

Un análisis no lineal de la relación entre la actividad del sector real y los rendimientos del IPC: El caso mexicano, 1993-2013

(A non-linear analysis of the relationship between real
sector activity and stock market returns:
The Mexican case, 1993-2013)

(Recibido: 04/octubre/2016 –Aceptado: 09/enero/2017)

*Angélica Alonso-Rivera**

*Salvador Cruz-Aké***

*Francisco Venegas Martínez****

Resumen

El presente trabajo examina la existencia de la relación entre el sector real de la economía y el mercado bursátil en México, para este análisis se propone el uso del coeficiente de información mutua, el cual es una medida que permite observar la estructura de dependencia entre las variables de estudio sin necesidad de hacer supuestos referentes a algún tipo de distribución en particular. Los resultados obtenidos demuestran la existencia de una estruc-

* Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional. Correo electrónico: <angelicalonsorivera@hotmail.com>.

** Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional. Correo electrónico: <salvador.ake22@gmail.com>.

*** Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional. Correo electrónico: <fvenegas1111@yahoo.com.mx>.

tura de dependencia y un sistema de información entre las variables de estudio, la cual se modifica en función de choques externos, asimismo se observan distintas velocidades de transmisión para cada componente de la economía.

Palabras clave: mercados financieros, sector real, medidas de información.

Clasificación JEL: G10, E23, G14.

Abstract

The present paper examines the existence of the relationship between the real sector of the economy and the stock market in Mexico. For this analysis, we propose the use of the coefficient of mutual information, which is a measure that allows observing the dependency structure between variables of study without having to make assumptions referring to some type of distribution in particular. The results obtained demonstrate the existence of a dependency structure and an information system among the study variables, which is modified as a function of external shocks, also as different transmission rates are observed for each component of the economy.

Keywords: financial markets, real sector, information measures.

JEL Classification: G10, E23, G14.

1. Introducción

La relación entre el sector real y el mercado bursátil es un tema de creciente interés, sin embargo, el análisis empírico de este tópico es usualmente complicado, debido a que el mercado financiero presenta un comportamiento complejo en el que los agentes involucrados actúan en respuesta a información que no necesariamente revela el comportamiento real de la economía, sino que expresan el cúmulo de expectativas formadas al momento de tomar decisiones. En este sentido, el desempeño del mercado financiero define trayectorias altamente volátiles con características muy distintas a lo que puede definirse como un comportamiento lineal y normal.

Aun cuando el tema de estudio ha sido abordado de manera recurrente y desde diferentes enfoques, la mayoría de los estudios conservan la característica general de desarrollar modelos basados en supuestos de linealidad y normalidad. Análisis tradicionales como los realizados por: James *et al.* (1985), Gjerde y Sættem (1999), Abugri (2008), Perales y Robins (2007), por mencionar algunos, utilizan herramientas de tipo econométrico, tales como vectores autorregresivos y/o pruebas de causalidad. Otros trabajos como el de Kwon y Shin (1999) aplican pruebas de

cointegración. En la mayoría de estas investigaciones se hace el análisis por medio de pruebas de causalidad en el sentido de Granger, los resultados de estos estudios son consistentes en señalar la aceptación de algún tipo de dependencia entre las variables reales y los rendimientos del mercado financiero. Sin embargo, las metodologías propuestas tienen una importante limitante al estar restringidas por el supuesto de un comportamiento lineal o bien por transformaciones lineales de las variables y por el cumplimiento de estrictos supuestos relativos a la distribución en los errores, lo cual puede limitar la veracidad de los resultados obtenidos.

Es por tal motivo que la presente investigación tiene como objetivo el uso del coeficiente de información mutua, para analizar la existencia de dependencia entre los rendimientos del mercado financiero y la actividad económica para el caso mexicano en el periodo comprendido entre 1993 y 2013. La metodología propuesta tiene la ventaja de permitir aislar las restricciones de los modelos tradicionales para analizar como un todo la estructura de dependencia entre dos variables aleatorias.

Una característica particular de la herramienta de análisis propuesta es que permite observar la relación entre las variables aleatorias como un sistema en el que se comparte información, en este sentido se observa la retroalimentación que existe entre las variables de estudio y como esta cambia su estructura a lo largo del tiempo. Así, se puede hablar de un sistema en el que se considera que ambas variables actúan como endógenas. La idea de endogeneidad es consistente con el trabajo de Chen *et al.* (1986, p. 384) cuando afirma que ninguna teoría puede sostener que la relación entre los mercados financieros y la macroeconomía se pueda describir totalmente en una dirección, de hecho, considera como algo evidente que todas las variables económicas se comportan como endógenas en última instancia.

Por otra parte, la idea de dependencia va de la mano con la cantidad de información que una variable aporta sobre la otra, un sistema que comparte mayor cantidad de información tenderá a mostrar una estructura de dependencia mayor, la cual, a diferencia de los resultados que se obtienen bajo los estudios tradicionales, no es constante, sino que cambia frecuentemente y exhibe tendencias muy marcadas por lapsos. Como se verá más adelante se acepta la existencia de una relación de dependencia entre las variables de estudio al obtener un coeficiente de información mutua diferente de cero, esta dependencia es variable en el tiempo y aumenta o disminuye conforme la ocurrencia de eventos exógenos al sistema.

Un segundo objetivo es contribuir al análisis para países subdesarrollados, esto hace un aporte importante debido a las características tan peculiares de este tipo de economías tales como: el nivel de dependencia externa, mercados financieros con mayor volatilidad y rendimientos superiores a los de los mercados desarrollados, lo que hace imposible generalizar, para este tipo de mercados, las conclusiones

obtenidas por los estudios previos enfocados principalmente hacia mercados desarrollados.

