



fundación de investigación

ISSN: 1665-5346

Volumen 7
Número 2
Julio-Diciembre 2012

EDITOR

Gerardo Dubcovsky

EDITORES ADJUNTOS

Myron Scholes

James Heckman

John C. Hull

Tom Copeland

Edward I. Altman

Marco Avellaneda

Aloisio Araujo

Anthony Thirlwall

James R. Barth

Fausto Hernández Trillo

José C. Ramírez Sánchez

Edgar Ortiz

Francisco López-Herrera

Francisco Venegas-Martínez

Carlos Guerrero de Lizardi

COMITÉ EJECUTIVO

José A. Quesada Palacios

Sergio F. Ruiz Olloqui Vargas

Manuel Osuna y Fernández

Emilio Illanes Díaz Rivera

Claudia E. Castillo Ramírez

Beatriz Romero Sánchez

Patrocinado por:



REVISTA MEXICANA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

Nueva Época

REMEF

**(THE MEXICAN JOURNAL OF
ECONOMICS AND FINANCE)**

CONTENIDO:

Reacción del Mercado de Valores Mexicano ante los escándalos financieros: Evidencia empírica.

MARCELA JARAMILLO JARAMILLO Y MARÍA ANTONIA GARCÍA BENAÚ

Sincronización de fase en los mercados internacionales de capitales, evidencia de integración.

SALVADOR CRUZ AKÉ, FERNANDO RAMÍREZ ALATRISTE Y REYNA SUSANA GARCÍA RUIZ

An Empirical Analysis of the Dimensions of Corporate Social Responsibility in Portugal.

SANDRA AFONSO, PAULA ODETE FERNANDES AND ANA PAULA MONTE

El modelo SABR y su relación con la geometría diferencial: Valuación de opciones de compra de dólares del Banco de México.

GUILLERMO SIERRA JUÁREZ

Optimización de portafolios con capital en riesgo acotado.

HUGO EDUARDO RAMÍREZ J. Y LILIANA BLANCO CASTAÑEDA

REVISTA MEXICANA DE ECONOMÍA Y FINANZAS
NUEVA ÉPOCA REMEF
(THE MEXICAN JOURNAL OF ECONOMICS AND FINANCE)

VOLUMEN 7 **NÚMERO 2** **JULIO 2012**

CONTENIDO

EDITORIAL IMEF

C.P.C. José A. Quesada Palacios (Presidente Nacional del IMEF)

REACCIÓN DEL MERCADO DE VALORES MEXICANO ANTE LOS ESCÁNDALOS FINANCIEROS: EVIDENCIA EMPÍRICA.

Marcela Jaramillo Jaramillo (Universidad Autónoma del Estado de México), María Antonia García Benau (Universidad de Valencia)(Ganador del 2do Lugar, Premio de Investigación Financiera IMEF-2010) 129

SINCRONIZACIÓN DE FASE EN LOS MERCADOS INTERNACIONALES DE CAPITALES, EVIDENCIA DE INTEGRACIÓN.

Salvador Cruz Aké (Instituto Politécnico Nacional), Reyna Susana García Ruiz (Universidad Nacional Autónoma de la Ciudad de México), Fernando Ramírez Alatríste (Universidad Nacional Autónoma de la Ciudad de México).....155

AN EMPIRICAL ANALYSIS OF THE DIMENSIONS OF CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY IN PORTUGAL

Sandra Afonso (Instituto Politécnico de Bragança), Paula Odete Fernandes (Instituto Politécnico de Bragança), Ana Paula Monte (Instituto Politécnico de Bragança).....175

EL MODELO SABR Y SU RELACIÓN CON LA GEOMETRÍA DIFERENCIAL: VALUACIÓN DE OPCIONES DE COMPRA DE DÓLARES DEL BANCO DE MÉXICO

Guillermo Sierra Juárez (Universidad de Guadalajara).....185

OPTIMIZACIÓN DE PORTAFOLIOS CON CAPITAL EN RIESGO ACOTADO

Hugo Eduardo Ramírez J. (Politécnico Grancolombiano Institución Universitaria), Liliana Blanco Castañeda (Universidad Nacional Autónoma de Colombia, Bogota.) 211

EDITORIAL IMEF

Dentro de todo gran proyecto, el reto siguiente a la inauguración o estreno público es continuar. La nueva época de la Revista Mexicana de Economía y Finanzas fortalece su consolidación en este segundo número, cuya difusión busca posicionar el alto nivel del contenido como una referencia, entre investigadores y profesionales, en el ámbito financiero, económico y empresarial.

La información, conforme se comparte, genera conocimiento y riqueza intelectual en diversos niveles de la sociedad. México, en vías de desarrollo e incremento de su competitividad, busca potencializar las variables cuyo impacto generen soluciones a las diversas problemáticas de índole nacional. Es por ello que La Fundación de Investigación del Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, A.C. (IMEF), en alianza con PwC, aportan, en excelente medida, valor al país a través del impulso y conexión a los principales actores, mismos que nos encaminan hacia una sociedad del conocimiento.

Asimismo, la aportación de capital intelectual representa la continua evolución del acervo, dado que las publicaciones son artículos inéditos que buscan innovar, tanto teoría como práctica, a través del gran talento de sus editores e investigadores. Además, debido al bajo número de publicaciones mexicanas que se presentan en comparación con los países desarrollados, la Fundación de Investigación se suma a la intención de mejorar el nivel y transmitir la riqueza de la información generada hacia los mexicanos.

Por otro lado, en atención a las nuevas tendencias tecnológicas, la REMEF ahora podrá estar disponible a través de una plataforma digital, misma que nos acercará aún más al objetivo de posicionar el contenido con mejor dirección, es decir, extender la divulgación de publicaciones mexicanas hacia contextos globales al romper las barreras de libro impreso.

Progresar es posible gracias a todos aquellos que creen en el proyecto y continúan aportando elementos clave y de calidad; sin duda el talento es y seguirá siendo la fuente esencial de esta Revista Especializada.

C.P.C. José A. Quesada Palacios
Presidente Nacional del IMEF

SICRONIZACIÓN DE FASE EN LOS MERCADOS INTERNACIONALES DE CAPITALES, EVIDENCIA DE INTEGRACIÓN

Salvador Cruz Aké*

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Economía

Fernando Ramírez Alatríste

*Universidad Nacional Autónoma de la Ciudad de México,
Maestría en Dinámica no Lineal y Sistemas Complejos.*

Reyna Susana García Ruíz

*Universidad Nacional Autónoma de la Ciudad de México,
Maestría en Dinámica no Lineal y Sistemas Complejos.*

(Recibido 11 de octubre 2011, aceptado 12 de junio de 2012)

Resumen

En este trabajo se muestra evidencia empírica sobre la sincronización de fase de los índices bursátiles de algunas de las principales economías del mundo, la cual aumenta cuando se presentan periodos de alta volatilidad en los mercados financieros. Para ello se hace uso de teoría de control del caos, de tal forma que se logre encontrar propiedades sobre las que evolucionan los índices bursátiles y conocer si la diversificación es posible, tratándose de instrumentos de la misma naturaleza. El análisis presentado es de esencia fenomenológica, es decir, escapa de supuestos, por ejemplo normalidad, que en algún momento restringe la aplicación de ciertas metodologías tradicionales. Del mismo modo, se muestra que la sincronización de fase presente en las series no elimina; aunque reduce; los beneficios potenciales de la diversificación internacional cuando los portafolios están integrados por tracks de índices bursátiles financieros, al igualar el número y tamaño de los excesos después de VaR, en periodos de alta volatilidad. Es decir, se plantea la existencia de un macrosistema que sobreesee los mercados locales en momentos de volatilidad.

Abstract

We show empirical evidence about phase synchronization of stock market indices of the most important world economies. For this we use chaos control theory in order to find some properties on the evolution of those indices and determining whether or not international diversification is possible using common financial instruments. Analyses presented are essentially phenomenological; that is, assumptions such as normality often restrain application of some traditional methodologies. Similarly, we show that phase synchronization does not eliminate, but reduces potential benefits for portfolios composed of financial index tracks because they tend to match the number and size of excesses after VaR in times of high volatility. This implies the presence of a macro system that sobreesee local markets at times of high volatility.

