancos e instituciones financieras si las expectativas sobre los rendimientos futuros esperados son positivas. Si las opiniones respecto al futuro cambian, entonces el financiamiento por parte del sistema financiero será escaso y el nivel de inversión y por ende la producción y el nivel de empleo tenderán a contraerse.

Delgado (2009) señala los efectos de un cambio de expectativas sobre el futuro:

*En este contexto de economía monetaria las variables que más se afectan por las expectativas cambiantes sobre el futuro son las variables financieras: el valor de mercado de los activos de capital, los precios de los activos financieros y el comportamiento esperado respecto a la estructura de obligaciones de los empresarios y de los banqueros.*

Por lo tanto, la deuda contraída por las empresas es un punto clave del análisis, una institución que ha contraído compromisos con anterioridad, necesita obtener ganancias lo suficientemente cuantiosas para cubrir los pagos solicitados. En este, sentido, las instituciones productivas deben lograr mantener un margen de seguridad que les permita operar aún en condiciones adversas ante las que no se hayan alcanzado los niveles de flujo de efectivo esperados. Sin embargo, con el desarrollo y sofisticación de los mercados financieros, muchas empresas relajan sus niveles de seguridad y caen en situaciones de endeudamiento riesgosas que aumentan aún más la vulnerabilidad de este sector<sup>2</sup>.

El primer teorema de la hipótesis de la inestabilidad financiera afirma: Si en una economía existen empresas que mantienen niveles de endeudamiento solo del tipo *edge*, entonces funcionará establemente. Sin embargo, la estabilidad no es permanente debido a que el propio funcionamiento del sistema propicia el cambio de financiamientos estables a inestables. La lógica en ese cambio tiene que ver con el relajamiento de los márgenes de seguridad, después de haber mantenido por un periodo razonable un historial crediticio exitoso, las empresas comenzarán a incrementar los niveles de riesgo, propiciando así una situación de fragilidad. De este modo todas las empresas o la mayoría de ellas tenderán en el largo plazo a realizar financiamientos especulativos. Este comportamiento constituye el segundo teorema de la fragilidad financiera: En el largo plazo, las empresas tienen incentivos para abandonar los sistemas de financiamiento estables y cambiar a sistemas más inestables.

Cuando las empresas han abandonado los sistemas seguros de financiamiento por otros de tipo más especulativo se enfrentan a debilidades importantes:

---

<sup>2</sup> Se distinguen tres tipos de endeudamiento empresarial:

- El financiamiento seguro, *hedge*: El financiamiento es seguro ocurre cuando el flujo de caja resultante de la actividad de la empresa es suficientemente cubrir las obligaciones de pago derivadas de la deuda.
- El especulativo: El financiamiento es especulativo o cuando el flujo de caja que surge de las operaciones de la empresa no es suficiente para cumplir con las obligaciones de pago.
- El *Ponzi*: Este tipo de financiamiento se caracteriza una situación en la que las obligaciones de pago no pueden ser cubiertas por los ingresos de la empresa, obligando a incrementar el endeudamiento para pagar sus deudas.

- i. La necesidad de refinanciar deudas a altas tasas de interés.
- ii. Un aumento en la tasa de interés producirá una caída en el valor de mercado de sus activos incluso a niveles por debajo de sus obligaciones.
- iii. La disminución en los flujos de efectivo puede provocar la insolvencia por parte de la empresa.

La capacidad de obtener nuevos créditos y está limitada por la confianza que se tenga respecto al incremento de los flujos de efectivo esperados por las empresas, por lo que éstas tendrán incentivos para sobre estimar esta expectativa para poder conseguir de este modo nuevos financiamientos. En este momento la sobrevaloración del flujo de efectivo futuro es muy conveniente para mantener el nivel de financiamiento y por ende de acumulación de la empresa. Un régimen en el que hay y se espera que siga habiendo ganancias de capital es un ambiente favorable para la sobrevaloración de los activos financieros.

Machinea (2009), describe este comportamiento empresarial al referir que, dado un periodo de euforia y expansión de la economía, propiciado por un incremento de crédito, se genera la expectativa del incremento del precio de algunos o todos los activos, las empresas responden solicitando mayores niveles de financiamiento bajo la certeza de que el precio de sus activos continuará creciendo. De hecho, a medida que avanza el auge, en un número creciente de casos el aumento del precio de los activos será la única manera de pagar el crédito.

Es importante destacar que el hecho de que las empresas tiendan en su mayoría a estar comprometidas en esquemas de financiamiento tipo Ponzi, hace conveniente la existencia de un proceso inflacionario en el precio de los activos financieros, en estas circunstancias es posible que ya sea evidente la discordancia entre el precio

de mercado de los activos y su valor fundamenta, sin embargo, detener este proceso tendría como consecuencia el colapso del sistema financiero.

## 1.6. Expectativas racionales.

La definición tradicional de burbuja, que se encuentra en la literatura financiera, pertenece en su mayoría a la categoría de no racional, esta supone la existencia de agentes no informados, que no tiene conocimiento del verdadero desempeño del mercado o que no tienen disponible la información para formar expectativas consientes.

Sin embargo, una propuesta interesante se encuentra en Adam (1992), este autor destaca un resultado sorpresivo del análisis de los modelos de expectativas racionales, pues para esta escuela es posible que los precios de los activos se desvíen racionalmente de los fundamentos del mercado<sup>3</sup>. Tales desviaciones podrían ser interpretados como burbujas reflejando las modas y profecías auto cumplidas dentro del mercado financiero. El argumento va más allá al señalar que las expectativas racionales pueden ser completamente acordes con la existencia de burbujas debido al surgimiento de mitos dentro del mercado financiero, que dan lugar a una especie de profecía auto-cumplida.

Cagans (1956) propone un modelo de hiperinflación en activos financieros y la formación de expectativas, para explicar la formación de burbujas especulativas.

$$m_t - p_t = -\alpha \left[ E \left( \frac{p_{t+1}}{I_t} - p_t \right) \right] + x_t \quad (1.4)$$

Donde:

$m_t$  =Logaritmo de la oferta monetaria.

---

<sup>3</sup> El valor fundamental es igual que al valor descontado esperado de los dividendos.

$p_t$  = Logaritmo de los precios.

$E \left( \frac{p_{t+1}}{I_t} - p_t \right)$  = La expectativa racional de los precios esperados en el periodo  $t + 1$  condicionada al conjunto de información  $I$ .

$x_t$  = Término de error

Con  $\alpha > 0$

El conjunto  $I$ , contiene toda la información corriente y pasada de las variables consideradas en el modelo.

Reescribiendo la ecuación se transforma en:

$$p_t = \alpha E \left( \frac{p_{t+1}}{I_t} - p_t \right) + Z_t \quad (1.5)$$

Donde:

$$Z_t = \frac{(m_t - x_t)}{(\alpha + 1)} \quad (1.6)$$

$$a = \alpha / (\alpha + 1) \quad (1.7)$$

La ecuación no (x) es el punto central de las teorías de burbujas con expectativas racionales, en esta se observa el comportamiento de los precios como una variable endógena que depende linealmente de su valor esperado en el periodo siguiente más una variable exógena  $Z_t$ .

Una solución propuesta por Blanchard 1979,

$$p_t^F = \sum_{i=0}^{\infty} a^i E \left( \frac{Z_{t+i}}{I_t} \right) \quad (1.8)$$

Se establece la condición de transversalidad para asegurar una solución única, cuando esta existe.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} a^t E \left( \frac{p_{t+T}}{I_T} \right) = 0 \quad (1.9)$$

La variable exógena  $Z_t$ , representa las desviaciones racionales de valor futuro esperado del activo.

Otra propuesta para para medir el impacto de las expectativas, se encuentra en Broertjes (2010), en este trabajo, el precio de una acción al tiempo  $t$ , bajo previsión perfecta y con mercados financieros eficientes es:

$$P_t = E_t \left[ \frac{1}{(1+r_{t+1})} \right] (D_{t+1} + P_{t+1}) \quad (1.10)$$

Dónde:

$P_t$  : Precio de la acción en el periodo  $t$

$D_{t+1}$  : Dividendo pagado en el periodo  $t + 1$

$r_{t+1}$  : Tasa de retorno requerida para el periodo  $t + 1$

$E_t$  : Expectativa basada en la información disponible en el periodo  $t$

En esta ecuación se observa claramente que la expectativa de aumento en las tasas de retorno, tiende a disminuir el valor esperado de una acción. El aumento en los tipos de interés actúa de manera negativa sobre los niveles de rentabilidad de las empresas, pues estas se enfrentan ahora a mayores gastos. Así mismo afecta el flujo de efectivo presente y futuro de la empresa, al comprometer los ingresos de la empresa con futuros pagos de deuda e intereses. La expectativa futura de efectivo disminuye por lo que disminuyen los fundamentales de la empresa y con ello las cotizaciones de sus acciones en el mercado financiero.

Después del breve esbozo de los diferentes planteamientos teóricos es conveniente resaltar la existencia de estudios recientes en los que se confirman la hipótesis de causalidad entre la evolución de los agregados monetarios y los niveles de crédito, Trichet (2005), explica esta relación argumentando que una burbuja es más

propensa a desarrollarse cuando los inversionistas pueden aprovechar altas cantidades de liquidez en espera de ser invertidas en acciones de alta rentabilidad. Una vez que los excesos monetarios se han desplazado hacia los activos de mayor rendimiento, el proceso se retroalimenta al propiciarse una reacción de manada<sup>4</sup>. Un shock cualquiera puede provocar la reacción en manada dentro del mercado, por ejemplo, la expectativa de baja inflación por parte del público puede ser un detonante para este tipo de comportamiento.

Los niveles bajos de inflación provocan una disminución en las tasas de interés por lo que el costo del crédito disminuye incrementando fuertemente su demanda. El crédito tiende a expandirse, en el mediano plazo, y cuando el crédito ha inundado el mercado, también comienza a incrementarse el riesgo crédito, ahora las tasas de interés tienden a subir, afectando de este modo el precio del activo.

### **1.7. El papel de la banca central.**

El papel que debe asumir la Banca central ante el fenómeno de las burbujas especulativas, es un tema muy controversial y hasta la fecha no existe un consenso general que determine la política óptima a adoptar. Algunos autores están a favor de una actitud activa de la autoridad monetaria, Roubini (2006). Presenta como argumento principal, una acción preventiva que evite las distorsiones y consecuencias nocivas en términos reales y financieros. Otros, autores, y algunos de los más importantes responsables de la política monetaria, como Greenspan (2004), y Posen (2006), están en contra de la intervención de la Banca central, las razones principalmente argumentadas son la dudosa efectividad de la intervención y los altos costos de la misma.

---

<sup>4</sup> Lux (1995) define el comportamiento de manada o *herd behaviour*. Los agentes, en su afán de no perder oportunidades, buscan información en el mercado sobre los fundamentales del activo, cuando existen agentes poco informados el contagio de sus expectativas puede generar burbujas positivas o negativas.

Mishkin (2011), señala que existen serias dificultades que imposibilitan el campo de acción de las autoridades monetarias, la primera de ellas está relacionada con la inexistencia de un método de detección temprana en la formación de burbujas. En otras palabras, para que la autoridad monetaria pueda intervenir, debe estar segura que el precio del activo está mostrando un comportamiento no acorde con su valor fundamental.

En segundo lugar, se puede señalar que la implementación de una política monetaria restrictiva, por ejemplo, incrementando las tasas de interés, puede no ser efectiva, pues la expectativa de crecimiento en los dividendos puede ser mayor que el ajuste de las tasas.

En tercer lugar, la presencia de una burbuja especulativa puede ocurrir en el precio de uno o algunos activos al mismo tiempo, sin embargo, las repercusiones del uso discrecional de la política monetaria, tendrían efectos sobre los precios de todos los activos en forma general.

En cuarto lugar, no existe un consenso general sobre los efectos del incremento en las tasas de interés, algunos autores afirman que se puede frenar el proceso expansivo en el precio del activo y otros argumentan que puede reventar la burbuja con una severidad mayor al hecho de no intervenir.

Gali (2013) afirma que, dado que el valor fundamental de un activo, lo único que se requiere para aumentar el tamaño de la burbuja es un cambio marginal en la tasa de interés o en la expectativa de crecimiento de la tasa de interés, para incrementar el tamaño de la burbuja. Por lo que cualquier cambio que induzca el incremento en las tasas de reales de interés, realizada por el banco central, tendera a aumentar el tamaño de la burbuja. Incluso el mismo estudio, concluye que la política monetaria no afecta las condiciones de existencia o no existencia de la burbuja. Sin embargo, puede afectar su comportamiento en el corto plazo inclusive sobre el tamaño de las

fluctuaciones. Es decir, contrario a la creencia general, un incremento en las tasas de interés puede incrementar la volatilidad en el precio de los activos.

En el contexto del análisis neokeynesiano, en un mercado financiero que presenta imperfecciones, si fuese aplicada una política que contrajera fuertemente a la inflación, se eliminaría muchos de los efectos distorsionantes del movimiento en los precios de los activos sobre la actividad económica. Gilchrist (2006).

Como se puede observar la intervención de la autoridad monetaria puede ser no solo complicada al momento de definir la política más adecuada y el tiempo exacto de aplicarla, sino que además la propia solución puede ser aún más costosa que la misma existencia de la burbuja, por lo que es importante trabajar en mecanismos que ayude a cuantificar los efectos de los diferentes instrumentos monetarios sobre la eficiencia en la valuación de los activos financieros, tal como se propone en la presente investigación.

## **CAPÍTULO 2. EFICIENCIA EN LOS MERCADOS FINANCIEROS Y ENTROPÍA**

### **2.1. Eficiencia en los mercados financieros.**

En esta investigación se propone el uso de la entropía, como una medida que hace mensurable el impacto de la política monetaria sobre la pérdida de eficiencia con la que trabajan los mercados financieros y por ende sobre la formación de burbujas especulativas. Bajo esta perspectiva una variación de la política monetaria tendrá efectos sobre la capacidad de valorar el precio de los activos lo cual tendrá como consecuencia que estos se alejen de su valor fundamental propiciando así la aparición de burbujas especulativas<sup>5</sup>.

Bajo la hipótesis de los mercados financieros eficientes, formulada por Fama (1972) se puede definir la eficiencia de un mercado financiero como aquel en el que la evolución presentada en los precios de los activos es completamente aleatorio, más concretamente se dice que siguen una caminata aleatoria.

Diversos estudios han vinculado el grado de aleatoriedad con la incertidumbre característica del mercado financiero y con el concepto de entropía. Se pueden mencionar por ejemplo los trabajos realizados por Wan y Han (2012) quienes definen a la entropía, como un estadístico de la ciencia física que se utiliza ampliamente para cuantificar el desorden y la incertidumbre de complejos sistemas dinámicos. Más aún proponen que la hipótesis de los mercados financieros eficientes puede ser descrita adecuadamente por la complejidad dinámica o aleatoriedad, la cual es medible por medio de la entropía. Ludwig (2006) afirma que el grado de incertidumbre de una variable aleatoria es cuantificable por medio

---

<sup>5</sup> Es decir, en un mercado eficiente en cualquier punto del tiempo el precio real de un activo será siempre una buena estimación de su valor intrínseco. Fama (1965)

de una medida que es conocida como la entropía. Teniendo en cuenta la inherente falta de linealidad y el ruido de las series de tiempo de tipo financieras, Pincus (1991) propuso el método de la entropía aproximada (ApEn) basado en la teoría de la información y, como una medida útil de la estabilidad del sistema.

## 2.2. Definición de entropía.

La composición etimológica de la palabra entropía proviene del vocablo griego *trope*, el cual significa transformación, el concepto es una magnitud física relativa a la termodinámica que define el grado de desorden en un sistema. Este concepto es atribuido al físico alemán Rudolph Clausius, quién acuñó el término desde 1850. En Dieguez (2001) encontramos la siguiente definición de entropía:

Desde el punto de vista macroscópico de la materia la entropía se relaciona con la reducción en la calidad de la energía en la medida en que es degradada a energía térmica. Sin embargo, desde el punto de vista microscópico, la entropía es una medida de desorden molecular o aleatoriedad molecular, es decir de la incertidumbre en las posiciones de las moléculas en cualquier instante.

En 1948, Claude Shannon retoma el concepto de entropía bajo otra perspectiva al proponer esta herramienta analítica como una medida de la información promedio que emite una fuente. En su trabajo la teoría de la información y la entropía describe a la entropía como la máxima compresión de datos y la máxima tasa de transferencia de información que es transmitida sin errores.

Conviene entonces preguntar que fenómenos u objetos pueden ser definidos como una fuente de información. Gray (1990) define una fuente de información como una succión de símbolos aleatorios llamados *outputs* o “símbolos de salida”, al espacio

que contiene todos estos posibles símbolos de salida se denomina alfabeto de la fuente. La fuente es entonces en esencia una asignación de probabilidad dentro de la secuencia de eventos o símbolos del alfabeto.

Para introducir el concepto de entropía se asume que se tiene un espacio dinámico compuesto de la siguiente manera:  $(\Omega, B, P, T)$ . Sea  $f$  la medida finita de un alfabeto definido en  $\Omega$  y  $f_n = fT^n; n = 0,1,2 \dots$ . Este proceso puede ser entendido como una codificación del espacio original, es decir, como un subsistema que produce valores codificados sucesivos mediante la transformación de los puntos del espacio.

De esta manera, la tasa de entropía y la entropía dependen de la distribución del alfabeto finito y por lo tanto por lo general se expresan más fácilmente en términos del modelo directamente inducido por el proceso.

La entropía de un sistema discreto de un alfabeto de variables aleatorias definidas en un espacio de probabilidad  $(\Omega, B, P)$  está definida como:

$$H_p(f) = -\sum_{a \in A} P(f = a) \ln P(f = a) \quad (2.1)$$

Las unidades de medida para la entropía son “nats” cuando se utiliza el logaritmo natural y “bits” cuando es utilizado el logaritmo base dos. Si se utiliza el logaritmo base tres la medida se denomina “trits” y con logaritmo base diez se denomina “hartleys”.