Para efectos de representar la actividad económica, se utilizan las variables: índice de volumen físico de la actividad industrial (AIIVF), inversión fija bruta de capital (IFBK), indicador global de la actividad económica (IGAE) y el índice de confianza del consumidor (ICC). Respecto a la variable ICC, aun cuando ésta no pertenece al ámbito real, se decidió incluirla para analizar la información que el mercado financiero aporta de manera directa a las expectativas y opiniones del público, particularmente a productores e inversionistas. Para representar el comportamiento del mercado financiero se tomó el rendimiento del índice de precios y cotizaciones (IPC).

Los resultados obtenidos muestran: *i*) la existencia de un sistema de información entre las variables de estudio, *ii*) cambios en la dependencia de las variables en función a choques externos y *iii*) distintas velocidades de transmisión para cada componente de la economía.

Los resultados permiten observar una clara relación entre las variables que representan la producción y la inversión con los rendimientos del mercado financiero, llama la atención que en los periodos previos a la ocurrencia de las crisis de 1995 y 2008, el coeficiente es creciente, indicando una mayor fuerza de asociación entre variables. Con relación a las variables IGAE y el ICC, hay que subrayar que éstas representan más la expectativa de crecimiento que el crecimiento efectivo, en relación a la primera variable los resultados son similares a los obtenidos para las variables de producción. Por otra parte, los resultados relativos a ICC, son sorprendentes al demostrar un mecanismo de acción y reacción en las expectativas del público.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se aborda una breve descripción de los posibles mecanismos de transmisión por los que el mercado bursátil y el sector económico comparten información, la sección tres explica qué es el coeficiente de información y cuáles son las características que permiten clasificarlo como medida efectiva de dependencia, la sección cuatro describe los resultados obtenidos por la aplicación empírica y finalmente en la sección cinco se presentan las conclusiones.

2. Relación entre variables reales y mercados bursátiles

Los mecanismos o canales de transmisión por los que el mercado financiero comparte o trasmite información al sector real de la economía, pueden ser explicados por distintas teorías. En Abugri, (2008) se señalan como parte del mecanismo de transmisión a las tasas de interés y los tipos de cambio. Este sistema puede ser

explicado de la siguiente manera: si se supone la ocurrencia de la apreciación de la moneda, se producirá en el país local un incremento en la entrada de capitales, con ello se incrementará el nivel de reservas internacionales, así los gobiernos tendrán margen para manejar una política monetaria de corte expansivo conduciendo al descenso en las tasas de interés. En este contexto, menores tasas de interés reducen el costo del capital, generando en el público inversionista la expectativa de mayores ganancias. En función del optimismo del público, los precios de los títulos de capital tenderán a ser revalorados, incrementando con ello los rendimientos en el mercado accionario.

Por otro lado, de acuerdo con Fama (1990), las variaciones en el rendimiento de los activos financieros pueden ser explicadas por las variaciones en la expectativa del flujo de efectivo libre.¹ Estos últimos están determinados por otras dos variables de gran importancia, los cambios en los dividendos esperados y los cambios en las tasas de descuento. Adicionalmente, para explicar el efecto de la actividad real en los mercados financieros, hay que tener en cuenta que las decisiones de inversión en proyectos productivos, están directamente relacionadas con las expectativas de ingresos futuros, los cuales a su vez inciden directamente sobre los precios de los activos financieros.

Ahora bien, dada la importancia de la capacidad de la empresa para generar flujos de efectivo a futuro, es conveniente señalar aquellos factores que pueden afectar su evolución. Ehrhardt y Brigham (2009) señalan tres categorías: ingresos por ventas, costos de operación e impuestos e inversiones en actividades operativas. En este sentido es evidente que las condiciones macroeconómicas vigentes serán determinantes fundamentales en la evolución de cada uno de los factores señalados y por tanto afectarán la expectativa a futuro sobre el comportamiento de los flujos de efectivo actuales y esperados. El contexto macroeconómico determinará el nivel de riesgo, las tasas de interés que determinan el costo de operación, la tasa de crecimiento en el monto de las ventas, la expectativa de reparto de dividendos, etc. En resumen, este primer acercamiento teórico señala que la actividad económica real permite formar expectativas sobre los ingresos que se esperan generar a futuro, esta información es captada por los mercados financieros para valorar el precio de sus activos.

¹ El método de valuación de acciones por flujo de efectivo libre, considera el valor de la empresa como el valor presente de los flujos de efectivo libres esperados descontados al costo de capital promedio ponderado de la empresa. Se considera importante el flujo de efectivo libre debido a que este monto es el que está disponible para distribuir entre accionistas y acreedores (Ehrhardt y Brigham, 2009).

Diversos estudios, como los desarrollados por Fama (1981) y Geske y Roll (1983), han encontrado que alrededor del 50% de las variaciones anuales en el rendimiento de los activos puede ser explicado o pronosticado por variaciones en variables reales como el PIB, la producción industrial y la inversión en proyectos productivos. Estos resultados son consistentes con el argumento de que las variables reales son las que determinan la formación de precios y rendimientos en los mercados de títulos de capitales. Sin embargo, otras investigaciones divergen del argumento señalado anteriormente, por ejemplo, Bond y Goldstein (2011) abordan esta temática a la inversa, al afirmar que es el mercado financiero el que influye en los sectores reales de la economía.

De acuerdo a esta visión, los mercados financieros pueden afectar las actividades reales por dos vías; primeramente, los mercados primarios influyen de manera directa en el flujo de inversión que se canaliza a las empresas; sin embargo, el grueso de la actividad financiera se desarrolla en los mercados secundarios en donde la compra-venta de activos ya no representa una inyección de capital nuevo para las organizaciones. La importancia que se deriva de los mercados secundarios estriba en que estos mercados actúan como un mecanismo de señalización sobre el cual habrán de formarse las expectativas del público inversionista. Esto ocurre así, debido a que al mercado secundario acude un gran número de especuladores quienes poseen diferentes tipos de información, todo ese cúmulo de conocimientos se ve reflejado en los precios de los activos y estos finalmente son tomados como referencia por parte de los agentes responsables de la toma de decisiones en materia de inversión. De acuerdo con Hayek (1945), cuando la información es tan dispersa, como en el caso del sistema financiero, los precios son el mecanismo por medio del cual se coordinan las acciones o decisiones de los distintos agentes económicos. De este modo la información generada en los mercados secundarios afecta o determina la toma de decisiones dentro del sector real de la economía.