Clasificación JEL: D10, E23, C21

Palabras clave: Sincronización de fase, Integración de mercados de capital, Diversificación, VaR.

* Escuela Superior de Economía. Plan de Agua Prieta, No 66, Col. Plutarco Elías Calles, C.P. 11340, México, D. F. Correo electrónico:salvador.ake22@gmail.com

1. Introducción

Aunque la idea de diversificación de portafolios puede rastrearse a los inicios de la teoría financiera, ésta no toma el auge actual sino hasta el desarrollo de la teoría moderna de la misma con el modelo de Markowitz (1952). En éste modelo, bajo el supuesto de normalidad, se desarrolla un portafolio óptimo capaz de mantener un rendimiento dado con la mínima varianza posible que es obtenido mediante la diversificación de los activos que lo conforman. Trabajos posteriores, como los de Haglund (2010) o Isakov y Morard (2001) relajan el supuesto de normalidad del trabajo original de Markowitz y demuestran que el portafolio óptimo, aunque diversificado, tiene una composición diferente al originalmente propuesto.

A partir de la publicación del trabajo seminal de Markowitz, la diversificación se vuelve un hito en la industria financiera y en las políticas económicas mundiales inspiradas en el consenso de Washinton,¹ para más detalles véase (Williamson 1993). Su consecución se torna en un objetivo per se para la mayoría de los formadores de carteras del orbe así como para los gobiernos simpatizantes con la política económica de los Estados Unidos y motiva un gran cambio en el paradigma de la organización financiera alrededor del orbe (Stiglitz(2000) o Bekaert, Harvey y Lundblad (2001)).

La necesidad de diversificación es tal que instituciones como el Fondo Monetario Internacional o el Banco Mundial la imponen como requisito indispensable a las naciones que requieren de sus préstamos. Trabajos como los de Quinn (1997), Rodrik (1998) o Edwards (2001) muestran abundante evidencia empírica sobre la relación de estos organismos con la apertura financiera en sus países miembros.

Durante varias décadas, sobre todo después de la década de los 90s, cuando se presentó la desregulación del sistema financiero, se generó un notable incremento de movilidad internacional de capitales, en donde los grandes inversionistas buscaron entrar a mercados geográficamente distantes entre sí a fin de diversificar sus portafolios. Esta estrategia obedecía principalmente al desfase entre los ciclos económicos de distintas naciones, además de su diverso grado de exposición a las principales variables macroeconómicas de sus países de origen.

Conforme la apertura a los flujos de capital se ha implementado, a veces de manera total en varias economías, la diversificación se ha convirtiendo en la regla más que la excepción, los beneficios obtenidos de la diversificación se fueron reduciendo. Este fenómeno se debe, principalmente, a que la apertura a los flujos de capital estaba acompañada de una apertura comercial, lo que hizo que los ciclos económicos entre distintos mercados se acoplaran, este fenómeno es conocido como contagio financiero. (Kose, Otrok y Whiteman 2003; Ahmed, Ickes, Yoo and Yoo, 1993).

Esta sincronización entre mercados de capitales fue haciéndose más evidente conforme los avances técnicos en comunicaciones hacían más sencillo y barato el acceso a la información para el participante promedio de estos mercados. Esto redujo considerablemente el tiempo de respuesta de los agentes participantes ante cambios en las variables clave de los mercados de capitales,

¹ El término fue popularizado por John Williamson.

por lo que los efectos de cambios en estas variables eran rápidamente transmitidos tanto al interior del mercado principal como a los periféricos. Lo que finalmente generó la sincronización de sus respuestas conjuntas y con ello la reducción de los beneficios de la diversificación internacional, lo cual es probado a lo largo del trabajo a través del uso de técnicas no paramétricas de control de caos.

De hecho, la existencia de un “macrosistema” que sobreesee a los mercados locales bajo condiciones de estrés, es uno de los principales postulados de este trabajo, esto se prueba indirectamente a través de la sincronización de fase de las series, las similitudes en el VaR y el CVaR y la cercanía de las fechas de los mínimos en varios de los mercados analizados.

La idea de la reducción de los beneficios de la diversificación internacional de portafolios ha sido previamente tratada en trabajos como el de Baele e Inghelbrecht (2009), Campa y Fernández (2006) o Eiling, Eiling, Gerard, Frans y Frans (2007), quienes aportan evidencia empírica sobre la creciente importancia de la diversificación intraindustrial sobre la internacional a consecuencia de estas sincronizaciones macroeconómicas.

Como se puede apreciar, existe una gran cantidad de investigación (tanto reciente como anterior a 1990) que busca determinar la existencia y consecuencias para los inversionistas de la integración de los mercados mundiales de capitales. Desafortunadamente, ninguna de estas aplicaciones ha sido capaz de reproducir toda la estructura de dependencia que engloba al conjunto de mercados de capitales, pues estos sistemas son por demás complejos. Esta complejidad implica que pequeños cambios en las condiciones iniciales son capaces de crear grandes divergencias en los resultados finales. La metodología aquí propuesta evita la necesidad de recrear la estructura de dependencia dada su naturaleza fenomenológica, es decir, dado el uso de filtros no paramétricos sobre las series originales.

Dentro de los modelos paramétricos usados en la literatura, se encuentran algunos como los de Batram, Taylor y Wang (2007), los cuales han usado cópulas Gaussianas con parámetros dependientes del tiempo a fin de captar los efectos de colas pesadas de los movimientos conjuntos de los mercados de capitales, aunque no pueden explicar o medir adecuadamente la forma de dependencia.

A lo largo de la siguiente sección del trabajo se fundamenta el uso del mapeo caótico para mostrar la caída de los beneficios de la diversificación internacional en momentos de estrés, a la vez que se da una breve introducción al uso de la teoría de control del caos en mercados financieros. En la tercera sección se hace una descripción de los datos usados en el trabajo, dejando para la cuarta el análisis de la sincronización y del Valor en Riesgo² para las series seleccionadas.

2. Mapeo caótico

El objetivo de este apartado, es analizar la evolución de series financieras como sistemas caóticos que evolucionan sobre elementos desconocidos pero presentes en el sistema, dando lugar a propiedades de movimiento común. Esta es la idea

² Value at Risk, en inglés.

central de la sincronización usada en el control del caos, la cual es la antitesis de la teoría económica convencional. Este modelado ateorico sugiere que a partir del estudio fenomenológico del sistema se deducen comportamientos, propiedades y atractores extraños que no son captados desde una visión tradicional, es por ello que investigadores de diversas áreas han intentado explicar mediante el uso de esta herramienta el comportamiento de algunas series económico-financieras, para más detalles vease Le Baron (1994), Chorafas(1994) o Guegan (2007).

Los orígenes etimológicos de la sincronización conducen a los vocablos de origen griego, *syn*, “unido” “*χρόνος*” y “tiempo”, que significan ocurrir al mismo tiempo. Sus antecedentes formales se remontan a Christian Huygens (1665), quien descubrió que al colocar dos péndulos en la misma viga, éstos llegaban a una sincronización de fase, la cual se perdía al cambiarlos de posición.

Este descubrimiento dio origen a diversas investigaciones, entre ellas a la teoría de los osciladores acoplados, la cual ha sido abordada mediante ecuaciones diferenciales o a través de series de tiempo. Esta teoría está basada en la idea de proponer un sistema controlador y uno observador, es decir un sistema maestro y uno esclavo. El sistema maestro es el vector de estados $x_n = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ mientras que el sistema esclavo, y_n es una variable de salida del sistema maestro.

Para este trabajo se usa el enfoque de sincronización de series de tiempo, esta aproximación puede ser conceptualizada mediante alguno de los diferentes tipos de sincronización, a saber:

Completa: Se refiere al perfecto acoplamiento de trayectorias.

De fase: Se presenta cuando la correlación entre amplitudes es débil.

De retardo: Se presenta entre la sincronización de fase y completa.

Generalizada: Se asocia la entrada de una trayectoria con la salida de otra.

