

# XXX

## Premio de Investigación Financiera

Resúmenes ejecutivos de  
los trabajos ganadores

# IMEF-EY 2014

*Investigar  
para innovar y emprender*



# XXX Premio de Investigación Financiera IMEF-EY

Resúmenes ejecutivos de  
los trabajos ganadores

Noviembre 2014





## Índice

### Categoría Investigación Financiera Empresarial

**Primer Lugar:**

Desierto

**Segundo Lugar:**

Efectos de la crisis de 2008 sobre la tasa LIBOR dólar de 3 meses y sobre su spread con la tasa forward: Análisis de intervención y obtención de pronósticos.

Paula Hénriquetz Ávila / Víctor Manuel Guerrero Guzmán. Instituto Tecnológico Autónomo de México (página 4)

**Mención Especial:**

Modelos fractales y multifractales aplicados a sistemas complejos: Mercados accionarios y de tipo de cambio.

Stephanie Rendón de la Torre. Universidad Nacional Autónoma de México (página 9)

### Categoría Investigación Macrofinanciera, Sector Gobierno y Mercado de Valores.

**Primer Lugar:**

Beneficios de inversiones en materias primas: un análisis empírico para portafolios latinoamericanos  
Carlos Medina Loera. University of Warwick

(página 16)

**Segundo Lugar:**

Imágenes satelitales sobre la intensidad de la luz, instrumento complementario de medición para la actividad económica: El caso de México.

Juan Antonio Mendoza Perea / Víctor Manuel Guerrero Guzmán. Instituto Tecnológico Autónomo de México (página 19)

**Mención Especial:**

Construcción de un modelo dinámico para determinar la prima de equilibrio de un derivado de incumplimiento crediticio.

Anselmo Moctezuma Martínez. Universidad Nacional Autónoma de México (página 23)

### Categoría: Trabajos de investigación aplicada a Tesis.

**Primer Lugar:**

Desierto

**Segundo Lugar:**

Oportunidades de arbitraje, percepción de los inversionistas y corrección del arbitraje en los ADR mexicanos.

Luis Antonio Gómez Lara. Centro de Investigación y Docencia Económicas (página 29)



# Categoría: Investigación Financiera Empresarial

## Segundo Lugar:

Efectos de la crisis de 2008 sobre la tasa LIBOR dólar de 3 meses y sobre su spread con la tasa forward: Análisis de intervención y obtención de pronósticos

Paula Hénriquetz Ávila / Víctor Manuel Guerrero Guzmán. Instituto Tecnológico Autónomo de México

El presente trabajo describe la estructura subyacente en la tasa *London InterBank Offered Rate* -mejor conocida por sus siglas como LIBOR- (Dólar) de 3 meses y en su diferencial con la tasa *forward*. El objetivo principal es que este análisis ayude a comprender los efectos de la crisis de 2008 sobre las variables antes mencionadas, vistas en forma de series de tiempo. De igual manera, se busca construir modelos estadísticos que sean validados empíricamente, en el sentido de que representen adecuadamente el comportamiento de las series y que sean útiles para la generación de pronósticos (más precisos que los usados actualmente) de la tasa LIBOR de 3 meses futura.

El estudio también presenta una comparación entre los pronósticos obtenidos con el modelo diferencial forward-LIBOR y los alcanzados con el uso de los datos históricos de la tasa LIBOR exclusivamente. Esto tiene la finalidad de proporcionar evidencia, ya sea en favor o en contra, acerca de la hipótesis de que las tasas forward proveen información adicional sobre las tasas spot. Por otro lado, los modelos que se utilizan surgen de un análisis estadístico de series de tiempo basado plenamente en los datos, es decir, sin que una teoría guíe para la construcción del modelo. El análisis estadístico se complementa con la técnica conocida como análisis de intervención, la cual permite representar el comportamiento histórico de la tasa LIBOR de 3 meses y su diferencial con la tasa forward, específicamente durante la crisis económica de 2008. Para ello se propone y justifica el uso de funciones dinámicas de carácter estadístico, para modelar los efectos de las intervenciones, dejando nuevamente que los datos sean la guía para la elaboración del modelo.

Como introducción al problema en estudio, es importante definir los conceptos más relevantes y hacer una breve recapitulación de lo que se ha escrito hasta el momento sobre el tema. Por ello, en la Sección 1 del documento se empieza con la definición de la tasa LIBOR, que es una tasa de interés a corto plazo cuya importancia radica en la gran cantidad de valores asociados a ella. En 2012, según (McCormick y Leising 2012) la tasa LIBOR estaba vinculada a un volumen de operación de USD\$ 360 billones en valores. También se debe brindar una explicación, tanto intuitiva como teórica, de lo que representa una tasa forward y de la manera como se construye una tasa discreta de este tipo. Para ello se utiliza una fórmula que relaciona a la tasa forward para el periodo  $(t_1, T)$ , digamos  $f(t_1, T)$ , con las tasas de interés  $i_{t_1}$  para el periodo  $(0, t_1)$  e  $i_T$  para el periodo  $(0, T)$ .

Además, se pone en contexto la relevancia del estudio y la relación teórica que existe entre las tasas forward y las tasas spot, a través de una breve explicación de la teoría económica de la Hipótesis de Expectativas Puras (HEP) que se encuentra en la literatura sobre el tema. Se explica cómo el hecho de que la HEP sostenga que el valor esperado de una tasa spot sea igual que la tasa forward correspondiente, brinda sustento al uso de las tasas forward para valorar instrumentos financieros. No obstante, se expone que existen argumentos tanto teóricos como prácticos, que rechazan esta teoría y proponen ajustar las tasas forward por una prima de liquidez, lo que da origen a la que se conoce como Hipótesis de Expectativas (HE).

La Sección 1 contiene también una breve explicación de algunos estudios realizados hasta el momento, los cuales han analizado tanto la prima de liquidez como las tasas forward y las tasas spot (generalmente los T-Bills). Dichos estudios se han realizado principalmente en el contexto y con apoyo de modelos estadísticos del tipo de Regresión Lineal Múltiple, los cuales permiten cuantificar la magnitud de la relación entre la tasa forward y la tasa spot.

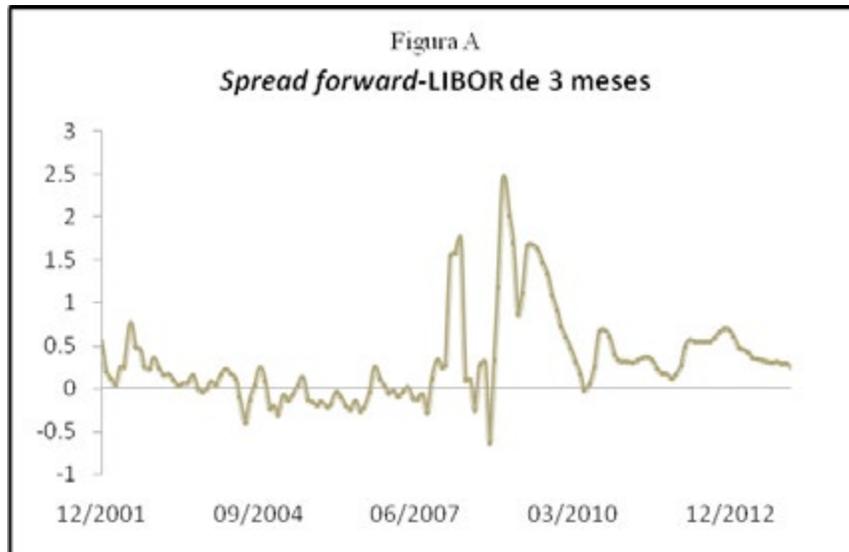
La Sección 2 presenta una introducción al análisis estadístico de series de tiempo y al análisis de intervención que lo complementa. Ahí se describe la metodología de Box-Jenkins, que no ha sido aplicada tan ampliamente como los modelos de regresión, y se explican las razones por las cuales se escogió este tipo de análisis para realizar el trabajo. De hecho, el motivo principal de esta elección es que dicha metodología está fundamentada en modelos estadísticos que se construyen a partir de los datos observados disponibles, aunque no haya propiamente variables explicativas. Por ello es que se realiza una descripción de los modelos ARIMA (Auto-Regresivos, Integrados y de Promedios Móviles) que se utilizan para modelar las series en estudio. Esta sección puede ser omitida por el lector que ya conoce la metodología de Box-Jenkins para construir modelos ARIMA.

Como fundamento del análisis de series de tiempo, se menciona el concepto de estacionariedad, se explica su significado y se indica la importancia que tiene para efectos de construcción de modelos estadísticos. Este concepto se considera fundamental porque describe las características que deben tener las series de tiempo en estudio para poder representarlas apropiadamente mediante algún modelo de tipo ARIMA. Esto es, para utilizar la metodología propuesta es necesario que las series sean estacionarias o que sean transformadas de modo que lo sean. Que una serie sea estacionaria implica que tiene media y varianza constantes, y que la estructura de asociación de la variable consigo misma, pero retrasada (que se resume en la función de autocorrelación) sólo dependa de la separación que haya entre los retrasos de la variable; de esta manera la estructura probabilística de la serie no cambia con el tiempo y se puede hablar de un solo modelo para representarla.

Los modelos ARIMA surgen al combinar un modelo AR (Auto-Regresivo) y un modelo MA (de Promedios Móviles) para una serie estacionaria, lo que pudo haber requerido que se le cancelara su tendencia, usualmente mediante la toma de diferencias. El hecho de que el modelo ARIMA sea una mezcla de modelos de tipo AR y MA, permite que la serie sea explicada tanto por sus valores pasados como por choques aleatorios, tanto pasados como el presente, que no tienen estructura de asociación alguna, o sea, son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas que, al estar ordenadas en el tiempo originan lo que se conoce como un proceso de ruido blanco.

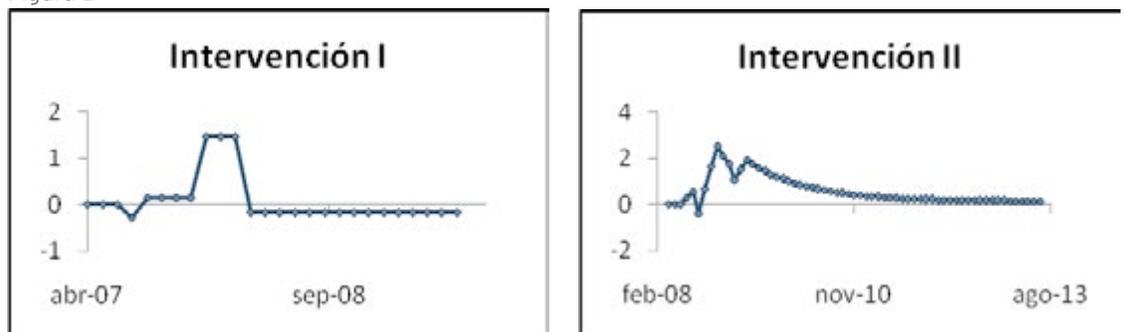
Asimismo, en esta sección se proporciona una breve descripción de lo que es un análisis de intervención, que en esencia consiste en una extensión de los modelos ARIMA, para incorporar la presencia de efectos de carácter determinístico, además de los elementos que típicamente constituyen la parte aleatoria del modelo. También se presenta la metodología que se usa para realizar un análisis de intervención en general y que se realiza por etapas. La primera etapa es la de construcción de un modelo ARIMA para el periodo de inicio de la serie hasta el momento previo a la intervención; en la segunda se propone una función dinámica determinística para representar los efectos de la intervención; y en la tercera se estima el modelo completo, que incluye tanto la parte ARIMA como la parte de la función dinámica. Con esto se obtiene un modelo general, construido a partir de los datos observados, que no requiere subdividir en intervalos el periodo de análisis y que no se verá influenciado de manera errónea por la crisis de 2008; por el contrario, permite aislar y medir la magnitud de los efectos de la intervención.

Las secciones 3 y 4 comprenden la realización del estudio, o sea, la descripción de los datos que se utilizaron, la explicación del método que se siguió, paso a paso, y los resultados del mismo. En la Sección 3 se muestra con detalle la construcción de un modelo ARIMA (con intervención) para la serie del diferencial entre la tasa forward y la tasa LIBOR de 3 meses, que aparece en la Figura A, donde sobresalen los movimientos bruscos que se dieron a raíz de la crisis financiera.



Se presenta la transformación que se debió aplicar a la serie para volverla estacionaria tanto en media como en varianza, que resultó ser la toma de una diferencia; se describe asimismo el análisis realizado a la serie pre-intervención, a partir del cual se concluye que ésta sigue un proceso ARIMA(3,1,1) sin el parámetro autorregresivo de segundo orden y, se lleva a cabo el análisis de la intervención (crisis de 2008) que condujo a estimar dos funciones de intervención que se muestran gráficamente en la Figura B, tanto en forma conjunta como separada (intervención I e intervención II).