Un alfabeto de variables aleatorias discretas tiene una función de densidad de probabilidad definida como:  $p_f(a) = P(f = a) = P(\{w: f(w)\} = a)$ . De esta manera la entropía puede ser reescrita como:

$$H(f) = -\sum_{a \in A} p_f(a) \ln p_f(a) \quad (2.2)$$

De acuerdo con Sannon (1948), la entropía,  $H(f)$ , es una medida promedio de la incertidumbre en el comportamiento de la variable aleatoria. Donde  $p_f$  es una medida de probabilidad sobre el conjunto de eventos, generados por el alfabeto del sistema dinámico. En este contexto la entropía es una medida de que representa el grado de aleatoriedad de la variable en estudio.

También se puede entender a la entropía como la incertidumbre, conmoción o sorpresa dada por la información emitida por el fenómeno económico. Sus principales características son:

Gray (2009) recomienda considerar la entropía no como una función particular de los *outputs* de una fuente, sino como una función de las particiones que  $f$  introduce en  $\Omega$ . En particular dado un alfabeto  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{\|A\|}\}$  y definiendo la partición<sup>6</sup>  $Q = \{Q_i; i = 1, 2, \dots, \|A\|\}$ , se puede reconsiderar la entropía como función de las particiones como:

$$H_P(Q) = -\sum_{i=1}^{\|A\|} P(Q_i) \ln P(Q_i) \quad (2.3)$$

---

<sup>6</sup> Una partición consiste en los conjuntos disjuntos que el conjunto de las salidas del grupo de probabilidad  $\Omega$  produce. Gray (2009:18)

Bajo esta definición diferentes alfabetos, pueden tener la misma entropía si los outputs correspondientes inducen la misma partición.

### 2.3. Propiedades básicas de la entropía

1. Dadas dos funciones de densidad de probabilidad  $\{p_i\}$  y  $\{q_i\}$ , tal como son dos secuencias finitas contables de números no negativos que suman la unidad, entonces:

$$\sum_t p_t \ln \frac{p_t}{q_t} \geq 0 \quad (2.4)$$

Con igualdad cuando  $p_t = q_t$

2. Dadas cualesquiera dos medidas de probabilidad  $P$  y  $M$  de un alfabeto finito, entonces

$$D(P||M) \geq 0 \quad (2.5)$$

Con igualdad si y solo si  $P = M$

Este resultado es conocido como desigualdad o divergencia, el resultado indica que la diferencia entre dos medidas de probabilidad puede ser entendida como una distancia la cual representa que tan diferentes son las medidas. La distancia se hace cero cuando ambas medidas son las mismas.

3. Dados dos alfabetos de variables aleatorias discretas,  $X$  y  $Y$ , definidos sobre un mismo espacio de probabilidad, entonces se tiene:

$$0 \leq H(X) \quad (2.6)$$

y

$$\max(H(X), H(Y)) \leq H(X, Y) \leq H(X) + H(Y) \quad (2.7)$$

4.  $0 \leq H(X) \leq \log_n(k)$  es decir, que la entropía de una fuente es no negativa y está acotada superiormente. Esto quiere decir que la fuente no puede suponer una pérdida de información, así como tampoco puede entregar una cantidad de información ilimitada (para un número de símbolos limitado).

5.  $H(x) = 0 \Leftrightarrow p_i = 1$  para algún  $i$ . En este caso el resto de las probabilidades serán nulas. No habrá sorpresa y por tanto la entropía será nula.

6.  $H(x) = \log_b(K) \Leftrightarrow p_i = \frac{1}{K} \forall i$ . Cuando todos los símbolos sean equiprobables, la incertidumbre sobre lo que va a ocurrir será máxima, y por tanto nos encontraremos en el límite superior de la entropía.

En un mercado financiero eficiente, como se definió, las variables siguen una caminata aleatoria, por lo que la entropía es un buen indicador para medir el nivel de aleatoriedad o eficiencia de los mercados financieros. Existen diversas variantes del concepto de entropía que han sido utilizadas para estudiar el grado de incertidumbre de las series de tiempo financieras, en este trabajo se hará uso de la entropía mutua, a continuación, se hace una breve mención de este concepto.

#### 2.4. Coeficiente de información mutua

Si se asume ahora que se tienen dos variables aleatorias discretas, cuyo comportamiento se encuentra condicionado de manera recíproca, entonces entre ambas variables existe un sistema de información mutua.

La entropía mutua  $I(X; Y)$  para un par de variables aleatorias discretas con función de densidad de probabilidad  $P(x)$ , se puede definir como:

$$I(X; Y) = H(X) - H(X|Y) = \sum_{x, y} p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)} \quad (2.8)$$

La información mutua entre dos variables aleatorias continuas  $X_1, X_2$  puede ser definida como:

$$I(X_1, X_2) = \int_{X_1} \int_{X_2} p(x_1, x_2) \ln \frac{p(x_1, x_2)}{p(x_1)p(x_2)} dx_2 dx_1. \quad (2.9)$$

Donde,  $p(x_1, x_2)$  es la función de distribución de probabilidad conjunta de  $(X_1, X_2)$  y  $p(x_1), p(x_2)$  son respectivamente la función marginal de distribución de  $X_1$  y  $X_2$ .

Meneses (2012) señala que intuitivamente el coeficiente de información mutua entre  $X_1, X_2$  muestra en cuanto una de estas variables reduce la incertidumbre sobre la otra por lo tanto el coeficiente de información mutua puede ser expresado como:

$$\begin{aligned} I(X_1, X_2) &= H(X_1) - H(X_1|X_2) \\ &= H(X_2) - H(X_2|X_1) \\ &= H(X_1) + H(X_2) - H(X_1, X_2) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Donde  $H(X_1)$  y  $H(X_2)$  son las entropías marginales,  $H(X_1|X_2)$  y  $H(X_2|X_1)$  son las entropías condicionales y  $H(X_1, X_2)$  es la entropía conjunta de  $X_1$  y  $X_2$ .

Como se explicará en el siguiente apartado, el coeficiente de información mutua puede también ser interpretado como una medida de dependencia entre las variables involucradas, Meneses (2012) lo explica argumentando que dado que  $H(X_1) \geq H(X_1|X_2)$ , se tiene que  $I(X_1, X_2) \geq 0$  donde el coeficiente de información mutua es cero si y solo si  $X_1$  y  $X_2$  son estadísticamente independientes.

El mismo Meneses señala como una de las principales dificultades para estimar el coeficiente de información mutua consiste en que se desconoce la función de densidad de probabilidad, por lo que se propone utilizar una aproximación por medio de histogramas, en esta investigación se utiliza esta metodología propuesta para estimar el coeficiente de información.

El coeficiente de información mutua  $I(X;Y)$  es una medida que define la relación entre dos variables aleatorias y tiene las siguientes características:

1.  $I(X;Y) \geq 0$  Es una medida positiva y solo puede tener valor cero cuando los eventos  $X$  y  $Y$  son independientes. En esta circunstancia un valor cero para el coeficiente de información significaría que la política monetaria y el rendimiento de mercado son fenómenos independientes.
2.  $I(X;Y) = I(Y;X)$  Es simétrica en  $X$  y  $Y$ . Este parámetro cuantifica la relación entre variables pero no especifica el sentido de la causalidad entre variables.
3. Cuando la dependencia entre variables es total, ocurre que el coeficiente de información mutua será igual al de la entropía de cualquiera de ellas.

En la siguiente sección se muestran los resultados del análisis empírico hecho con la información mutua compartida por diferentes instrumentos de la política monetaria y el rendimiento del mercado financiero.

## 2.5. Información mutua como medida de dependencia.

El análisis de la dependencia o relación entre dos variables aleatorias, es un problema central en cualquier ciencia o disciplina, Granger, Maasoumi y Racine (2002) clasifican al coeficiente de correlación como el estadístico más comúnmente utilizado para evaluar la relación lineal entre variables aleatorias continuas o procesos gaussianos. Lu (2011) explica que la razón de la popularidad de este estadístico estriba en su fácil estimación y en que los programas computacionales lo estiman con relativa facilidad. Sin embargo, a pesar de estas ventajas, el coeficiente de correlación tiene serias deficiencias, una de ellas se refiere a que correlación no es equivalente a dependencia, dos variables que no están correlacionadas no necesariamente son independientes. Otras desventajas están relacionadas al hecho de que esta medida depende de la estructura lineal<sup>7</sup> o de la transformación lineal de las variables y pierde eficiencia cuando las variables son discretas o no siguen una distribución normal.

Trabajos como los de Darbellaya y Wuertzc (2000), proponen metodologías alternativas de asociación, tales como los conceptos derivados de la entropía como el coeficiente de información mutua, han sido utilizados como medidas de dependencia estadística, debido a que tienen la capacidad de capturar una relación estocástica como un todo, y no se limitan a la estimación de sus momentos estadísticos. Dionisio, Menezes y Mendes (2003) proponen los conceptos de entropía, entropía conjunta, entropía condicional y coeficiente de información mutua, como medida de dependencia mucho más general que los métodos

---

<sup>7</sup> De acuerdo con Green (2003) otras restricciones al modelo de regresión lineal son:

1. Linealidad: El modelo especifica una relación lineal entre las variables  $X$  y  $Y$ .
2. Exogeneidad e independencia de variables:  $E[\varepsilon_i | X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jK}] = 0$ . El valor esperado de las perturbaciones en la observación  $i$  no es una función de ninguna observación de ninguna de las variables independientes.
3. Homoscedasticidad y ausencia de autocorrelación: Cada uno de los errores  $\varepsilon_i$ , tienen la misma varianza finita  $\sigma^2$ , y no existe correlación con ninguna otra perturbación  $\varepsilon_j$ .
4. Distribución Normal. Las perturbaciones están normalmente distribuidas

tradicionales, los cuales no requiere de supuestos relativos a la linealidad, homoscedasticidad, estacionariedad o distribución normal de los errores.

Anteriormente se definió el concepto de entropía y entropía mutua, haciendo énfasis en su utilidad como medida de incertidumbre o eficiencia en los mercados financieros. En este apartado se propone el uso del coeficiente de información mutua, como una medida capaz de reflejar la dependencia estadística entre dos variables aleatorias, más específicamente se pretende observar por medio de este coeficiente cualquier tipo de correlación estadística incluso aquellas de características no lineales.

Para entender las bondades del coeficiente de información como medida de dependencia es importante describir las cualidades que de acuerdo con Renyi (1959), Granger, Maasoumi y Racine (2002) y Fullér, Harmati, Várlaki y Rudas (2012) debe cumplir una medida de dependencia para ser funcional:

Una medida de dependencia entre dos variables aleatorias  $(Y, X)$  debe tener las siguientes características:

1.  $\delta(X, Y)$  está definida para cualquier par de variables aleatorias discretas o continuas. ninguna de las dos debe ser una constante con probabilidad igual a 1.
2.  $\delta(X, Y) = \delta(Y, X)$  es simétrica.
3.  $0 \leq \delta(X, Y) \leq 1$
4.  $\delta(X, Y) = 0$  su valor es cero si  $X$  y  $Y$  son independientes
5.  $\delta(X, Y) = 1$  su valor es 1 cuando existe una estricta dependencia entre las variables.
6. Si la distribución conjunta de  $X$  e  $Y$  es normal, entonces  $\delta(X, Y) = |R(X, Y)|$ , donde  $|R(X, Y)|$  es el coeficiente de correlación entre  $X$  e  $Y$ .

7. Es una métrica, es decir es una medida de distancia y no solo de divergencia.
8. La medida es invariable bajo transformaciones estrictamente crecientes.

El coeficiente de información mutua satisface los criterios mencionados excepto los postulados tercero y sexto.

Es importante destacar que en comparación con el coeficiente de información mutua, el valor absoluto del coeficiente de correlación, que es la medida de asociación más comúnmente utilizada, satisface los postulados dos, tres y seis.

Entre las desventajas que se pueden objetar al momento de aplicar esta metodología, Darbellaya y Wuertzc (2000) comentan que la dificultad de calcular la información mutua para datos empíricos estriba en el hecho de que la función de densidad de probabilidad es desconocida.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del coeficiente de información mutua para las variables monetaria y la evolución en los precios del sector inmobiliario.

## CAPÍTULO 3. EVIDENCIA EMPÍRICA

### 3.1. Descripción de la política monetaria para EUA 1992-2014.

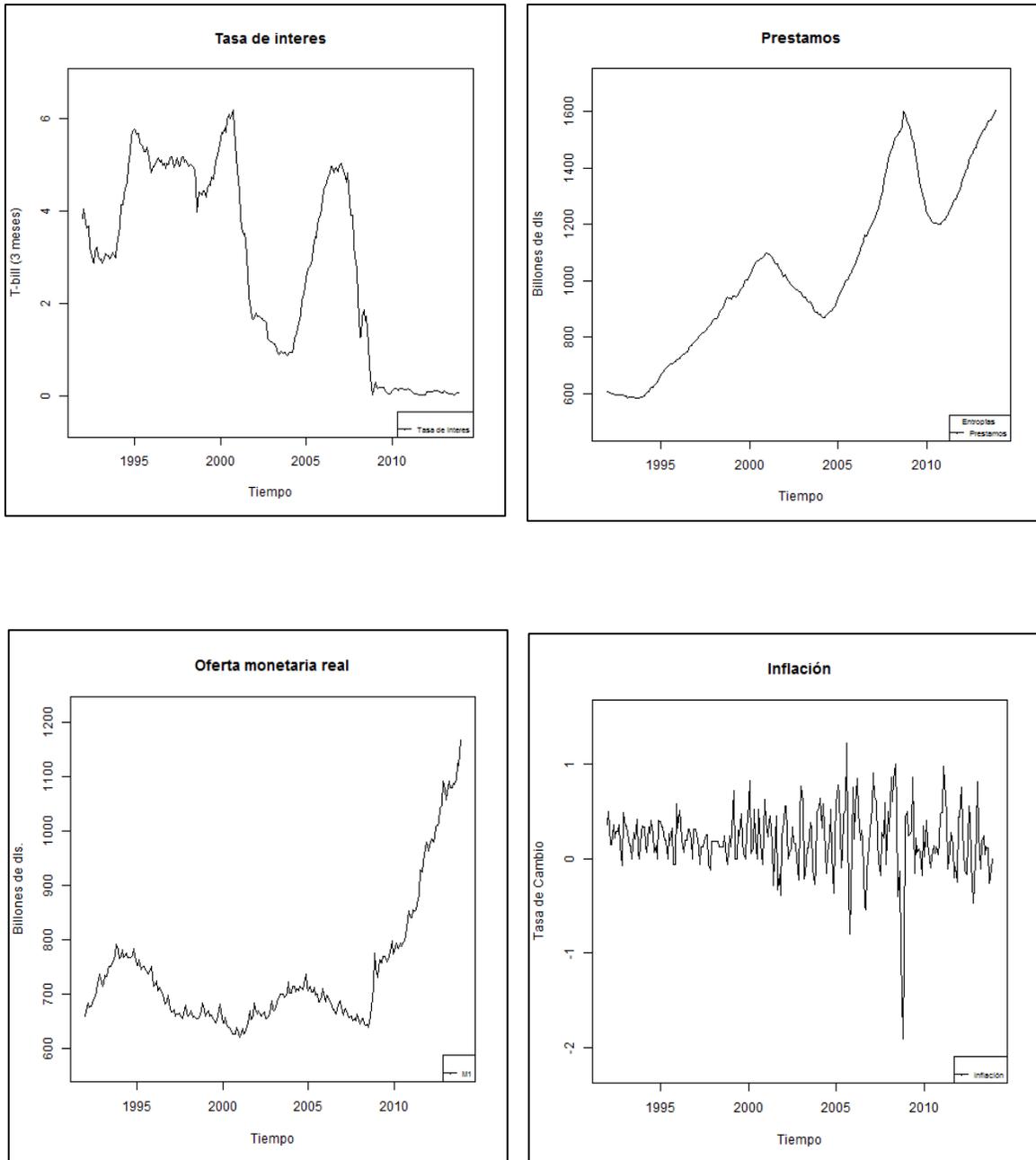
En este apartado, se analizarán los resultados del coeficiente de información mutua obtenidos para los rendimientos del *Dow Jones Industrial Average (DJIA)* en el periodo comprendido entre 1992-2013. En este lapso se ubicaron dos de las burbujas más significativas de la historia, la *dot-com* ocurrida en la segunda mitad de la década de los noventas y la burbuja hipotecaria que terminaría por estallar en el 2008.

Para observar el impacto de la política monetaria sobre la eficiencia con que trabajan los mercados financieros, y de acuerdo con el marco teórico expuesto se analizan cuatro variables: La oferta monetaria en términos reales ( $M1$ ), la tasa de interés de los *Treasury Bill* a tres meses ( $r$ ), la tasa anual de inflación ( $\pi$ ) y los préstamos industriales y comerciales totales otorgados por el total de bancos comerciales ( $L$ ).

La política monetaria en Estados Unidos, de acuerdo con Greenspan (2004), ha tenido como característica un entorno que ha ayudado a mantener niveles controlados de inflación, entre las principales características destaca: el mayor grado de competitividad derivado de los procesos de globalización, un incremento acelerado en la productividad y la orientación de la política económica en pro de la estabilidad de precios. Para el periodo de estudio, la política en términos generales se caracterizó por su uso discrecional durante los episodios recesivos posteriores a las crisis de 1987, 2000 y 2008, orientada a recuperar la dinámica de la economía.

A continuación, se muestra la evolución de los principales instrumentos monetarios analizados.