Es importante hacer notar que se puede presentar más de un tipo de sincronización en una serie, por lo que se pueden llegar a observar transiciones a lo largo de la misma. Masoller y Zanette (2005) establecieron las condiciones para la sincronización de mapeos acoplados con retardos, en donde el comportamiento caótico es inducido por el término de retardo en el mapeo, esto puede ser expresado mediante:

$$\begin{aligned} X_{n-1} &= \beta x_n + f(x_{n-N}) \\ y_{n-1} &= \beta y_n + (1 - \eta)f(y_{n-N}) + \eta f(x_{n-N}) \end{aligned} \quad (1)$$

en donde $\beta < 1$ y $f(\cdot)$ es una función no lineal. En su trabajo, estos autores demuestran que la sincronización de la solución está dada por $y_n = x_{n-M+N}$ además de la existencia de un valor umbral de acoplamiento que está dada por $\eta < 1$.

Cuando el comportamiento caótico de un mapeo maestro no es inducido por un retraso, quizá existen elementos que no han sido considerados. Hernandez-Garcia, Masoller y Mirasso (2002) mostraron que un sistema compuesto por un mapeo caótico llamado maestro, acoplado unidireccionalmente a un segundo

mapeo caótico (esclavo), con cierto retraso puede ser definido como

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= f(x_n), \\ y_{n+1} &= f(y_n) + \rho(x_{n-M} - Y_{n-M}). \end{aligned} \quad (2)$$

Siguiendo la definición propuesta por estos autores, a lo largo del trabajo se usa un mapeo de esta forma para mostrar la sincronización de distintos mercados de capitales. Esto responde a la tremenda complejidad que éstos conllevan. En efecto, el desarrollo de un mercado implica los conocimientos, miedos, destrezas y capacidades de adaptación; entre otros; de todos sus participantes, por lo que su modelado implica el uso de una gran cantidad de variables cuya interacción resulta imposible de predecir o replicar en su totalidad dada la tecnología actual.

Aunque resulta creíble la existencia de tendencias para los niveles,³ la volatilidad histórica de sus rendimientos, y otras características de los índices bursátiles, la existencia de una gran cantidad de modelos en la literatura que da cuenta de su caprichoso comportamiento ha puesto en duda (total o parcialmente) la racionalidad de los agentes que lo conforman.

Incluso existen algunas propuestas teóricas que explican el comportamiento caótico del mercado por la existencia de agentes económicos con distintas capacidades para encontrar y procesar la información, V.g. Trzcinka y UKhov (2006), De Long, Shleifer, Summers y Waldmann (1990) o Branger, Holger y Christoph (2009). Estos modelos sugieren la existencia de grandes tendencias contaminadas por procesos estocásticos de diversa magnitud creados por estos agentes con poca información denominados *noise traders*.⁴

En sintonía con estos supuestos donde una tendencia de largo plazo; contaminada por algún proceso estocástico tan complejo como se desee; conduce al mercado, la metodología propuesta busca eliminar el “ruido” de la serie para dejar únicamente una serie suavizada que refleje el comportamiento de largo plazo.

Este supuesto no es una cuestión menor, pues implica que la información se dispersa tan rápidamente en los mercados que esta se refleja en las tendencias de largo plazo de manera casi automática en todos los sistemas (mercados de capitales), dando lugar a un macrosistema,⁵ en donde las características propias de cada uno de los sistemas particulares son absorbidas y rebasadas por las del macrosistema.

Esta es precisamente la idea subyacente en la técnica de control de caos usada en este trabajo, pues se propone el uso de mapeos que, sin simplificar⁶ *noise traders* y los eventos meramente coyunturales, dejando únicamente las tendencias de largo plazo de cada uno de los mercados individuales.

³ Los valores originales de los índices.

⁴ En modelos como los antes citados, estos agentes carentes de información o incapaces de procesarla correctamente provocan volatilidad en el mercado. Generalmente su número no es estático y depende de la volatilidad del periodo inmediato anterior.

⁵ Entendiendo por este último término, a la integración de los mercados de capitales de distintos países en uno sólo.

⁶ A través de una linealización o transformación a modo.

Si la hipótesis de los mercados⁷ sincronizados en fase, planteada en esta investigación es cierta, los movimientos de los diversos mercados individuales deberán de ser similares tanto en magnitud como en sentido. Esto implica que éstos mercados deberán mostrar valles y picos similares durante los mismos periodos de tiempo, lo cual debe ser captado por el diferencial de fase constante. Esta afirmación es equivalente a decir que los máximos y mínimos, así como las exposiciones al riesgo, serán similares para todos los mercados.

A fin de mostrar que los niveles de riesgo son similares, se hace uso del valor en riesgo (VaR) y los excesos sobre el VaR en cada uno de los mercados analizados, así como de los máximos y mínimos en periodos establecidos según la volatilidad internacional.

En la siguiente sección se describen brevemente los índices que componen la muestra utilizada en el presente estudio; estos índices pertenecen a las más importantes economías del orbe. Su selección estuvo condicionada a la existencia de datos suficientes para el análisis de sincronización de series de tiempo.

3. Análisis de la información

La investigación se enfoca en el análisis de diez índices bursátiles, de diferentes países, que fueron seleccionados por su mayor porcentaje en la participación del PIB total mundial según el informe del Fondo Monetario Internacional⁸ y por la arraigada costumbre de algunos inversionistas internacionales de comprar portafolios que siguen el comportamiento de los índices locales (tracks) independientemente de su composición o diversificación.⁹

La muestra fue finalmente integrada con información diaria del valor de capitalización de los índices seleccionados a partir de enero 6 de 2003 y hasta marzo 29 de 2012. La selección de índices de capitalización de mercado obedece a su propia naturaleza diversificada¹⁰ y a su capacidad de reflejar (al menos parcialmente) el valor de capitalización de las empresas que lo componen a lo largo del tiempo.

Por lo anterior, se consideran los siguientes índices bursátiles:

BOVESPA, compuesto por 50 acciones y representa el 70% de la capitalización de todos los valores del mercado de Sao Paulo, Brasil.

BSE 30 (*Bombay Stock Exchange*), compuesto por las 30 compañías más grandes y negociadas en la India, publicado desde 1986.

CAC 40 (*Cotation Assistée en Continu*) índice francés que se comenzó a calcular en diciembre de 1987. DAX 30 (Deutscher Aktienindex), compuesta

DAX 30 (*Deutscher Aktienindex*), compuesta por las 30 principales empresas cotizadas en la Bolsa de Fráncfort (Alemania), se calcula desde diciembre de 1987 y se revisa anualmente en septiembre, y por último.

⁷ Representados por índices bursátiles seleccionados a lo largo del orbe.

⁸ Perspectivas de la economía mundial 2012.

⁹ Se procuró integrar a las 11 primeras economías del planeta, aunque esto no fue posible por la ausencia de datos en el caso de Rusia e Italia.

¹⁰ Aunque esta diversificación no es perfecta, ni óptima, es mayor que la que se lograría con empresas individuales.

DJIA (*Dow Jones Industrial Average*) refleja el comportamiento de las 30 compañías industriales más importantes y representativas de Estados Unidos, es el índice más antiguo con publicaciones desde mayo de 1896.

FTSE 100 (*Financial Times Stock Exchange*) lo comprenden las 100 mayores empresas que cotizan en la Bolsa de Londres y es elaborado por Financial Times, publicado desde enero de 1984 y revisado trimestralmente.

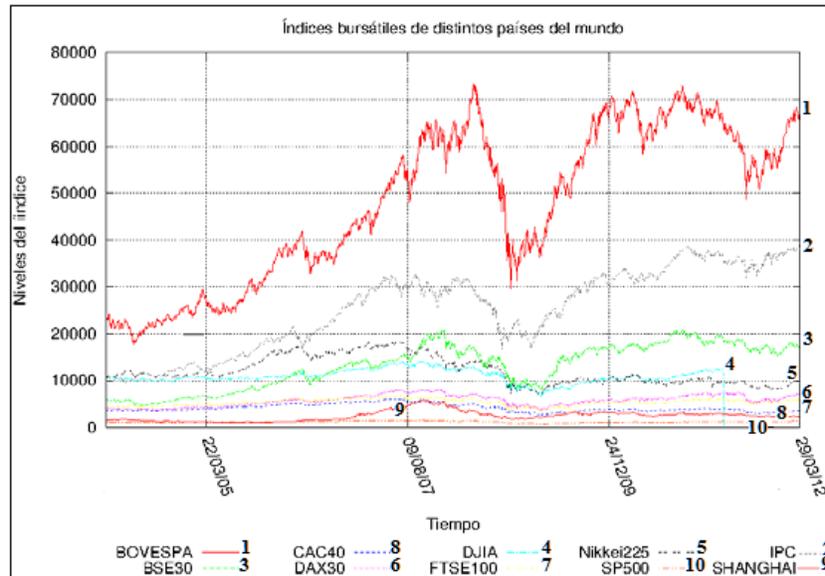
IPC (*Índice de Precios y Cotizaciones*) está compuesto por las 35 acciones más representativas de los siete mayores sectores económicos mexicanos.