Figura B



Los efectos de la intervención I capturan lo ocurrido a partir de septiembre de 2007, o sea, la caída registrada por los mercados ese mes debido a los temores de una recesión, causados por las altas cifras de desempleo publicadas en Estados Unidos. Así como la reducción que realizó la FED a la tasa de interés de 75 puntos base -el mayor cambio desde 1994-. El efecto que se observa en abril del 2008 se relaciona con el anuncio que realizó el gobierno de Estados Unidos, de que se volverían a emitir bonos del tesoro (T-Bills) con plazo de un año, para tratar de reducir el déficit fiscal.

Respecto a la intervención II, el primer efecto se observó en septiembre de 2008 y está relacionado con la declaración de bancarrota de parte del banco Lehman Brothers. Se observa también la influencia de la aprobación de la ley para el rescate financiero de las instituciones bancarias, a partir de octubre de 2008. El efecto a partir de marzo de 2009 se asocia con la caída del promedio industrial Dow Jones por debajo de los 7,000 puntos -que no se había registrado desde 1997- y desde abril de 2009 se relaciona con las contracciones económicas sufridas por el alza en la tasa de desempleo en Estados Unidos y el cierre del Banco American Sterling. En junio de 2009 se captura la mejoría económica atribuible al anuncio del departamento del tesoro de Estados Unidos, que informó que 10 de los mayores bancos cumplían con los requerimientos necesarios para devolver los fondos que les habían sido prestados.

Desde luego los modelos fueron sometidos a un proceso de validación empírica, de manera que la Sección 3 también describe el procedimiento seguido para verificar que el modelo estimado sea válido

como representación de los datos observados. Al final de la sección se muestran los pronósticos que surgen del modelo construido, con la finalidad de probar su capacidad predictiva y tener elementos a favor o en contra de la HE. En este caso los elementos resultaron ser en contra de esta teoría, debido a la baja capacidad predictiva mostrada por las tasas forward ajustadas por una prima (en este caso el diferencial).

En la Sección 4, se presenta un análisis similar al exhibido en la sección anterior, pero en este caso la serie en estudio es la tasa LIBOR (Dólar) de 3 meses que se muestra como Figura C donde, igual que en el caso anterior se observan claramente los efectos de la intervención ocurrida. El resultado del análisis muestra que para volver estacionaria a la serie es necesaria la toma de 2 diferencias y una vez realizado el estudio, se concluye que un modelo ARIMA(2,2,7) sin incluir los primeros 6 coeficientes de promedios móviles es adecuado para representar a la serie sin intervención.

Figura C



El análisis de intervención que se realizó fue totalmente similar al del caso previo, de manera que los efectos de la intervención pueden separarse igualmente en dos funciones dinámicas de intervención, como lo muestra la Figura D.

Figura D



Los pronósticos que se obtuvieron con el modelo para la serie, incluyendo los efectos deterministas de intervención, en este caso fueron bastante mejores que los que se obtienen con el modelo para el spread y los de un modelo alternativo utilizado como base de comparación (caminata aleatoria), comúnmente usado en contextos como los del presente estudio. Con ello se concluye que el modelo obtenido directamente para la tasa LIBOR de 3 meses, que incluye explícitamente los efectos de intervención atribuibles a la crisis financiera de 2008, es adecuado para representar a la serie y para obtener pronósticos.

La última sección contiene una interpretación de los resultados obtenidos en la investigación, las deducciones que se obtienen a partir de éstos y las conclusiones finales. Entre lo que se concluye está el no rechazo de la existencia de una prima de liquidez, lo que provee elementos en contra de la HEP. A pesar de que no se rechaza ese supuesto, también se encuentran elementos (en la poca capacidad predictiva de las tasas forward ajustadas por una prima) en contra de la HE.

Respecto a los efectos de la crisis de 2008 sobre las series se encuentra que fueron estadísticamente significativos en ambas series. Tales efectos se reflejaron en el diferencial de manera zigzagueante y provocaron un incremento significativo tanto en su volatilidad como en su nivel. Por el contrario, la tasa LIBOR de 3 meses presentó, desde septiembre de 2008, un decaimiento constante sin aumentar considerablemente su volatilidad.

Además se concluye que el anuncio realizado por el gobierno de Estados Unidos, en el que se informó que se volverían a emitir bonos del tesoro (T-Bills) con plazo de un año, al igual que la aprobación de la ley para el rescate financiero de las instituciones bancarias, correspondientes a abril y octubre de 2008 respectivamente, fueron los eventos que afectaron de manera más significativa a la serie del diferencial. Asimismo la reducción de la tasa de interés 75 puntos base por parte de la FED, en enero de 2008, junto con la aprobación de la ley para el rescate financiero, fueron los eventos que afectaron de manera más notoria a la tasa LIBOR (Dólar) de tres meses.

Respecto a los efectos de largo plazo provocados por la crisis de 2008 sobre las series se deduce que, el nivel de la tasa LIBOR de 3 meses disminuirá, en el largo plazo, un 64% respecto a los niveles observados durante el año anterior al inicio de la crisis. Por el contrario, el nivel del diferencial disminuirá, únicamente en un 18%.

## Mención Especial:

### Modelos fractales y multifractales aplicados a sistemas complejos: Mercados accionarios y de tipo de cambio

Stephanie Rendón de la Torre. Universidad Nacional Autónoma de México

#### OBJETIVO

Mostrar que la aplicación y evaluación de diferentes métodos y técnicas de análisis fractal y multifractal (propias de la econofísica) como lo son el análisis del coeficiente de Hurst mediante R/S y wavelets, el análisis espectral, los exponentes de Hölder y Lyapunov y el modelo estocástico no estacionario de difusión fraccional, en las series de tiempo de mercados accionarios y de tipo de cambio, pueden ayudar a encontrar información empírica para lograr entender mejor las características de los mercados y finalmente que ésta información empírica sea útil en la creación futura de nuevos modelos financieros para administración de riesgos. En este sentido, los objetivos específicos que se desprenden son los de: Evaluar la efectividad, alcance y utilidad de los modelos propuestos como herramientas financieras descriptivas y de gestión de riesgo; evaluar las diferentes aplicaciones que tendrían los resultados obtenidos y proponer las diferentes alternativas de investigación derivadas de este trabajo, con la finalidad de aportar conocimiento al área de la administración de riesgos.

El presente estudio se circunscribe a algunos de los índices accionarios representativos tanto de mercados fuertes como mercados emergentes: Estados Unidos, México, Brasil, China, Japón, Alemania, Reino Unido, Rusia, India, Corea del Sur, Turquía e Indonesia. También se analizan mercados de tipo de cambio (en relación con el dólar americano): peso mexicano, real brasileño, libra esterlina, euro, yen, yuan, dólar canadiense, dólar australiano, franco suizo y rublo ruso.

#### ANTECEDENTES

Los modelos cuantitativos de los mercados financieros empezaron en el año 1900 con la tesis doctoral de Bachelier y sus trabajos posteriores. A partir de los años cincuenta principia la aplicación sistemática de la matemática económica financiera con los trabajos de Markowitz; en 1952 publicó un artículo donde sentaba las bases de la teoría de selección de portafolios mediante un modelo optimizador. Su investigación en general, se centró en determinar qué tipos de activos financieros eran los que se deberían considerar en las carteras y al mismo tiempo determinar qué porcentaje invertir en cada uno de ellos. Luego, en 1958 con el teorema de la separación de Tobin se planteó nuevamente la construcción de portafolios de activos óptimos, pero con un enfoque matemático mejorado.

Sharpe se dio cuenta que el modelo de Markowitz utiliza demasiados parámetros y que resulta muy complejo a medida que se incrementa el número de activos en la cartera y publicó su modelo de mercado. Sharpe encontró una relación de sensibilidad entre los datos macroeconómicos y algunos activos, simplificando así el modelo de Markowitz. La diferencia fundamental entre el enfoque de Sharpe y el de Markowitz, es que Markowitz se centró en estudiar la relación entre la rentabilidad y la volatilidad, y Sharpe entre la rentabilidad y la beta (Brun, Moreno 2008). Tanto Sharpe, como Lintner y Treynor, por separado lograron desarrollar el modelo del CAPM: Capital Asset Price Management. El modelo CAPM hace grandes aportaciones a la teoría de valuación de activos porque establece una relación lineal entre el riesgo de un activo y su rendimiento; también demuestra que la varianza en sí misma no es relevante para encontrar el retorno esperado de un activo y que la importancia radica en el grado de covarianza que tiene un activo respecto de una medida o un índice estándar de riesgo (la beta).

Para 1970, Paul Samuelson propagó la idea del movimiento browniano geométrico para modelar precios sujetos a la incertidumbre. Merton y Scholes complementaron el marco conceptual que permitiría analizar los mercados financieros. Ellos plantearon el principio de equilibrio conocido como la hipótesis de ausencia de oportunidades de arbitraje. Durante finales de los años setenta Stephen Ross

estableció el concepto de arbitraje con su teoría APT, o Arbitrage Price Theory. Según Ross, existen diferentes carteras para cada participante del mercado real y dichas carteras tienen diferentes fuentes de riesgo. En este sentido, su teoría propone que los precios de los activos sufren ajustes, en tanto los inversionistas o participantes reestructuran sus portafolios al buscar oportunidades de arbitraje y van agotando las posibilidades de obtener utilidades del arbitraje hasta llegar a un punto de equilibrio (Chen, Roll y Ross, 1986).

El sistema financiero global ha atravesado numerosas crisis a partir de los años noventa: México en 1995, Asia (Tailandia, Corea e Indonesia) en 1997-1998, Rusia y Brasil en 1998, Estados Unidos y el mundo en 2008, entre otras crisis. Las reglas de Basilea III aún establecen que los métodos de valuación y de gestión de riesgos habituales se basen en linealidad y movimiento browniano: el VaR. Existe un problema serio de que la distribución normal lleve a subestimar la volatilidad y en caso de que el mercado pierda exageradamente su valor, y como en muchos casos, los cambios en los precios de los activos son escalantes (presentan leyes de potencia), entonces las pérdidas podrían ser subestimadas y por lo tanto resultarían catastróficas. Las catástrofes financieras del pasado han mostrado que las pérdidas de una institución financiera se propagan como un virus a las demás. Posiblemente aún estemos lejos de poder predecir una baja o una alza en los mercados en una fecha específica basados en datos históricos, pero el análisis financiero basado en la econofísica, bien podría aportar un nuevo panorama más acertado en el pronóstico de la probabilidad de los movimientos de los mercados y podría servir para preparar y avisar sobre los cambios futuros, previniendo así a los participantes del sistema financiero en momentos de alerta; y esto, no es otra cosa que coadyuvar a la construcción de un mercado financiero global mejor.

La estructura capitular es la siguiente: El primer capítulo incluye una introducción, justificación, planteamiento del problema y presenta la metodología a seguir, la cual describe a grandes rasgos el enfoque metodológico empleado. En el segundo capítulo se establece el marco teórico de esta investigación; primero se explica la Hipótesis del Mercado Eficiente y luego la Hipótesis del Mercado Fractal, así como la base teórica en la que descansa cada una de ellas. El tercer capítulo comprende la explicación fundamentada de los modelos fractales y multifractales propuestos, junto con la revisión de la literatura correspondiente. A continuación, el cuarto y quinto capítulos muestran los análisis obtenidos de todos los modelos propuestos sobre los datos de estudio. El cuarto capítulo muestra los resultados del coeficiente de Hurst, del análisis espectral y del modelo estocástico no estacionario de difusión fraccional. El quinto capítulo muestra los resultados de los análisis de los exponentes de Hölder y Lyapunov. Estos dos últimos capítulos mencionados, se dividieron de esta manera para que existiera un balance con respecto a la longitud de los capítulos anteriores. Finalmente, se presentan las conclusiones.

## PLANTEAMIENTO

En cuanto al planteamiento de la problemática, durante los últimos 50 años la perspectiva de las finanzas ha sido dominada por un paradigma lineal que descansa sobre la Hipótesis de los Mercados Eficientes. Mandelbrot (1963) propuso un modelo fractal para describir una cierta clase de objetos que exhiben un comportamiento complejo. Como principio básico, este autor propuso analizar un objeto en diferentes escalas y diferentes resoluciones, por ejemplo: medir horas, minutos, años y segundos dentro del mismo estudio, lo cual no era convencional en los estudios de series de tiempo comunes y corrientes. De esta forma encontró que los resultados eran comparables e interrelacionados y también encontró que el tamaño de la media de los valores absolutos de los cambios en los precios seguían una ley de potencia fractal (Müller, Dacorogna, Olsen, Pictet, Schwarz, Morgenne, 1995); también encontró propiedades fractales en distintas series de tiempo financieras. El éxito del modelo fractal dio a luz la hipótesis de que el mercado tiene una estructura «fractal» y esto significa, entre otras cosas, que los diferentes participantes del mercado tienen diferentes horizontes, y no uno sólo como plantea la Hipótesis del Mercado Eficiente. La investigación en los últimos treinta años ha dado diversos avances en cuanto a técnicas no lineales con aplicación en análisis de mercados. En 1997 y en 2000 Mantegna y Stanley encontraron que las distribuciones financieras se asemejan con las distribuciones estables de Lévy (Mantegna y Stanley 1997, 2000) y que las colas de las distribuciones de los precios de las acciones en general describen un comportamiento que incluye leyes de potencia, es decir, encontraron evidencia de conducta de escalamiento en sus investigaciones. Adicionalmente, otros autores han logrado desarrollar modelos multifractales para describir y pronosticar tendencias y características de los mercados: Mandelbrot, Fisher y Calvet (1997); Peters (1991) y Hilborn (1994). En las últimas

décadas, las teorías del caos han tenido un dramático impacto en el modelaje y el entendimiento de muchas disciplinas. La volatilidad de los mercados financieros muchas veces no se ajusta a la teoría de los mercados eficientes. La volatilidad dista mucho de ser constante y evidencia una alta inestabilidad en el tiempo, por lo que la regla de la raíz cuadrada del tiempo para escalar las volatilidades a distintos horizontes temporales ya no sería válida debido a que los retornos de los activos no se distribuyen normalmente.