## EVOLUCION DE LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS MONETARIOS.



**Gráfico 3.1. Evolución de las variables monetarias (préstamos, tasas de interés, M1 y precios) 1992-2013. Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis.**

Con el objetivo de superar el entorno recesivo dejado por la crisis financiera de 1987, EUA responde con una política monetaria acomodaticia, la tasa de interés (*t-bill* a tres meses) alcanza su nivel más bajo en más de tres décadas al caer a 2.87%, en abril de 1993. A principios de 1994, gracias a las bajas tasas de interés, la rentabilidad y capitalización de la banca fue restaurada dando inicio la expansión crediticia, al mismo tiempo los niveles de inflación se mantuvieron menores al 2.5% anual. Es en este contexto de expansión crediticia, bajas tasas de interés e inflación controlada, que, para efectos de este trabajo, se sitúa el *displacement* y *overtrading*<sup>8</sup> de la burbuja dot-com como consecuencia de la euforia generada en el público<sup>9</sup>.

Un entorno similar se describe después del estallido de la burbuja *dot-com* en el 2000 y de los actos terroristas del 2001; en lo que se refiere a la conducción de la política económica en los Estados Unidos, se manejó una política fiscal y monetaria expansiva. Como consecuencia del aumento de liquidez, las tasas de interés cayeron substancialmente desde 6.2% en noviembre de 2000 a cerca de 1% en junio de 2003. Adicionalmente en este contexto se da la mayor reducción de impuestos en los últimos 20 años, por lo que las condiciones generaron nuevamente la sensación de riqueza en el público, motivando el sobreendeudamiento de consumidores e inversionistas, (Para mayor detalle véase Villegas, Acosta y Cayaffa, 2010). Es importante resaltar que nuestros resultados aportan evidencia empírica que ubica el origen de la crisis *subprime* entre 2002 y 2003, cuando la información mutua entre el mercado y la tasa de interés y el mercado y el número de créditos cae a su nivel más bajo previo a la crisis.

---

<sup>8</sup> Kindelberg 1998, hace referencia a las fases que caracterizan una burbuja, el *displacement* es un shock exógeno, sobre el sistema macroeconómico el cual da lugar a la aparición de expectativas optimistas en el público, si este periodo se extiende le sigue el *overtrading*, momento en el que se inicia la especulación acerca del incremento en el precio de los activos, sobreestimando los posibles retornos.

<sup>9</sup> Greenspan (2004) coincide en señalar, que los empresarios estaban reaccionando a lo que percibieron para ser elevado potencial de las tasas de rendimiento sobre las nuevas tecnologías. Aún en este entorno de crecimiento y expectativas positivas, los precios lograron mantenerse entables, lo que incentivaba la expectativa de ganancia entre el público inversionista.

Un vez que ha sido realizada una breve descripción de la coyuntura económica y los periodos de *displacement* y *overtrading* para ambas burbujas, se procede a analizar si los incrementos de circulante, las bajas tasas de interés, la expansión crediticia y el contexto de baja inflación, medidos por medio del coeficiente de información mutua, reflejan disminuciones el nivel de eficiencia en el mercado.

Para comprender mejor los resultados obtenidos, es conveniente recordar que si alguno o todos los instrumentos de política monetaria aquí analizados, tienen un efecto sobre las expectativas del público, éstos tenderán a exacerbar el precio de los activos financieros, propiciando así la pérdida de aleatoriedad en los mismos, dicho en otras palabras, los precios de los activos tenderán a mostrar periodos de revalorización constante, originando de este modo una burbuja especulativa. Este comportamiento deberá verse reflejado en una caída sostenida en el mediano y largo plazo de los niveles de información mutua<sup>10</sup>.

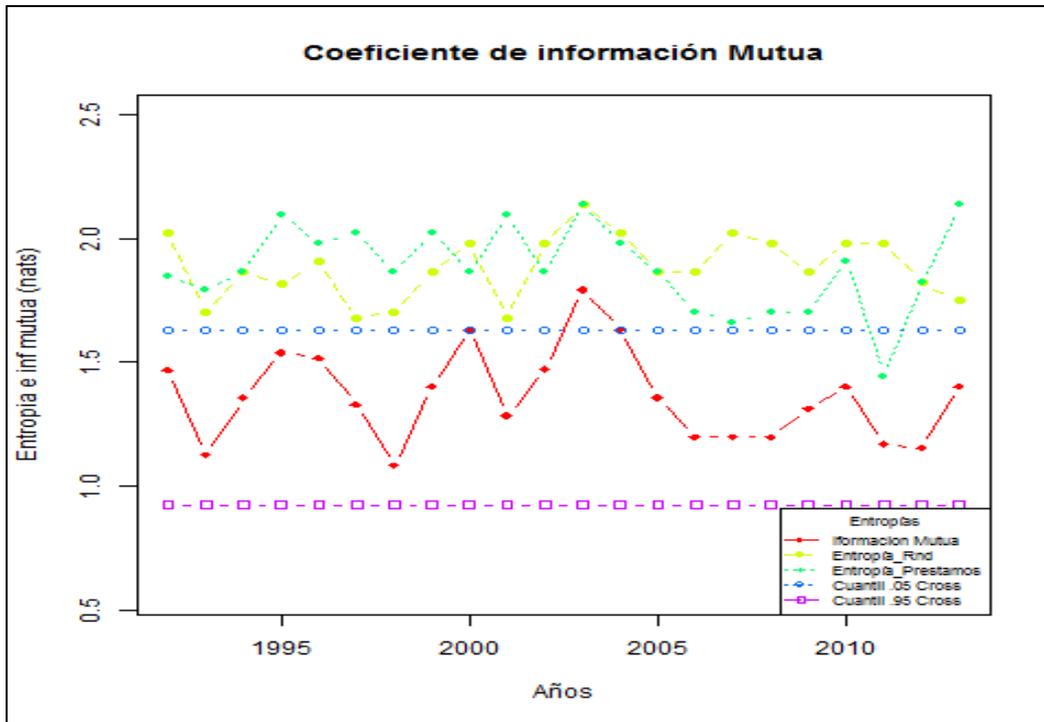
En el gráfico 3.2 se presentan los resultados obtenidos para el coeficiente de información e intervalos de confianza al 5% y 95% obtenidos mediante *Bootstrap* para las variables, préstamos, tasa de interés, oferta monetaria M1 e inflación, con relación al rendimiento de mercado, en este caso representado por el índice *Dow Jones Industrial Average*.

Remarcamos la existencia de los intervalos de confianza a fin de dar al lector una perspectiva más clara del nivel del coeficiente de información mutua respecto a su histórico sin necesidad de hacer supuestos sobre la distribución del coeficiente de información mutua, de los datos o de sus distribuciones conjuntas.

---

<sup>10</sup> La unidad de medida para el coeficiente de información se expresa en “nats” debido a que se está utilizando el logaritmo natural en el código de cálculo.

### 3.2. Resultados del coeficiente de información

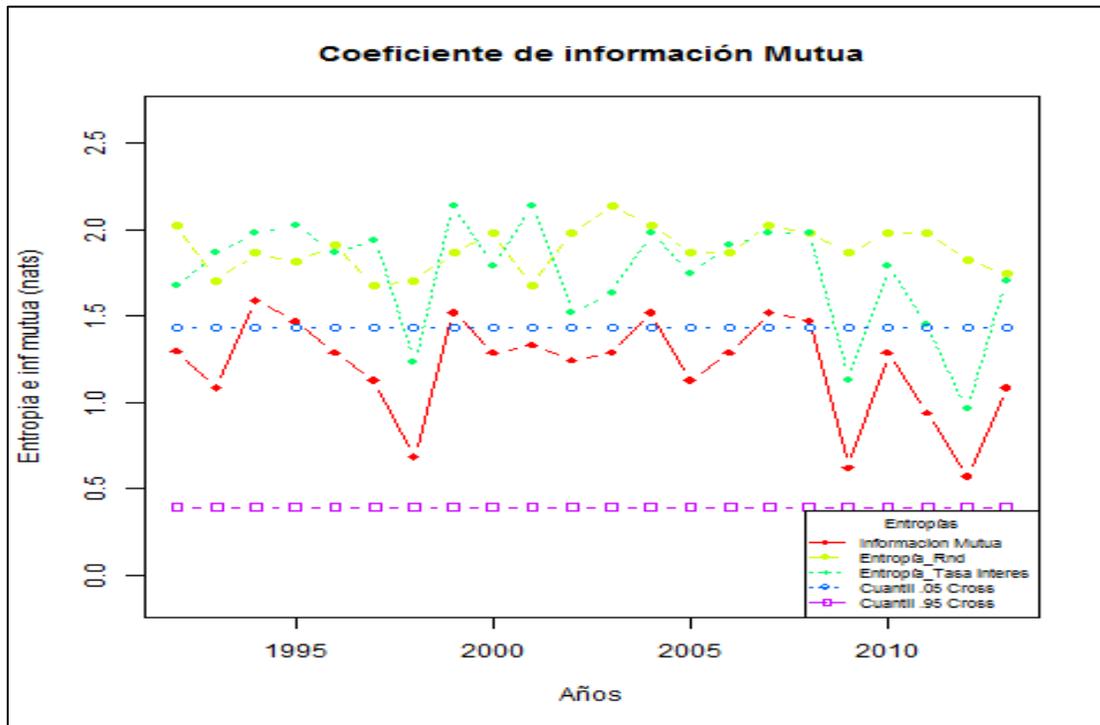


**Gráfico 3.2. Coeficiente de información mutua para préstamos, y mercado financiero. Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis.**

Como se puede observar, en la gráfica, existe una clara relación entre la expansión del crédito y el *overtrading* de las burbujas *dot-com* y *subprime*. Se reconocen dos periodos de pérdida de eficiencia el primero de ellos de 1995 a 1998 en que el coeficiente de información mutua cae 30%; el segundo de 2003 a 2007, lapso en que el coeficiente de información cae 33%.

Los resultados obtenidos nos llevan a la conclusión de que las variaciones en el monto del crédito, tienen un efecto directo sobre la eficiencia de los mercados financieros. Esta conclusión es coincidente con los estudios realizados por Detken y Smets (2004) quienes analizan las condiciones financieras y la política monetaria para 38 periodos de incremento en los precios de los activos financieros en 18

países de la OCDE, entre sus conclusiones demuestran concordancia entre el crecimiento de los precios de los activos, el crédito real y el crecimiento del dinero real, los cuales son bastante fuertes antes y durante las tasas de auge y crecimiento y caen considerablemente en los dos años siguientes al estallido de la burbuja.



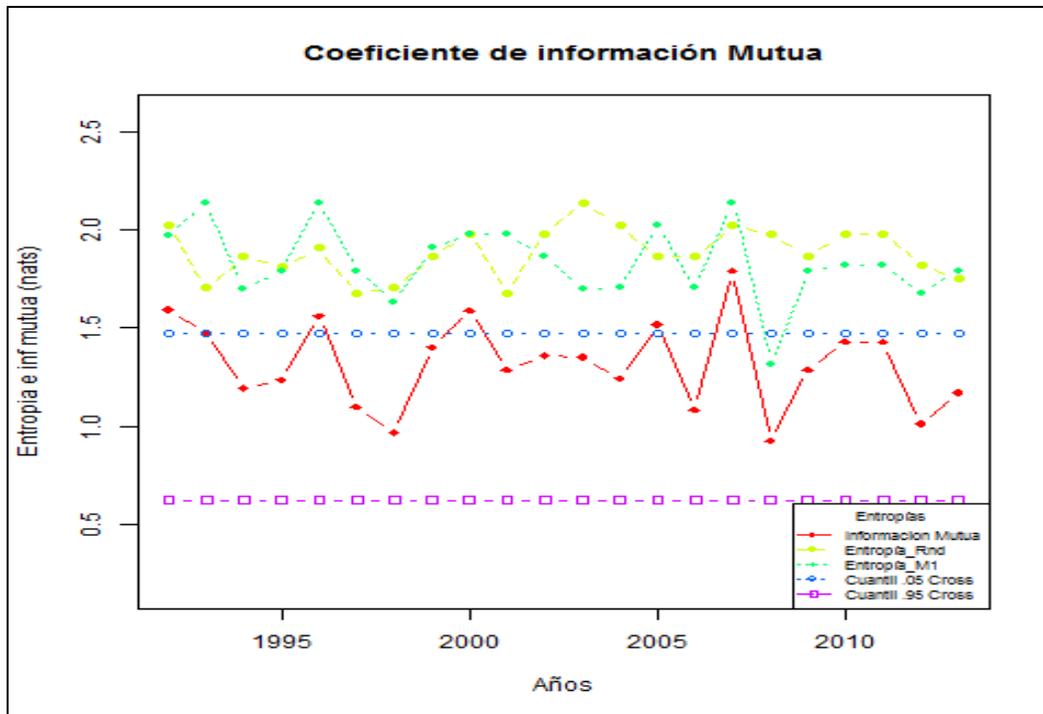
**Gráfico 3.3. Coeficiente de información mutua para tasas de interés, y mercado financiero. Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis.**

Los datos mostrados en el gráfico 3.3, permiten afirmar que existe una relación entre pérdida de eficiencia y disminución en las tasas de interés, esto es especialmente cierto para el periodo 1995-1998 el cual corresponde al *overtrading* de la burbuja *dot-com*. En cuanto al efecto sobre el periodo de gestación de la burbuja *subprime* es interesante resaltar que, aún cuando sigue presente la influencia de las bajas tasas de interés sobre la eficiencia del mercado, este efecto es cuantitativamente menor aunque se mantiene por el mismo lapso de tres años entre 2000 y 2003. Este hallazgo puede ser explicado por los niveles extraordinariamente bajos de las tasas de interés, las cuales llegan a final del periodo a niveles menores al 1%.

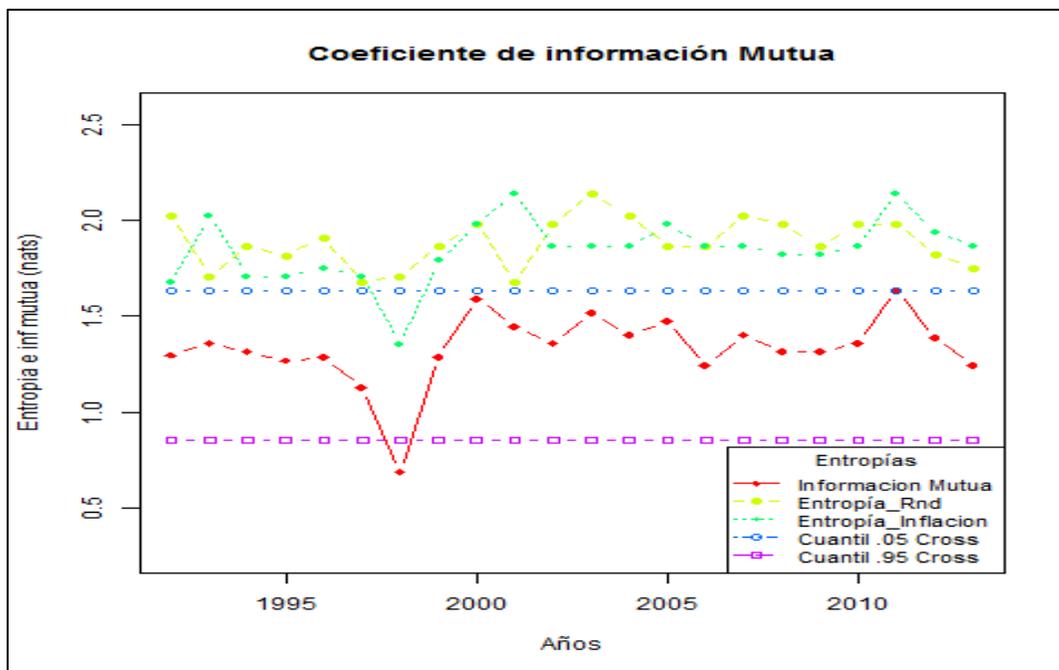
Esta idea es reforzada para los años 2010 a 2012 durante los cuales se evidencia otra importante caída de los niveles de eficiencia ya con tasas de interés cercanas a cero. Esta situación, de acuerdo al análisis keynesiano, es característica de una economía que ha caído en la trampa por la liquidez, es decir las tasas de interés han llegado a un nivel en que la elasticidad de la demanda de dinero con relación a la tasa de interés se vuelve infinitamente elástica.

Por otra parte, si se consideran las consecuencias de un incremento en las tasas de interés, el resultado sobre los niveles de eficiencia, parecen ser marginales, mientras que las tasas de interés se incrementan 48% el coeficiente de información solo mejora 14% para los años de 2005 a 2006. En resumen, a diferencia del mecanismo de préstamos bancarios, la tasa de interés no parece ser un buen instrumento para retomar los niveles de eficiencia, sobre todo cuando estos han llegado a niveles demasiado bajos, ya que el mercado se vuelve indiferente a la evolución de las tasas de interés.

En el gráfico 3.4 se observa el efecto de transmisión del incremento de la oferta monetaria, los resultados muestran pérdidas de eficiencia que son consistentes con los periodos de formación de ambas burbujas estudiadas, esto es para los años comprendidos entre 1992-1994, 2001-2004. El mismo punto de vista es considerado en Detken y Smets (2004) quienes encuentran que el crecimiento del dinero real es bastante fuerte antes y durante el crecimiento explosivo en el precio de los activos y cae considerablemente en los dos años siguientes de este suceso.



**Gráfico 3.4. Coeficiente de información mutua, M1 y mercado financiero.**  
 Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis.



**Gráfico 3.5. Coeficiente de información mutua, inflación y mercado financiero.**  
 Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis.

El valor del coeficiente de información obtenido por esta investigación, para la variable precios es consistente con la noción generalizada de que la revalorización en el precio de los activos ocurre en contextos de baja inflación. Como se observa en el gráfico 3.4, para el *overtrading* de la burbuja *dot-com*, se observa una importante caída de la eficiencia para el periodo comprendido entre 1993-1998, ésta tendencia está en concordancia con un periodo de niveles bajos y estables de inflación, mientras que los precios disminuyeron 36%, el coeficiente de información cayó 49%.

A pesar de las presiones inflacionarias en el 2000, desde finales de este año hasta el 2002 se observa nuevamente el retorno a la estabilidad de precios y una pérdida constante en el coeficiente de información, esta misma relación se mantiene para los años comprendidos entre 2007 y 2009.