NIKKEI 225 (*Nihon Keizai*) es el índice más popular del mercado japonés, publicado por el periódico Nihon Keizai Shinbun, calculado desde 1971 y revisado anualmente.

SSE (Shanghai Stock Exchange). Mercado más importante de China con las 50 empresas de mayor capitalización, iniciando cotizaciones en julio de 1991.

Antes de iniciar formalmente con el análisis de los datos, se muestra al lector la Gráfica 1 con la evolución (en niveles) de los índices antes mencionados, la muestra va del 6 de enero de 2003 al 19 de agosto de 2011, lo que implica una muestra de 1969 datos diarios.¹¹ En el Gráfico 1 se puede apreciar que existe relación en el desempeño de estos indicadores, aunque esta es más acusada cuando se presentan temporadas de alta volatilidad.

Gráfico 1. Evolución de los niveles para diferentes índices a lo largo del mundo.



Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

¹¹ A fin de mantener la comparabilidad entre las series, se excluyeron de la muestra observaciones donde alguno de los mercados analizados no operó.

En el Gráfico 1 también es posible apreciar que aunque las tendencias son similares, existen variaciones coyunturales que alejan a los índices de sus tendencias de largo plazo. Estos movimientos pueden ser atribuidos tanto a los *noise traders* como a cambios coyunturales locales en las economías que los albergan.

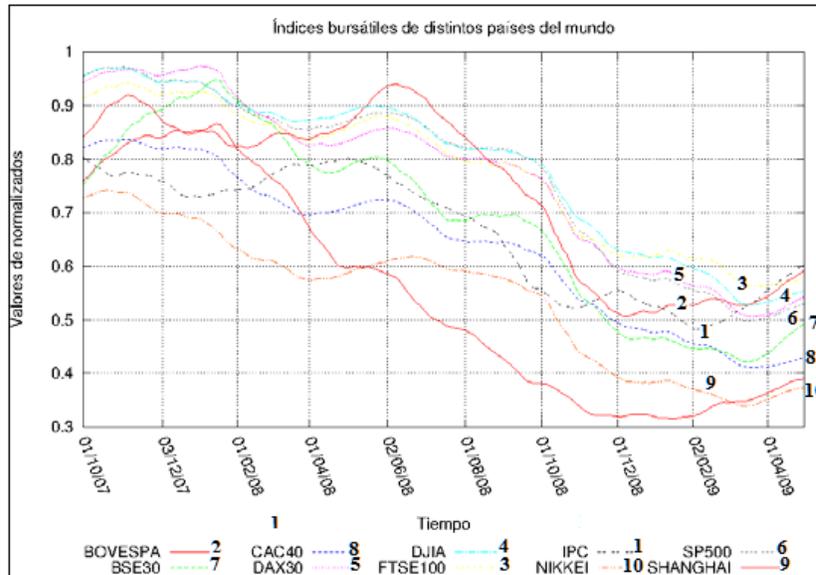
Es importante hacer notar, que las diferentes escalas de estos índices no son obstáculo para hablar de sincronización entre ellos, pues el valor del índice es un número creado artificialmente a través del valor de ajuste propio de los índices de capitalización, a saber:

$$I_t = \frac{\sum_i (p_{i,t}) (f_{it}) (x_{i,0})}{D_t} \tag{3}$$

El cual no es otra cosa si no una adaptación de un índice de Laspeyres modificado en su denominador a fin de garantizar la continuidad del índice; para más detalles véase Standard and Poors (2009). Por lo anterior, en el Gráfico 2, se muestran los mismos índices pero con valores normalizados, es decir, se dividió cada una de las series entre su valor máximo histórico.

Esta operación se realiza con la finalidad de eliminar el efecto de escala (el denominador de los índices) en la serie. A fin de cuentas, esta operación no es sino una transformación monótona que no afecta las propiedades de la serie, aunque ayuda a presentar de forma más clara la idea de sincronización.

Gráfico 2. Series normalizadas para índices representativos a lo largo del mundo.



Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

La naturaleza de los datos y la similitud en su desempeño; medido a través de rendimientos; puede ser parcialmente observada mediante la estadística comparativa de la muestra, ésta se puede analizar en la Tabla 1. En ella se hace patente el exceso de curtosis y sesgo ligeramente negativo propio de los mercados financieros.

Tabla 1. Estadística descriptiva de los rendimientos para los índices seleccionados.

| | DJIA | Nikkei225 | BSE30 | DAX30 | FTSE100 | Bovespa | CAC40 | IPC | SSE |
|---------------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Media | 0.0003 | 0.0002 | 0.0008 | 0.0005 | 0.0002 | 0.0009 | 0.0001 | 0.0009 | 0.0004 |
| Error típico | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 |
| Mediana | 0.0005 | 0 | 0.0007 | 0.0008 | 0.0002 | 0.0008 | 0.0002 | 0.0011 | 0 |
| Moda | #N/A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Desviación Estándar | 0.0123 | 0.0155 | 0.0168 | 0.0152 | 0.0127 | 0.0186 | 0.0151 | 0.0136 | 0.0171 |
| Varianza de la muestra | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 |
| Curtosis | 10.4609 | 9.3169 | 9.2408 | 6.0902 | 7.9763 | 5.7881 | 6.8277 | 6.3718 | 4.3848 |
| Coefficiente de asimetría | 0.1635 | -0.4007 | 0.05 | 0.1904 | 0.1215 | 0.1061 | 0.2738 | 0.2448 | -0.2158 |
| Rango | 0.1895 | 0.2556 | 0.2985 | 0.1885 | 0.1869 | 0.2605 | 0.2021 | 0.1775 | 0.2144 |
| Mínimo | -0.0787 | -0.1141 | -0.1201 | -0.0745 | -0.0885 | -0.1139 | -0.0904 | -0.0684 | -0.1198 |
| Máximo | 0.1108 | 0.1415 | 0.1734 | 0.114 | 0.0984 | 0.1466 | 0.1118 | 0.1091 | 0.0945 |
| Suma | 0.6011 | 0.4469 | 1.9555 | 1.0852 | 0.5594 | 2.1254 | 0.3388 | 2.0911 | 0.8764 |
| Cuenta | 2326 | 2326 | 2326 | 2326 | 2326 | 2326 | 2326 | 2326 | 2326 |

Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

Del mismo modo, se puede observar (de manera parcial) la sincronización de los mercados mediante la matriz de correlaciones mostrada en la Tabla 2. Es importante hacer notar que esta matriz sólo es capaz de mostrar dependencia de segundo orden, por lo que la acusada dependencia en momentos de alta volatilidad; *i.e.* las colas pesadas; no es observada.