En lo que respecta a los inversionistas racionales, y más allá de todas las críticas a la racionalidad de los mismos, podría ser que no en todos los casos se verifique la relación riesgo-rendimiento enunciada por la teoría actual que debería conducir al equilibrio del mercado.

Un camino alternativo que representa una posibilidad al hacer frente a las problemáticas comentadas líneas arriba, es el de utilizar las herramientas alternativas sugeridas por la econofísica y su campo de investigación, los cuales permiten trabajar en el marco de un modelo más general del cual la Hipótesis de los Mercados Eficientes es un caso específico. Mediante el uso de modelos fractales y otras herramientas de la econofísica se pueden describir formas y procesos de alta complejidad por medio de simples reglas. La interacción dinámica del sistema dominado por reglas simples dará origen a su complejidad, y en esa complejidad las partes guardarán una relación con el todo.

De acuerdo con el punto de vista académico de que los mercados son eficientes, sólo la información negativa relevante podría causar una crisis financiera (Samuelson 1964 y Fama 1970, 1991); sin embargo, hasta ahora el paradigma lineal de la estructura de los mercados podría no explicar con exactitud muchas de las caídas frecuentes en los mercados financieros, y precisamente esta es una discusión académica muy interesante. Los mercados han mostrado ser similares a los sistemas dinámicos complejos, así la idea de investigar y analizar a los mercados durante las épocas de crisis financieras está basada en la evidencia científica en física existente de que ciertos sistemas dinámicos complejos revelan sus propiedades mejor bajo condiciones de estrés que en circunstancias normales (Johansen, Sornette y Ledoit, 2000). Es por esto que se necesita investigar y probar nuevos modelos que puedan describir mejor el comportamiento dinámico de los mercados financieros, y la presente investigación se centra en la evaluación de dichos nuevos modelos aplicados en índices accionarios y tipos de cambio de diferentes mercados financieros importantes del mundo.

## HIPÓTESIS

Los métodos y técnicas fractales y multifractales planteados en este trabajo pueden ayudar a lograr un mayor y mejor entendimiento de los mercados porque pueden ser de utilidad como herramientas adicionales en la gestión de riesgos.

## METODOLOGÍA

Existen recientes líneas de investigación que abordan la econofísica para explicar el comportamiento de los fenómenos financieros, tales como las que utilizan metodología fractal y multifractal. En este trabajo se utilizan diversas técnicas fractales y multifractales con aplicaciones en finanzas bursátiles y administración de riesgos pero que incluso podrían resultar útiles en pronósticos y diseño de portafolios.

Consciente de la importancia que reviste hoy el tema del análisis de los mercados financieros, de cómo pronosticarlos, evaluarlos, medir sus riesgos y entender su comportamiento volátil, el presente estudio tiene repercusión práctica en el sentido de que aportará información valiosa que servirá de material para evaluar diferentes y nuevas metodologías no lineales aplicables a sistemas complejos (como lo son las series de tiempo financieras), para promover la generación de ideas y desarrollo de nuevas técnicas tendientes a describir las características de los mercados financieros, y a desarrollar herramientas nuevas que coadyuven en la gestión de riesgos.

## CONCLUSIONES

Durante este trabajo se estudiaron métodos y modelos que no son populares actualmente entre los analistas de mercados. Las matemáticas y la econofísica han avanzado mucho en la investigación de teoría caótica y análisis multifractal en muchos campos, incluyendo las finanzas, sin embargo, la investigación empírica en dinámicas no lineales de sistemas complejos (como las series de tiempo financieras) se está rezagando por falta de vínculos entre la teoría y la aplicación financiera real. De esta

<sup>1</sup> La regla de la raíz cuadrada del tiempo consiste en multiplicar la desviación estándar de una serie de tiempo con periodicidad  $d$  por la raíz cuadrada de  $n$ . Donde  $n$  = número de periodos originales al cual se quiere escalar. Ejemplo, si  $\sigma_d$  es la desviación estándar calculada en base a una serie de tiempo con periodicidad  $d$ ; entonces escalar la volatilidad a un periodo  $dn$  resulta de multiplicar  $\sigma_d$  por la raíz cuadrada de  $n$ .

manera el presente trabajo ha presentado un mejor entendimiento y un vínculo real entre las dinámicas de los sistemas complejos y sus aplicaciones tangibles en la administración de riesgos. Se puede decir, por los resultados obtenidos en esta investigación que:

- 1) Las series de tiempo analizadas no son bien representadas por una distribución normal
- 3) Exhiben dependencias de largo plazo
- 4) Presentan comportamiento caótico determinista
- 5) Presentan conductas escalantes (leyes de potencia)
- 6) Se identificaron patrones de crisis
- 8) Se encontró que los mercados pueden clasificarse por su nivel de madurez de acuerdo a la evolución de sus coeficientes de Hurst.

La implicación teórica de estos hallazgos radica en el hecho de que el desafío ya no consiste en dar una explicación estadística o de otro tipo a variables estocásticas que ayuden a mejorar el pronóstico de la evolución futura de dichas series, sino que radica en descubrir la dinámica intrínseca de cada uno de estos mercados. Desde el punto de vista práctico, justifica la búsqueda de técnicas de pronóstico que incluyan nuevos descubrimientos deductivos al identificar y gestionar riesgos.

En este punto, no se puede concluir si se pueden o no pronosticar 100% las crisis en los mercados, pero al identificar los puntos críticos originados durante las crisis y estudiar la dinámica de los sistemas antes, durante y después de esas crisis, se recaba información empírica que conduce a poder diseñar patrones de crisis e identificar ciertas características reales de los mercados para así lograr un mejor entendimiento de la dinámica compleja de los cracks financieros y facilitar así la creación de nuevos modelos que sí puedan pronosticar, sin embargo, el primer paso lógico es recabar dicha información empírica.

Las implicaciones de este trabajo para los inversionistas, específicamente en materia de riesgos, consisten en las aplicaciones reales sobre la información financiera que pueden hacerse al seguir las metodologías explicadas en los capítulos y las formas en las que los modelos fractales y multifractales pueden ayudar en la estimación y prevención de riesgos. Para los investigadores y académicos, el presente trabajo aporta información empírica de las características de los mercados a la luz de modelos no convencionales propios de la econofísica, contribuyendo así al conocimiento. Para el lector común y el alumno, este texto puede introducirlo a conocer técnicas alternativas de administración de riesgos y a conocer enfoques diferentes a los estándares sobre los comportamientos de los mercados financieros.

A lo largo de los capítulos expuestos, se han analizado y aplicado diferentes modelos y métodos fractales y multifractales que sirven como herramientas de análisis financiero, valuación y riesgos, a 13 índices accionarios y 10 tipos de cambio relevantes de todo el mundo. Cabe destacar que la aplicación de estas técnicas no se debe limitar únicamente a estos mercados, sino que se propone extender las herramientas de análisis a otros instrumentos y mercados, tales como opciones y otros instrumentos derivados, tasas, bonos, commodities, etcétera.

Inicialmente, se analizaron los coeficientes de Hurst utilizando el método del Rango Escalado y después con funciones wavelets y se compararon los resultados de utilizar ambos métodos. En cuanto al análisis R/S, no se encontró comportamiento aleatorio puro en ninguna de las series de tiempo; se encontró comportamiento persistente y anti persistente. Luego se realizó el análisis espectral para identificar escalamiento.

De acuerdo a los resultados, se debe tomar en cuenta el efecto de memoria en los procesos de valuación de instrumentos financieros ya que al confirmarse movimiento browniano fraccionario, el precio podría no ajustarse correctamente al nivel del riesgo. A partir de estos resultados, se propone experimentar con el coeficiente de H como una medida alternativa de riesgo. Precisamente una aplicación derivada de la determinación de los coeficientes de Hurst es la de analizar riesgos dentro de portafolios de inversión. Por ejemplo, al analizar los retornos de un portafolio que consista en índices o acciones que comparten un determinado valor de H; si se encuentra que un índice accionario en particular mostrara que su coeficiente de H disminuye frente a un determinado valor, entonces debería evaluarse la posibilidad de cerrar o disminuir la posición que se tenga de ese índice o acción en ese momento. Lo anterior se explica por la dependencia de los datos a un determinado plazo y esto crea una tendencia, no hacia un nivel determinado, sino hacia una magnitud en particular.

Derivado del análisis de los valores de H por medio de wavelets, se puede concluir que es un camino mucho más pulido y más acertado que R/S. Al comparar ambas técnicas y sus resultados respectivos, se obtuvieron valores más altos de H en todos los casos mediante wavelets.

Al realizar los cálculos para encontrar el coeficiente de H por diferentes periodos de tiempo con los métodos (R/S y wavelets) se confirmaron las conductas empíricas de escalamiento en los mercados cambiarios y de tipo de cambio. Los aumentos o disminuciones de los valores también están sujetos a las condiciones de los mercados (por ejemplo: crisis), de esta manera y de forma simple y empírica se puede caracterizar el nivel de desarrollo de los mercados financieros a través de la evolución del coeficiente de H. De aquí se desprende la propuesta de utilizar la conducta de escalamiento como una herramienta para identificar o medir el nivel de estabilidad de un mercado (de menos maduro o emergente a maduro o desarrollado).

Se pueden segregar dos grupos por grado de desarrollo en los índices accionarios analizados, los que muestran valores más cercanos a 1 en su coeficiente de H y los que muestran valores más cercanos a 0.50. Los índices pertenecientes a mercados más maduros: CAC, NIKKEI, FTSE, INDU, DAX y SPX. Los índices pertenecientes a mercados emergentes y menos desarrollados: HSCEI, TA25, KOSPI, IPC, XU100 y JCI. En cuanto a los mercados cambiarios analizados, se observan valores de H más altos que en los índices (sistemáticamente) y se podrían separar de la siguiente manera: mercados cambiarios más maduros de acuerdo a su valores de H son: CAD/USD, EUR/USD, YEN/USD (el caso de China es especial porque la moneda es seguidora del valor del dólar), GBP/USD, AUD/USD. Mercados menos desarrollados que tienden a ser emergentes: CHF/USD, MXN/USD, BRL/USD, RUB/USD, CNY/USD.

Otra conclusión observable después de analizar valores de H por distintos periodos de tiempo y por dos metodologías distintas, es que la persistencia y la memoria en los procesos no son constantes, son variables y esto tendría que ver con periodos y ciclos dentro de las series de tiempo. La detección de esos ciclos, es decir, saber cuándo termina uno y empieza otro, es otra pregunta de investigación que se abre a partir del presente trabajo, esto da una pauta de que además de existir una naturaleza fractal existe una naturaleza multifractal en los mercados.

Algunos valores de H de los tipos de cambio y de los índices accionarios analizados son muy cercanos a 0.5; estos resultados podrían no ser muy concluyentes en cuanto a formar evidencia de memoria de largo plazo. Una explicación acertada para esta variedad de resultados contradictorios puede ser formulada a la luz de que: la dependencia y la independencia, ambas por igual, pueden estar presentes en las series de tiempo financieras, dependiendo de la conducta local de  $H(t)$  en el intervalo de tiempo que se estudie. Así, resulta imposible la estimación de un índice H constante, porque significaría que los inversionistas siempre miran hacia la misma ventana de tiempo pasado para tomar decisiones de inversión a través del tiempo. Lo anterior sugiere que a partir de estos resultados se debe analizar la conducta de la función  $H(t)$ , tomando en cuenta la característica de la multifractalidad.

Así, la interpretación de los coeficientes de H de estos resultados implica un movimiento browniano fraccionario o una distribución estable Pareto-Levy. En este sentido, H es un indicador de la confianza de que los mercados se nutren de la información pasada (es por esto que no tiene sentido entender H como un valor rígido y constante). Como el valor de H está influenciado por la nueva información, al existir incertidumbre en los mercados, la confianza en el pasado desaparece y H disminuye a 0.50 e incluso por debajo de este nivel. En estos casos, el efecto de reversión de la media puede ser explicado por las ventas cortas que son típicas en periodos donde predomina la incertidumbre. Entre más agresiva sea la información nueva, más rápidos y más prolongados serán los movimientos de los mercados.