En el sistema de información anteriormente planteado, los precios de los activos financieros proveen de información sustancial a los distintos agentes económicos quienes asimilan esta información para formar sus expectativas y aplicarlas a la toma de decisiones del lado real de la economía. De hecho, como lo señalan Bond y Goldstein (2011) cuanto menos informado y cuanto más alejado esté un agente del ámbito donde se toman directamente las decisiones, más recurrirá a guiarse por la información contenida en los precios de mercado. No solamente las personas involucradas en la toma de decisiones ejercen efecto sobre la economía real, sino también ciertas empresas como las agencias calificadoras son influenciadas por los precios de los activos y sus opiniones pueden tener un gran efecto en la disponibilidad de crédito para la empresa.

Un tercer argumento teórico se describe en Case *et al.* (2005). Este trabajo estudia el efecto que produce el incremento de los rendimientos en el mercado financiero sobre el consumo. De esta forma, los cambios en los precios de los activos generan una sensación de riqueza en el público, lo que a su vez también puede afectar la actividad real debido a que se traduce en un aumento de la demanda agregada y, por lo tanto, de la actividad productiva de la economía.

Como se puede observar, establecer la dirección de la causalidad entre variables del ámbito financiero y real es un tema sumamente controversial, sin embargo, para efectos de la presente investigación se asume que las variables componen un sistema donde la información se comparte de forma mutua, como si se tratara de un régimen donde ambas variables son endógenas. En este sentido no parece necesario establecer una dirección en la causalidad pues el objetivo planteado es contribuir a esclarecer la polémica que existe alrededor del análisis de esta problemática, debido a que existen diferentes investigaciones que rechazan o bien no encuentran evidencia suficiente, para afirmar la existencia de dependencia entre las variables de estudio, a continuación, se mencionan algunos de estos trabajos.

Aun cuando diversos estudios han encontrado evidencia de vínculos entre rendimientos del mercado financiero y la actividad real, tales como los realizados por James *et al.* (1985), Lee (1992), Kwon y Shin (1999), hay un contraste con otros trabajos como los realizados por, Geske y Roll (1983), Boudoukh y Richardson (1993), Flannery y Protopapadakis (2002) en donde dicha relación no es concluyente.

James *et al.* (1985) investigan la relación entre rendimientos de los activos, actividad real, inflación esperada y oferta monetaria por medio de modelos de vectores autorregresivos. Sus resultados comprueban la relación negativa entre inflación y rendimientos de los activos, en específico encuentran evidencia de un fuerte vínculo entre expectativas de la actividad real, crecimiento del circulante e incrementos en los rendimientos de los activos. No obstante, investigaciones como la realizada por Chan *et al.* (1998) descartan una relación significativa entre estas variables.

Por otro lado, en la literatura que concierne al análisis del mercado mexicano encontramos trabajos como el desarrollado por López-Herrera (2006) que por medio de metodologías econométricas desarrolla un modelo para explicar los factores que inciden sobre la prima de riesgo en el mercado financiero mexicano, encontrando evidencia de fuertes efectos de transmisión de las fluctuaciones cambiarias al mercado de activos. Perales y Robins (2007) realizan el análisis de la relación entre IPC, oferta monetaria y producción industrial para el mercado mexicano por medio de pruebas de causalidad de Granger, en sus resultados captan una

relación efectiva del comportamiento del mercado accionario como determinante de la actividad real.

El problema se torna aún más complicado si se considera que la mayoría de los estudios están enfocados al análisis de mercados financieros de países desarrollados. Al respecto, Bilson *et al.* (2001) y Abugri (2006) señalan que los países caracterizados como emergentes, tal como es el caso de México, tienen características particulares como un mayor grado de volatilidad, rendimientos superiores a los de los mercados desarrollados y mayores posibilidades de reversión a la media, lo que hace necesario un análisis específico para este tipo de economías. En relación a los resultados obtenidos encuentran evidencia débil para demostrar la relación entre las variables macroeconómicas y el rendimiento del mercado financiero.

Como puede observarse, el análisis del impacto que ejercen las variables macroeconómicas sobre los rendimientos del mercado financiero es un tema con diversas complicaciones, debido en gran medida a que el comportamiento de estas variables, describe trayectorias no lineales o no normales, razón por la cual los métodos econométricos no son capaces de captar en su totalidad la variedad de ambientes, conjuntos de información e interacciones entre agentes.

En esta investigación se propone la aplicación de una metodología alternativa que utiliza el coeficiente de información mutua, el cual es capaz de capturar toda la estructura de dependencia entre estas variables, superando con ello problemáticas como falta de linealidad en las variables.

3. Coeficiente de información mutua y entropía

Como se mencionó, el objetivo de este trabajo es investigar si existe una relación entre la actividad real y los rendimientos en el mercado financiero para el caso mexicano, así como las características de dicha relación. Para ello se utiliza el coeficiente de información mutua, el cual puede ser utilizado como medida para captar cualquier tipo de dependencia estadística entre variables aleatorias, o bien, como expresión de la cantidad de información compartida entre las mismas.