De acuerdo con los resultados, el mecanismo de precios trasmite importantes deficiencias a los mercados financieros, lo cual confirma la paradoja del banco central. Sin embargo, su efecto perdura solamente durante las fases iniciales de la formación de una burbuja, conforme las expectativas del público se adaptan a la estabilidad de precios, este indicador pierde eficiencia para dar señales en el mercado y solo vuelve a ser considerado cuando se observan presiones inflacionarias importantes, tal es el caso del 2000 y 2007, años en donde el coeficiente de información se incrementa notablemente ante los movimientos del mercado.

Los resultados obtenidos confirman, que la política monetaria puede generar importantes deficiencias en el funcionamiento de los mercados financieros, el proceso inicia, tal como lo describe Minsky, bajo la implementación de una política monetaria de corte expansivo que genera en el público expectativas de bonanza

económica. Al mismo tiempo se confirma con la evidencia empírica, que los bajos niveles inflacionarios afectan el crecimiento exacerbado en el precio de los activos, tal y como lo predice la paradoja de banco central.

Así mismo, se demostró que el optimismo del público es alimentado por otras vías de transmisión, entiéndase en este caso el manejo de las tasas de interés y la expansión crediticia, las cuales actúan a diferentes tiempos y en distintas dimensiones. Estos mecanismos varían considerablemente en cada momento del tiempo, por lo que cuando las autoridades monetarias pretender frenar el ánimo exacerbado, o como lo definiera Keynes *the animal spirits*, no es suficiente con aplicar medidas monetarias restrictivas, tal como lo promueve la teoría cuantitativa clásica, que permitan al mercado retornar a la eficiencia sin que esto genere costos.

### **3.3. La formación de precios en el sector inmobiliario y su efecto sobre la transmisión de la política monetaria.**

La crisis económica desatada en EUA en 2008 ocurrió a consecuencia del estallido de una burbuja especulativa gestada en el sector inmobiliario de los Estados Unidos, debido a las fuertes consecuencias sociales y económicas de este acontecimiento, investigaciones recientes se han centrado en analizar la importancia de la formación de precios en este sector. Estudios como Assenmacher-Wesche, Katrin, y Stefan, (2010); Hirata, Kose, Otrok y Terrones (2013), coinciden en señalar que las actividades relacionadas con el sector inmobiliario, representan un importante porcentaje de la producción y los gastos de un país, asimismo, la evolución de los precios hipotecarios juega un papel importante dentro de las fluctuaciones reales y financieras de una economía, afectando variables macroeconómicas fundamentales como la riqueza de los individuos, su capacidad de endeudamiento y sus decisiones de inversión.

Otro factor que ha acrecentado la importancia del sector inmobiliario es la globalización de los mercados financieros, que favorecido la creación de nuevos instrumentos de inversión en busca de una opción para mejorar el rendimiento de la cartera y lograr la diversificación, los instrumentos actuales se están ampliando para incluir las inversiones en activos reales, como los recursos naturales y las inversiones inmobiliarias. Es por esta razón que desde de los años 1990, los mercados de bienes raíces, han desempeñado un papel significativo como parte de en inversiones internacionales a largo plazo. (Véase Patterson, 2008)

Diversas investigaciones como las realizados por Aoki (2001), Aoki (2004), Ahearne (2005), Taylor (2007), Mishkyn (2007), Dokko (2009), Xiaoqing (2012) Hirata (2013), entre otros coinciden en señalar un importante vínculo entre política monetaria y las variaciones en el precio de los bienes inmobiliarios. Asenmacher-Wesche, Katrin, y Stefan, (2010) señalan que, durante los últimos treinta años, los precios de las casas, en la mayoría de las ciudades industrializadas del mundo, se han caracterizado por mantener periodos de marcados incrementos seguidos por severos colapsos. Los aumentos se han caracterizado por ocurrir en un contexto de bajas tasas de interés reales a largo plazo, amplia liquidez y crecimiento económico estable. En este sentido se puede afirmar que los precios del sector hipotecario son un canal clave de la transmisión de la política monetaria.

En virtud de las importantes implicaciones del sector de bienes raíces, es una prioridad el diseño de modelos o metodologías capaces de describir o caracterizar la asociación existente entre variables monetarias y precios del sector residencial. Estudios tradicionales basados en el diseño de modelos de tipo econométrico, han dado resultados ambiguos en los que sus conclusiones varían ampliamente. Este tipo de metodologías han perdido cierto grado de efectividad al estar condicionados por la estructura lineal o la transformación lineal de las variables involucradas y

pierde eficiencia cuando el modelo no se ajusta a los supuestos de distribución normal de los errores, estacionariedad, u homoscedasticidad.

Es por este motivo que en diversos trabajos como los realizados por Darbellaya y Wuertzc (2000) y Dionisio, Menezes y Mendes (2003) se proponen conceptos de entropía, y variaciones del mismo indicador tales como entropía conjunta, entropía condicional y coeficiente de información mutua, como medidas de dependencia mucho más generales que tienen la capacidad de capturar una relación estocástica como un todo, y no necesariamente como la suma de la contribución de cada momento estadístico. Estas metodologías alternativas no requieren de supuestos relativos a la linealidad, o algun otro de los indicados en análisis lineales.

En este capítulo se utiliza el coeficiente de información mutua para estudiar la relación entre la oferta monetaria, las tasas de interés de corto plazo y el total de créditos otorgados por la banca comercial y su efecto sobre la formación de los precios en el sector inmobiliario residencial.

### **3.3.1. Determinantes de los precios inmobiliarios.**

Además de la política monetaria, existen otros factores que pueden influir sobre la formación de precios en el sector inmobiliario. Los elementos determinantes señalados por diversas investigaciones se pueden agrupar en las siguientes categorías: cambios demográficos, shocks de productividad, expectativas, desregulación financiera y otras variables de carácter macroeconómico.

#### **3.3.1.1. Desregulación.**

La desregulación financiera también aparece como una posible causa en el incremento en los precios de las casas. Desde fines de 1980, la desregulación

financiera ha significado menores restricciones para el endeudamiento de los consumidores, en teoría con mayores facilidades para conseguir un préstamo y estando fija la oferta de casas en el corto plazo, los precios de los bienes raíces tienden a subir. Las economías con mercados financieros más "flexibles" como lo señalan Assenmacher-Wesche, Katrin, y Gerlach, (2010), responden fuertemente a los estímulos monetarios.

La desregulación también se traduce en un menor o mayor grado de intervención del gobierno en el mercado inmobiliario. Este hecho ha significado un factor determinante en las variaciones de los precios de las casas, al modificar variables claves como la estructura impositiva o los trámites de carácter legal.

#### **3.3.1.2. Expectativas.**

La vivienda puede ser considerada como un bien de consumo duradero, en este contexto, se podría esperar un aumento de la compra de viviendas como un medio de inversión. Un inversionista puede comprar una casa con la intención de obtener una ganancia en el precio de venta futuro o bien por el ingreso de rentas que de acuerdo con la expectativa serán cada vez más altas en el futuro. Por lo tanto se puede describir el valor de un bien inmobiliario como la suma de los rendimientos futuros esperados descontados, lo que hace que el precio de este bien sea particularmente sensible a los cambios de tipos de interés. Assenmacher-Wesche, Katrin, y Stefan Gerlach, (2010). Ahearne, Ammer, Doyle, Kole y Martin (2005). Cuando las viviendas se vuelven un instrumento de inversión, las expectativas de los agentes pueden conducir a conductas que lleven al mercado a una profecía auto cumplida. Es aún más preocupante el efecto de estas conductas cuando las expectativas cambian a adversas, las casas compradas como medio de inversión retornan más fácilmente a ser revendidas en el mercado que aquellas propiedades que están ocupadas por sus dueños, lo cual acelera el incremento de la oferta y la consecuente caída en los precios.

### **3.4. Política monetaria y su relación con el sector inmobiliario.**

Diversas investigaciones como las realizadas por Aoki (2001), Aoki (2004), Ahearne (2005), Taylor (2007), Mishkyn (2007), Dokko (2009), Xiaoqing (2012) Hirata (2013), entre otros coinciden en señalar un importante vínculo entre política monetaria y las variaciones en el precio de los bienes inmobiliarios. Asenmacher-Wesche, Katrin, y Stefan, (2010) señalan que durante los últimos treinta años, los precios de las casas, en la mayoría de las ciudades industrializadas del mundo, se han caracterizado por mantener periodos de marcados incrementos seguidos por severos colapsos. Los aumentos se han caracterizado por ocurrir en un contexto de bajas tasas de interés reales a largo plazo, amplia liquidez y crecimiento económico estable. Ahearne (2005) y Xiaoqing (2012) han demostrado que la política monetaria expansiva tiende a acelerar el crecimiento del precio de la vivienda y cuando la política cambia a restrictiva, la tendencia tiende a desacelerarse. Estos resultados sugieren que las acciones de política monetaria son las fuerzas impulsoras detrás del cambio de los precios de bienes raíces. Por lo que se asume a la evolución de los precios en este sector como un canal clave de la transmisión de la política monetaria.

Mishkin (2007) describe los mecanismos de transmisión por los las que variaciones en las tasas interés afectan al mercado de bienes raíces, en este trabajo describe seis canales por medio de los cuales de forma directa o indirecta la política monetaria afecta al mercado de la vivienda y a la economía en general.

Por medio del efecto directo de las tasas de interés:

1. El costo de uso del capital,

De acuerdo con Mishkin (2007) el costo de capital en los modelos neoclásicos es un importante determinante de la demanda de capital residencial. El costo de capital queda definido como:

$$uc = ph [(1 - t)i - \pi^e] - [\pi h^e - \pi^e] + \delta \quad (3.1)$$

Donde:

$uc$  = Costo de capital

$i$  = Tasa de la hipoteca

$\pi h^e$  = Tasa esperada de apreciación de los precios de las casas

$\delta$  = Tasa de depreciación de las casas

$i$  = Tasa de interés

$\pi^e$  = Tasa esperada de inflación

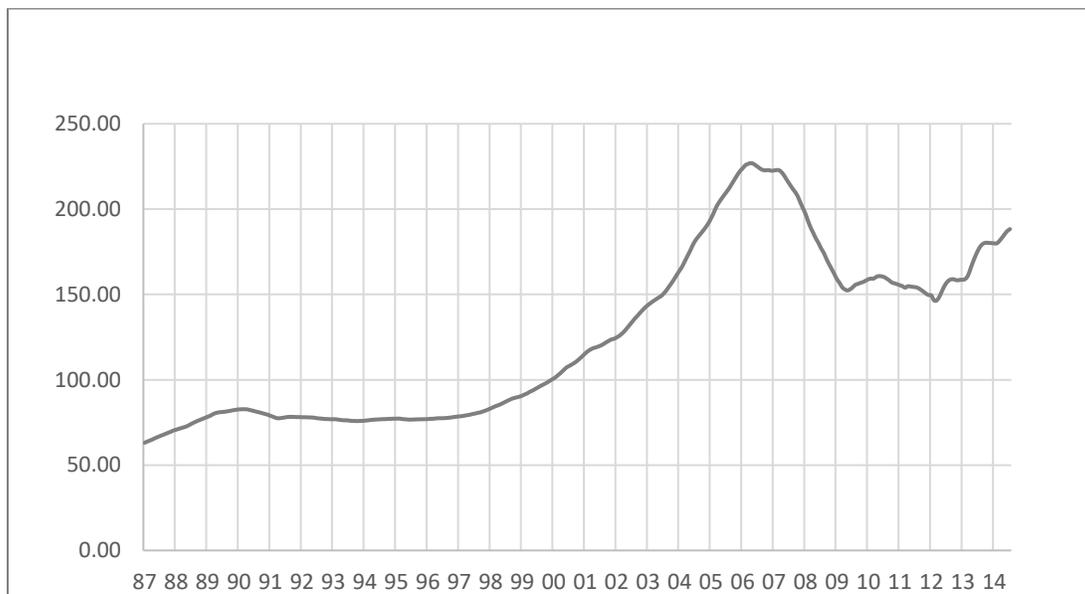
Una importante implicación de esta ecuación es que aún cuando la tasa real de la hipoteca y la expectativa de apreciación en el precio de las casas se determina sobre un horizonte de largo plazo, cuando las tasas de interés de corto plazo aumentan, las tasas de largo plazo también se incrementan por lo que el costo de capital aumenta y la demanda de bienes raíces disminuye.

Como se puede observar, de acuerdo al marco teórico descrito por Mishkyn (2007), el canal de crédito juega un papel determinante en la formación de precios del sector inmobiliario, las variaciones de la política monetaria tienen importantes repercusiones en las decisiones que los agentes toman en el corto y largo plazo. En este sentido es importante el desarrollo de metodologías que permitan observar la interrelación entre las variables inmobiliarias y monetarias. En la siguiente sección se describe el coeficiente de información mutua como una medida efectiva para medir la asociación entre dichas variables.

### 3.5. Evolución de los precios residenciales en EUA.

De acuerdo con Ahearne, Ammer, Doyle, Kole y. Martin (2005), los precios reales de las casas en la mayoría de las ciudades industrializadas del mundo han exhibido prolongados aumentos y caídas en los últimos treinta y cinco años. Los auges en los precios se han caracterizado por ocurrir generalmente en un contexto de políticas monetarias laxas. Otra característica en los mercados de la vivienda es que los precios han crecido relativamente más que los ingresos, por lo que se puede argumentar la presencia de una actividad especulativa cada vez mayor. (Véase Assenmacher-Wesche, Katrin, y Stefan, 2010)

En cuanto al mercado estadounidense Bernake (2010), describe la evolución de los precios en el mercado de bienes raíces, después de algunos años de crecimiento lento, los precios de las casas de Estados Unidos comenzaron a subir más rápidamente a finales de 1990. Tal como se muestra en la figura 3.1, los precios crecieron a una tasa anual del 7 al 8 por ciento en 1998 y 1999, y en el rango de 9 a 11 por ciento de 2000 a 2003.



**Figura 3.1. Evolución del Índice Shiller.  
Elaboración propia con datos de S&P**

Shiller (2007) data el comienzo del auge en 1998, como se puede observar, esta fecha es anterior a la implementación de una política monetaria agresiva, la cual ocurre en 2002 y 2003. Bernake (2010), sin embargo, los aumentos más rápidos en los precios ocurren después del relajamiento monetario en 2004 y 2005, cuando la tasa anual de apreciación del precio de las casas era de entre 15 y 17 por ciento.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el coeficiente de información entre la política monetaria y la apreciación de las viviendas.

### 3.6. Coeficiente de información mutua.

En esta sección se presentan los resultados del coeficiente de información mutua, las variables a utilizar son: ( $M1$ ) real, la tasa de interés ( $r$ ) es la *Treasury Bill* a tres meses, y el total de los precios industriales y comerciales otorgados por la banca comercial ( $L$ ). Para observar la evolución de los precios en el sector hipotecario estadounidense se utiliza el S&P/Case-Shiller Index 10<sup>11</sup>.

Primeramente y solo con fines de comparación en la tabla 3.1, se obtiene el coeficiente de correlación, el cual, como se comentó anteriormente, se puede considerar como un indicador líder de asociación entre variables por lo tanto es importante comparar su efectividad contra el indicador aquí propuesto.

	Coeficiente de correlación	Covarianza
	Shiller index	Shiller index
M1	.060224	6.428395
T-bill	-.084370	-2.139109
Préstamos	-.091267	-.070950

**Tabla 3.1. Coeficiente de correlación y covarianza.**

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

<sup>11</sup> El S&P/Case-Shiller Index 10, representa el valor del sector residencial inmobiliario en las 10 principales áreas metropolitanas en EUA. Este estadístico desarrollado por Robert J. Shiller y Karl E. Case, es considerado como el indicador líder de los precios residenciales inmobiliarios en EUA. El índice mide los cambios en los precios de mercado de las casas considerando una calidad constante en los hogares.

Como se puede observar, el coeficiente de correlación no permite afirmar que exista asociación entre las variables estudiadas ya que ninguno de los indicadores supera el 1%. Así mismo se violan los supuestos de normalidad, homoscedasticidad y autocorrelación, que son fundamento del modelo de MCO, por lo que aún cuando el coeficiente de correlación hubiese presentado un valor alto, su veracidad estaría condicionada al cumplimiento de tales características.