En cuanto al análisis espectral a las series de tiempo estudiadas, se encontró que el espectro muestra leyes de potencia. Este análisis confirmó la conducta escalante en todos los datos estudiados. Al analizar las propiedades escalantes de los momentos de q-orden, se muestra que los exponentes de Hurst son una herramienta para diferenciar la estructura de esas propiedades escalantes. También se confirma que  $qH(q)$  muestra una dependencia no lineal en q lo que a su vez confirma que no se trata de movimiento browniano puro.

En cuanto al análisis de exponentes locales y puntuales de Hölder, se mostró la existencia de patrones que dan una alerta de crisis (en algunos casos antes que ocurran y en otros simplemente modelan correctamente el comportamiento durante un periodo de crisis). Dichos patrones han mostrado

funcionar bien en los datos analizados ya que en muchos casos coinciden con momentos históricos de crisis, gracias a lo anterior se encontró que los exponentes locales y puntuales de Hölder pueden ser una herramienta útil para la detección de los patrones de caídas.

Los análisis realizados revelaron que la variación temporal de los exponentes puntuales y locales de Hölder refleja la evolución de las crisis y caídas fuertes de los mercados. Los exponentes detectaron los eventos históricos que se desarrollaron durante los fenómenos de crisis detectados. Los exponentes de Hölder pueden aplicarse a diferentes mercados con distintas dinámicas como los mercados cambiarios, los accionarios y muy posiblemente serían útiles en otros mercados como los de deuda, petróleo, tasas y opciones, sin embargo el análisis de los últimos ya supera los alcances de esta investigación.

Se propuso el estudio de la dinámica de los mercados financieros a partir de la evolución de los exponentes locales y puntuales de Hölder. Más allá de identificar con éxito las caídas a posteriori, se propuso el uso de los exponentes de Hölder para identificar patrones que puedan prevenir caídas en los mercados financieros. Se planteó un ejemplo real de cómo se pudo detectar una pérdida considerable de valor del RUB/USD a priori utilizando los exponentes locales como herramienta de administración de riesgos.

También se observó que hay una correspondencia entre los patrones de crisis detectados por los exponentes locales y puntuales de Hölder y los periodos en los que se observaron valores altos en los coeficientes de Hurst; de esta forma se muestra cómo es posible utilizar ambas metodologías para modelar comportamientos de eventos críticos en los mercados.

Con respecto al modelo estocástico no estacionario de difusión fraccional, propuesto por Blackledge (2008, 2010) en el que una serie de tiempo financiera se considera como una solución a la ecuación de difusión fraccional, se obtuvo que hay una relación cualitativa entre los patrones de la información financiera y  $q(t)$ , esto se apreció sobre periodos de tiempo en los que  $q$  aumenta de valor, y la amplitud de la señal financiera  $u(t)$  disminuye.

Lo más interesante es que cuando se presentaba una subida en  $q$  esto representó un precursor para una caída en  $u(t)$ , una correlación que es compatible con la idea que existe de que un incremento en el valor de  $q$  se relaciona con que el sistema se vuelva cada vez más propagativo, lo anterior en términos de mercados significaría la tendencia de los mercados de volverse bajistas o bearish en un tiempo futuro, o viceversa. Estos resultados se pueden interpretar en términos de persistencia o anti persistencia y en términos de la existencia o ausencia de efectos de memoria. Para los periodos de tiempo en los que  $q(t)$  es constante, las tendencias existentes del mercado perduran. Los cambios en los patrones actuales tienden a ocurrir justo después de ver cambios agudos en  $q(t)$ . Esto puede tener utilidad al utilizarlo como un indicador que ayuda a pronosticar la volatilidad de un sistema, es decir, que podría utilizarse por analistas o por operadores que observan los movimientos de los mercados día a día. En un sentido meramente estadístico es una herramienta adicional y útil.

Derivado de la interpretación física asociada con la ecuación de difusión fraccionaria  $q(t)$  significa que entre más aumente  $q(t)$ , hay mayor probabilidad de encontrar comportamiento volátil en los mercados, es decir, se puede utilizar como una medida de pronóstico.

Finalmente, se determinaron los exponentes de Lyapunov de todas las series de tiempo utilizando diferentes parámetros (dimensión, valor de  $n$  y valor de  $A$ ). Todos los exponentes encontrados indican que  $\lambda > 0$ , lo que en teoría representa un indicio fuerte de la existencia de un comportamiento caótico determinista, sin embargo, se obtuvieron diferentes exponentes al modificar los parámetros de dimensiones de inmersión.

Por otra parte, se observa que los periodos de iteraciones (a cualquier escala) son más largos en los índices accionarios que en los mercados cambiarios, en general, se puede concluir, de los resultados aquí expuestos que los ciclos en los mercados accionarios son más largos que en los mercados cambiarios.

Los exponentes de Lyapunov caracterizan el horizonte de pronóstico del sistema subyacente, esto es, que los pronósticos basados en periodos más largos que el orden del inverso del exponente dominante de Lyapunov, ya no son confiables. Por ejemplo, el promedio de los exponentes obtenidos del IPC es 0.0467, en general esto significa que el pronóstico bajo este modelo específico es de 23 días. Los

resultados obtenidos en las iteraciones, son únicamente para dar una idea del tamaño de las iteraciones en cada caso. No fue objeto de esta sección encontrar los ciclos de tiempo con los exponentes de Lyapunov para cada serie de tiempo analizada, sin embargo, ese sería el siguiente paso para ampliar la utilidad de  $\lambda_i$  y se deja como propuesta futura de investigación para el lector interesado.

Cabe destacar que la longitud de los “ciclos de iteraciones” obtenidos no fue ni podría ser periódica. Esta longitud es más bien un promedio de la duración de los ciclos que no es visible al análisis estándar, como por ejemplo, el análisis espectral, ya que no presenta una escala característica. Tampoco es un ciclo lineal que se pueda usar directamente para pronosticar precios, sino que es un ciclo estadístico que mide cómo la información impacta el mercado y cómo la memoria de esos eventos impactantes afecta el comportamiento futuro del mercado. Las interpretaciones de los exponentes de Lyapunov deben hacerse con cuidado ya que los resultados varían al modificar los parámetros, por ejemplo: al aumentar la dimensión, el exponente disminuye y esto aumenta el horizonte de pronóstico.

Aunque los exponentes de Lyapunov dan una buena pauta sobre el caos determinista en series de tiempo, los resultados podrían no ser determinantes. Existen otras herramientas que deberían ser usadas a la par para confirmar la existencia de caos en series de tiempo, por ejemplo: la dimensión de correlación, el exponente de Hurst, el análisis espectral y el análisis de cuantificación de recurrencia, ya que existen diversos tipos de caos.

La propuesta de investigación futura sería, continuar con la investigación de modelos propios de la econofísica y de las matemáticas, continuar en la búsqueda de recopilar información empírica, desarrollar modelos nuevos, distintos, y contribuir de esta forma al conocimiento en el campo de las finanzas y de la administración de riesgos y continuar contribuyendo para construir un puente más sólido entre la teoría y la aplicación.

La experiencia nos enseña cómo minimizar riesgos de mercado y manejar portafolios eficientemente en un entorno financiero complejo. Una decisión de inversión estratégica no debería estar basada únicamente en la mejor información disponible, sino también en las posibilidades del error en los sistemas (modelos empleados) y el desarrollo de estrategias administrativas. Todo manejo de inversiones está sujeto a riesgos y errores de evaluación, ya sea en la identificación de ciertos aspectos del ciclo económico o financiero en cuestión, el cálculo del valor de un activo, o el grado de sensibilidad de los factores de riesgo considerados en un portafolio. Una vez que todas estas medidas han sido tomadas en cuenta, se necesitan adoptar estrategias de ofensiva que incluyan el riesgo macro de las colas (el llamado fat tail risk) en las estrategias para encarar movimientos inesperados que pudieran ocurrir. Para poder alcanzar y proteger el “alfa deseada en un mercado, es necesario tomar riesgos que puedan costearse y tomar en cuenta la verdadera magnitud de los riesgos. No todas las estrategias pueden ser cubiertas y realmente nunca se puede implementar un hedge perfecto. Creo que la sobrevivencia en los mercados descansa en el manejo de riesgos. Es importante pensar en términos de riesgos costeables antes de pensar en ganancias potenciales, además del hecho de que en el largo plazo todos estaremos muertos, hay otra cosa de la que podemos estar seguros y esa es que: la capacidad de rebasar los retornos del mercado (outperformance) eventualmente desaparecerá debido a los movimientos bruscos e inesperados. Bajo esta línea de pensamiento, los modelos de riesgo deberían incluir todas las variaciones posibles (probables y extremas) así como el miedo, la avaricia y demás sentimientos racionales e irracionales de los inversionistas que pudieran causar algún movimiento, así el modelar se vuelve más un arte que una ciencia.

# Categoría: Investigación Macrofinanciera, Sector Gobierno y Mercado de Valores

## Primer Lugar:

### Beneficios de inversiones en materias primas: un análisis empírico para portafolios latinoamericanos

Carlos Medina Loera. University of Warwick

Este trabajo estudia los beneficios de diversificación por invertir en los mercados de materias primas o “commodities” en portafolios formados con instrumentos tradicionales de inversión latinoamericanos como lo son las acciones o los bonos. Este estudio se divide principalmente en dos partes: la primera es una estimación de fronteras eficientes y portafolios óptimos dentro de un contexto de media y varianza alineado a la teoría de portafolio de Markowitz. En la segunda parte se desarrollan pruebas estadísticas de la frontera eficiente en un contexto media y varianza y se mide si el cambio en la frontera eficiente a partir de la inclusión de un nuevo activo es estadísticamente significativo. Estas pruebas estadísticas se les conocen como “spanning tests” y en este trabajo se usará la metodología propuesta por Kan y Zhou (2008) basada en contenido de alta información, misma que también es usada en Belousova y Dorfleitner (2012). Las pruebas de cambio en la frontera eficiente son estimadas con índices de commodities más populares que replican canastas diversificada de inversiones en futuros de materias primas y también se realizan pruebas de la frontera eficiente con los futuros de materias primas más líquidos en los mercados internacionales. Este trabajo encuentra evidencia de la existencia de beneficios por invertir en futuros de materias primas en portafolios compuestos tanto por instrumentos financieros en Estados Unidos como por instrumentos Latinoamericanos y una combinación de ambos. Estos beneficios se deben principalmente a un mejor portafolio de mínima varianza (en términos de riesgo y rendimiento). Este trabajo también encuentra evidencia que el Portafolio Óptimo en un contexto de retorno esperado y volatilidad, puede ser mejorado si se invierte solo en ciertos commodities tales como el petróleo crudo, gasoil, cobre y oro.

#### MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

En la literatura existe un acuerdo general acerca de los beneficios que puede traer a un portafolio de inversión formado por bonos y acciones al invertir en materias primas o commodities. Sin embargo, la gran mayoría de la literatura se enfoca únicamente en aquellos beneficios que se pueden obtener cuando se invierte con portafolios formados con instrumentos de economías desarrolladas como acciones o bonos emitidos en Estados Unidos de América, Europa o Canadá. La literatura no considera el beneficio potencial de añadir commodities a un portafolio formado por instrumentos de mercados emergentes.

Debido a que los mercados de Latinoamérica en años recientes han mostrado retornos esperados iguales o incluso mayores que el del mercado de Estados Unidos aunque con mayor volatilidad la evidencia mostrada en este trabajo es de relevancia para inversionistas que buscan diversificar sus portafolios en Latinoamérica. Los inversionistas institucionales típicamente son bancos con presencia internacional, compañías de seguro y compañías de administración de fondos para el retiro que operan en Estados Unidos de América y poseen una fuerte presencia en operaciones de mercados latinoamericanos. Este tipo de inversionistas típicamente pueden administrar sus posiciones a través de contratos futuros en una bolsa de commodities y pueden cubrir sus riesgos cambiarios con un costo relativamente bajo.

#### METODOLOGÍA USADA

Para poder comparar los beneficios de diversificación de los commodities en portafolios formados por instrumentos financieros de Latinoamérica con aquellos portafolios formados con instrumentos financieros de economías desarrolladas, se construyen tres diferentes portafolios. El primer portafolio incluirá activos de Estados Unidos únicamente, el segundo portafolio incluirá bonos y capitales de

Estados Unidos y de Latinoamérica, y el tercer portafolio se formará por activos financieros tradicionales de Latinoamérica únicamente.

Con los tres portafolios se grafican fronteras eficientes de bonos y acciones y se muestra gráficamente la inclusión de inversión en una canasta de commodities. Asimismo, se calculan los Portafolios Óptimos y se calculan sus rendimientos esperados, volatilidades y razones de Sharpe con commodities y sin commodities para observar los beneficios de las inversiones en commodities.

Finalmente se realizan pruebas de spanning test para medir la significancia estadística del movimiento en estas fronteras eficientes y se extiende el análisis por materia prima para conocer qué tipo de commodity genera más beneficio al portafolio.