Diversos estudios enfocan la problemática referente a medidas de dependencia entre variables aleatorias que no necesariamente exhiben una correlación lineal. Por ejemplo, Delicado y Smrekar (2009) mencionan que dos de las medidas más comunes para expresar la dependencia, son el coeficiente de correlación y la covarianza, sin embargo, para variables no linealmente relacionadas proponen dos medidas alternativas basadas en obtener los componentes principales de la covarianza y el coeficiente de correlación lineal y generalizarlos para variables que están distribuidas a lo largo de una curva. Li (2015), aborda la misma problemática

proponiendo una medida de dependencia no lineal y no simétrica, utilizando para ello cópulas. Lu (2011) expresa que el análisis de dependencia, basado en el coeficiente de correlación no siempre es certero pues dos variables con un coeficiente de correlación igual a cero no necesariamente son independientes, aun cuando se analizan variables distribuidas normalmente, además de que este indicador provee información limitada respecto a la estructura de dependencia entre las variables. En su investigación Lu propone una nueva medida de dependencia denominada *L-measure* basado en el coeficiente de correlación de información.

Para evaluar la utilidad de cualquier medida de dependencia, la mayoría de las investigaciones, como las de Bell (1962), Joe (1989), Granger *et al.* (2004), Lu (2011), Fullér *et al.* (2012) recurren a analizar siete postulados propuestos por Rényi (1959), los cuales definen las características deseables en un indicador de dependencia denominado como $\delta(X, Y)$:

- i. Debe estar definida para cualquier dupla (X, Y)
- ii. $\delta(X, Y) = \delta(Y, X)$ Es simétrica.
- iii. Sus valores están entre cero y uno
- iv. Su valor es cero si y solo si las variables (X, Y) son independientes
- v. $\delta(X, Y)$ Solo cuando existe una estricta dependencia entre las variables aleatorias.
- vi. Si las variables aleatorias están normalmente distribuidas, el valor de la medida de dependencia es igual al valor absoluto del coeficiente de correlación $\delta(X, Y) = |R(X, Y)|$, donde $|R(X, Y)|$ es el coeficiente de correlación entre X y Y .
- vii. La medida es invariable bajo transformaciones estrictamente crecientes de las variables aleatorias.

La mayoría de las diferentes metodologías propuestas para el análisis de dependencia, se rigen por el cumplimiento de los postulados propuestos por Rényi (1959), sin embargo, aún el coeficiente de correlación, que es la medida de dependencia más comúnmente aceptada, tampoco cumple al cien por ciento todos los postulados, como lo señala Lu (2011, p. 7) el coeficiente de correlación falla pues no cumple los postulados cuatro y siete. Granger *et al.* (2004), encuentran inconsistencias en las medidas de dependencia basadas en el análisis de correlación pues consideran que estos tienen fallas al aplicarse a variables que son discretas, no lineales o que no se ajustan a distribuciones normales. En este trabajo Granger propone una medida alternativa basada en el cálculo de la entropía, para la detección de estructuras de dependencia no lineales.

Lu (2011) analiza otras medidas de dependencia basadas en la teoría de la información, que utilizan medidas como la entropía relativa, *correntropy*, el coeficiente de Silvey o el coeficiente de Granger y concluye que de igual forma ninguna de estas medidas satisface completamente los siete postulados arriba mencionados además de que algunas de ellas tienen un alto costo computacional para ser calculados.

El coeficiente de información mutua utilizado en esta investigación, satisface la mayoría de los postulados excepto el tercero y el sexto, en este sentido podemos afirmar que puede ser aceptado de manera satisfactoria como una medida de dependencia entre dos variables aleatorias.

El coeficiente de información mutua se basa en las entropías de cada uno de los eventos estudiados. De acuerdo con Shannon (1948), la entropía de un sistema denominado fuente, es una medida de la cantidad óptima de información que es emitida y transmitida sin errores. Entiéndase en este caso como fuente, el sistema generador de una sucesión de símbolos aleatorios llamados *outputs* o símbolos de salida; al espacio que contiene todos estos posibles símbolos se le conoce como alfabeto.

De acuerdo con Darbellay y Wuertz (2000), la entropía mutua o coeficiente de información mutua $I(X; Y)$ entre un par de variables aleatorias continuas se define como:

$$I(X; Y) = \int_X \int_Y p(x, y) \ln \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)} dx dy$$

Donde $p(x, y)$ es la función de distribución conjunta y $p(x)$ y $p(y)$ son las funciones marginales de distribución. En el caso discreto el coeficiente de información mutua queda definido por:

$$I(X; Y) = \sum_{x, y} p(x, y) \ln \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)}$$

Las unidades de medida para el coeficiente de información $I(X; Y)$ son: *nats*, *bits*, *trits* o *hartleys*, dependiendo de si se utiliza el logaritmo natural, base dos, base tres o base diez, respectivamente. Dionisio *et al.* (2004) describen algunas características importantes del coeficiente de información mutua:

1. $I(X; Y) \geq 0$. El coeficiente de información mutua es una medida positiva y sólo puede tener valor cero cuando los eventos X y Y son independientes.

2. $I(X;Y)=I(Y;X)$. Es simétrica en X y Y . El coeficiente es útil para revelar la relación entre variables, pero no especifica el sentido de la causalidad.
3. $I(X; Y) = H(X) = \int_x p(x)\ln p(x)dx$. Si X es una función de Y .

La propiedad 3 hace referencia al hecho de que el coeficiente de información mutua es igual a la entropía de la variable aleatoria cuando la dependencia entre variables es total.