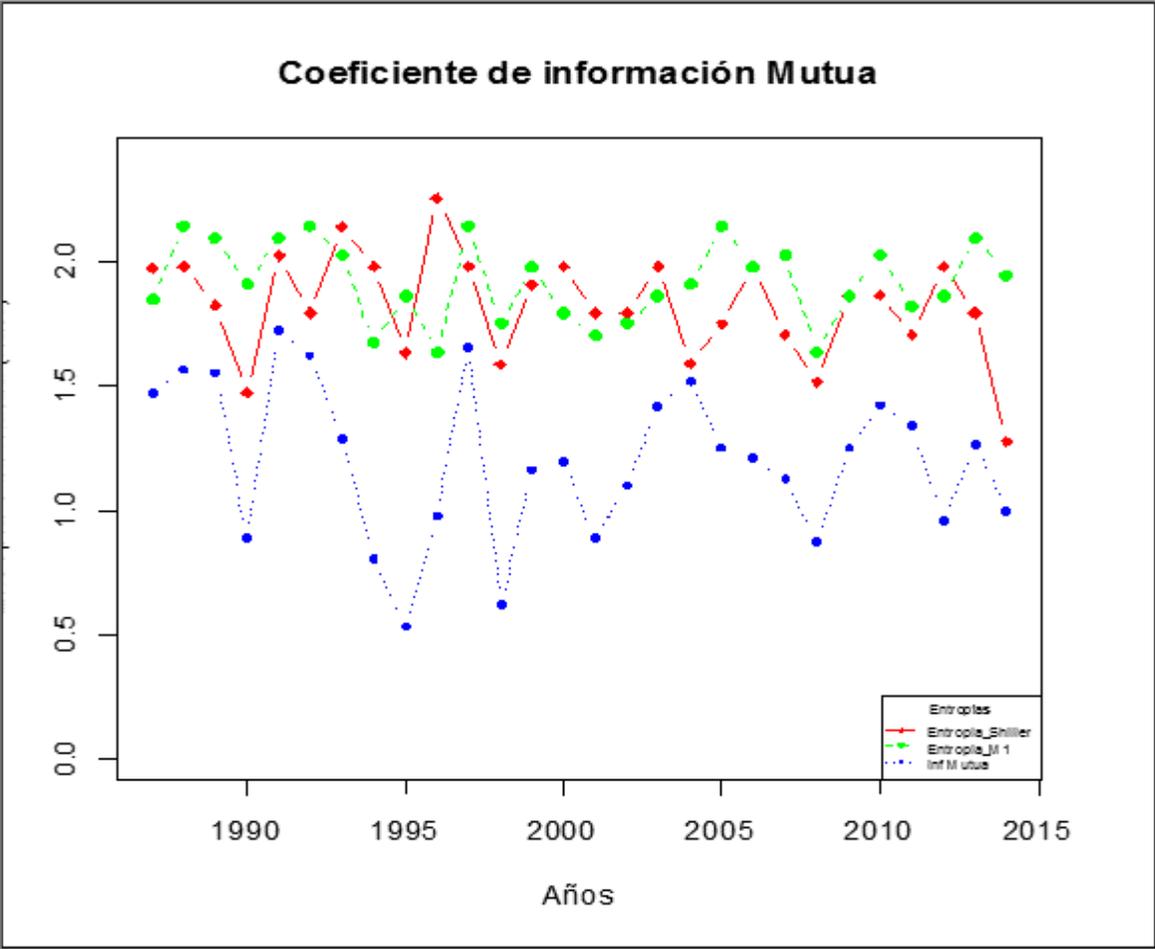
Por otra parte, los resultados del coeficiente de información mutua revelan fuertes grados de asociación entre las variables monetarias y los precios de las casas. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos.

<b>Coeficiente de información mutua</b>			
<b>Año</b>	<b>Prestamos</b>	<b>T-bill</b>	<b>M1</b>
1987	1.2608	0.7459	1.4733
1988	1.2861	1.1171	1.5651
1989	0.8523	1.1890	1.5552
1990	0.9381	1.2904	0.8861
1991	1.4833	1.5847	1.7242
1992	1.2762	0.6452	1.6185
1993	1.7285	1.1269	1.2861
1994	0.7607	1.3580	0.8043
1995	0.8042	1.1367	0.5297
1996	1.0452	1.2762	0.9776
1997	1.2861	1.4975	1.6566
1998	0.6310	0.8621	0.6212
1999	1.0692	1.5607	1.1607
2000	1.3678	1.2185	1.1945
2001	1.0692	1.6185	0.8861
2002	1.1945	0.6409	1.1030
2003	1.4975	0.9438	1.4157
2004	1.0157	1.0594	1.5214
2005	1.5847	0.6310	1.2523
2006	1.3242	1.7482	1.2087
2007	1.1749	1.2326	1.1269
2008	1.2621	1.1607	0.8762
2009	0.8073	0.2986	1.2523
2010	1.0790	1.5651	1.4256
2011	1.3482	0.4479	1.3383
2012	1.0114	0.2280	0.9536
2013	1.1367	0.7945	1.2621
2014	0.4817	0.7020	0.9990

**Tabla 3.2. Coeficiente de información mutua.**

**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de Sn. Luis.**

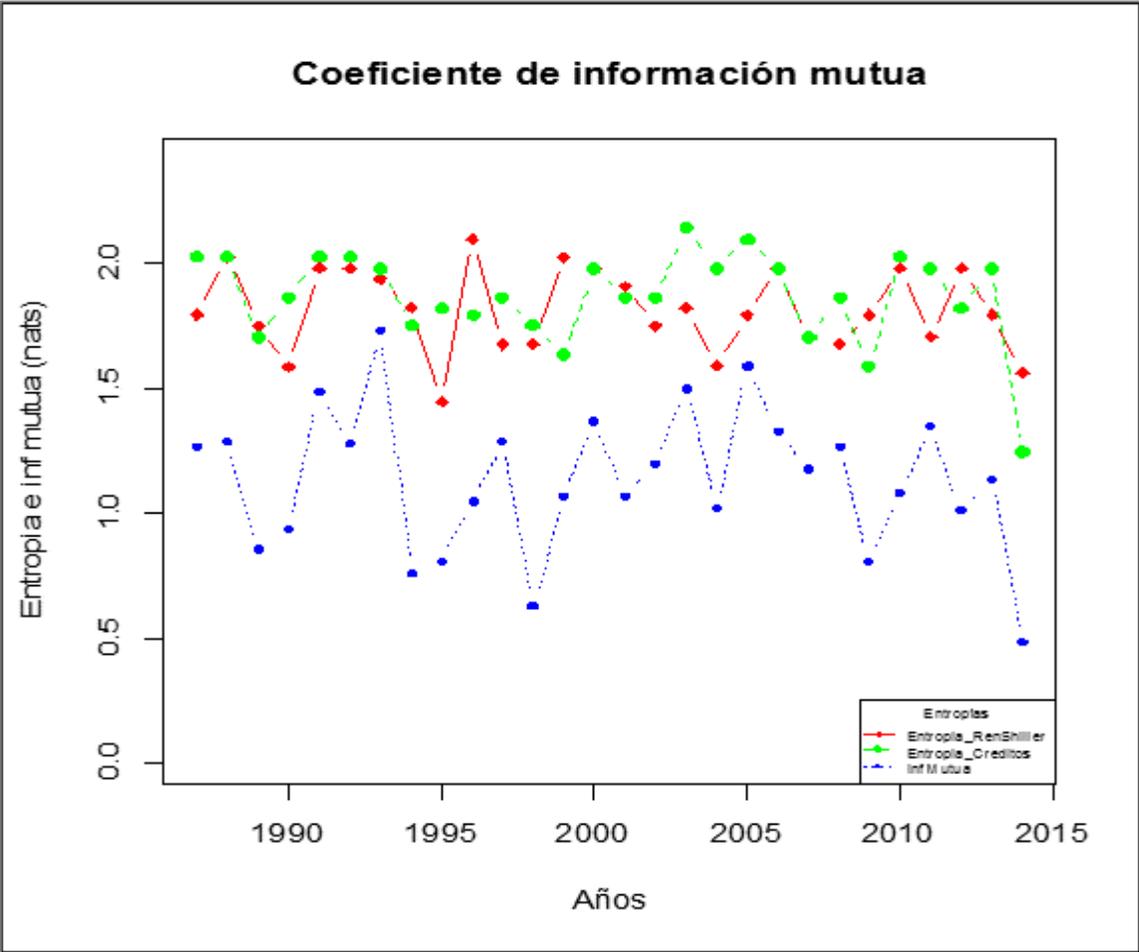
De acuerdo con los postulados señalados, podemos afirmar la existencia de asociación entre las variables monetarias y la formación de precios en el sector hipotecario, debido a que el valor del coeficiente de información es diferente de cero en todos los casos por lo que se rechaza la ausencia de relación entre variables. Así mismo como se puede observar, en las graficas presentadas a continuación, existe una fuerte sincronización en la evolución de las entropías de cada instrumento monetario y el índice Shiller, lo cual significa que existe un grado de aleatoriedad e incertidumbre que varía de manera acoplada entre las variables.



**Gráfico 3.6. Coeficiente de información mutua. (Índice Shiller y M1)**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva federal de Sn. Luis.**

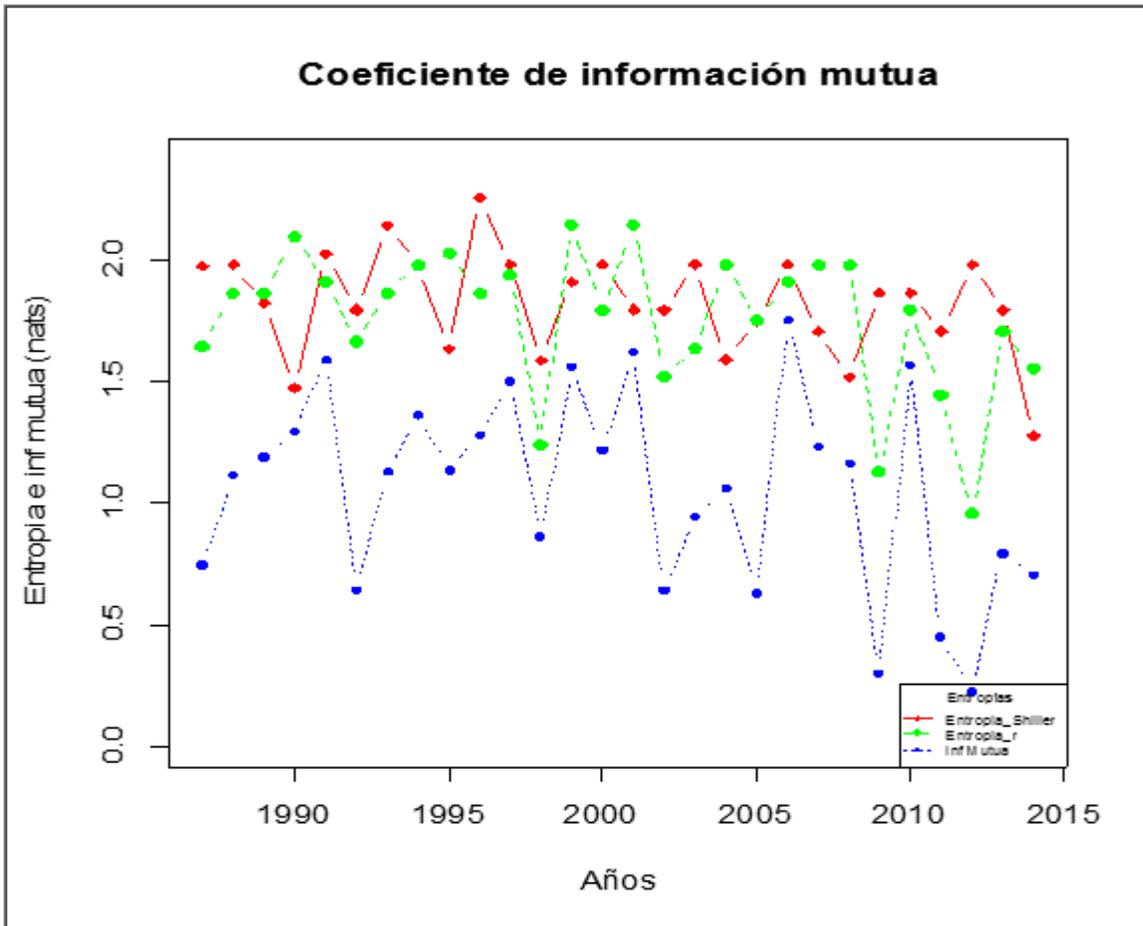
Los resultados observados en el gráfico 3.6, permiten observar que la relación entre variables se incrementa de manera sostenida durante los periodos de expansión monetaria los cuales comprenden de 1987 a 1989 y de 2001 a 2004.

Hay dos periodos de marcada pérdida de eficiencia para los periodos comprendidos entre 1991 a 1995 y 2005 a 2008. En este caso el fenomeno se observa para un periodo intermedio en la vida de la burbuja, es decir cuando la burbuja estaba en su momento más álgido, esto presupone que la oferta monetaria no contribuyó a la revalorización de los activos en las primeras etapas de la burbuja pero sí alimento el proceso en su momento más activo.



**Gráfico 3.7. Coeficiente de información mutua. (Índice Shiller y préstamos)**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva federal de Sn. Luis**

En cuanto al gráfico 3.7, los resultados permiten observar que la relación entre variables se incrementa de manera sostenida durante los periodos de expansión crediticia los cuales comprenden de de 2001 a 2003.



**Gráfico 3.8. Coeficiente de información mutua. (Índice Shiller y tasa de interes)**

**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva federal de Sn. Luis**

Con respecto a la asociación entre tasas de interés y el precio de las casas, se puede observar en gráfico 3.8, que este coeficiente aumenta sostenidamente de 1987 a 1991, periodo caracterizado por una marcada disminución en las tasas de interés, la cual tenía como objetivo superar el entorno recesivo posterior a la crisis financiera de 1987.

Es también destacable la disminución del coeficiente de información a partir del 2010, el menor grado de asociación entre estas variables puede explicarse por el nivel extraordinariamente bajo de las tasas de interés, las cuales han llegado a niveles inferiores al 0.1%. En este contexto la disociación entre variables es comprensible pues la tasa de interés ha dejado de aportar información al mercado. Como se menciona en Alonso, Cruz-Ake y Venegas (2014), los niveles tan bajos de las tasas de interés inducen a la economía a la trampa por liquidez, volviendo a la demanda de dinero infinitamente elástica.

De manera similar al efecto de la política monetaria, durante el periodo de 2005 a 2009 hay una caída muy marcada en la eficiencia del mercado justo en el momento más fuerte de la burbuja y justo años previos al estallido de la misma.

Basados en los resultados obtenidos, es posible afirmar la existencia de una asociación entre las variables monetarias y la formación de precios en el sector inmobiliario, esta asociación se incrementa de manera sostenida en periodos de relajamiento de la política monetaria. Otras investigaciones como las de Ahearne, Ammer, Doyle, Kole y Martin (2005) que se basan en análisis lineales, no permiten concluir que la política monetaria haya contribuido al incremento y decremento de los precios en las casas. Sin embargo, los resultados con respecto a las tasas de interés coinciden en señalar una correspondencia entre el crecimiento real en los precios de las casas y la disminución nominal de las tasas de interés.

Los resultados empíricos obtenidos por Xiaoqing (2012) demuestran de forma consistente que las tasas de interés decrecientes, el crecimiento de la oferta monetaria y la expansión de los préstamos hipotecarios, tienden a acelerar el crecimiento de los precios de las casas, mientras que el aumento de las tasas de

interés, el crecimiento de la oferta de dinero y el endurecimiento de los préstamos hipotecarios tienden a desacelerar el crecimiento posterior del precio de la vivienda.

Otras investigaciones contradicen los resultados aquí obtenidos, por ejemplo Bernake (2010) señala que, sobre la base de las relaciones históricas, sólo una pequeña parte del aumento de los precios inmobiliarios a principios de los 90s se puede atribuir a la postura de la política monetaria. Esta conclusión se ha alcanzado con modelos econométricos y análisis puramente estadísticos que no hacen uso de la teoría económica. Dokko (2009) ofrece una conclusión en este mismo sentido al señalar que la política no fue factor primario que contribuye a la fuerza extraordinaria en los mercados de la vivienda. La relación entre las tasas de interés y la actividad inmobiliaria no es simplemente lo suficientemente fuerte como para explicar el aumento de la inversión o de los precios residenciales. Aunque atribuimos algo de la fuerza en los mercados de vivienda a los bajos tipos de interés y de acomodación monetaria política que siguió a la recesión de 2001, el impulso de la política monetaria a los mercados de vivienda era sólo un pequeño factor.

Los resultados obtenidos demuestran que el coeficiente de información mutua provee un acercamiento conciso para demostrar la dependencia en los instrumentos oferta monetaria, tasas de interés y préstamo la evolución de los precios en el sector hipotecario.

Aún cuando es evidente la fuerte asociación entre las variables mencionadas, dado que el coeficiente de información mutua es una medida simétrica, no es posible establecer o determinar una relación de causalidad entre variables, es decir no es posible esclarecer si la política monetaria afecta la formación de precios en el sector inmobiliario o si es este sector el cual profundiza los efectos de la política monetaria.

## **CAPÍTULO 4. SINCRONIZACIÓN DE LA POLÍTICA MONETARIA Y LA FORMACIÓN DE BURBUJAS ESPECULATIVAS**

### **4.1 Definición de sincronización.**

Otra vertiente dentro del campo de estudio de sistemas dinámicos definidos como no lineales, lo constituye el análisis de la sincronización. La palabra sincronización se deriva de las palabras griegas *chronos* (tiempo) y *syn* (común, a la vez), más el sufijo *izar* (hacer, convertir) por lo tanto sincronizar puede leerse como “hacer que ocurra al mismo tiempo”. El fenómeno de sincronización fue descubierto 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, tal como aparatos mecánicos, eléctricos y musicales, fenómenos biológicos, médicos y físicos y hoy en día cobra más fuerza su análisis en 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, la ingeniería y la vida social, que parecen ser bastante diferentes, pero que en muchas de las ocasiones obedecen leyes universales.

De acuerdo con Ramírez (2007) al hablar del concepto de sincronización, se habla de sucesos que se observan correlacionados en el tiempo o dicho de otra forma que ocurren en el mismo tiempo. En este sentido se puede hablar de sincronización en eventos o fenómenos de naturaleza tan divergente pero que tienden a operar en sincronía, la condición o característica fundamental de estos eventos es la existencia de cierto grado de interconexión.

En Moreno (2006) se puede leer 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 para dar unas propiedades de movimiento común debido al acoplamiento o a una fuerza (periódica o ruidosa).

Como ya se mencionó, hoy en día 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 las finanzas.

Uribe (2014) señala la existencia de burbujas especulativas cuyos periodos de origen y colapso están sincronizados en diferentes mercados internacionales, entre economías desarrolladas y en vías de desarrollo. La sincronización se explica a causa de una limitada oferta de activos financieros dentro de las economías emergentes, por tal motivo ocurren flujos masivos de capital desde los países considerados emergentes hacia la economía estadounidense, provocando de esta manera la reducción en las tasas de interés en este país y la consecuente aparición de burbujas especulativas. Este desplazamiento de capitales sería el causante de que se observen sincronizadas el colapso de algunas burbujas con la aparición de otras.

Para comprender de mejor manera el concepto de sincronización será necesario definir algunos conceptos básicos, primeramente, se hará nuevamente referencia al concepto de sincronización en Pikovsky, (2003:08). Se entiende por sincronización al ajuste de los ritmos entre objetos oscilantes entre los cuales ocurre al menos una débil interacción.