La idea de medición de significancia estadística en la frontera eficiente al incluir un activo adicional al portafolio se le conoce en la literatura como spanning test. Esta idea en un contexto de media-varianza de los rendimientos de los activos financieros fue propuesta por Huberman y Kandel (1987) quienes muestran una prueba estadística para evaluar si la frontera eficiente de K activos coincide con la frontera eficiente de K+N activos.

La lógica detrás de una prueba estadística de frontera eficiente o spanning test de media-varianza es bien explicada por Scherer y He (2008) con la siguiente ecuación:

$$(R_i - c) = \alpha + \sum_{j=1}^J \beta_j (R_j - c) + \varepsilon \quad (1)$$

La ecuación (1) replica el retorno de un potencial nuevo activo con un retorno  $R_i$  que gana un premio sobre el efectivo  $c$  con un término de error  $\varepsilon$ . Bajo esta lógica el coeficiente  $\beta_j$  puede ser interpretado como la proporción de activos existentes en el portafolio que deben ser usados para replicar el retorno del potencial activo. De acuerdo con Scherer y He (2008) si el coeficiente  $\alpha$  es estadísticamente significativo distinto de cero, entonces el potencial activo puede considerarse como un nuevo tipo de activo que le añade valor al portafolio.

Kan y Zhou (2008) basan su argumento en Huberman y Kandel (1987), y explican que el spanning test se resume en probar la siguiente hipótesis nula:

$$H_0: \alpha = 0 \text{ y } \delta = 1 - \beta_1 = 0$$

Para realizar estas pruebas de hipótesis, este trabajo realiza la prueba de hipótesis anterior con pruebas estadísticas basadas en razón de verosimilitud (Likelihood Ratio), el estadístico Wald y el Multiplicador Lagrangeano (LagrangeMultiplier). Para considerar el caso de heterocedasticidad en los errores, este trabajo calcula los estimadores de acuerdo al Método de Generación de Momentos (Generalized Method of Momentsó GMM) el cual es propuesto por Hansen (1982). En particular, se calcula el estadístico de Wald GMM bajo la metodología GMM descrita por Kan y Zhou (2008).

Para concluir con las pruebas de hipótesis, este trabajo también considera la metodología de Belousova y Dorfleitner (2012) al implementar un método de dimisión o step-down. Este trabajo incluye dos pruebas F: la primera para probar  $\alpha = 0$  con un estadístico nombrado  $F_1$  y la segunda para probar  $\delta = 0$  con un estadístico nombrado  $F_2$ . De esta manera, el rechazo de la prueba con  $F_1$  sugeriría que la significancia estadística de la mejora en la frontera eficiente con commodities se debe a la mejora en el Portafolio Óptimo, mientras que el rechazo de la prueba con el estadístico  $F_2$  sugeriría un mejoramiento del Portafolio de Mínima Varianza Global.

## RESULTADOS

Al observar los cambios en las fronteras eficientes de manera gráfica, y como es de esperarse en un contexto de media varianza, cuando un inversionista tiene un portafolio de acciones y bonos del mercado de Estados Unidos, existen beneficios evidentes de invertir en commodities. En el caso de un portafolio de bonos y acciones tanto de Estados Unidos como de Latinoamérica, y en el mismo sentido que en el portafolio anterior, el inversionista es beneficiado cuando incluye posiciones de inversión en una canasta diversificada de commodities. Cuando los inversionistas únicamente cuentan con inversiones en bonos y acciones Latinoamericanos, se puede observar que el Portafolio de Mínima Varianza Global se modifica reduciendo la volatilidad a la cual este portafolio está expuesto.

Asimismo, para un portafolio que se compone únicamente de acciones y bonos de Estados Unidos, al incluir inversiones en una canasta de commodities el Portafolio Óptimo no incrementa su retorno esperado pero sí reduce su volatilidad considerablemente de 4.45% a 2.20%, y mejora su razón de Sharpe de 8.39% a 8.94%. En el caso del Portafolio Óptimo que incluye acciones y bonos tanto de Estados Unidos como de Latinoamérica y una tasa libre de riesgo expresada en dólares, éste no solo tiene una menor volatilidad sino que también tiene un retorno esperado mayor. Esto ocasiona que la razón de Sharpe con commodities pase de 14.11% a 14.20%. Respecto del Portafolio Óptimo que se obtiene con bonos y acciones Latinoamericanos y una tasa libre de riesgo se puede ver que el retorno esperado y la volatilidad del Portafolio Óptimo se incrementan cuando los inversionistas incluyen commodities, y la razón de Sharpe del Portafolio Óptimo se incrementa de 13.97% a 14.10% con commodities.

Por otro lado, los resultados de los spanning tests sugieren que la inclusión de inversión en commodities en los tres portafolios mejora significativamente la frontera eficiente. Realizando las pruebas step-down del spanning test, calculando estadísticos F1 y F2, se puede concluir que la incorporación de un índice de commodities en los tres portafolios no mejora el Portafolio Óptimo de una manera estadísticamente significativa, pero sí mejora significativamente el Portafolio de Mínima Varianza Global.

Cuando se analizan los beneficios de invertir en commodities en particular, en el portafolio formado por acciones y bonos de Estados Unidos únicamente, se puede observar que la mayoría de los commodities tienen p-values significativos, pero estos resultados varían dependiendo de cada materia prima. En general, los commodities tienen un mejor desempeño al mejorar el Portafolio de Mínima Varianza Global que se encuentra analizado por la prueba F2, pero no logran mejorar de manera significativa el Portafolio Óptimo probado por F1. La hipótesis nula de los spanning tests del commodities de energía y del algodón no puede ser rechazada al 5% nivel de confianza con el estadístico de Wald que considera heterocedasticidad, pero sí pueden rechazados al 10%. Al mismo tiempo, otros commodities como el gas natural o el trigo, no pueden ser rechazados conforme a la hipótesis nula del spanning test, lo que sugiere que estos commodities en particular no traen ningún beneficio de inversión en los portafolios de acciones y bonos norteamericanos. Los commodities que sí mejoran tanto el Portafolio Óptimo como el Portafolio de Mínima Varianza Global son el petróleo crudo, gasoil y el oro.

En el portafolio formado por acciones y bonos de Estados Unidos y de Latinoamérica los resultados son muy similares a aquéllos descritos en el portafolio anterior. El índice de commodities de energía, gas natural, trigo y algodón no aportan ningún beneficio de inversión al portafolio. De la misma manera, el petróleo crudo, gasoil y oro que mejoran el Portafolio Óptimo y el Portafolio de Mínima Varianza Global en el portafolio de acciones y bonos de Estados Unidos, también lo hacen para este portafolio formado por acciones y bonos de Estados Unidos y de Latinoamérica. Esta evidencia sugiere que los beneficios de invertir en commodities son los mismos para inversionistas participantes del mercado Estadounidense y aquéllos que amplían sus horizontes de inversión a Latinoamérica.

Finalmente, los resultados de los spanning tests de cada commodity en el portafolio de acciones y bonos de Latinoamérica sugieren que los beneficios de invertir en commodities están presentes en todos los commodities. En este portafolio, los commodities que mejoran el Portafolio Óptimo son petróleo crudo, gasoil, algodón y cobre a un nivel de confianza del 5%.

## Segundo Lugar:

### Imágenes satelitales sobre la intensidad de la luz, instrumento complementario de medición para la actividad económica: El caso de México

Juan Antonio Mendoza Perea / Víctor Manuel Guerrero Guzmán. Instituto Tecnológico Autónomo de México

#### OBJETIVO

El presente trabajo busca identificar si el crecimiento económico en México durante el periodo 1992 a 2008 se encuentra sub o sobre-estimado, utilizando para ello un modelo estadístico que incorpora las imágenes satelitales para analizar el crecimiento del PIB en dicho periodo; empero el análisis también se extiende para estudiar el crecimiento de la economía en otros países.

#### ANTECEDENTES

La contabilidad nacional es un tema de suma relevancia para todos los países, ya que la información que se provee a través de ella permite definir una base sólida que da sostén a la correcta implementación y toma de decisiones relacionadas con la política económica. El grueso de las economías reportan sus indicadores de coyuntura económica de acuerdo con los lineamientos establecidos a nivel mundial por diversos organismos multilaterales, sin embargo, aún existen divergencias entre las cifras de crecimiento económico reportadas de manera oficial y el verdadero crecimiento de los países.

Una de las variables de coyuntura que se emplea como referencia fundamental para exponer la actividad económica en su conjunto, es el Producto Interno Bruto (PIB). El PIB es elemental para el análisis macroeconómico debido a su relevancia para medir el ciclo económico y para la toma de decisiones en ambientes financieros, es por ello que resulta de suma importancia estimarlo correctamente. Una vez que se ha contabilizado la producción de un país, se puede utilizar el indicador para llevar a cabo distintas comparaciones entre las economías y distinguir de esta manera la magnitud de diversas variables, entre países (lo mismo podría decirse para distintas regiones dentro del país). Las comparaciones entre diversas economías constituyen una herramienta clave para el análisis del crecimiento de un país, no obstante, es menester resaltar la distinta confiabilidad de los métodos empleados por cada nación a nivel individual, para la construcción de sus indicadores económicos.

Las diferencias que se presentan en las economías, por la moneda local, vuelven complejas las comparaciones de la producción entre países. Es por ello que se utiliza la Paridad del Poder de Compra (PPC) con el fin de tener una medida que vuelva equiparables las unidades en las que se reporta la producción. El propósito fundamental de la PPC es corregir las cuentas nacionales, para que sean más comprensibles en términos de bienestar, ya que la adquisición de satisfactores puede ser mayor si su precio relativo es menor, sobre todo en países en desarrollo. No obstante, la corrección por PPC no es la única la forma como se debe jerarquizar el tamaño relativo de las economías y quizás sea mejor utilizar el PIB calculado en una misma moneda (utilizando el tipo de cambio anual o promedio), pero la corrección del nivel de precios se encuentra ligada también al bienestar.

#### PLANTEAMIENTO

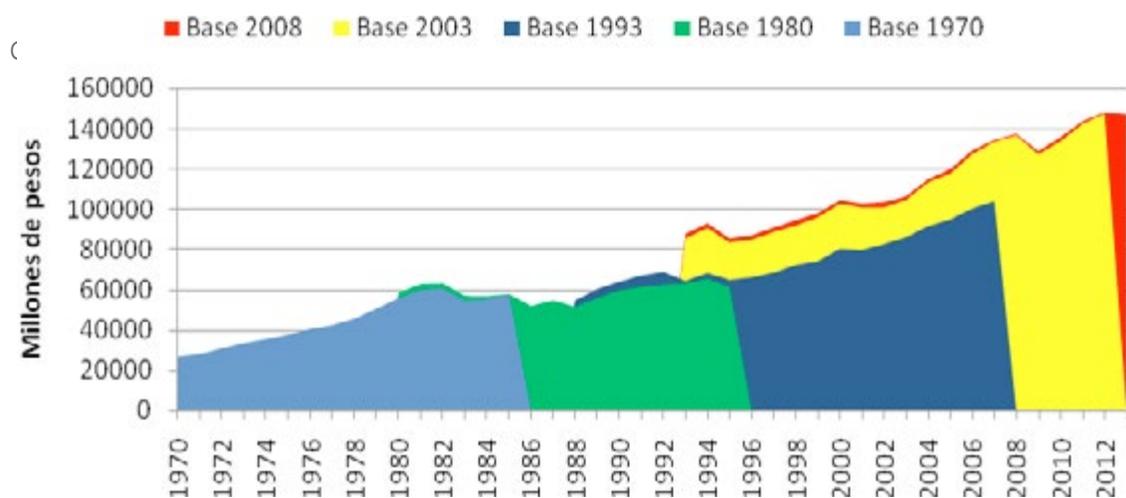
Este trabajo detalla el proceso mediante el cual se capta y mide el PIB, con la finalidad de proponer un método complementario que sea capaz de incluir elementos que no son captados por la contabilidad nacional. Esto permitirá obtener una estimación con mayor certidumbre estadística de la actividad económica, lo cual constituye el objetivo primordial de este trabajo.

El empleo de imágenes satélites para generar una medición alternativa del PIB, a través de la intensidad de las luces, es un elemento interesante y novedoso que provee de una herramienta adicional para mejorar la medición del PIB de un país, sobre todo en términos de comparabilidad internacional. Esto se debe a que constituye una herramienta uniforme, que minimiza posibles sesgos relativos sobre la medición del PIB en diversas economías. Si se mide el crecimiento mediante bienes de capital y a través de la oferta de trabajo, se excede el crecimiento del PIB. En cambio, las luces permiten tener una aproximación del crecimiento de este indicador por el lado de la oferta, puesto que en esencia se analiza la capacidad instalada.

## HIPÓTESIS

En épocas recientes, la mayoría de los debates de relevancia en nuestro país se han focalizado en dar respuesta a la interrogante de por qué no crecemos lo que debemos. Si bien es cierto que durante la etapa del desarrollo estabilizador el PIB de México creció a una tasa de 6.7 por ciento promedio anual, en otra vertiente surge la pregunta: ¿realmente el crecimiento económico se ha visto estancado en los últimos años, a pesar de la existencia de mejoras tecnológicas, de contar con mayor capacidad instalada, del incremento en población y de la expansión del comercio internacional?