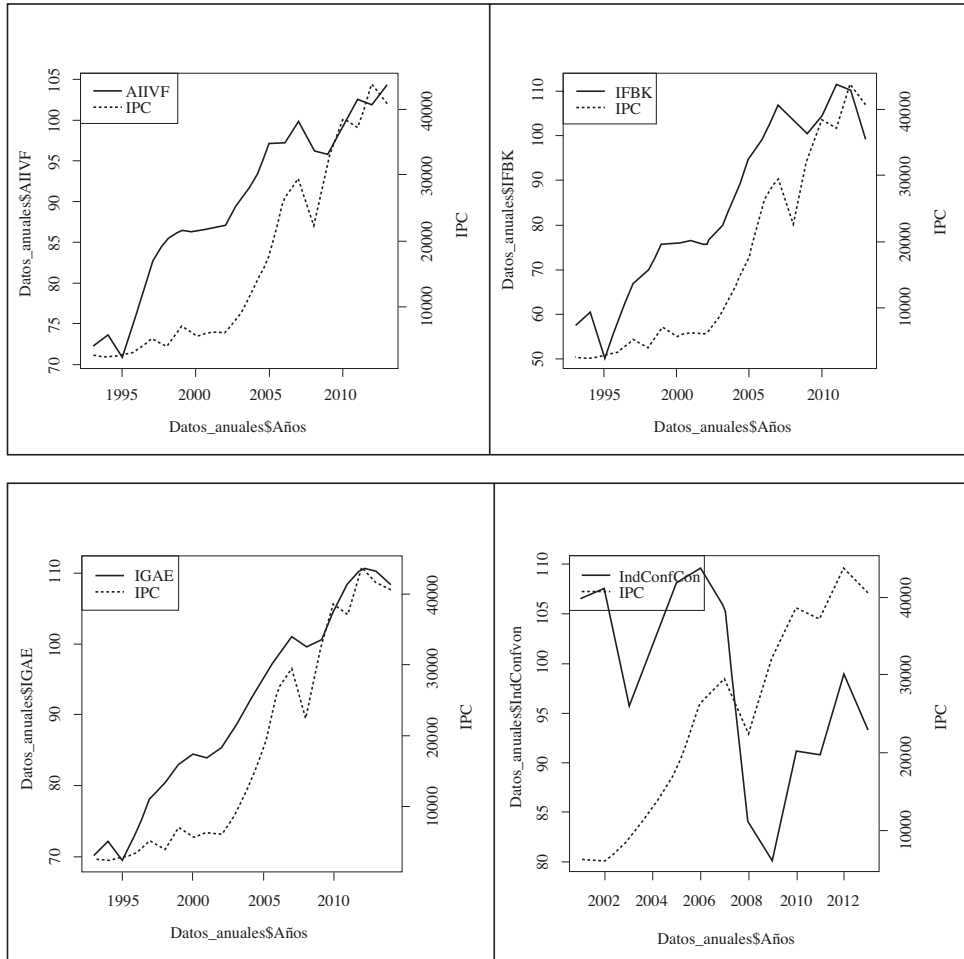
Como se puede observar un valor igual a cero significa la independencia entre las variables estudiadas, por lo que un valor diferente de cero nos estaría indicado la existencia de una estructura de dependencia, la cual puede aumentar o disminuir conforme a la ocurrencia de choques externos. La siguiente sección presenta los resultados obtenidos respecto al cálculo de dicho indicador.

4. Evidencia empírica

En esta investigación el sector real se representa por medio de las siguientes variables: índice de volumen físico de la actividad industrial (AIIVF), inversión fija bruta de capital (IFBK), indicador global de la actividad económica (IGAE) y el índice de confianza del consumidor (ICC) para un periodo de 20 años comprendidos entre 1993 y 2013, excepto el índice de confianza que comenzó a publicarse en 2001. Estrictamente la variable ICC no pertenece al ámbito real, pero se decidió incluirla para analizar la información que el mercado financiero porque aporta de manera directa a las expectativas y opiniones del público, particularmente a productores e inversionistas. Para representar el rendimiento en el mercado financiero se tomó el índice de precios y cotizaciones (IPC) para un periodo similar. Los datos provienen de INEGI y Yahoo *Finance* y son de periodicidad anual.

La economía mexicana en los últimos años se ha caracterizado por tasas de crecimiento modestas con importantes fluctuaciones a consecuencia de la ocurrencia de crisis económica de carácter interno, como la crisis de 1995 y la debacle financiera internacional de 2008. Además de un contexto de desaceleración económica mundial generalizada tanto para economías industrializadas como para las que están en vías de desarrollo. En la gráfica 1 se observa la evolución de los principales indicadores de la actividad económica real para la economía mexicana en el periodo comprendido entre 1993 y 2012. Este periodo comprende las administraciones de Zedillo, Fox y Calderón. Durante sus administraciones el crecimiento económico observó tasas promedio anuales de 3.5%, 2.1% y 1.9% respectivamente. En este contexto de crecimiento moderado son destacables los bajos niveles de inflación, la disciplina fiscal, los niveles de reservas internacionales en niveles históricos y el tipo de cambio flexible. (De Jesús, 2012 p.02).

Gráfica 1
Evolución de las principales variables económicas
AIIVF, IFBK, IGAE, ICC



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y Yahoo Finance.

En términos económicos, la información conjunta observada por los rendimientos del mercado financiero y las variables económicas reales, puede ser entendida como un sistema que genera y comparte señales, mismas que serán recibidas por los diferentes agentes económicos. Como lo señala Aké *et al.* (2015),

un incremento en el coeficiente de información mutua significa mayor cantidad de información compartida entre la dupla de variables aleatorias, lo cual permite que la formación de expectativas entre los agentes económicos se realice de manera más eficiente. Por el contrario, la disminución en dicho indicador significa la desconexión entre las variables de estudio y, por lo tanto, las expectativas del público se verán afectadas por elementos no considerados en el sistema.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, es importante señalar que el coeficiente de información es diferente de cero en todos los casos por lo que se puede afirmar que existe una relación de dependencia entre las actividades económicas analizadas y los rendimientos del mercado financiero, sin embargo, esta relación exhibe características particulares en cada caso.