Tabla 2. Matriz de varianza covarianza para los rendimientos de los índices seleccionados.

| | DJIA | Nikkei225 | BSE30 | DAX30 | FTSE100 | Bovespa | CAC40 | IPC | SSE |
|-----------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| DJIA | 1 | | | | | | | | |
| Nikkei225 | 0.11955 | 1 | | | | | | | |
| BSE30 | 0.26329 | 0.35837 | 1 | | | | | | |
| DAX30 | 0.63444 | 0.31269 | 0.38145 | 1 | | | | | |
| FTSE100 | 0.57731 | 0.33895 | 0.39502 | 0.83823 | 1 | | | | |
| Bovespa | 0.66449 | 0.19844 | 0.30227 | 0.53473 | 0.53664 | 1 | | | |
| CAC40 | 0.60357 | 0.33841 | 0.392 | 0.90742 | 0.91138 | 0.54085 | 1 | | |
| IPC | 0.0307 | -0.03571 | 0.011 | 0.04927 | 0.02946 | 0.0468 | 0.04046 | 1 | |
| SSE | 0.05268 | 0.24716 | 0.22635 | 0.12914 | 0.13195 | 0.16131 | 0.13402 | 0.02978 | 1 |

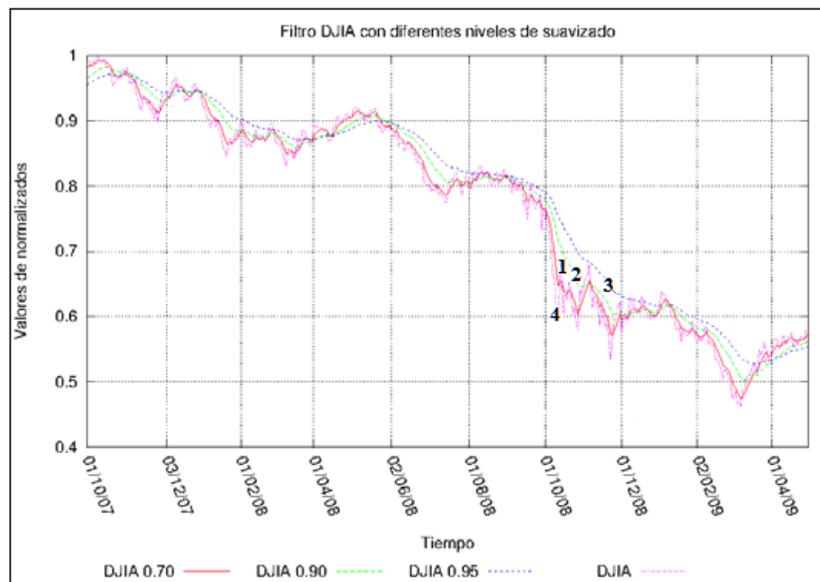
Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

A fin de mantener la claridad en la exposición, se detalla la forma en la que se realizaron los mapeos de las series de tiempo, para ello se propone que cada uno de los índices bursátiles cuente con un sistema maestro y un esclavo en términos de algún rezago de sí mismo, al cual le fue retirado el ruido aleatorio mediante un mapeo específico.

En el Gráfico 3 se muestran, a manera de ejemplo, los resultados del proceso de suavizamiento aplicado a la serie diaria (en niveles) del *DJIA*, en donde se ha quitado el ruido de la serie usando filtros de distinta potencia. Resulta importante aclarar que el tipo de filtrado depende del análisis temporal deseado.

En el caso particular de este trabajo se ha usado un suavizado¹² de 0.70; *i.e.* se realiza una combinación lineal de .70 de la series esclava y .30 de la serie original; lo que desecha el ruido de corto plazo de la serie generada. El mismo procedimiento es usado para el suavizado de largo plazo (0.95) que deja únicamente la tendencia del Índice.

Gráfico 3. Serie filtrada (suavizada) del DJIA.



Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

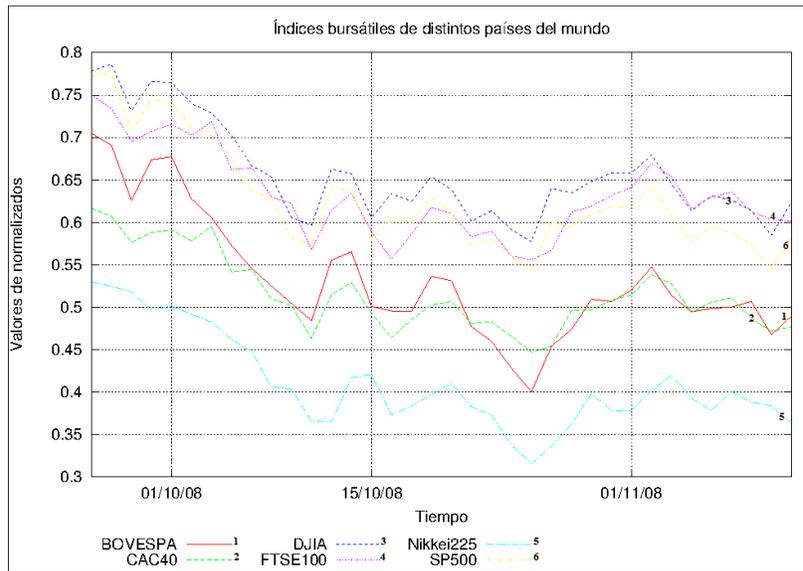
Una vez suavizadas las series de todos los índices, se busca determinar que tanto se parecen, es decir, si es posible considerar dos sistemas que se mueven en la misma dirección y si esto lo hacen al mismo tiempo, de tal forma que se pueda encontrar una sincronización de fase,¹³ ϕ_1 y ϕ_2 . Para este trabajo en particular, dado que sus movimientos no son exactamente simultáneos, se hace el análisis

¹² Nota: Todas las simulaciones se realizaron en Fortran de Software libre.

¹³ Si se movieran en dirección contraria se llamaría sincronización en anti fase.

mediante un desplazamiento de fase. Una vez establecido el filtro se definen los periodos de cada una de las series, encontrándose variantes en amplitud y definiéndose por tanto la fase.

Gráfico 4. Serie filtrada para los índices seleccionados.



Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

En el Gráfico 4 se aprecian las sincronizaciones; casi exactas; de las series del BOVESPA, CAC40, DJIA, FTSE100 y Nikkei225, estas son más acusadas en el mes de Octubre de 2008.

4. Descripción de fase

Una fase ocurre en un estado natural cuando describe el movimiento cíclico de un oscilador en el espacio fase. En este caso se tienen osciladores auto sustentados que son sistemas no lineales que asintóticamente se mueven hacia un ciclo límite. Aunque la aplicación directa de esta relación en series financieras resulta imposible por las distintas duraciones de las fases,¹⁴ es posible asignar a estos procesos una fase instantánea $\phi(t)$, la cual puede ser representada a través de la amplitud de un cambio instantáneo $a^N(t)$.

Esta metodología es un refinamiento del enfoque sistemático para relacionar la dinámica de la amplitud y la fase formulada por el espacio fase original. El desarrollo seminal fue propuesto por Bogoliubov y Mitropolski (1965),

¹⁴ Además, en este modelado se implica que las series de tiempo observadas son generadas por un macrosistema de ecuaciones diferenciales ordinarias que únicamente es intuido en este trabajo mediante sus efectos sobre el VaR.

el método consiste en la descomposición de la dinámica en medidas constantes. Desafortunadamente, la amplitud, $a^N(t)$, para series financieras es cambiante en el tiempo, por lo que no puede ser considerada como una medida constante.

Este problema es solucionado mediante el cálculo de las diferentes fases para cada trayectoria, considerándolas como un periodo completo variante en el tiempo. Estos eventos ocurren a un tiempo aleatorio t dado por una función de distribución o un proceso dinámico. De esta forma el sistema para cada índice es reducido a un simple proceso de puntos. Anishchenko *et al* (2007) definieron la fase instantánea (generalizando el trabajo de Bogoliubov y Mitropolski) de $x(t)$ como

$$\begin{aligned}\Phi^{DJIA}(t) &= \pi \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} + \pi k \\ &\vdots \\ \Phi^{SSE}(t) &= \pi \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} + \pi k,\end{aligned}\tag{4}$$

en donde $t_0 < t < t_1$, y k está dado por cada uno de los periodos al tiempo t . El proceso anterior define la composición de la fase, sin embargo el periodo queda definido en función de dos fases, por lo tanto (4) cambia a