México es un país cuya capacidad instalada se ha incrementado y cuya clase media se ha expandido, según lo indican INEGI (2013) y De la Calle et al. (2010). Los individuos que desean una mejor calidad de vida buscan alternativas que les provean de mayores ingresos y por consiguiente mayor bienestar económico, aunque es posible que algunas de ellas no pertenezcan al sector formal de la economía. Además, el país ha tenido cambios que en ocasiones sólo se perciben a través del día a día y que desgraciadamente no son perceptibles a través de los diversos indicadores económicos que se usan en la actualidad, ya que en ocasiones estos últimos no engloban todas las actividades económicas. Incluso, las revisiones de las cifras oficiales debidas a cambios de año base para el cálculo permiten observar crecimientos mayores a los que originalmente se dieron a conocer. De hecho, la línea punteada de la Gráfica A muestra que si se hubiera seguido una trayectoria similar a la que se tenía a fines de los años 1970, el nivel del PIB sólo sería superior en 20,000 mdp. Lo cual parece sugerir que la divergencia en los niveles del PIB con distintos años base se debe a una subestimación en los cálculos.



Por lo tanto, aquí se lleva a cabo un análisis para México y para otras economías, durante los años 1992 a 2008, con la finalidad de identificar si existe una medición adecuada del crecimiento económico, y se mostrará cómo se puede mejorar la medición mediante el empleo de una metodología complementaria. El uso de la base de datos de 1992 a 2008 se debe a que está disponible al público en forma gratuita, mientras que los datos más recientes son muy costosos.

## METODOLOGÍA

El enfoque metodológico se basa en el modelo de Henderson et al. (2012), con el que se pretende cuantificar el verdadero crecimiento económico mediante la combinación de la tasa de crecimiento reportada de manera oficial y la de la actividad registrada mediante las luces. Aquí se parte del modelo mencionado y se lleva a cabo una mejora estadística de la metodología, ya que se obtienen estimadores

con mejores propiedades estadísticas (por ejemplo, se demuestra que son insesgados) y se extiende la aplicabilidad del procedimiento, para que las ponderaciones que corresponden a la combinación de las luces y de la contabilidad nacional sean determinadas de manera endógena en el modelo.

La estructura del trabajo es como sigue: la Sección 1 explica la manera en que se lleva a cabo la contabilidad nacional en México, así como diversos conceptos que se emplean para efectuar comparaciones internacionales entre diferentes economías. La Sección 2 detalla una descripción de las imágenes satelitales y de qué manera se emplean las luces para medir la actividad económica. En la Sección 3 se realiza una aplicación para México del modelo propuesto originalmente por Henderson et al. (2012) y se presentan algunos ejercicios que permiten apreciar las sub o sobre-estimaciones de varios países. En la Sección 4 se modifica el modelo, principalmente en su formulación estadística, de manera que se puede calibrar el crecimiento del PIB de cualquier país. En dicha sección se presentan diversas aplicaciones de la metodología sugerida para los casos de México, China, Brasil y Chile. Por último, la Sección 5 contiene las conclusiones del trabajo.

## RESUMEN DE CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo demuestran que **México ha experimentado mayor crecimiento del que las cifras oficiales muestran**. Si bien las fallas del mercado y de política pública han generado que los recursos no se empleen de manera eficiente, al reformar lo que sea necesario se podría crecer aún más.

La elaboración de la contabilidad nacional es un proceso complejo que involucra etapas de obtención, procesamiento y análisis de datos, para la posterior generación de cuadros resumen, las cuales están sujetas a errores humanos y de medición. Adicionalmente, han surgido debates sobre si las cuentas nacionales capturan de manera adecuada todos los servicios (que representan alrededor de dos terceras partes de la producción en economías desarrolladas). Asimismo surge el tema de la economía no observada y su relación con la actividad económica; que se vuelve de suma relevancia para países con bajos ingresos, en donde permean mayores niveles de corrupción. Por ello, **el cálculo de las cuentas nacionales no se puede considerar totalmente adecuado y por lo mismo es mejorable**.

El enfoque usado por Henderson et al. (2012) pretende estimar el verdadero crecimiento del PIB mediante el empleo de la luminosidad como variable proxy y de los datos reportados de manera oficial. Sin embargo, el análisis estadístico de dichos autores otorga la misma ponderación al crecimiento de la luminosidad para todas las economías de su muestra de análisis y no quedan claras las propiedades estadísticas de los estimadores que utilizan. En cambio, el presente trabajo modifica la estructura del modelo para estimar los parámetros y las ponderaciones para cada economía en forma individual. **Esto le otorga mayor credibilidad a la metodología y fortalece los argumentos del uso de la luminosidad para estimar el verdadero crecimiento económico**.

En años recientes se ha cuestionado la credibilidad de las agencias de estadística oficial de diversos países, los casos de Argentina y de China han acaparado recientemente la atención de los analistas. En ocasiones los bajos ingresos y los altos índices de corrupción en algunas economías, se vuelven el escenario ideal para manipular los indicadores estadísticos con el fin de mostrar un panorama diferente al verdadero. Por ello, **resulta interesante emplear una medida complementaria de las cifras oficiales que sea equiparable para cualquier país**, con la finalidad de dotar de mayor certeza estadística a las cifras que se reportan.

El empleo de la medición de la luminosidad a través de las imágenes satelitales, permite tener una medida homogénea para todas las economías. **Los resultados que se obtuvieron para México y China permiten formalizar las hipótesis que se tenían previstas acerca del crecimiento de estos países**, empero el modelo se extendió para analizar otras economías que también se comparan con la mexicana las de Brasil y Chile.

En el caso de México, las correcciones a las cuales se ha visto sujeto el PIB de la economía debido a los cambios de año base, han sido a la alza. Dicho argumento aunado al creciente aumento de la economía no observada, que se ha dado en gran parte por la falta de un estado de derecho que provea de seguridad y certeza jurídica, hacen de México un excelente candidato para cuantificar su verdadero crecimiento económico con métodos complementarios a los de la estadística oficial. Los resultados que se obtuvieron empleando el modelo y métodos propuestos, mostraron que para el periodo 1992 - 2008, el país experimentó un crecimiento mayor al reportado por el INEGI. **La subestimación del crecimiento**

promedio anual mexicano para el periodo referido fue de 16 por ciento, equivalente a 0.43 por ciento promedio anual.

Este argumento conlleva fuertes implicaciones económicas, ya que si el crecimiento del PIB nacional está subestimado, se puede corregir la productividad total de los factores (*ceterisparibus*) y, como consecuencia, esto llevaría a un incremento en la productividad nacional. Aunado a ello, recientemente el INEGI publicó una medición de la economía informal y su contribución al PIB de México.

Para el año 2012 dicha medición mostró que 25 por ciento del PIB se produce a través de la informalidad y se genera por el 59.8 por ciento de la población ocupada en este sector (véase <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/especial.pdf>). **Esta información refuerza el argumento de la dificultad de la medición con las cuentas nacionales e incrementa la aportación del modelo que se presenta en este trabajo para complementar la medición del PIB.**

Por otro lado, en diversas ocasiones se ha hablado de la credibilidad de las estadísticas que reporta China. Si bien ya se mencionó que las cifras reportadas de los países se encuentran sujetas al trabajo que se realiza en las agencias de estadística oficial de cada país, las constantes críticas hacia China la volvieron un candidato ideal para estimar su verdadero crecimiento. **Contrario a lo que se encontró para México, en China se identificó una sobre-estimación del PIB de 1.99 por ciento en promedio anual para 1992 - 2008.**

Comúnmente se compara a México, por referencia geográfica, con la economía brasileña. Si bien es cierto que en los últimos años Brasil ha experimentado un crecimiento económico importante, se decidió emplear el modelo para conocer su crecimiento utilizando la intensidad luminaria. Los resultados mostraron que para el mismo periodo de análisis que sus antecesoras, **Brasil reportó sobre-estimación de su crecimiento de 0.99% en promedio anual y de 30 por ciento para el periodo de referencia.**

El Centro de Desarrollo Internacional de la Universidad de Harvard en asociación con el Instituto Tecnológico de Massachusetts, publicaron en el año 2011 el Atlas de la Complejidad Económica, que incluye un indicador con el mismo nombre.

La finalidad de éste, radica en medir los conocimientos y capacidades productivas acumuladas en un país que le permiten producir, con un alto grado de sofisticación.

De acuerdo a Hausman (véase [http://live-s3-1.investecassetmanagement.boxuk.net.s3.amazonaws.com/WP04\\_Why\\_Complexity\\_Matters.pdf](http://live-s3-1.investecassetmanagement.boxuk.net.s3.amazonaws.com/WP04_Why_Complexity_Matters.pdf)), consultado el 03 de marzo del 2014) el indicador permite predecir el crecimiento económico en el largo plazo. Es preciso remarcar que para el año 2011, México se posicionó en el lugar número 25 del ranking y como el primero de Latinoamérica.

Algo que vale la pena remarcar es la comparación que se realiza entre México y Chile, en donde Hausman concluye que en los próximos años, debido a la complejidad económica de nuestra economía, ésta crecerá en mayor medida que la chilena. A raíz de tal conclusión, se decidió cuantificar el verdadero crecimiento de Chile. Al aplicar esta metodología, **se descubrió que existe una subestimación del crecimiento económico de Chile para el periodo 1992 - 2008, de 1.03 por ciento en promedio anual.**

Finalmente, el paquete de reformas recientemente aprobado en México se espera que dote de mayor vigor a nuestro país y aunado a ello de un mayor crecimiento económico. **Es imprescindible cuantificar de manera adecuada los indicadores económicos, ya que así las políticas públicas podrán evaluarse de manera objetiva y con ello se podrá validar el crecimiento económico.**

## Mención Especial:

Construcción de un modelo dinámico para determinar la prima de equilibrio de un derivado de incumplimiento crediticio

Anselmo Moctezuma Martínez. Universidad Nacional Autónoma de México

### OBJETIVO

El objetivo de presente investigación es diseñar un modelo para determinar la prima de equilibrio de un derivado de incumplimiento crediticio (Credit Default Swaps o CDS, por sus siglas en inglés), que sea dinámico para poder hacer consideraciones respecto de la estructura temporal de los principales factores de riesgo, flexible para su aplicación a diferentes esquemas de mitigación y consistente con los principios de juego justo, no arbitraje y riesgo neutral.

### CONTEXTO Y ANTECEDENTES

Los mercados financieros en el mundo han estado en constante crecimiento en cuanto al número y rango de riesgos de crédito que necesitan ser administrados. Según datos de ISDA (ISDA Data), el volumen de derivados de crédito negociados justo antes de la crisis del 2008, ascendió a 62 trillones de dólares, cifra que cayó a la mitad un año después, sin que a la fecha se haya recuperado aquel nivel histórico. Este fenómeno estuvo asociado al comportamiento de las burbujas de créditos hipotecarios (sobre todo las subprime), puesto que los riesgos asociados a los títulos respaldados por esas carteras se estuvieron transfiriendo y negociando mediante derivados de crédito.

Como es conocido, el acelerado crecimiento de estas operaciones, en un entorno de regulación bancaria insuficiente y fallas en la supervisión, conllevó una acumulación importante de riesgos entre los diferentes agente, que terminaron afectando a la economía en su conjunto.

Bajo este contexto, la temática abordada en la presente investigación tiene como objetivo adicional, coadyuvar a un mejor entendimiento de la manera en cómo se toman y transfieren los riesgos en este tipo de mercados. Los derivados de crédito son instrumentos que permiten a los inversionistas sustituir todo o parte del riesgo de crédito de una posición original, por el de una contraparte con mejor calidad crediticia. Por si mismos, como se verá, no generan más riesgo de crédito que el originado por los activos subyacentes.

### ESTRUCTURA EL TRABAJO

El documento está organizado en cinco capítulos. En el primero de ellos se explican los conceptos básicos y la mecánica general de operación de los derivados de crédito, así como sus usos y aplicaciones tanto desde la perspectiva de los compradores como de los vendedores de protección crediticia. En el capítulo dos, se revisa el funcionamiento de una lista detallada de derivados de crédito, desde los simples aplicables a un solo activo subyacentes, hasta los complejos que involucran múltiples obligaciones de referencia, incluyendo otros derivados de crédito.