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 un conjunto más alto denominado sistemas dinámicos.

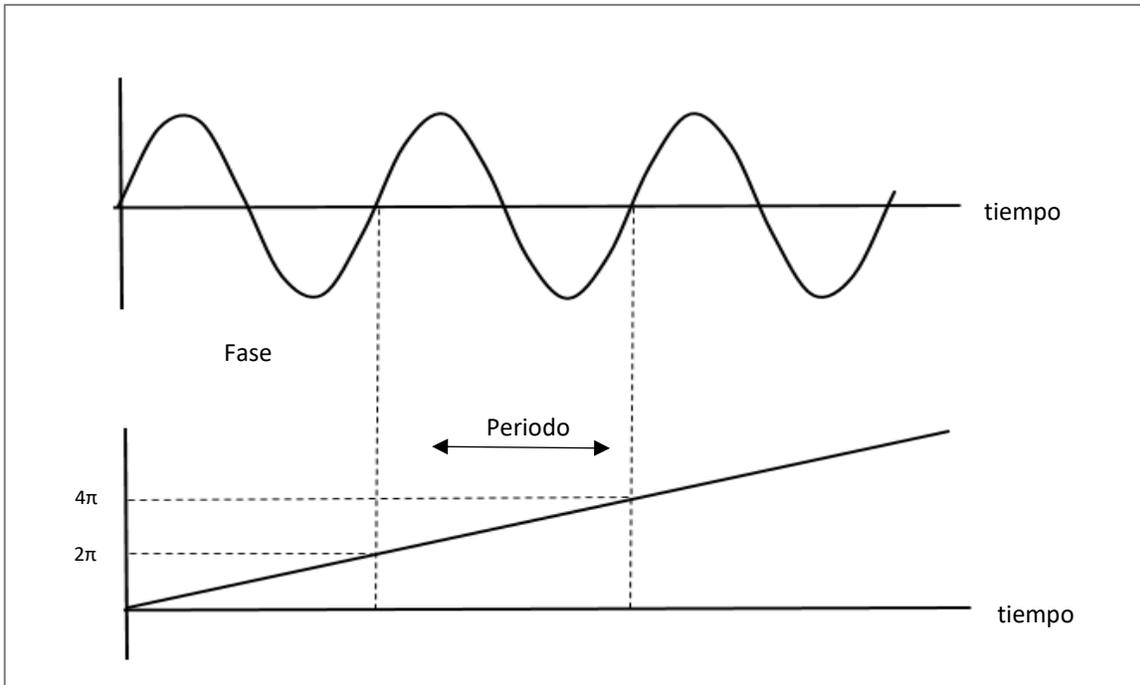
El objeto oscilante en su movimiento, describe ciertas características las cuales se describen a continuación:

Periodo: el periodo se define como el tiempo necesario para realizar una oscilación completa y se representa como  $T$ .

Frecuencia: la frecuencia es el número de oscilaciones que el cuerpo da en una unidad de tiempo. La frecuencia se representa como inversa del periodo y se mide por  $f = \frac{1}{T}$

Fase: la 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  $2\pi$

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 figura 4.1 Características de la sincronización. Fuente: Pikovsky (2003)**

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 estos dos o más objetos oscilantes depende de la fuerza del acoplamiento, 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 describan 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 complicada. De acuerdo con Pikovsky (2003) hasta los años treinta solamente se conocían sistemas oscilatorios periódicos, hoy en día los sistemas irregulares o también denominados caóticos son ampliamente conocidos.

Charofas, (1994) señala, entre otras que un mercado financiero no puede ser estudiado bajo dinámicas lineales, debido a que el comportamiento de los mercados financieros la distribución de probabilidad inherente al comportamiento de la variable aleatoria no es constante en el tiempo, en el periodo de estudio se tienen discontinuidades, además de que las variables financieras suelen exhibir grandes cambios a lo largo del tiempo.

Connelly (1996) comenta que cuando se tiene un sistema complejo, la tendencia en las investigaciones es fragmentar el problema de estudio en diversos subtemas, generalmente estos estudios implican el 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, entre ellos los que definen trayectorias caóticas.

Para efectos de este trabajo de investigación, se acepta la noción de que el comportamiento de los mercados financieros exhibe trayectorias no lineales, por lo que su comportamiento se acepta como el de un sistema caótico.

#### **4.2. Definición de sistemas caóticos.**

En 1987, James Gleick, publica su libro denominado “Caos: la creación de una ciencia”, el cual permite el acercamiento entre los principios de la teoría del caos con el público en general.), 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.

Pikovsky (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 predicho, incluso cuando no hubo fluctuaciones naturales en los parámetros o la 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.

Para efectos de este trabajo de investigación se entiende el comportamiento de los rendimientos en el mercado financiero estadounidense y a las variables oferta monetaria, créditos, tasas de interés e inflación como sistemas que exhiben un comportamiento caótico.

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 periódicos debido a que esta no presenta el ajuste de los ritmos. Sincronización completa en este sentido significa la supresión de diferencias en el acoplamiento de sistemas idénticos, sin embargo, este efecto puede ser descrito como completo o cerrado, sino que es cercano al concepto de simetría.

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 retornos, sin embargo estas pruebas no son concluyentes 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.

Hsieh (1991:1840) señala que los modelos lineales pueden generar solo 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 grandes movimientos.

#### 4.2.1. Tipos de sincronización es sistemas caóticos.

Como se mencionó, la existencia de sincronización depende de la fuerza de acoplamiento entre las diversas variables, 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. En otro sentido se puede observar una influencia mutua entre dos subsistemas, en este tipo de configuración se dice que existe un acoplamiento bidireccional. Estos tipos de acoplamiento definen de acuerdo con Moreno ( ), los siguientes tipos de estados sincronizados.

##### i. Sincronización completa

La sincronización completa consiste en una perfecta unión de las trayectorias de dos o más sistemas.

##### ii. Sincronización generalizada

La 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 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.

#### iv. Sincronización de retardo

La sincronización de retardo ocurre cuando se encuentran unidas las fases y las amplitudes de los sistemas, pero con la presencia de un tiempo de retardo.

#### v. Sincronización de retardo intermitente

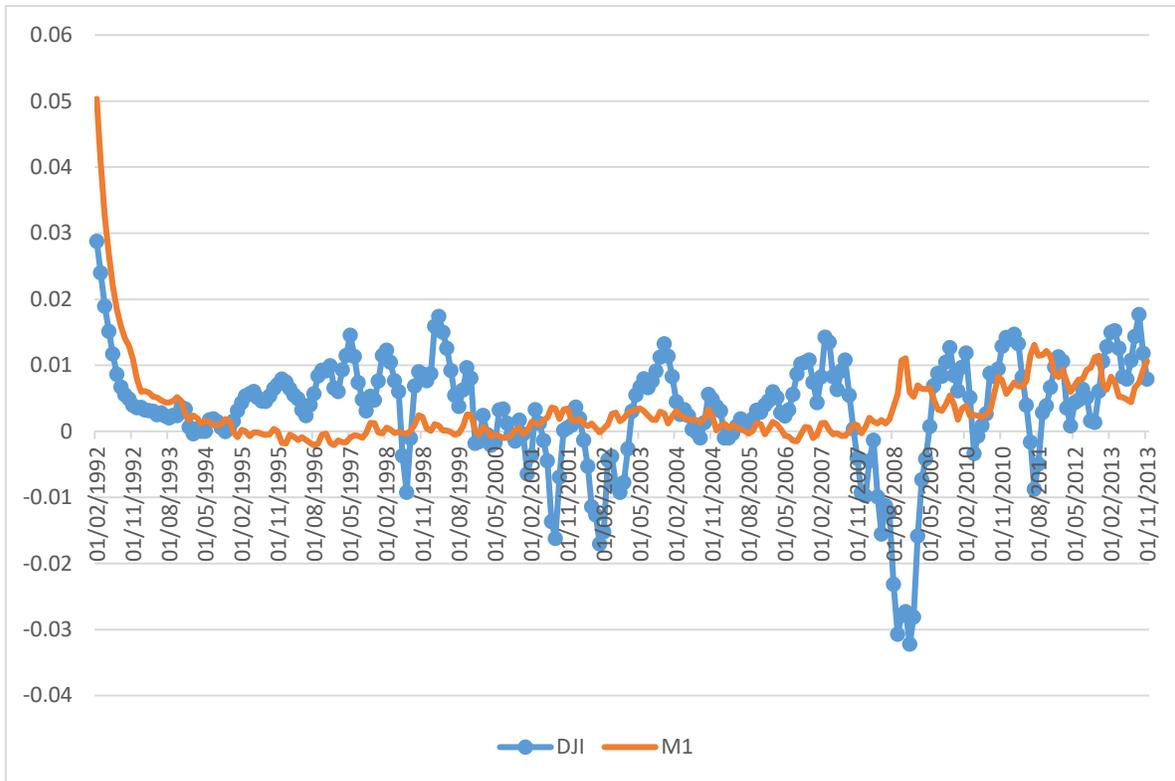
La sincronización de retardo intermitente, significa que existe la sincronización de fase, pero también se presentan periodos no sincronizados.

### **4.3. Evidencia empírica.**

Para efectos de este trabajo de investigación, se acepta la noción de que el comportamiento de los mercados financieros exhibe trayectorias no lineales, por lo que su comportamiento se define como el de un sistema caótico.

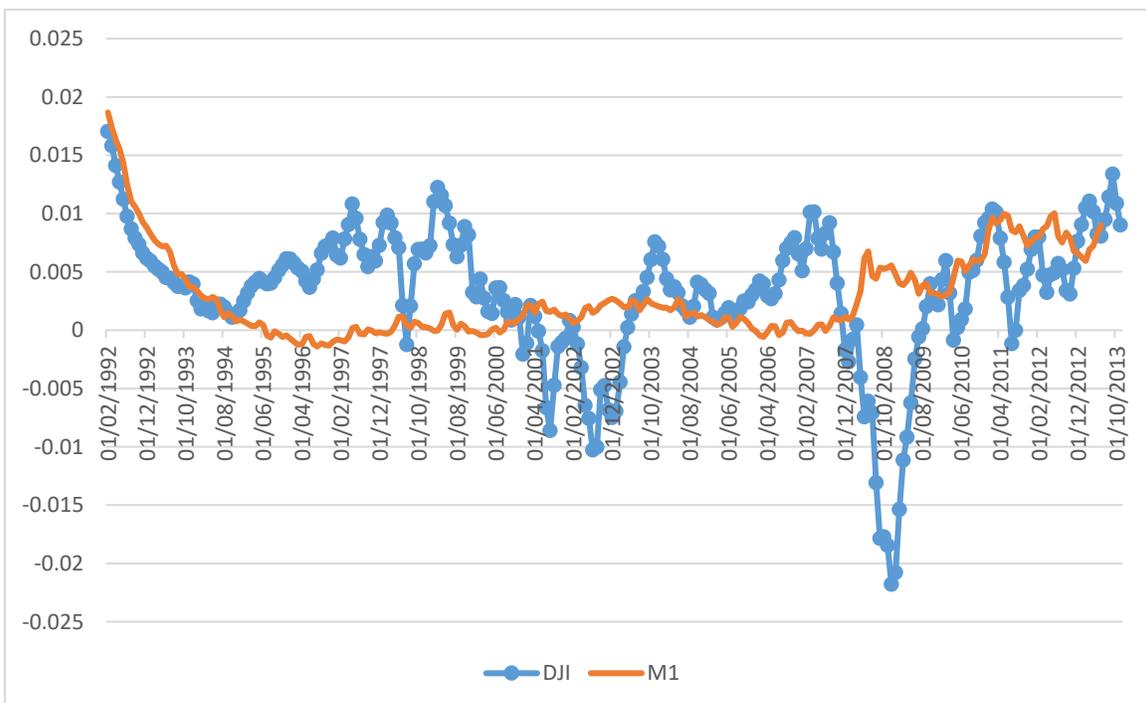
Por lo tanto, se procedió al cálculo de la sincronización entre las variables monetarias: oferta monetaria, nivel de préstamos, inflación y tasa de interés en relación al comportamiento del índice Dow Jones Industrial.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, por medio de la estimación de sincronización de fase. Las medidas de sincronización en 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 poder observar de mejor manera la relación entre las series.



**Gráfico 4.1. Sincronización entre DJI y M1**

**Fuente: Elaboración Propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**



**Gráfico 4.2. Sincronización entre DJI y M1 (rezago de seis meses)**

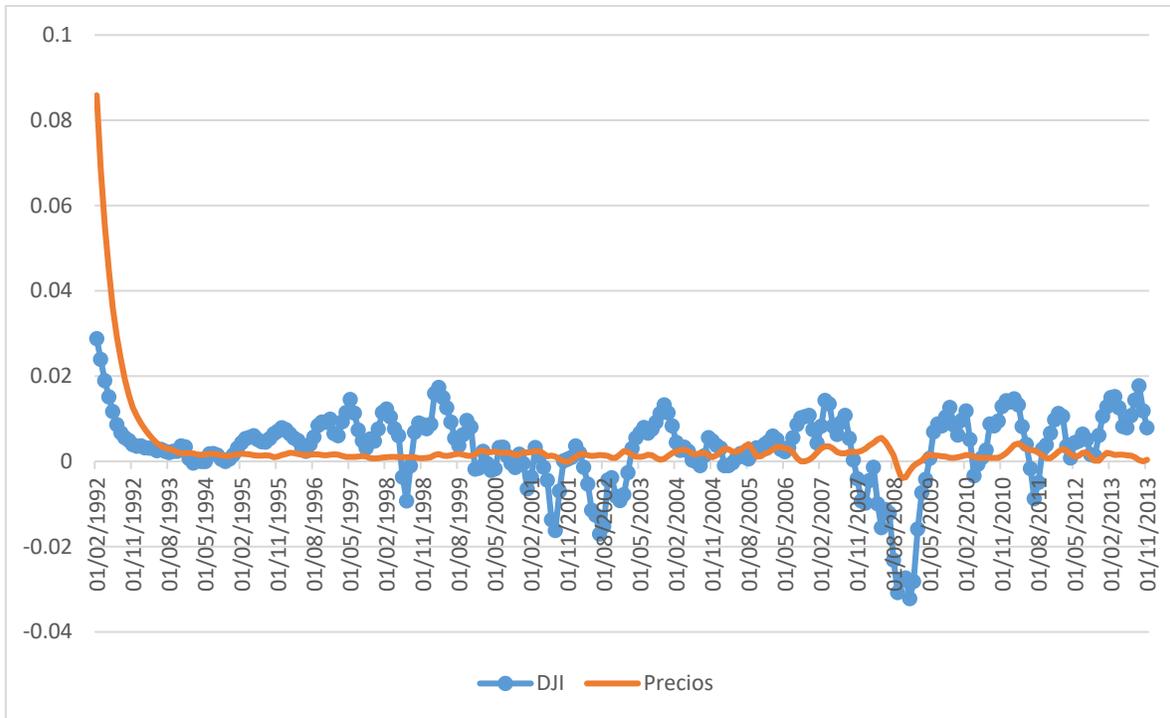
**Fuente: Elaboración Propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**

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 el gráfico 4.2 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.

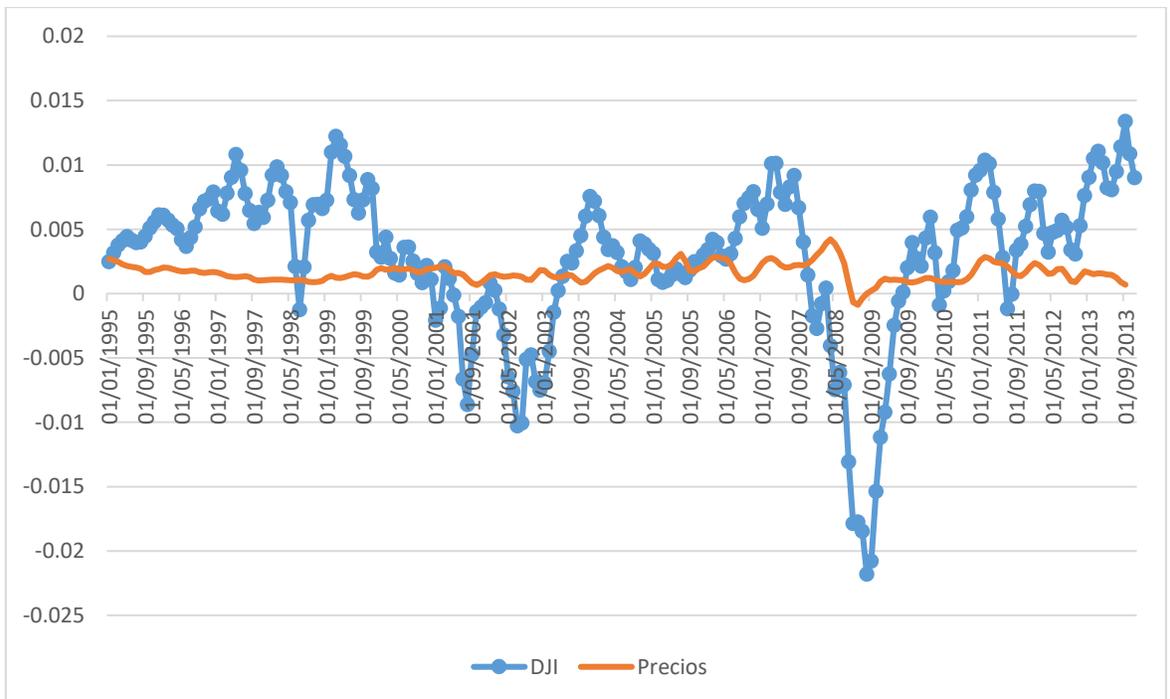
En otras palabras, el comportamiento del mercado financiero parece ser el que predetermina el comportamiento de la oferta monetaria para los periodos mencionados.

Es importante también destacar que para los periodos más álgidos de la burbuja, la sincronización entre las series se pierde, lo cual es consistente con los resultados obtenidos con el coeficiente de información mutua, es decir la variable monetaria no aporta información sobre la eficiencia o comportamiento del mercado. Ante la inexistencia de sincronización podemos afirmar que se trata de variables no conectadas.

