

XV
CONGRESO
INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA
ADMINISTRACIÓN
E
INFORMÁTICA





CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

INTEGRACIÓN FRACCIONARIA Y VALOR EN RIESGO

Área de Investigación: Nombre del Área de Investigación, subrayado a 11 pt. Arial

AUTORES

Dr. Francisco López Herrera 1

Doctorado

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Contaduría y Administración

+52 55 5622 8494

francisco_lopez_herrera@yahoo.com.mx

Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, México, D.F.

Dr. Edgar Ortiz Calisto 2

Doctorado

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales

+52 55 56581949

edgaro@servidor.unam.mx

Circuito Mario de la Cueva S/N, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, México D.F.

Dr. Raúl de Jesús Gutiérrez 3

Doctorado

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Economía

+52 722 2149411

rjg2005mx@yahoo.com.mx

Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria, 50110, Toluca, México.

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

RESUMEN

INTEGRACIÓN FRACCIONARIA Y VALOR EN RIESGO

Área de investigación:

Estudios sobre la volatilidad de los mercados accionarios han resaltado recientemente los problemas relacionados con la correlación cambiante de sus precios en el tiempo así como sus implicaciones en el comportamiento estocástico de los rendimientos. Varios modelos y marcos empíricos se han aplicado; sin embargo, se han concentrado en el caso de países desarrollados. Aun más, los modelos que se han aplicado anteriormente para mercados emergentes han omitido estudiar el caso de la presencia de memoria larga en los rendimientos accionarios. Finalmente, en la literatura financiera reciente también se ha omitido el examen de la posible presencia de series autorregresivas fraccionalmente integradas. El presente estudio amplia dichas perspectivas. Para analizar la volatilidad del índice del mercado accionario mexicano (IPC) se emplean modelos de la familia ARCH y para modelos los rendimientos se recurre a la especificación de un modelo AFIRMA (autoregressive fractionally integrated moving average). Se efectúan diversas estimaciones, suponiendo diferentes distribuciones para los errores (distribuciones normal, t de Student y t de Student sesgada. La presencia de memoria larga, o dependencia en el tiempo de los rendimientos, indica la presencia de autocorrelaciones significativas entre las observaciones de los rendimientos. Esto implica que es posible predecir los precios futuros y que se pueden realizar ganancias extraordinarias, contrario a lo que señala la teoría de los mercados eficientes. Igualmente, en términos de la administración y análisis del riesgo pérdidas potenciales estarían también vinculadas al comportamiento de memoria larga y memoria corta de la volatilidad y rendimientos de los activos de un mercado. Así, la predicción de pérdidas potenciales identificando el comportamiento de memoria larga y corta para los rendimientos y volatilidad de un activo debe producir resultados más conservadores y confiables que los obtenidos con la aplicación de las metodologías tradicionales de Valor en Riesgo (VaR). Integrando los avances anteriores sobre el análisis de riesgo el presente trabajo examina el comportamiento de memoria larga de los rendimientos diarios del índice de precios y

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores. Los estimados de Valor en Riesgo con el horizonte de un día, en base a los resultados de memoria larga respecto a la varianza se calculan internamente y son validados con la metodología de prueba de backtesting para el caso de posiciones larga y corta. El período analizado va de enero de 1983 a diciembre de 2009.

Palabras clave: Valor en Riesgo, Administración de riesgos, econometría financiera, modelos ARFIMA

PONENCIA

INTEGRACIÓN FRACCIONARIA Y VALOR EN RIESGO

Área de investigación:

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas tres décadas, la volatilidad ha sido considerada como una de las variables más importantes en las diversas aplicaciones financieras, particularmente en aquellas relacionadas con la administración de riesgos, el análisis de portafolios de inversión y la valuación de activos financieros y productos derivados. La precisión en el pronóstico de la volatilidad puede coadyuvar a los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión al momento de la asignación de recursos en mercados financieros altamente volátiles, en el desarrollo de mecanismos de cobertura óptima y eficientes modelos de fijación de precios de activos financieros y productos derivados, así como en la implementación de estrategias idóneas para la administración de riesgos. De esta manera, el interés, de parte de los investigadores y analistas financieros, por el modelado de la volatilidad ha crecido impresionante en los últimos años, a tal grado que una gran cantidad de modelos estadísticos han sido desarrollados a fin de capturar el comportamiento dinámico de la volatilidad condicional de los rendimientos de las series financieras.