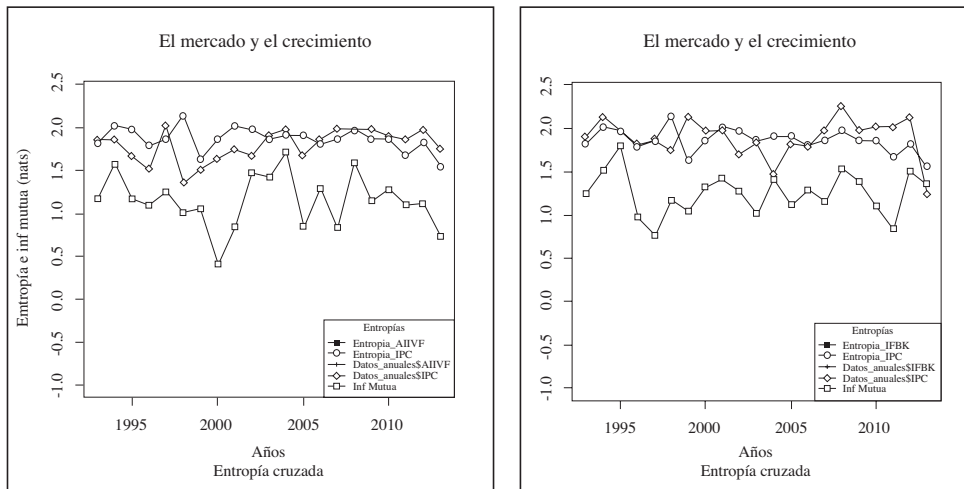
La gráfica 2 presenta los resultados del cálculo del coeficiente de información mutua para el índice de volumen físico de la actividad industrial (AIIVF) e inversión fija bruta (IFBK) con relación a los rendimientos anuales del mercado financiero. De estos primeros resultados se pueden derivar conclusiones interesantes. Primeramente, se observa que hasta el año anterior a la crisis de 1995 el valor del coeficiente de información mutua es creciente, tanto para el volumen de producción como para la inversión bruta. Este hecho es señal de que aumenta la dependencia entre las variables para este periodo o bien que la información compartida por este sistema es creciente. Sin embargo, posterior a la ocurrencia de la crisis, el coeficiente de información disminuye durante dos años consecutivos en ambos casos. Aunque temporalmente hay una clara coincidencia en la respuesta de ambas variables, no es posible decir lo mismo en cuanto a la intensidad, la cual es evidentemente superior para la variable inversión. El comportamiento descrito se repite para el año 2008. Es conveniente recordar que este periodo también concuerda con la ocurrencia de una crisis económica pero ahora de carácter internacional y de una severidad inigualable. Se observa que nuevamente el sistema de información conformado por IPC y producción, medida por sus respectivas categorías, pierde información pues hay un periodo de caída constante en el coeficiente de información mutua. La caída es durante cinco años para el AIIVF y de tres años para el IFBK. Se puede entender que, debido a la profundidad, gravedad de la crisis y su carácter internacional, el impacto se magnifica y, por lo tanto, el retorno a la estabilidad del sistema de información es más lento.

Por otra parte, es importante destacar un periodo de crecimiento acelerado y constante en el coeficiente de información mutua para la variable AIIVF para los años 2000 a 2004. En este contexto se puede decir que el sector real y rendimiento en el mercado financiero vuelven a conectarse y emitir señales que han de ser evaluadas por los agentes económicos involucrados. Es notable este resultado porque ocurre

en un periodo posterior al estallido de la burbuja *dot-com* en el mercado estadounidense, momento en que esta economía se encontraba en plena recesión a principio del 2000. Para la variable IFBK se observa una tendencia similar a la anterior, pero este periodo inicia un año antes, en 1999, y dura solamente dos años hasta el 2001, así mismo, la magnitud de la respuesta es considerablemente menor.

En términos generales se concluye que el sector real y el rendimiento en el mercado financiero si conforman un sistema de dependencia en el que se comparte información. Este sistema pierde eficacia en periodos post crisis para ambas variables, posteriormente se retorna a la conexión entre variables, pero el retorno a la fase de estabilidad se da a una velocidad menor para la variable AIIVF que para la variable IFBK.

Gráfica 2
Coefficiente de información mutua IPC y principales variables económicas, en orden AIIVF, IFBK



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y Yahoo Finance.

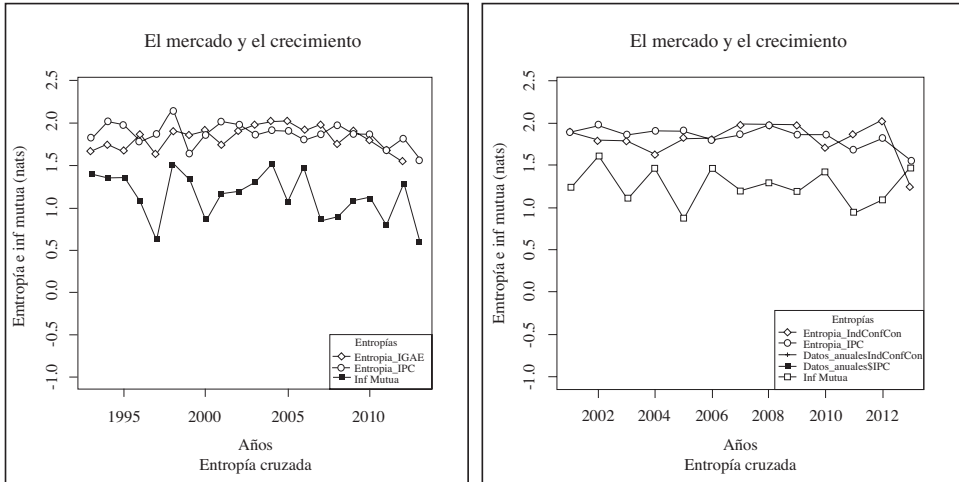
En la gráfica 3 se presentan los resultados para el indicador global de la actividad económica (IGAE) y el índice de confianza del consumidor (ICC). Aun cuando este último no corresponde, a la categoría de variable económica del ámbito real, se decidió incluirla para examinar la información que el mercado financiero