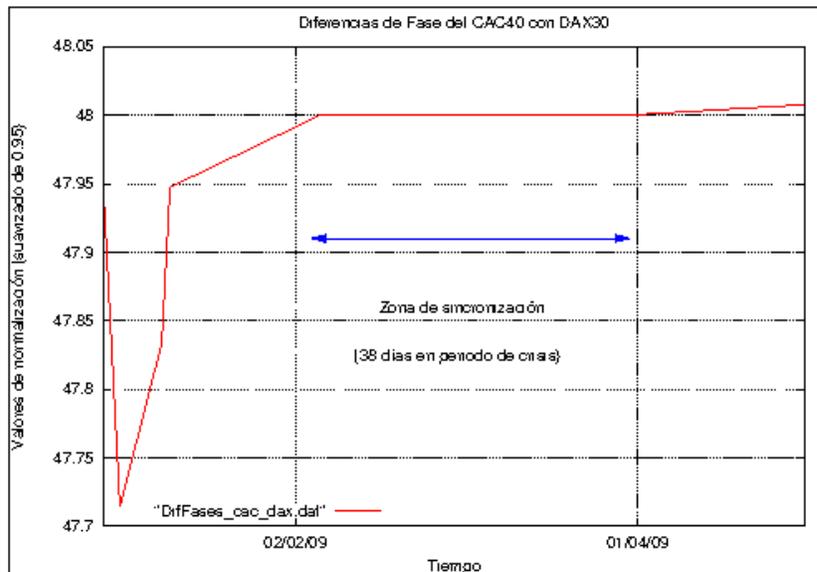
$$\begin{aligned}\Phi^{DJIA}(t) &= 2\pi \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} + 2\pi k, \\ &\vdots \\ \Phi^{SSE}(t) &= 2\pi \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} + 2\pi k,\end{aligned}\tag{5}$$

lo cual es una función lineal particionada en el tiempo.

Después de desarrollar el algoritmo anteriormente descrito para cada una de las series seleccionadas, se obtienen series suavizadas y normalizadas que muestran las fases del sistema. Estas fases representan las tendencias de largo plazo de cada uno de los mercados y muestran una fuerte sincronización entre sí.

Con el fin de conocer que tan acopladas se encuentran las fases, por tanto la sincronización de fase, considere un error de la forma 1. $\varepsilon = \Phi_n - \Phi_{n-1}$. El cual puede, o no ser, función del tiempo, para más detalles véase Ramírez (2007). Es importante destacar que las condiciones de sincronización están definidas por las propiedades estadísticas de las series que definen la fase y dará valiosa información sobre los extremos del proceso, este hecho es ilustrado en el Gráfico 6.

Gráfico 5. Diferencias de fase de la serie CAC40 y DAX30.



Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

Es importante hacer notar que la sincronización mostrada en el Gráfico 5, entre el CAC40 y DAX30, se mantiene constante por periodos de hasta 38 días, esto implica un diferencial de sincronización igual a cero. Este es un hallazgo importante, pues es consistente con lo reflejado en el análisis del VaR¹⁵ y lo más importante, sobre los excesos después de VaR.

La sincronización llega a ser tal, que los mínimos de las distintas particiones de la muestra también llegan a estar sincronizados para algunos mercados.¹⁶ En la siguiente sección del trabajo se puede adelantar que el conteo de veces que el proceso rebasa al VaR es una forma heurística de probar que la sincronización de fase refleja toda la estructura de dependencia del proceso, y se puede obtener la esperanza de los excesos después de VaR.

4. VaR y sincronización de fase

Una vez establecido formalmente el algoritmo mediante el cual se calculó la sincronización de fase de los sistemas, se mostrará que la sincronía mostrada en el análisis de fase corresponde a la estructura de dependencia general de los procesos estocásticos de cada mercado.

Ahora queda por demostrar que esta sincronización reduce (aunque no anula) los beneficios asociados a la diversificación internacional. Para ello, se

¹⁵ Aun cuando el VaR por definición es incapaz de detectar dependencia de orden superior.

¹⁶ Cuando los mínimos no son coincidentes, al menos están cercanos en el tiempo.

hará uso del difundido concepto de Valor en Riesgo. Su uso responde más a lo difundido de la metodología que a las propiedades estadísticas del mismo, pues es ampliamente sabido que el VaR no es una medida coherente de riesgo ni captura los efectos de cola analizados en éste trabajo, para más detalles véase Venegas (2008).

Para este trabajo, se hace uso del VaR histórico, pues a pesar de ser el más sencillo y ampliamente dependiente de la trayectoria, es el que mejor refleja las realizaciones de los índices, pues conserva íntegras las propiedades de la función de densidad empírica.¹⁷ Esta propiedad no es compartida por el VaR paramétrico, pues éste destruye por completo la sincronización de fase al suponer normalidad (pierde los efectos de las colas), mientras que el VaR Montecarlo puede incorporar este efecto al costo de parametrizar los efectos de las colas y la estructura de dependencia, por lo que sus resultados dependen ampliamente de la parametrización usada.

Para el cálculo del VaR se hizo una partición de la muestra en 3 periodos según la volatilidad promedio del sistema.¹⁸ Estos periodos van del 06 de enero de 2003 al 30 de Septiembre de 2007, del 1 de Octubre de 2007 al 30 de Abril de 2009 y del 01 de Mayo de 2009 al 29 de Marzo de 2012. En todos los casos se ha calculado el VaR histórico a 99% y 95% de confianza, ello con el fin de representar periodos de baja, media y alta volatilidad. Esta elección responde a la necesidad de comparar escenarios antes, durante y después de la crisis subprime.

A fin de hacer más precisa la medición, se realizó un conteo del número de ocasiones en que el proceso superó la barrera del VaR. Así como un cálculo del promedio histórico de la cola después de VaR (CVaR) y un registro de los mínimos y máximos dentro de cada partición. Estos controles permiten observar que los únicos beneficios remanentes de la diversificación son los pequeños porcentajes que algunos mercados mantienen por encima de los mínimos globales, aunque todos caen en montos similares y violan la frontera del VaR un número similar de veces.

Lo que resulta verdaderamente interesante, es el observar la sincronización de los máximos y mínimos, así como la cercanía de los CVaRs en las distintas particiones. Estas reflejan los resultados mostrados en el gráfico de la sincronización de fase (gráfico 5), enfatizando que la conservación de la estructura de dependencia de largo plazo; *i.e.* quitando el efecto de los noise traders; permite capturar los efectos de colas pesadas, agrupamiento de varianzas, tiempos de paro sobre la barrera¹⁹ y otras características que se han usado en otros trabajos.

A continuación, en las tablas 3, 4, y 5 se muestran los resultados del análisis de VaR histórico realizado a los rendimientos de los índices seleccionados. En ellos se muestra el efecto de la sincronización de fase en el control de riesgos de mercado.

¹⁷ Resulta equivalente la medición del riesgo de mercado mediante un VaR histórico de los rendimientos que de los niveles de los índices, para más detalles véase Venegas (2008).

¹⁸ Aunque los límites de las divisiones fueron discretos.

¹⁹ En este caso VaR.

Tabla 3. Excesos sobre el VaR, Máximos y mínimos para rendimientos de índices seleccionados en el periodo Enero 2003- Septiembre 2007.

| VaR de los rendimientos en un periodo de volatilidad media Enero de 2003 a Septiembre de 2007 | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|--------|---------|---------|-------|----------|---------|----------|
| | VAR 1% | CVaR | Excesos | VAR 5% | CVaR | Excesos | Máx. | Fecha | Mín. | Fecha |
| BOVESPA | -4.01% | -0.0526 | 10 | -2.71% | -0.0460 | 53 | 5.30% | 11/05/04 | -6.68% | 27/02/07 |
| BSE | -4.06% | -0.0745 | 10 | -2.22% | -0.0658 | 47 | 8.25% | 18/05/04 | -11.14% | 17/05/04 |
| CAC40 | -3.09% | -0.0431 | 9 | -1.80% | -0.0866 | 52 | 7.25% | 14/03/08 | -5.67% | 24/03/03 |
| DAX30 | -3.45% | -0.0471 | 10 | -1.97% | -0.0893 | 59 | 6.87% | 13/03/08 | -6.14% | 24/03/03 |
| DJIA | -1.99% | -0.0274 | 11 | -1.27% | -0.0238 | 55 | 3.59% | 17/03/08 | -3.61% | 24/03/03 |
| FTSE100 | -2.52% | -0.0860 | 10 | -1.49% | -0.0806 | 57 | 6.08% | 13/03/08 | -4.80% | 12/03/03 |
| IPC | -2.98% | -0.0428 | 11 | -1.93% | -0.0878 | 49 | 6.68% | 11/05/06 | -5.78% | 22/01/07 |
| NIKKEI | -3.19% | -0.0424 | 11 | -2.03% | -0.0865 | 58 | 3.67% | 19/09/07 | -5.42% | 17/08/07 |
| SP | -1.97% | -0.0271 | 11 | -1.35% | -0.0239 | 54 | 3.54% | 17/03/08 | -3.52% | 24/03/03 |
| Shanghai | -4.01% | -0.0628 | 11 | -2.15% | -0.0535 | 55 | 8.21% | 08/06/05 | -8.84% | 27/02/07 |

Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

En la Tabla 3 se muestra que, en general, los mercados seleccionados superaron la barrera de VaR en un número igual de veces, además de alcanzar mínimos y máximos en periodos cercanos en el tiempo. Las divergencias aquí mostradas refuerzan la evidencia empírica existente que indica que las buenas noticias son tomadas con mayores reservas que las malas, además de que ante la falta de volatilidad, los mercados parecen responder a coyunturas locales.