Para la variable precios y DJI, los resultados son similares a los obtenidos, 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. En el gráfico 4.4 se modifica el intervalo de tiempo para poder observar de mejor manera las fases de sincronización



**Gráfico 4.3. Sincronización entre DJI y Precios**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**

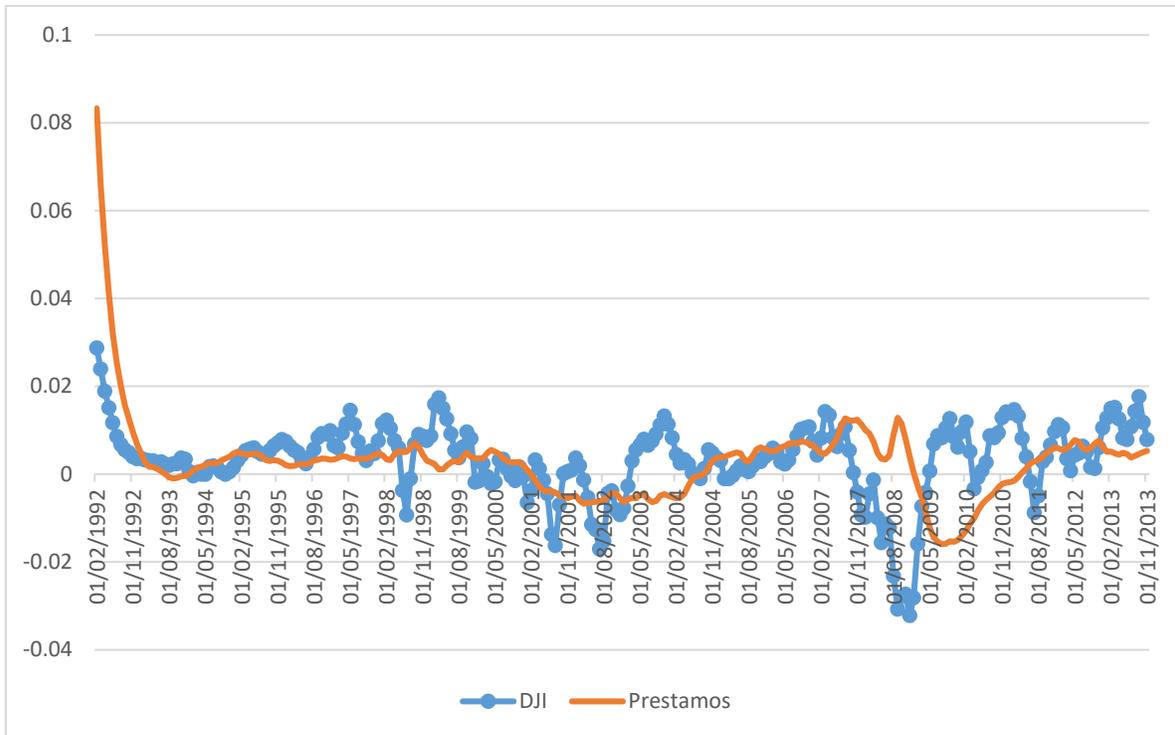


**Gráfico 4.4. Sincronización entre DJI y Precios (Ajustada)**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**

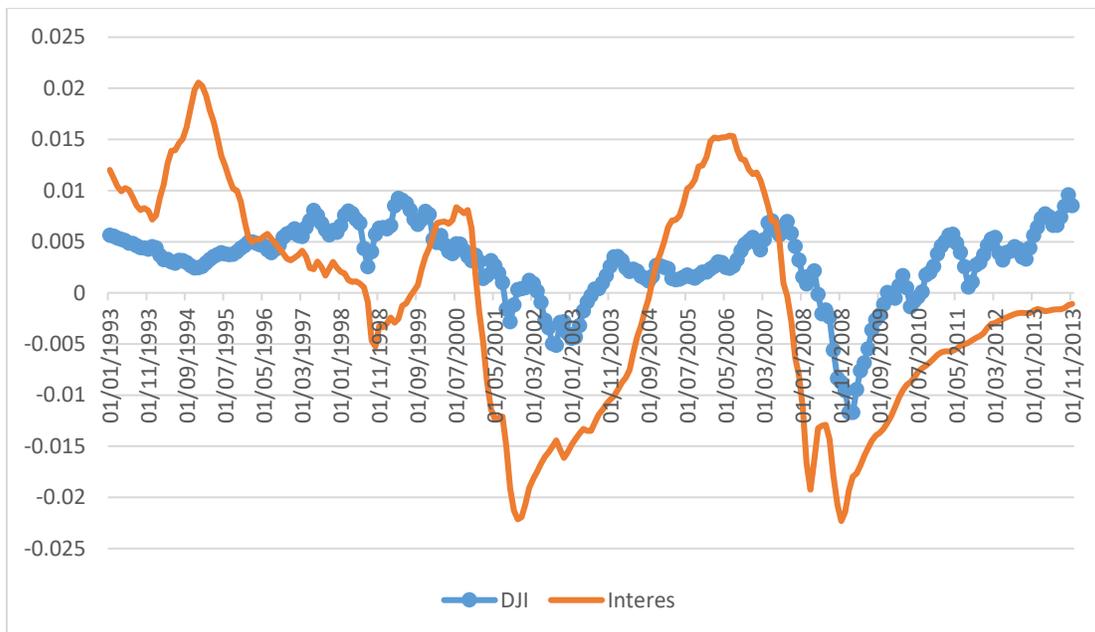
De acuerdo con el patrón descrito, la variable DJI sigue apareciendo como la serie maestra, aunque ahora el rezago con la variable precios es mucho menor. Los resultados aquí obtenidos son consistentes con la pérdida de entropía obtenida en los periodos de formación de las burbujas, sin embargo, no son consistentes con los periodos de recuperación de entropía para los cuales deberíamos de observar un aumento de la sincronización de las variables.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la sincronización entre las variables préstamos y DJI, en el gráfico 4.5 se presentan los valores obtenidos con un coeficiente de suavizamiento de 0.90 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 gráfico 4.6. En este segundo gráfico 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 son completamente consistentes con los obtenidos por el coeficiente de información mutua, mediante los cuales se señala la pérdida de entropía para los mismos periodos de tiempo, en este caso ambos 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, lo que también afirma los resultados obtenidos con la metodología del coeficiente de información. 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.



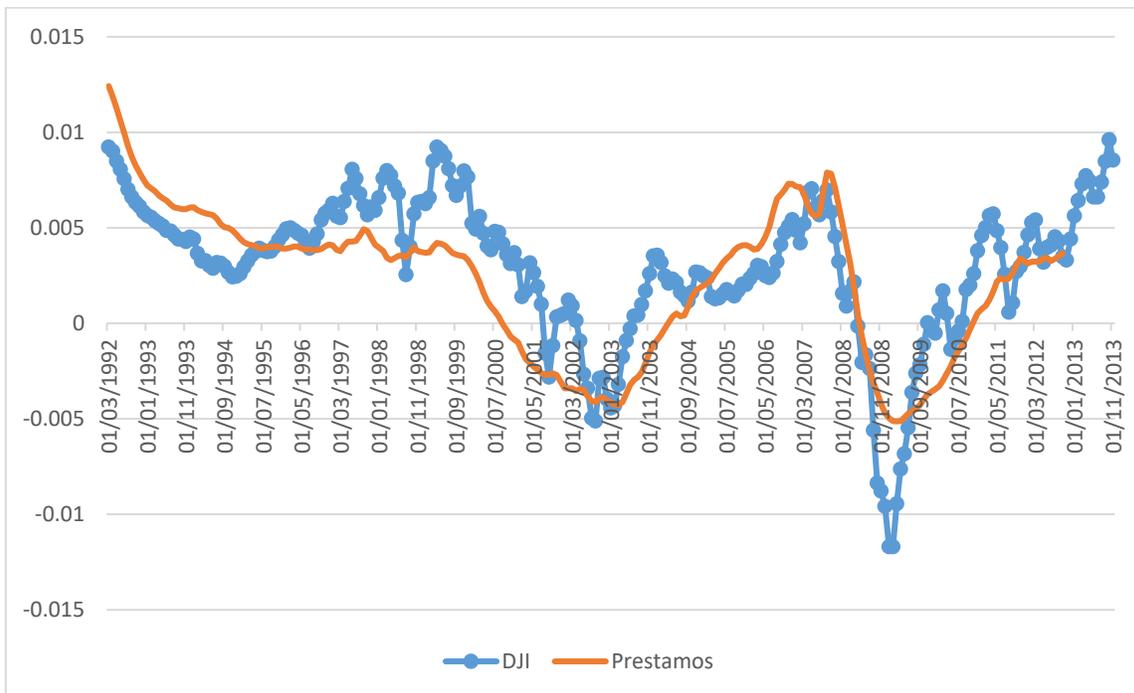
**Gráfico 4.5. Sincronización entre DJI y Préstamos**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**



**Gráfico 4.6. Sincronización entre DJI y Préstamos (suavizado de .95y sin rezago)**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**

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

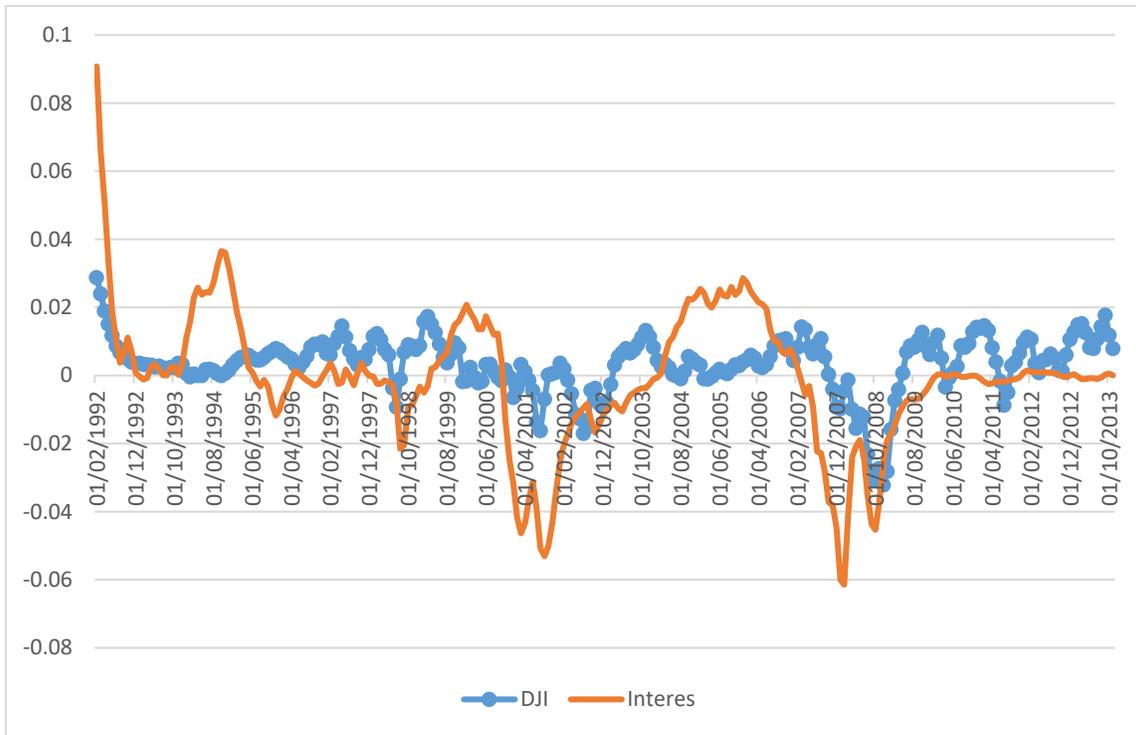
El gráfico 4.7 permite llegar a conclusiones muy importantes, después de modificar el coeficiente de suavizamiento y rezagar la variable préstamos un año, se observa una mayor sincronización, aún en periodos de existencia de la burbuja, lo cual hace pensar que el problema en la formación de expectativas es que la información se toma con un rezago demasiado amplio en periodos de euforia. Este hecho explicaría la falta de conexión entre variables que se evidencia por medio de ambos instrumentos analíticos, coeficiente de información y sincronización



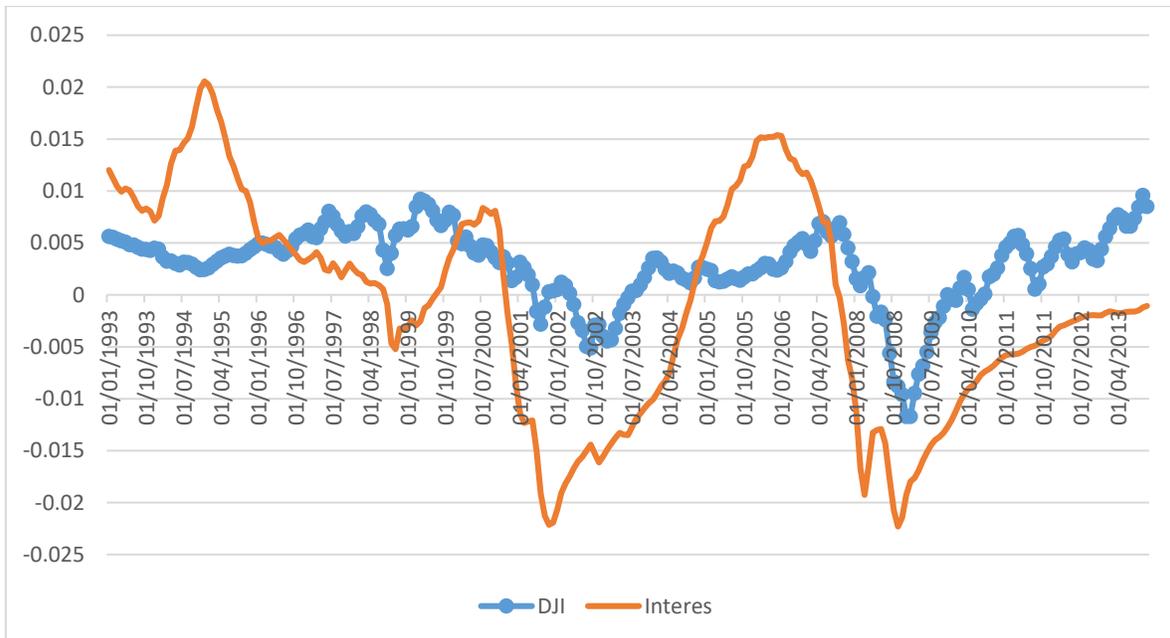
**Gráfico 4.7. Sincronización entre DJI y Préstamos (suavizado de .95y rezago de 12 meses) Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**

Se consideran ahora los resultados obtenidos para la sincronización entre las variables interés y DJI, en el gráfico 4.6 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 el Gráfico 4.7. En este gráfico 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 con los obtenidos por el coeficiente de información mutua, mediante los cuales se señala la pérdida de entropía para los mismos periodos de tiempo, en este caso ambos resultados estarían demostrando 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 *subprieme*, pero no ocurre así en el caso de la burbuja *dot com*, lo que también afirma los resultados obtenidos con la metodología del coeficiente de información. 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.



**Gráfico 4.8. Sincronización entre DJI y Tasa de Interés**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**



**Gráfico 4.9. Sincronización entre DJI y Tasa de Interés (Suavizado de .95)**  
**Fuente: Elaboración propia con datos de la Reserva Federal de San Luis**

Finalmente, conforme a los resultados obtenidos, se pueden derivar las siguientes conjeturas. Para las variables precios y oferta monetaria, estas exhiben un comportamiento de series esclavas y el mercado financiero de serie maestra, lo cual podemos interpretar como que al parecer el mercado financiero predetermina el comportamiento de la oferta monetaria y los precios. En cuanto a estas variables los resultados nos indican variables que aparecen como desconectadas o sin vínculo durante la mayor parte del periodo excepto para los lapsos de formación de ambas burbujas estudiadas.

En cuanto a los datos obtenidos para la variable préstamos y tasas de interés, se puede aceptar la completa coincidencia en los resultados obtenidos por medio del coeficiente de información mutua, 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.

Una conclusión importante adicional es el hecho que al rezagar las variables es que 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 este se lleva a cabo con demasiado rezago provocando la aparición de las burbujas especulativas.

## CONCLUSIONES

La evidencia histórica, apunta en señalar la existencia de una relación que va más allá de la simple casualidad entre la implementación de la política monetaria y la formación de burbujas especulativas, sin embargo, el mecanismo de transmisión ha sido distinto en cada episodio ocurrido, en esta investigación, se presentó una breve descripción de los diferentes instrumentos de política monetaria y los canales por los que transmite ineficiencias sobre el proceso de valoración de activos que se lleva a cabo en los mercados financieros.

En el primer capítulo, se analizó desde el punto de vista teórico, la relación entre política monetaria y formación de burbujas especulativas, como se pudo comprobar 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 diversas características y con una temporalidad muy distinta, por lo tanto los análisis lineales como los de tipo econométrico, basados en el supuesto de normalidad, no pueden captar todo el efecto entre variables.

El trabajo realizado comprueba la hipótesis de Minsky, de acuerdo a la cual una política monetaria expansiva genera en el ámbito empresarial y del público en general un periodo de euforia basado en la creencia de expansión de la economía, el incremento de crédito, genera la expectativa del incremento del precio de algunos o todos los activos, las empresas responden solicitando mayores niveles de financiamiento bajo la certeza de que el precio de sus activos continuará creciendo. De hecho, a medida que avanza el auge, en un número creciente de casos el aumento del precio de los activos será la única manera de pagar el crédito. Este mecanismo que conduce a la hipótesis de la fragilidad financiera, es en esta investigación, el fundamento que explica la retroalimentación en la formación de la burbuja.