aporta de manera directa a las expectativas y opiniones del público, particularmente a los encargados de la toma de decisiones en el sector real de la economía. Como se puede observar, los resultados son distintos de los obtenidos en la gráfica 2. En principio, se analizan los resultados para la variable IGAE, es conveniente resaltar que las tendencias de 1993 a 1997 y de 1998 al 2000 son la disminución de la conexión o cantidad de información compartida entre las variables, IGAE y rendimientos del mercado financiero. Para tratar de explicar este comportamiento debe recordarse que el IGAE² es un estimador de la tendencia del PIB en el corto plazo, por lo que no se está midiendo la aportación de información sobre el sector real de la economía sino sobre la expectativa de corto plazo respecto al comportamiento real de la economía. En este sentido se infiere que el mercado financiero se desconecta para los periodos señalados, de la formación de expectativas directas en el público. Sin embargo, para el periodo de 2000 a 2004, la situación es distinta pues la variable IGAE funciona de acuerdo al comportamiento de la variable AIIVF. Conforme a estos resultados podemos concluir que, para este periodo, los rendimientos, la expectativa de crecimiento y la actividad real funcionan de manera sincronizada compartiendo mayores niveles de información.

Con respecto al comportamiento del índice de confianza del consumidor y los rendimientos del mercado financiero, se puede observar un comportamiento cíclico en la formación de expectativas en el público. Durante varios años se incrementa el coeficiente de información mutua entre estas variables y, posteriormente, le sigue un año de disminución en la información compartida en este sistema. Este comportamiento se repite en diferente magnitud todos los años hasta 2013. En este contexto la investigación muestra evidencia empírica de un mecanismo de acción y reacción en la formación de expectativas o bien un mercado que corrige continuamente sus expectativas en el corto plazo.

² Elizondo (2012 p. 4) explica que el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE), se utiliza como una aproximación del PIB mensual, por lo tanto la información básica que incorpora es preliminar y está sujeta a revisión por parte de las empresas y organismos públicos y privados. En este sentido, el IGAE es un indicador de la tendencia o dirección de la actividad económica en el corto plazo y no un estimador de la misma. Además, de que dicho indicador se reporta con dos meses de rezago.

Gráfica 3
Coefficiente de información mutua IPC y principales variables económicas, en orden IGAE e ICC



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y Yahoo Finance.

Como se puede observar, los resultados obtenidos demuestran la existencia de una estructura de dependencia entre las variables del sector real y los rendimientos del mercado financiero, en este sistema se genera y comparte información que no tiene una direccionalidad única sino por el contrario ambas variables aportan y retroalimentan dicho sistema.

La estructura de dependencia es inestable en el tiempo en función a choques externos, en específico para este caso se observa el efecto de dos crisis económicas, correspondientes a la crisis mexicana de 1995 y la internacional de 2008. En función de estos factores exógenos, se observan distintas velocidades y magnitudes de transmisión para cada componente de la economía, en términos generales se puede observar que la variable que muestra mayores niveles de dependencia es la de volumen físico de la actividad industrial, sin embargo, dadas las características variables de esta asociación, esto puede cambiar según el periodo de estudio.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran: i) la existencia de un sistema de información entre las variables de estudio, ii) cambios en la dependencia de las variables en función a choques externos y iii) distintas velocidades de transmisión para cada componente de la economía.

De acuerdo con el análisis realizado en esta investigación se puede decir que existen diversos canales de transmisión de información entre la economía real y los rendimientos del mercado bursátil. Estos canales comparten información con diferentes temporalidades, ritmos y magnitudes debido, principalmente, al gran número de agentes económicos involucrados, particularmente productores e inversionistas, quienes forman sus expectativas utilizando los precios de los mercados financieros como un medio de señalización y aprendizaje continuo para tomar decisiones futuras sobre proyectos productivos.

El coeficiente de información mutua no permite establecer una dirección única en la causalidad entre los fenómenos observados; sin embargo, sí permite observar una estructura de dependencia y de aportación de información entre la dupla de variables consideradas dentro del sistema informativo.

El sector real representado en este trabajo por el índice global de actividad económica y la formación bruta de capital fijo, constituye el principal canal de transmisión de información, el cual se ve fuertemente afectado ante dos crisis dentro del periodo de análisis, la crisis financiera mexicana de 1995 y la crisis financiera mundial de 2008. En los periodos post-crisis se puede observar que hay una clara disminución en el coeficiente de información, seguido por un periodo de reajuste de tres a cinco años para que nuevamente retorne la estabilidad dentro del sistema de información.

Otro resultado interesante es que para las variables IGAE e índice de confianza del consumidor se observa que, si bien se acepta que ambas comparten información con el mercado financiero, al parecer esta información lleva un ritmo intrínseco que no se ve afectado por factores exógenos como pueden ser la ocurrencia de las crisis mencionadas. En cuanto al índice de confianza del consumidor el patrón es muy evidente e indica un comportamiento cíclico de acción y reacción en el corto plazo en cuanto a la formación de expectativas.

Por último, en cuanto a los resultados aquí analizados se puede concluir que, para el mercado bursátil mexicano, y en el contexto de dos crisis económicas sumamente severas, los agentes económicos relacionados con la toma de decisiones de inversión, adquieren mucha más información del sector real de la economía representado en este caso por las variables AIIVF y FBKF.