Tabla 4. Excesos sobre el VaR, Máximos y mínimos para rendimientos de índices seleccionados en el periodo Mayo 2009 Marzo de 2012.

| VaR de los rendimientos en un periodo de volatilidad media Mayo de 2009 a Marzo de 2012 | | | | | | | | | | |
|--|--------|----------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|---------|----------|
| | VAR 1% | Promedio | Excesos | VAR 5% | Promedio | Excesos | Máx. | Fecha | Mín. | Fecha |
| BOVESPA | -3.62% | -0.05738 | 6 | -2.37% | -0.05151 | 31 | 6.59% | 04/05/09 | -8.09% | 08/08/11 |
| BSE | -3.02% | -0.03442 | 5 | -2.21% | -0.03012 | 35 | 17.34% | 18/05/09 | -4.20% | 06/07/09 |
| CAC | -4.62% | -0.05113 | 6 | -2.61% | -0.04107 | 32 | 9.66% | 10/05/10 | -5.81% | 06/09/11 |
| DAX | -3.86% | -0.04845 | 7 | -2.44% | -0.04251 | 34 | 5.35% | 27/10/11 | -6.22% | 06/09/11 |
| DJIA | -3.25% | -0.04823 | 6 | -2.08% | -0.03736 | 31 | 4.24% | 30/11/11 | -5.55% | 08/08/11 |
| FTSE | -2.89% | -0.03684 | 7 | -2.08% | -0.03291 | 36 | 5.16% | 10/05/10 | -4.67% | 22/09/11 |
| IPC | -2.98% | -0.04300 | 7 | -1.85% | -0.03746 | 35 | 4.26% | 11/08/11 | -5.81% | 08/08/11 |
| NIKKEI | -3.35% | -0.06821 | 7 | -2.23% | -0.06253 | 34 | 5.68% | 16/03/11 | -10.55% | 15/05/11 |
| Shanghai | -4.74% | -0.05649 | 7 | -2.46% | -0.04495 | 36 | 4.79% | 08/09/09 | -6.74% | 31/08/09 |

Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

En la Tabla 4 se hace patente que los mercados comienzan a sincronizarse ante la expectativa de volatilidad, esto se observa en la mayor cercanía de las fechas de ocurrencia de máximos y mínimos. Además de un desplazamiento a la izquierda (menores valores) tanto de la frontera del VaR como de los mínimos registrados en el periodo. Esta tendencia será exacerbada en periodos de alta volatilidad, lo cual puede observarse en la siguiente tabla.

Tabla 5. Excesos sobre el VaR, Máximos y mínimos para rendimientos de índices seleccionados en el periodo Octubre de 2007-Abril de 2009.

| VaR de los rendimientos en un periodo de volatilidad media Mayo de 2009 a Marzo de 2012 | | | | | | | | | | |
|--|--------|----------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|---------|----------|
| | VAR 1% | Promedio | Excesos | VAR 5% | Promedio | Excesos | Máx. | Fecha | Mín. | Fecha |
| BOVESPA | -3.62% | -0.05738 | 6 | -2.37% | -0.05151 | 31 | 6.59% | 04/05/09 | -8.09% | 08/08/11 |
| BSE | -3.02% | -0.03442 | 5 | -2.21% | -0.03012 | 35 | 17.34% | 18/05/09 | -4.20% | 06/07/09 |
| CAC | -4.62% | -0.05113 | 6 | -2.61% | -0.04107 | 32 | 9.66% | 10/05/10 | -5.81% | 06/09/11 |
| DAX | -3.86% | -0.04945 | 7 | -2.44% | -0.04251 | 34 | 5.35% | 27/10/11 | -6.22% | 06/09/11 |
| DJIA | -3.25% | -0.04323 | 6 | -2.08% | -0.03736 | 31 | 4.24% | 30/11/11 | -5.55% | 08/08/11 |
| FTSE | -2.89% | -0.03684 | 7 | -2.08% | -0.03291 | 36 | 5.16% | 10/05/10 | -4.67% | 22/09/11 |
| IPC | -2.96% | -0.04300 | 7 | -1.85% | -0.03746 | 35 | 4.26% | 11/08/11 | -5.81% | 08/08/11 |
| NIKKEI | -3.35% | -0.06821 | 7 | -2.23% | -0.06253 | 34 | 5.68% | 16/03/11 | -10.55% | 15/03/11 |
| Shanghai | -4.74% | -0.05649 | 7 | -2.46% | -0.04495 | 36 | 4.79% | 08/09/09 | -6.74% | 31/08/09 |

Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

La muestra analizada en la Tabla 5 coincide con el punto culminante de la crisis hipotecaria, en ella se puede observar que tanto los valores del VaR como los mínimos se cargan hacia la izquierda, además de una sincronización temporal casi perfecta en los tiempos de ocurrencia de los mínimos (exceptuando la bolsa de Shanghai SSE la cual coincide con el índice BSE30 y el índice DAX30). Este comportamiento coincide con la sincronización de fase mostrada en el Gráfico 5, alrededor del mes de octubre de 2008. Lo más importante de esta tabla es que aporta evidencia empírica que soporta la idea de una significativa reducción de los beneficios de la diversificación internacional.

Al respecto es importante aclarar que esta diversificación no desaparece dados los distintos rendimientos de cada bolsa aún en momentos de crisis, por lo que es importante considerar factores como la volatilidad del tipo de cambio, el riesgo país y la tasa libre de riesgo del país anfitrión. Conforme Bogoliubov y Mitropolski (1965) de cualquier modo, resulta llamativa la similitud de las fronteras del VaR de los mercados seleccionados durante el periodo álgido de la crisis.

Tal vez, el punto más importante de la investigación radica en que la sincronización de fase de los mercados aumenta ante periodos de volatilidad (las fronteras del VaR, los máximos y mínimos, así como los excesos sobre VaR son más parecidos), lo que es congruente con los agrupamientos de volatilidad, existencia de colas pesadas y la idea de un macrosistema que sobreesee los mercados locales en momentos de miedo.

Al igual que con los mínimos, máximos y VaR, los valores promedio después de VaR de los mercados seleccionados son muy parecidos. Sobre todo en el periodo más álgido de la crisis *subprime*. Este comportamiento es congruente con el resto de la evidencia empírica presentada en el trabajo y puede ser tomado como una variable latente sobre la caída en la independencia de los mercados locales cuando la volatilidad de los mercados aumenta.

En efecto, la caída simultánea entre los diferenciales del CVaR para los distintos mercados es un buen indicador de la sincronización entre los mismos pues

indica que se alcanzan valores de cola al mismo tiempo en distintos mercados, aunque no mide ni el tamaño de la cola ni la dependencia conjunta.

Esta afirmación es cierta aún para el mercado de Shanghai, que muestra sincronía con BSE30 y DAX30, el cual ha demostrado ser el de mayor divergencia respecto al resto del sistema, pues aunque parece estar fuertemente determinado por variables locales, también responde a los vaivenes internacionales. Las razones de su relativa independencia, además de sus implicaciones quedan como posibles líneas de investigación.

5. Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha aportado evidencia empírica sobre la integración de fase de distintos mercados de capitales seleccionados usando una técnica de control de caos llamada sincronización de fase. A lo largo del trabajo se ha demostrado que esta sincronización tiende a aumentar cuando aumenta la volatilidad de los mercados, lo que sugiere que los mercados locales están determinados tanto por variables coyunturales locales (que pierden significancia ante aumentos de la volatilidad) como por variables clave globales cuya determinación queda fuera del alcance de este trabajo, aunque ésta queda como una posible línea de investigación.

A lo largo del trabajo, también se plantea que la existencia de “ruido” sobre las series principales de cada mercado se debe a la existencia de agentes económicos cuyas capacidades de análisis o carencia de información los lleva a respuestas variadas que divergen; únicamente en el corto plazo; de la tendencia general del mercado. Estos agentes son los llamados *noise traders* planteados en otras investigaciones. Al parecer, el número de estos agentes aumenta significativamente en momentos de volatilidad del mercado.

Es importante mencionar que la presencia de sistemas caóticos es un desafío para la sincronización, aunque es posible plantear una técnica de filtrado, la cual puede suavizar las series. Dada la severidad del sesgo de selección del filtrado, es innegable que las tendencias de largo plazo sobreviven al filtrado en función a su duración. Esto implica que las tendencias de largo plazo de los mercados; analizadas en este trabajo; sobrevivirán aún a filtrados demasiado severos. En última instancia, la severidad del filtrado elimina las pequeñas tendencias inducidas por los *noise traders* planteados previamente.

Del mismo modo, se puede concluir que la sincronización de los mercados de capitales internacionales reduce el atractivo de la diversificación internacional (dejando únicamente la diversificación entre industrias) como forma de control de riesgo en un entorno de alta volatilidad. Se demostró que aun una medida no coherente de riesgo, aunque respetuosa de la estructura de dependencia empírica de la muestra, como el VaR histórico, es capaz de percibir este efecto de sincronización al plantear fronteras de VaR similares para los mercados seleccionados.

A fin de evitar el sesgo de selección inducido por el uso de una medida no coherente de riesgo como el VaR, se obtuvieron máximos y mínimos, así como sus fechas; para los rendimientos de los mercados seleccionados, mostrando una sincronía creciente en función a la volatilidad de las muestras. Esto no es una

cuestión menor, pues plantea a los distintos mercados de capitales como distintas realizaciones de un mismo “macromercado” que sobreesee a los mercados locales en momentos de incertidumbre. Más aun, las fases de los índices seleccionados parecen responder a los mismos factores de un sistema rector global, el cual no necesariamente responde a un solo mercado.

Dado que la existencia de máximos y mínimos similares no es evidencia suficiente para aceptar que la sincronización mostrada a lo largo del trabajo reduce el atractivo de la diversificación internacional en el control de riesgos de mercado, se muestran los valores esperados empíricos de las colas después de VaR. Estos valores resultan, de nuevo, muy similares entre los mercados seleccionados, sobre todo en el periodo de 2007 a 2009.

Aunque parezca paradójico, uno de los principales productos de este trabajo es el planteamiento de nuevas interrogantes; y con ellas líneas de investigación. Entre ellas, los determinantes de la independencia relativa de algunos mercados como el de Sahngai, la relación de esta sincronización con algunas variables fundamentales globales, o la relación de la sincronización con los premios al riesgo, tipo de cambio o tasas libres de cada mercado local y su relación con los mercados de derivados.

Independientemente de estas nuevas preguntas, este trabajo presenta evidencia empírica importante sobre la integración de los mercados internacionales de capitales y con ello la sincronización de sus riesgos de mercado. Lo que invita a una reflexión sobre el concepto de diversificación y sus fuentes.

Bibliografía

- Ahmed, S, B. W. Ickes, P. W. Yoo, and B. S. Yoo (1993). International Business Cycles. *The American Economic Review*. 83(3), pp. 335-359.
- Anishchenko, V., V. Astakhov, A. Neiman, T. Vadivasova and L. Schimansky-Geier (2007) Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems.
- Ayhan, K., M., C. Otrók, and C. H. Whiteman (2003). International Business Cycles: World, Region, and Country specific Factors. *The American Economic Review*. 93(4), pp. 1216-1239.
- Baele, L., and K. Inghelbrecht (2009). Time varying Integration and International diversification Strategies. *Journal of Empirical Finance*. 16(3), pp 368 - 387.
- Bartram, S., S. Taylor, and Y. Wang (2007). The Euro and European Financial Market Dependence. *Journal of Banking and Finance*. 31(5), pp 1461 - 1481.
- Bekaert, H., and C. Lundblad (2001). Does Financial Liberalization Spur Growth?. Nber Working Papers. 45pp.
- Bogoliubov, N. N., and Y. A. Mitropolski. Asymptotische Methoden in der Theorie der nicht-linearen Schwingungen. VEB, Leipzig 1965.
- Branger, N., K. Holger, and M. Christoph. (2009). Partial Information about Contagion Risk and Portfolio Choice. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1633479>
- Campa, J. M., and N. Fernandes. (2006). Sources of gains from international portfolio diversification. *Journal of Empirical Finance*. 13, pp 417-443.
- Chorafas, D. N. (1994). Chaos Theory in the Financial Markets. McGraw Hill.
- De Long, J. D., A. Shleifer, L. H. Summers, and R. J. Waldmann. (1990). Noise Trader Risk in Financial Markets. *Journal of Political Economy*. 98(4), pp. 703-738.
- Edwards, S. (2001). Capital Mobility and Economic Performance: Are Emerging Economies Different?. NBER Working Paper No. 8076 (Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research).
- Eiling, E., G. Eiling, E. Gerard, B. Frans, and R. Frans. (2007). Asset Allocation in the Eurozone: Industry or Country Based?. Working Paper

- Guegán, D. (2007). Chaos in Economics and Finance. *Annual Reviews in Control*. 33(1), pp 89-93.
- Haglund, M. (2010). Higher Moment Diversification Benefits of Hedge Fund Strategy Allocation. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*. 16(1), pp. 53-69
- Hamilton J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press, New Jersey.
- Hernandez-Garcia , E., C. Masoller, C. R. Mirasso (2002). Anticipating the Dynamics of Chaotic Maps. *Physics Letters A*, pp. 39]43.
- Isakov, D., and B. Morard (2001). Improving Portfolio Performance with Option Strategies: Evidence from Switzerland. *European Financial Management*. 7(1), pp 73-91.
- Kose M., E. Prasad, and M. Terrones (2003). Financial Integration and Macroeconomic Volatility. IMF Working Paper WP/03/50. 28 pp.
- Le Baron, B. (1994). Chaos and Non Linear Forecastability in Economics and Finance. Wisconsin University Working papers, 16 pp.
- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*. 7(1), pp 77-91
- Masoller, C., and A. Marti (2005). Random Delays and Synchronization of Chaotic Maps. *Physical Review Letters*. 94(13).
- Morana, C., and A. Beltratti (2002). The Effects of the Introduction of the Euro on the Volatility of European Stock Market. *Journal of Banking and Finance*. 26, pp 2047-2064.
- Quinn, D. (1997). The Correlates of Change in International Financial Regulation. *American Political Science Review*. 91, pp. 531-551.
- Ramirez, F. (2007). Motores Brownianos: Transporte, Caos y Sincronizacion. CopIt ArXives. pp 41-63.
- Rodrik, D. (1998). Who Needs Capital-Account Convertibility, (Working paper; Cambridge, Mass.: Harvard University).
- Standard & Poors (2009). Index Mathematics; index methodology. October 2009. pp. 45.
- Stiglitz, J. (2000). Capital Market Liberalization, Economic Growth, and Instability. *World Development*. 28(6), pp. 1075-1086.
- Ukhov, A., and C. Trzcinka. (2006). Financial Globalization and Risk Sharing: Welfare Effects and the Optimality of Open Markets. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=682821>
- Venegas-Martínez, F. (2008). Riesgos económicos y financieros, decisiones económicas bajo incertidumbre. Cengage.
- Wiggins, S. (2003). *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*. Springer-Verlag New York.
- Williamson, J. (1993). Development and the "Washington Consensus"; *World Development*, 21, pp 1239-1336.