En el capítulo 2 se evidenció el hecho de que en la actualidad existe, una fuerte tendencia a considerar fenómenos de naturaleza económica y financiera, entre muchas otras áreas del conocimiento, desde enfoques y metodologías de carácter no lineal. Diversos autores hacen conciencia de las desventajas, limitaciones y errores al momento de construir modelos de lineales, por ejemplo el hecho de fragmentar los problemas de estudio en diversos subtemas, y hacer inferencias, con los resultados obtenidos, sobre el resto del sistema integrándolo como un todo, es un error común en los análisis tradicionales.

El desarrollo de instrumentos de análisis econométrico se enfrenta a graves problemas tales como, la transformación lineal de las variables involucradas, en la mayoría de las ocasiones las series deben ser filtradas para eliminar algún componente estacional. Granger (1991) resalta la característica de la no linealidad en las series económicas debido a que muchas series tienen características de memoria larga, incluidas tendencias deterministas, raíces unitarias, cointegración entre las series propiedades que también tienen que ser consideradas junto con la no linealidad.

Los análisis tradicionales bajo metodologías que hacen referencia a sistemas lineales, están condicionadas a supuestos altamente restrictivos, cuando estas condiciones se relajan, los sistemas se transforman en formas complejas que difícilmente se ajustan a comportamientos lineales. Es por este motivo que en este trabajo de investigación se buscó aplicar herramientas de análisis alternativas que no requieren de supuestos relativos a la linealidad, el objetivo es demostrar la efectividad de estas nuevas técnicas de estudio para captar una relación estocástica como un todo, y no necesariamente como la suma de la contribución de cada momento estadístico.

Es por estos motivos que se utilizó el coeficiente de información mutua desde dos perspectivas, una como medida de eficiencia en los mercados financieros y también

como medida de dependencia entre variables aleatorias. Es evidente que la formación de expectativas en los mercados no puede ser tratada como una variable de comportamiento lineal, por lo que en esta investigación fue abordada por medio del coeficiente de información mutua.

El valor del coeficiente de información obtenido por esta investigación, es consistente con la noción generalizada de que la revalorización en el precio de los activos ocurre en contextos de baja inflación. Para el *overtrading* de la burbuja *dot-com*, se observa una importante caída de la eficiencia para el periodo comprendido entre 1993-1998, ésta tendencia está en concordancia con un periodo de niveles bajos y estables de inflación, mientras que los precios disminuyeron 36%, el coeficiente de información cayó 49%.

De acuerdo con los resultados, el mecanismo de precios trasmite importantes deficiencias a los mercados financieros, lo cual confirma la paradoja del banco central. Sin embargo, su efecto perdura solamente durante las fases iniciales de la formación de una burbuja, conforme las expectativas del público se adaptan a la estabilidad de precios, este indicador pierde eficiencia para dar señales en el mercado y solo vuelve a ser considerado cuando se observan presiones inflacionarias importantes, tal es el caso en el año 2000 y 2007, años en donde el coeficiente de información se incrementa notablemente ante los movimientos del mercado.

Adicionalmente, asumiendo el comportamiento de las variables de estudio como sistemas caóticos, se obtuvo la sincronización existente entre las variables monetarias y el comportamiento del mercado financiero. Los resultados son muy interesantes al permitir observar que existe para la variable préstamos y tasas de interés una fuerte sincronización pero con rezago lo que conlleva a pensar que el mercado responde con retraso a la información proporcionada por la política monetaria.

Los resultados obtenidos confirman, que la política monetaria puede generar importantes deficiencias en el funcionamiento de los mercados financieros, el proceso inicia, tal como lo describe Minsky, bajo la implementación de una política monetaria de corte expansivo que genera en el público expectativas de bonanza económica. Al mismo tiempo se confirma con la evidencia empírica, que los bajos niveles inflacionarios afectan el crecimiento exacerbado en el precio de los activos, tal y como lo predice la paradoja de banco central.

Así mismo, se demostró que el optimismo del público es alimentado por otras vías de transmisión, entiéndase en este caso el manejo de las tasas de interés y la expansión crediticia, las cuales actúan a diferentes tiempos y en distintas dimensiones. Estos mecanismos varían considerablemente en cada momento del tiempo, por lo que cuando las autoridades monetarias pretender frenar el ánimo exacerbado, o como lo definiera Keynes *the animal spirits*, no es suficiente con aplicar medidas monetarias restrictivas, tal como lo promueve la teoría cuantitativa clásica, que permitan al mercado retornar a la eficiencia sin que esto genere costos.

Basados en los resultados obtenidos, es posible afirmar la existencia de una asociación entre las variables monetarias y la formación de precios en el sector inmobiliario, esta asociación se incrementa de manera sostenida en periodos de relajamiento de la política monetaria. Otras investigaciones como las de Ahearne, Ammer, Doyle, Kole y Martin (2005) que se basan en análisis lineales, no permiten concluir que la política monetaria haya contribuido al incremento y decremento de los precios en las casas. Sin embargo, los resultados con respecto a las tasas de interés coinciden en señalar una correspondencia entre el crecimiento real en los precios de las casas y la disminución nominal de las tasas de interés.

Los resultados empíricos obtenidos por Xiaoqing (2012) demuestran de forma consistente que las tasas de interés decrecientes, el crecimiento de la oferta

monetaria y la expansión de los préstamos hipotecarios, tienden a acelerar el crecimiento de los precios de las casas, mientras que el aumento de las tasas de interés, un crecimiento más lento crecimiento de la oferta de dinero y el endurecimiento de los préstamos hipotecarios tienden a desacelerar el crecimiento posterior del precio de la vivienda.

Los resultados obtenidos demuestran que el coeficiente de información mutua provee un acercamiento conciso para demostrar la dependencia en los instrumentos oferta monetaria, tasas de interés y préstamo la evolución de los precios en el sector hipotecario.

Aun cuando es evidente la fuerte asociación entre las variables mencionadas, dado que el coeficiente de información mutua es una medida simétrica, no es posible establecer o determinar una relación de causalidad entre variables, es decir no es posible esclarecer si la política monetaria afecta la formación de precios en el sector inmobiliario o si es este sector el que profundiza los efectos de la política monetaria.

Sin embargo, aun cuando se hace evidente la presencia de una burbuja especulativa, la intervención de las autoridades del banco central es muy controversial, Mishkyn (2011), señala que existen serias dificultades que imposibilitan el campo de acción de las autoridades monetarias, la primera de ellas está relacionada con la inexistencia de un método de detección temprana en la formación de burbujas. Para que la autoridad monetaria pueda intervenir, debe estar segura que el precio del activo está mostrando un comportamiento no acorde con su valor fundamental. En segundo lugar, se puede señalar que la implementación de una política monetaria restrictiva, por ejemplo, incrementando las tasas de interés, puede no ser efectiva, pues la expectativa de crecimiento en los dividendos puede ser mayor que el ajuste de las tasas. En tercer lugar, la presencia de una burbuja especulativa puede ocurrir en el precio de uno o pocos activos al mismo tiempo, sin embargo, las repercusiones del uso discrecional de la política monetaria,

tendrían efectos sobre los precios de todos los activos en forma general. En cuarto lugar, no existe un consenso general sobre los efectos del incremento en las tasas de interés, algunos autores afirman que se puede frenar el proceso expansivo en el precio del activo y otros argumentan que puede reventar la burbuja con una severidad mayor al hecho de no intervenir.

Finalmente quedó demostrada la efectividad del coeficiente de información mutua y la sincronización para evidenciar la fuerte conexión entre política monetaria y formación de burbujas especulativas.

## BIBLIOGRAFÍA

Ahearne, Alan G., John Ammer, Brian M. Doyle, Linda S. Kole and Robert F. Martin (2005). House Prices and Monetary Policy: A Cross-Country Study. *Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers* No. 841.

Adam M. C. and Szafar A. (1992). Speculative Bubbles and Financial Markets. *Oxford Economic Papers*, New Series, Vol. 44, No. 4, Special Issue on Financial Markets, Institutions and Policy (Oct., 1992), pp. 626-640.

Álvarez Ramírez José, Rodríguez Eduardo, Álvarez Jesús (2012). A multiscale entropy approach for market efficiency. *International Review of Financial Analysis*, volumen 21, enero 2012.

Aoki, K, Proudman, J and Vlieghe, G (2001). Why house prices matter, *Bank of England Quarterly Bulletin*, Winter, pages 460-68.

Aoki, Kosuke, James Proudman, and Gertjan Vlieghe, (2004). House Prices, Consumption, and Monetary Policy: A Financial Accelerator Approach. *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 13, No, 4, pp. 414–35.

Assenmacher-Wesche, Katrin, and Stefan Gerlach, (2010). Financial structure and the impact of monetary policy on property prices. Working Paper, Goethe University of Frankfurt.

Barco Ríos Héctor, y Rojas C., Edilberto (1996) Física General para estudiantes de ingeniería. Oscilaciones - Movimiento ondulatorio Terminología – Electricidad. Universidad Nacional de Colombia. Manizales.

Bernanke Chairman and Ben S. (2007). The Financial Accelerator and the Credit Channel. Ponencia presentada en *The Credit Channel of Monetary Policy in the Twenty-first Century Conference*, Federal Reserve Bank of Atlanta, Atlanta, Georgia June 15.

Bernanke, Ben S., (2010). Monetary policy and the housing bubble. Ponencia presentada en *Annual Meeting of the American Economic Association*.

Borio Claudio and Lowe Philip (2002). Asset prices, financial and monetary stability: exploring the nexus. BIS, working papers no. 114, July 2002 pp.1-47.

Bordo Michael D., Landon-Lane John (2013). Does expansionary monetary policy cause asset price booms; some historical and empirical evidence. National bureau of economic research October 2013 Working Paper 19585 <http://www.nber.org/papers/w19585>.

Calza Alessandro, Monacelli Tommaso y Stracca Livio. (2009). Housing finance And monetary policy. *European Central Bank*, working paper series no 1069 / July.

Campbell John Y. And Vuolteenaho Tuomo (2004). Inflation Illusion and Stock Prices, *The American Economic Review*, vol. 94 no. 2 May 2004.

Christiano Lawrence, Ilut Cosmin L., Motto Roberto, Rostagno Massimo (2010). Monetary policy and stock market booms. National bureau of economic research, Working Paper 16402. September 2010. <http://www.nber.org/papers/w16402>.

Cruz-Ake, S. R.S García-Ruiz and F. Venegas-Martínez (2014). Una medición no lineal de la dependencia de la inflación sobre el tipo de cambio nominal (pass-through). Working paper.

Delgado Selley Orlando (2011). La hipótesis de la inestabilidad financiera y la crisis de 2007-2009. *Economía: teoría y práctica*, no.34 México ene.-jun. 2011.

Connelly, T. J. (1996). Chaos theory and the financial markets. *Journal of Financial Planning*, 9(6), 26.

Cover T. M. and J. A. Thomas.(2006). *Elements of Information Theory*. John Wiley and Sons.

Dow C. Sheila (2007). *Endogenous Money: Structuralist. "A Hand Book of Alternative Monetary Economics"*. C3. 2007 Edward Elgar Publishing.

Darbellaya Georges A., Diethelm Wuertz. (2000) The entropy as a tool for analysing statistical dependences in financial time series. *Physica A* 287 429-439.

Detken Carsten and Smets Frank (2004). Asset price booms and monetary policy. European Central Bank, Working paper series no.364 may (2004). <http://www.ecb.int> or from the Social Science Research Network electronic library at [http://ssrn.com/abstract\\_id=533122](http://ssrn.com/abstract_id=533122).

Dionisio A., R. Menezes, and D. A. Mendes. (2004). Mutual information: a measure of dependency for nonlinear time series. *Physica A*, 344(1-2):326–329.

Dokko Jane, Brian Doyle, Michael T. Kiley, Jinill Kim, Shane Sherlund, Jae Sim, and Skander Van den Heuvel. (2009). Monetary Policy and the Housing Bubble. *Finance and Economics Discussion Series Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs* Federal Reserve Board, Washington, D.C.

Durán Muñoz Miguel Ángel. Episodios históricos de burbujas especulativas. *eXtoikos* N° 5. 2012.

Fama, E. F. (1965). Random walks in stock market prices. *Financial Analysts Journal*, pp. 55–59. Reprinted in 1995 as Random Walks in Stock Market Prices, *Financial Analysts Journal* 51(1), 75–80.

Fama, E. F. (1970), Efficient capital markets: A review of theory and empirical work, *The Journal of Finance*, may 1970 pp. 383–417.

Fullér Robert A., Harmati István Á., Várlaki Péter y Rudas J. Imre (2012). On Informational Coefficient of Correlation for Possibility. Ponencia presentada en: *Recent Researches in Artificial Intelligence & Database Management: Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases (AIKED '12)*., At Cambridge, UK, Volume: pp.15-20.

Fridson, M. S. (1994). Chaos theory in the financial markets: Applying fractals, fu. Charlottesville: CFA Institute.

Galí Jordi (2013). Monetary policy and rational asset price bubbles. National bureau of economic research, working paper 18806, february 2013. <http://www.nber.org/papers/w18806>

García Kobeh Alejandro, Graf Noriega Juan Pablo, Hernández Chávez, Guillermo y Paniagua Ruiz Rafael. Economía monetaria de producción y circuito. *Economía teoría y práctica*, no 01 sem-02- 1990. pp. 149-170. UAM.

Gilchrist Simon, and Saito Masashi (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>

Gordon, Myron (1982). The investment, financing, and valuation of the corporation. Greenwood Publishing Group, Incorporated, 1982.

Granger, C, Maasoumi, E. and Racine, J. (2002). A Dependence Metric for Possibly Nonlinear Processes, *UCSD Working Paper*.

Greene William H, (2003) *Econometric Analysis*, Prentice Hall, septima edición.

Greenspan Alan (2004). Innovations and Issues in Monetary Policy: The Last Fifteen Years Risk and Uncertainty In Monetary Policy. *The American Economic Review* vol. 94 no. 2 may 2004.

Hsieh, D. A. (1991). Chaos and nonlinear dynamics: application to financial markets. *The journal of finance*, 46(5), 1839-1877.

Hirata Hideaki, M. Ayhan Kose, Christopher Otrok y Marco E. Terrones (2013). Global House Price Fluctuations: Synchronization and Determinants. *IMF Working Paper* February.

Karatzas Ioannis y Shreve Steven E (1991). "Methods of Mathematical Finance". Springer 1991.

Kindleberger, C.P. (2005). "Manias, panics and crashes. A History of Financial Crises". (1978); 3<sup>a</sup> ed., Wiley. New Jersey (2005).

Lu Shan, (2011) *Measuring dependence via mutual information*. Thesis submitted to the Department of Mathematics and Statistics for the degree of Master of Science Queen's University Kingston, Ontario, Canada September.

Minsky, Hyman P. (1992). The Financial instability hypothesis. *The Jerome Levy Economics Institute*, working paper no. 74. (May 1992). Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=161024>

Mishkin Frederic S. (2007). Housing and the Monetary Transmission Mechanism. *NBER Working Paper* No. 13518, October.

Mishkin Frederic 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.

Lavoie Marc. "A Hand Book of Alternative Monetary Economics". C2 Endogenous money: accommodationist. 2007 Edward Elgar Publishing.

Ludwig, Keiber Karl (2006). Insider Trading rules and price formation in security markets. An entropy analysis of strategic trading. *International Journal of Theoretical and Applied Finance (IJTAF)*, 2006, vol. 09, issue 08, pp. 1215-1243

Patterson, Gary A., (2008). International real estate. In: Fung, Hung-Gay, Xu, Xiaoqing Eleanor, Yau, Jot (Eds.), *Advances in International Investments: Traditional and Alternative Approaches*. World Scientific Publishing, pp. 161–186.

Pikovsky, A., Rosenblum, M., & Kurths, J. (2003). Synchronization: a universal concept in nonlinear sciences (Vol. 12). Cambridge university press.

Pincus, S. M. (1991). Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Ramírez, F. (2007). Universidad Nacional Autónoma De México. *Motores Brownianos: Transporte, Caos y Sincronización*.

Renyi. A. On measures of dependence. *Acta Mathematica Hungarica*, 10(3- 4):441–451, 1959.

Risso, Wiston Adrián (2008). The US Housing Bubble and the Informational Efficiency. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1259427> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1259427>

Scheinkman, J. A., & LeBaron, B. (1989). Nonlinear dynamics and stock returns. *Journal of Business*, 311-337.

Shannon, C. (1948). A Mathematical Theory of Communication (1and2), Bell Systems Technical Journal, Vol. 27; pp. 379-423, 623-656. Julio, Octubre.

Shiller, R.J. (1981). Do stock prices move too much to be justified by subsequent changes in dividends?. *American Economic Review*, vol. 71, pp. 421–436.

Takala, K., & Virén, M. (1996). Chaos and nonlinear dynamics in financial and nonfinancial time series: Evidence from Finland. *European journal of operational research*, 93(1), 155-172.

Taylor, John B. (2007). Housing and Monetary Policy. *NBER Working Paper Series* 13682. Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research, December. Disponible en: [www.nber.org/papers/w13682.pdf](http://www.nber.org/papers/w13682.pdf).

Trichet, Jean-Claud (2005). Asset price bubbles and monetary policy. Speech by President of the ECB. 8 June 2005, Singapore.

Uribe, J., & Fernández, J. (2014). Burbujas financieras y comportamiento reciente de los mercados de acciones en América Latina. *Lecturas de Economía*, 81, 57-90.

Villegas Esmeralda, Acosta Ana y Cayaffa Régulo (2010). La crisis hipotecaria estadounidense: origen y evolución. *Cuadernos latinoamericanos*, año 21 julio-diciembre de 2010.

Wang Gang-Jin, Xie Chi, Han Feng (2012). Multi-Scale Approximate Entropy Analysis of Foreign Exchange Markets Efficiency. *Systems Engineering Procedia* vol. 3 (2012) 201 – 208.

Xiaoqing Eleanor Xu a,Tao Chen. (2012). The effect of monetary policy on real estate price growth in China. *Pacific-Basin Finance Journal* 20 62–77

Diccionario etimológico, disponible en <http://etimologias.dechile.net/>