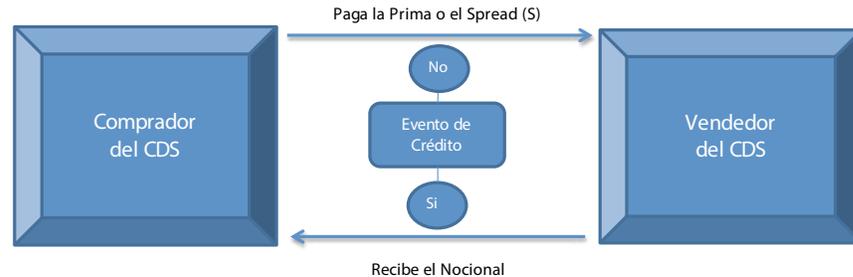
Dadas las bases operativas proporcionadas en los dos primeros capítulos, en los siguientes se realiza el análisis de la literatura sobre valuación y mitigación en el contexto de los derivados de crédito, a efecto de contar con el marco teórico de referencia necesario para la construcción del modelo. De esta manera, en el capítulo tres se analizan los diferentes métodos y enfoques de valuación de los derivados de crédito, poniendo énfasis en las diferencias que se presentan entre los modelos empíricos y los soportados en teorías financieras, los estáticos versus los dinámicos y los de valuación completa frente a los de enfoque reducido. En el capítulo cuatro, por su parte, se explican las técnicas o enfoques de mitigación: disminución, sustitución total o parcial y compensación.

Finalmente, en el capítulo cinco se explica paso a paso la construcción y estructura matemática del modelo. Primeramente se desarrolla un modelo estático basado en estructuras temporales planas sobre los determinantes de riesgo, para posteriormente dinamizarlo al incluir consideraciones sobre el comportamiento futuro de los dichos determinantes. Hecho la anterior, se realizan ajustes adicionales para que el modelo pueda ser utilizado en diferentes esquemas de mitigación, así como para extender su aplicación tanto al contexto de las inversiones en bonos, como al ámbito de los préstamos bancarios (cartera de crédito) y en general a casos cuando se tenga riesgo de contraparte.

## MARCO TEÓRICO

Las dos partes de un derivado de crédito son: el comprador de la protección crediticia (ProtectionBuyer) y el vendedor de la protección crediticia (ProtectionSeller), también conocido como como garante. La obligación de referencia (Reference Obligation) representan los activos subyacentes en el derivado de crédito que pueden estar conformados por créditos (Reference Credit) o cualquier otro tipo de activo sujeto a riesgo de crédito o contraparte (Reference Asset).

En su forma más simple, el comprador de la protección crediticia paga periódicamente una comisión o premio al vendedor de la protección, quien acuerda compensar al primero por las pérdidas incurridas por el incumplimiento (Default) u otro evento de crédito (CreditEvent) registrado por la obligación de referencia.



Los bancos comerciales, grandes compañías, fondos de pensiones tienden a ser típicamente compradores de protección crediticia, mientras que del lado de los vendedores se encuentran los bancos de inversión, bancos de desarrollo, aseguradoras, reaseguradoras y los vehículos de obligaciones de deuda colateralizada. Los usos o aplicaciones para cada uno de ellos se resumen a continuación:

- ▶ Visión de los compradores de protección crediticia: cobertura del riesgo de crédito, mantener relaciones con los clientes, administrar el capital regulatorio, manejo de tesorerías, margen financiero, fusiones y adquisiciones.
- ▶ Visión de los vendedores de protección crediticia: generar rendimientos, diversificación, creación de posiciones sintéticas, apalancamiento, superar barreras de mercado y desarrollo de mercados y sectores

Los derivados de crédito pueden ser simples o complejos, dependiendo del número y tipo de activos subyacentes de referencia respecto de los cuales se esté cubriendo el riesgo. A continuación, se enlistan los más importantes:

Derivados de Crédito Simples (Single-NameCreditDerivatives):

- ▶ Derivados de Incumplimiento Crediticio (Credit Default Swaps)
- ▶ Derivados de Incumplimiento Crediticio Dinámicos (DynamicCredit Default Swaps)
- ▶ Derivados de Incumplimiento Crediticio Intermediados (CreditIntermediation Swaps)
- ▶ Derivados de Incumplimiento Crediticio Digitales (Digital Default Swaps)
- ▶ Derivados de Incumplimiento basados en Precios Accionarios (Equity Default Swaps)
- ▶ Derivados de Rendimiento Total (Total Return Swaps)

Derivados de Crédito Múltiples (Multi-NameCreditDerivatives):

- ▶ Intercambio de Portafolios de Préstamos (Loan Portfolio Swap)
- ▶ Canastas de Derivados de Incumplimiento Crediticio (BasketCredit Default Swaps)
- ▶ Canastas de Derivados de Primer Incumplimiento (First to Default Basket)
- ▶ Canastas de Derivados de N-ésimo Incumplimiento (Nth to Default Basket)
- ▶ Canastas de Derivados de Primeras Pérdidas (NthLossBasket)
- ▶ Índices de Derivados de Incumplimiento Crediticio (Credit Default Indexes)

Derivados de Crédito que incluyen Opciones o Productos Estructurados:

- ▶ Opciones de Spread Crediticio (Credit Spread Option)
- ▶ Opciones por Deterioro Crediticio (DowngradeOption)
- ▶ Opciones sobre Calificaciones Crediticias (Credit Rating Option)
- ▶ Derivados de Vinculación Crediticia (CreditLinked Notes)

Bursatilizaciones de Derivados de Crédito:

- ▶ Obligaciones de Deuda Colateralizadas Sintéticas (SyntheticCollateralizedDebtObligation)
- ▶ Synthetic CLO y CBO

En cuanto a su valuación, en la práctica existen muchas aplicaciones para determinar la prima bajo un enfoque de modelos internos, mismos que han sido desarrollados fundamentalmente por los proveedores de las coberturas, acordes a las características particulares de las operaciones que realizan. Aunque dichas aplicaciones no son del conocimiento público, las mismas tienen su sustento en uno o algunos de los siguientes métodos o enfoques de valuación.

Al respecto, existen modelos empíricos desarrollados sobre la base de la información que genera el mismo mercado, así como modelos soportados en teorías financieras. Algunos de ellos tienen un carácter estático, al suponer que los principales determinantes del riesgo permanecen constantes en el tiempo, en tanto que otros intentan modelar la dinámica de las estructuras temporales de dichos determinantes. De igual manera, existen modelos de valuación completa que toman en cuenta la estructura del balance de los emisores o acreditados, así como modelos de valuación reducida, soportados en principios de no arbitraje, riesgo neutral o juego justo.

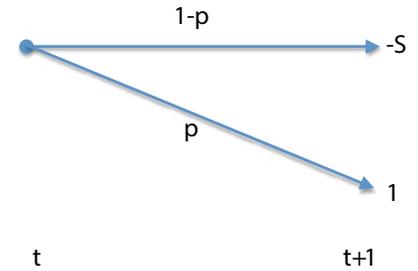
Por lo que se refiere a los enfoques de mitigación, los derivados de crédito pueden utilizarse fundamentalmente para sustituir el riesgo de una obligación de referencia original, por el de otra contraparte. A este procedimiento se le conoce como Enfoque de Sustitución y también aplica para el caso de las garantías personales, totales, parciales o de primeras pérdidas. En el caso del Enfoque de Disminución, éste funciona sobre todo con colaterales o garantías reales (inmuebles, muebles o activos financieros), los cuales son entregados por el deudor a emisor al acreedor o inversionista, para que los ejecute en caso de incumplimiento. Este tipo de enfoque disminuye el valor de la exposición. Finalmente, está el Enfoque de Compensación, mediante el cual las posiciones activas y pasivas entre las contrapartes, pueden ser neteadas.

#### DESARROLLO DEL MODELO

Al negociar un derivado de crédito, las dos situaciones en las que se puede encontrarse el evento de crédito (se presentó o no se ha presentado), son mutuamente excluyentes y a cada una le corresponde una probabilidad de ocurrencia. En ese sentido, desde el punto de vista del comprador de la protección, se presenta el siguiente árbol de decisión binomial:

En donde:

- $p$  = Probabilidad de que se presente el evento de crédito
- $1-p$  = Probabilidad de que no de presente el evento de crédito
- $S$  = Porcentaje de la prima (Spread) por riesgo respecto del notional
- $1$  = Valor del notional
- $t$  = Momento actual
- $t+1$  = Momento futuro



En términos formales, un modelo que represente los flujos de recursos (entradas y salidas) ponderados por su probabilidad de ocurrencia y a valor presente, puede representarse paramétricamente de la siguiente manera:

$$CDS = -(1-p) \cdot S \cdot df + (1-RR-S) \cdot p \cdot df$$

En donde:

- df= Factor de descuento obtenido con la curva libre de riesgo
- RR= Tasa de recuperación

$S$  representa la prima a pagar por el comprador al vendedor de la protección crediticia (representada con signo negativo), en tanto que  $(1-S-RR)$  representa el pago que habría de realizar el vendedor al comprador. Este último elemento indica el Notional o la parte cubierta por el derivado de crédito. Se resta lo que eventualmente podría recuperar el vendedor, así como la prima que se devengaría y que este agente cobraría al momento de presentarse el evento de crédito<sup>2</sup>

En condiciones de equilibrio para el comprador y vendedor de la protección, el valor presente neto de entradas y salidas debería ser igual a cero. Es decir:

$$-(1-p) \cdot S \cdot df + (1-RR-S) \cdot p \cdot df = 0$$

Despejando  $S$  se obtiene el valor de la prima de equilibrio (como porcentaje del notional):

$$(1-p) \cdot S \cdot df = (1-RR-S) \cdot p \cdot df$$

$$S = \frac{(1-RR-S) \cdot p}{(1-p)}$$

El modelo a este nivel presenta los siguientes inconvenientes relevantes:

- ▶ Es estático al suponer que las probabilidades de incumplimiento y tasas de recuperación permanecen constantes (estructuras temporales planas).
- ▶ Únicamente reconoce enfoques de mitigación por sustitución total, dejando de lado esquemas de cobertura parcial o de primeras pérdidas.
- ▶ Aplica fundamentalmente para bonos en donde el notional no se amortiza (no aplican para la cartera de crédito de los bancos, con pagos periódicos de capital e intereses).
- ▶ Es de un paso, por lo que no considera estructuras más complejas del valor del dinero en el tiempo.

Para solucionar lo anterior, el modelo final debe dinamizarse y hacerse flexible. El modelo propuesto en esta investigación sortea los citados inconvenientes, adquiriendo la siguiente estructura paramétrica (el desarrollo matemático se explica a detalle en el cuerpo de la investigación):

$$S = \frac{(1-c_t) \cdot LGD_t \sum_{t=1}^n (1-Q_{t-1}^D) \cdot p_t^D \cdot df_t}{\sum_{t=1}^n \Delta T_t \cdot (1-Q_{t-1}^D) \cdot df_t} + \frac{c_t \cdot LGD_t \sum_{t=1}^n (1-Q_{t-1}^D) \cdot p_t^D \cdot df_t}{\sum_{t=1}^n \Delta T_t \cdot (1-Q_{t-1}^D) \cdot df_t}$$

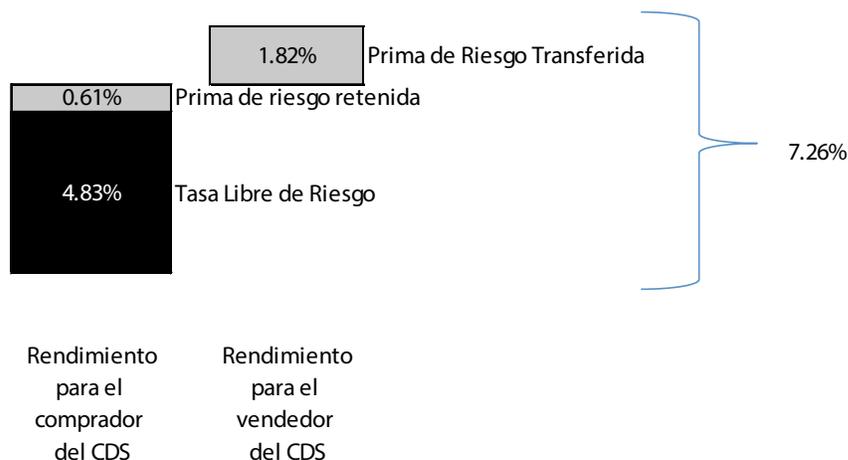
<sup>2</sup> Si el comprador de la protección no paga la prima al momento de registrarse el evento de crédito, debe restarse  $S$  del componente  $(1-RR-S)$  para quedar como  $(1-RR)$ . De igual manera, si no hay recuperación, debe eliminarse  $RR$ .

## APLICACIÓN Y RESULTADOS

Considérese el caso de un banco que realizó una inversión en el bono de un corporativo que se encuentra calificado como "A" bajo una perspectiva negativa. Al respecto, se conoce la siguiente información:

- ▶ El monto emitido es de 100,000,000 pesos (100 millones de pesos, mdp).
- ▶ La probabilidad de incumplimiento anual es de 4% en el momento inicial pero se prevé que aumentará gradualmente al 7% al cabo de 5 años.
- ▶ La tasa de recuperación es del 60% en caso de incumplimiento en el momento inicial, pero se prevé que disminuirá gradualmente al 50% al cabo de 5 años.
- ▶ A partir de estos elementos se define una pérdida esperada inicial de 1.6% anual y final de 3.5% al final
- ▶ La emisión es a 5 años.
- ▶ La tasa cupón es de 7.26%.
- ▶ Los cupones se pagan trimestralmente (20 pagos programados).
- ▶ La cobertura es parcial al 75%.
- ▶ No existe amortización del principal.