Bibliografía

- Abugri, B. A. (2008), “Empirical relationship between macroeconomic volatility and stock returns: Evidence from Latin American markets”, *International Review of Financial Analysis*, 17(2), 396-410.
- Aké, S. C., Ruiz, R. S. G., y Venegas-Martínez, F. (2015), “Medición no lineal de la dependencia de la inflación sobre el tipo de cambio nominal (pass-through)”, *El Trimestre Económico*, 82(325), 211-244.
- Bell, C. B. (1962), “Mutual information and maximal correlation as measures of dependence”, *The Annals of Mathematical Statistics*, 33(2), 587-595.
- Bilson, C. M., Brailsford, T. J., and Hooper, V. J. (2001), “Selecting Macroeconomic Variables as Explanatory Factors of Emerging Stock Market Returns”, *Pacific-Basin Finance Journal*, 9(4), 401-426.
- Bond, P., Edmans, A. and Goldstein, I. (2011), “The Real Effects of Financial Markets”, National Bureau of Economic Research. NBER Working Paper Series, *Working Paper* 17719.
- Boudoukh, J., and Richardson, M. (1993), “Stock Returns and Inflation: A long-horizon perspective”, *American Economic Review*, 83(5), 1346–1355.
- Case, K. E., Quigley, J. M., and Shiller, R. J. (2005), “Comparing Wealth Effects: the Stock Market versus the Housing Market”, *Advances in Macroeconomics*, 5(1). 1-32.
- Chan, K. C., J. Karceski, and J. Lakonishok, (1998), “The Risk and Return from Factors”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 33(2), 159-188.
- Chen, N. F., Roll, R., & Ross, S. A. (1986), “Economic forces and the stock market”, *Journal of Business*, 383-403.
- Darbellay, G. A., and Wuertz, D. (2000), “The Entropy as a Tool for Analysing Statistical Dependences in Financial Time Series”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 287(3), 429-439.
- Delicado, P., & Smrekar, M. (2009), “Measuring non-linear dependence for two random variables distributed along a curve”, *Statistics and Computing*, 19(3), 255-269.
- De Jesús Almonte, L. y González Vergara R. (2012), “El escenario de crecimiento de la economía mexicana para 2013”, *Revista trimestral de análisis de coyuntura económica*, 5(4), 1-5.
- Dionisio, A., Menezes, R., and Mendes, D. A. (2004), “Mutual Information: a Measure of Dependency for Nonlinear Time Series”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 344(1), 326-329.

- Ehrhardt, E. and E. Brigham (2009). *Corporate Finance: A Focused Approach*. Cengage Learning. USA.
- Elizondo, R. (2012), “Estimaciones del PIB Mensual Basadas en el IGAE”. Banco de México, *Documentos de Investigación*, 2012-11.
- Fama, E. F. (1981), “Stock Returns, Real Activity, Inflation, and Money”, *American Economic Review*, 71(4), 545-565.
- Fama, E., (1990), “Stock Returns, Expected Returns, and Real Activity”, *Journal of Finance*, 45(4), 1089-1108.
- Flannery, M. J., and Protopapadakis, A. A. (2002), “Macroeconomic Factors Do Influence Aggregate Stock Returns”, *Review of Financial Studies*, 15(3), 751-782.
- Fullér, R., Harmati, I. Á., Várlaki, P., & Rudas, I. J. (2012), “On informational coefficient of correlation for possibility distributions”. In *Proceedings of the 11th WSEAS international conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases* (pp. 15-20). World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS).
- Geske, R., and Roll, R. (1983), “The Fiscal and Monetary Linkage between Stock Returns and Inflation”, *Journal of Finance*, 38(1), 1-34.
- Gjerde, Ø., and Sættem, F. (1999), “Causal relations among stock returns and macroeconomic variables in a small, open economy”, *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 9(1), 61-74.
- Granger, C. W., Maasoumi, E., & Racine, J. (2004), “A dependence metric for possibly nonlinear processes”, *Journal of Time Series Analysis*, 25(5), 649-669.
- Hayek, F. (1945), “The Use of Knowledge in Society”, *American Economic Review*, 35(4), 519-530.
- James, C., Koreisha, S. and Partch, M. (1985), “A VARMA Analysis of the Causal Relations among Stock Returns, Real Output, and Nominal Interest Rates”, *Journal of Finance*, 40(5), 1375-1384.
- Joe, H. (1989), “Relative entropy measures of multivariate dependence”, *Journal of the American Statistical Association*, 84(405), 157-164.
- Kwon, C. S., and Shin, T. S. (1999), “Cointegration and Causality between Macroeconomic Variables and Stock Market Returns”, *Global Finance Journal*, 10(1), 71-81.
- Lee, B. S. (1992), “Causal relations among stock returns, interest rates, real activity, and inflation”, *The Journal of Finance*, 47(4), 1591-1603.
- Li, H. (2015), “On nonsymmetric nonparametric measures of dependence”. arXiv preprint arXiv:1502.03850.

- Lu, S. (2011), “Measuring dependence via mutual information”. *A thesis submitted to the Department of Mathematics and Statistics in conformity with the requirements for the degree of Master of Science*. Queen’s University Kingston, Ontario, Canada.
- López-Herrera, F. (2006), “Riesgo sistemático en el mercado mexicano de capitales: un caso de segmentación parcial”, *Contaduría y Administración*. No 219, pp. 85-113.
- Perales, N. A. H., and Robins, R. (2007), “The Relationships between Mexican Stock Market Returns and Real, Monetary and Economic Variables”, Working paper. Recuperado en <http://web4.mty.itesm.mx/temporal/egade/investigacion/documentos/documentos/13egade_mormahdz.pdf>.
- Rényi, A. (1959), “On measures of dependence”, *Acta mathematica hungarica*, 10(3-4), 441-451.
- Shannon, C. (1948), “A Mathematical Theory of Communication”, *Bell Systems Technical Journal*, 27(1-2); 379-423, 623-656.