Con esta información, el modelo indica que la prima de equilibrio a cobrar por el vendedor de la protección de equilibrio sería de 1.82% o 182 puntos base. Dado lo anterior, por transferir el 75% del riesgo de crédito de este bono, el comprador de la protección disminuiría su rendimiento de 7.26% original a 5.44%, transfiriendo este beneficio al vendedor de la protección a través de la prima.



## APORTACIONES

- ▶ Se propone una arquitectura de modelo intuitiva y de fácil aplicación, en donde se fusionan las mejores prácticas en la materia provenientes de los principales enfoques de valuación, a la vez que se guarda consistencia con la mecánica operativa de este tipo de instrumentos en los mercados internacionales, lo que le da viabilidad para su instrumentación.
- ▶ Adicionalmente, es un modelo de aplicación general para diferentes enfoques de mitigación, flexible para utilizar información proveniente del mercado o las agencias, o bien de otros modelos internos, así como dinámico para manejar diferentes escenarios en función del entorno.
- ▶ La didáctica utilizada en la investigación permite al lector entender conceptualmente y con la formalidad matemática, conceptos elevados de administración de riesgos y valuación de los derivados de crédito. El documento se pensó para ser asequible a lectores básicos y avanzados sobre el tema, así como para ser utilizado como una referencia general en idioma español.
- ▶ El documento también puede ser utilizado por los reguladores como un marco de referencia general, para fortalecer las disposiciones en la materia.

- ▶ La temática abordada en esta investigación coadyuva a la formación de mercados de derivados de crédito más líquidos y eficientes, sobre todo para el caso mexicano en donde su negociación es incipiente.
- ▶ De alguna forma se pretende reivindicar el uso de estos importante instrumentos, después de las dudas que despertó su empleo previo a la crisis de los subprime.

# Categoría: Trabajos de investigación aplicada a Tesis

## **Segundo Lugar:**

Oportunidades de arbitraje, percepción de los inversionistas y corrección del arbitraje en los ADR mexicanos

Luis Antonio Gómez Lara. Centro de Investigación y Docencia Económicas

### OBJETIVO

Los ADR son instrumentos que permiten a los inversionistas estadounidenses invertir en dólares en acciones de empresas foráneas. Una característica particular de los ADR es que son convertibles a acciones denominadas en la moneda foránea y la acción es convertible a un ADR. Por esta característica y de acuerdo a la hipótesis de mercados eficientes, el precio del ADR debería ser idéntico al precio de su acción correspondiente; la pregunta es ¿lo es?

El objetivo de esta investigación es explorar para el caso de México, primero, si el precio del ADR y de la acción es el mismo; es decir, si la Ley del Precio Único se cumple; segundo, entender si factores idiosincráticos son parte de la razón por la que los precios pueden diferir y finalmente, entender qué tanto disminuyen las oportunidades de arbitraje de un día a otro.

### HIPÓTESIS

En este trabajo se plantean tres hipótesis principales para los ADR mexicanos:

Existen oportunidades de arbitraje entre los ADR y sus acciones equivalentes

Los factores idiosincráticos de corto plazo afectan la magnitud de la diferencia entre el precio del ADR y de su acción equivalente

El error en la fijación de los precios del ADR y de su acción equivalente prevalece por más de un día

### PLANTEAMIENTO

De acuerdo a la hipótesis de mercados eficientes, las oportunidades de arbitraje entre dos activos que deberían tener el mismo precio desaparecen inmediatamente. Para el caso de Londres y Nueva York, las oportunidades de arbitraje se acaban en minutos; no obstante, para el caso de México, hay empresas que tienen oportunidades de arbitraje que duran años. Este es el caso del Grupo Aeroportuario del Centro Norte. La siguiente gráfica muestra el precio de su ADR convertido a pesos por medio del USDMXN y el precio de su acción tipo B en la Bolsa Mexicana de Valores. Ahora, esta oportunidad de arbitraje no puede deberse a los costos de conversión del ADR porque para otras empresas, la prima es estadísticamente igual a cero.

Gráfica 1. Precios de OMAB en Estados Unidos (EE.UU.) y México en pesos



El arbitraje es uno de los fenómenos estudiados en este trabajo, pero no el único. Se estima por medio de un Modelo de Corrección de Error cómo perciben los inversionistas los retornos del ADR comparados con los retornos de sus respectivas acciones (co-movimiento) así como cuánto del arbitraje es eliminado de un día a otro. Para esto se usa un Modelo de Cambio de Régimen de Markov.

La razón para usar un modelo de Cambio de Régimen de Markov es que las series financieras presentan path dependence, autocorrelación serial y heterocedasticidad condicional que muchas veces los modelos ARIMA y GARCH no pueden capturar correctamente. La ventaja más importante de usar el Modelo de Cambio de Régimen de Markov es que permite caracterizar las situaciones bajo las cuales existen verdaderas oportunidades de arbitraje, pues separa éstas situaciones del status quo de la dinámica.

### ANTECEDENTES

Este artículo usa como base el publicado por Cai, McGuinness y Zhang (2011). La diferencia principal entre estos dos son las características del caso de estudio. Cai et al. (2011) estudian un caso donde el régimen de tipo de cambio es fijo, existen altos niveles de control de capitales y las empresas en la muestra son paraestatales. En cambio, en este artículo se estudia un caso de integración financiera, régimen de tipo de cambio flexible y empresas privadas; por esto, se encuentran ciertos comportamientos contrarios en los tres parámetros principales estimados. Además, trabajos como el de Alsayed y McGroarty (2012) han demostrado que incluso para mercados extremadamente líquidos e integrados como el británico y el estadounidense, las oportunidades de arbitraje para estos valores existen y se mantienen por periodos de tiempo relativamente largos (minutos). En la sección 2 que es Revisión de literatura se discuten con mayor detalle otros artículos relacionados.

### METODOLOGÍA

En este trabajo se parte de un argumento teórico simple que es la Ley del Precio Único para desarrollar un Modelo de Corrección de Error, donde cada uno de los tres fenómenos estudiados: la oportunidad de arbitraje (Descuento), la percepción de los inversionistas sobre el valor del ADR y su acción (Reacción) y la corrección del error en los precios (Corrección) está asociado a un parámetro en específico dentro de la especificación teórica. Una vez desarrollados los argumentos teóricos de la interpretación de los parámetros, se estima el modelo de regresión con base en un Modelo de Cambio de Régimen de Markov por máxima verosimilitud para capturar no linealidades en el proceso que cambian aleatoriamente.

El Modelo de Cambio de Régimen de Markov de esta investigación usa dos estados del mundo, por supuesto no observables, para caracterizar la dinámica de los parámetros. Asimismo, los errores de la especificación en cada estado del mundo son dependientes del mismo. Con los parámetros estimados para las compañías analizadas, se calculan los parámetros de la Economía para cada día en la muestra. Esto permite realizar una segunda etapa de regresiones donde se investiga cuáles son las variables que afectan a los tres fenómenos estudiados. En esta segunda etapa se estiman como variables dependientes los tres parámetros de la Economía contra ocho variables que se sospecha afectan importantemente a éstos. La metodología es expuesta a detalle en la sección 4 de este trabajo. La sección lleva por título Estrategia Empírica.

## CONCLUSIONES

En este artículo se estudian tres dimensiones de la dinámica de determinación de los precios de los ADR mexicanos. Estas dimensiones son el descuento de largo plazo, la coordinación en las opiniones de los inversionistas en el corto plazo y qué tanto influyen errores de fijación del precio del ADR pasados en la determinación del precio contemporáneo. Esto con base en un Modelo de Error de Corrección aumentado por un Modelo de Cambio de Régimen de Markov. Los resultados principales sobre estos tres parámetros son 1) los ADS mexicanos tienen un descuento cercano a cero; 2) las opiniones de los inversionistas sobre dos activos con el mismo valor están coordinadas, y 3) la corrección de error tarda más de un periodo en ajustar los retornos.

El Modelo de Cambio de Régimen de Markov provee evidencia para afirmar que las verdaderas oportunidades de arbitraje suceden cuando la volatilidad en los retornos de un día a otro es 2.12%. Además, los inversionistas subvalúan los retornos del ADS porque la liquidez en EE.UU. es menor a la mexicana lo que demanda un descuento en el retorno requerido. Finalmente, las oportunidades de arbitraje duran más de un día en el caso mexicano ya que la corrección promedio de los errores de un periodo a otro es de 36.5%. Una posible hipótesis es que los ADR mexicanos tardan hasta 2 días en ser convertidos.

Asimismo, en esta tesina se estudian las variables que afectan los tres fenómenos estimados. Se encuentra que el tipo de cambio esperado es relevante para el estudio de estos determinantes. Cuando éste aumenta, los inversionistas están dispuestos a aceptar un retorno menor en los ADS para tener una posición larga en dólares y posteriormente aprovechar las ganancias de conversión del ADR a acciones en pesos si una depreciación ocurre. Por último, se encuentra que la Crisis Financiera de 2008 aleja a la Reacción y a la Corrección de la Economía de sus valores teóricos a diferencia a lo que encontraron Cai et al. (2011) por las condiciones de libre Mercado en la cuenta de capitales y en el régimen de tipo de cambio que predominan en México a diferencia de la situación de intervención del caso chino.

## Jurado Calificador

- ▶ Secretario de Hacienda y Crédito Público
- ▶ Gobernador del Banco de México
- ▶ Presidente de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores
- ▶ Presidente del Consejo Coordinador Empresarial
- ▶ Director General del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
- ▶ Presidente y Director General de EY México y Centroamérica
- ▶ Rector de la Escuela Bancaria y Comercial
- ▶ Presidente del Instituto Mexicano de Contadores Públicos
- ▶ Presidente Nacional del IMEF
- ▶ Directora General del Instituto Politécnico Nacional
- ▶ Rector del Instituto Tecnológico Autónomo de México
- ▶ Rector del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente
- ▶ Rector de las Escuelas Nacionales de Posgrado del Tecnológico de Monterrey
- ▶ Rector de la Universidad Anáhuac del Sur
- ▶ Rector de la Universidad Iberoamericana
- ▶ Rector de la Universidad La Salle
- ▶ Director de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Nacional Autónoma de México
- ▶ Rector de la Universidad Panamericana Campus Guadalajara

## Comité Organizador

- Lic. Daniel Calleja Pinedo  
Presidente Nacional del IMEF
- C.P.C. Sergio F. Ruiz Olloqui Vargas  
Presidente de la Fundación de Investigación del IMEF
- C.P.C. Francisco Álvarez del Campo  
Presidente y Director General de EY México y Centroamérica  
Presidente del XXX Premio de Investigación Financiera IMEF-EY
- Lic. Beatriz Romero Sánchez  
Gerente de la Fundación de Investigación del IMEF



El Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas (IMEF), A. C., fundado el 21 de septiembre de 1961, es el organismo que agrupa a los más altos directivos financieros de las empresas más importantes del país; tiene como visión ser la organización líder para asociar, desarrollar y representar a los profesionales en finanzas, con enfoque integral y compromiso social. Su misión es propiciar el desarrollo integral de los profesionales en finanzas, ejerciendo liderazgo en todas las actividades que realice.

El IMEF creó la Fundación de Investigación, la cual tiene como visión ser la institución líder en promover, generar y difundir investigaciones de calidad para la gestión financiera de las organizaciones.

Resultado de todo este trabajo y con la firme convicción de incentivar la participación de los investigadores en el ámbito financiero, en 1984 la Fundación de Investigación del IMEF instituyó el Premio de Investigación Financiera.

Adicional y complementariamente, la Fundación de Investigación del IMEF edita la Revista Mexicana de Economía y Finanzas, misma que se encuentra internacionalmente indizada; organiza y desarrolla su Congreso anual de Investigación Financiera e implementa la generación de contenidos financieros especializados, mediante el incremento del acervo de su fondo editorial.

[www.imef.org.mx](http://www.imef.org.mx)



Construyendo un mejor  
entorno de negocios

EY | Aseguramiento | Asesoría | Fiscal - Legal | Fusiones y Adquisiciones

#### Acerca de EY

EY es líder global en servicios de aseguramiento, asesoría, impuestos y transacciones. Las perspectivas y los servicios de calidad que entregamos ayudan a generar confianza y seguridad en los mercados de capital y en las economías de todo el mundo. Desarrollamos líderes extraordinarios que se unen para cumplir nuestras promesas a todas las partes interesadas. Al hacerlo, jugamos un papel fundamental en construir un mejor entorno de negocios para nuestra gente, clientes y comunidades.

Para obtener más información acerca de nuestra organización, visite el sitio [www.ey.com/mx](http://www.ey.com/mx).

© 2014 Mancera S.C.  
Integrante de Ernst & Young Global  
Derechos Reservados  
Clave:PdlF001

EY se refiere a la organización global de firmas miembro conocida como Ernst & Young Global Limited, en la que cada una de ellas actúa como una entidad legal separada. Ernst & Young Global Limited no provee servicios a clientes.

[www.ey.com/mx/premioimef-ey](http://www.ey.com/mx/premioimef-ey)