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

En la práctica, existe una amplia variedad de modelos de volatilidad condicional, aunque los modelos econométricos más tradicionales y frecuentemente utilizados en el análisis de las series financieras pertenecen a la familia ARCH-GARCH (Engle, 1982 y Bollerslev, 1986). Ambos modelos recogen adecuadamente la volatilidad en aglomeraciones y la leptocurtosis; fenómenos comúnmente observados en los datos financieros de frecuencia alta. Sin embargo, la presencia de movimientos extremos o atípicos en los mercados financieros ha reducido el potencial de esta clase de modelos para capturar totalmente el exceso de curtosis observado en las colas de la distribución de rendimientos, generalmente derivados de choques económicos y crisis financieras e incluso de auges económicos que habitualmente experimentan los mercados emergentes. De hecho, sólidas investigaciones financieras han confirmado durante décadas que las distribuciones empíricas de los rendimientos accionarios tienen formas más picudas y colas más anchas que la distribución normal, como consecuencia del exceso de curtosis (Mandelbrot, 1963; Fama, 1965; Bollerslev *et al.*, 1992; Baillie y de Genaro, 1990; Fang y Lai 1997; Kearns y Pagan, 1997). No obstante, la omisión del fenómeno de colas anchas, leptocurtosis y la forma apropiada de la distribución de rendimientos puede generar significativos sesgos en la estimación del valor en riesgo (por sus siglas en inglés VaR¹) y, con ello, insuficientes requerimientos de capital para hacer frente a pérdidas potenciales por cambios inesperados en las posiciones de mercado tomadas por las instituciones financieras.

En consecuencia, múltiples distribuciones han sido sugeridas por la literatura financiera para explicar adecuadamente el efecto del exceso de curtosis en la predicción de la volatilidad condicional y estimación exacta del VaR en los mercados accionarios. Para relajar este problema varios estudios empíricos proponen el uso de la distribución t-student y la distribución de error generalizada (DEG) para capturar los eventos extremos. Aplicando un modelo de cambio de régimen multivariado Billio y Pelizzon (2000) encontraron evidencia de que la especificación en el cambio de régimen es más eficiente para la estimación del VaR que los modelos de RiskMetrics y GARCH, empleando distribuciones condicionales con innovaciones

¹ El valor en riesgo de una posición de mercado o portafolio representa la máxima pérdida monetaria que un agente económico puede experimentar durante un horizonte de tiempo, generalmente de un día o 10 días, con un nivel de confianza.

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

normales y t-student para el caso de varias acciones que cotizan en el mercado accionario de Italia. Angelidis, Benos y Degiannakis (2004) evalúa el desempeño de una familia de modelos ARCH bajo diversos supuestos distribucionales (normal, t-student y DEG) y diferentes tamaño de muestras; sus resultados confirman que las distribuciones leptocurticas pueden proporcionar mejores estimaciones del VaR en portafolios perfectamente diversificados de cinco índices accionarios. Para el caso de los mercados accionarios y de futuros de Taiwán Huang y Lin (2004) analizan el desempeño de las medidas VaR basadas en los modelos RiskMetrics y APARCH; los resultados empíricos confirman que los rendimientos financieros que exhiben propiedades de colas anchas y volatilidad en aglomeraciones, las medidas VaR basadas en el modelo APARCH-t-student son más conservadoras que las medidas VaR basadas en la distribución condicional normal para altos niveles de confianza. Asimismo, So y Yu (2006) obtienen resultados similares aplicando los modelos RiskMetrics, GARCH, IGARCH y FIGARCH con errores normales y t-student. No obstante, aplicando el modelo APGARCH (Asimetric Power GARCH) a tres familias GARCH para el caso de los índices accionarios TOPIX de Japón, Ané (2006) encuentra evidencia significativa de que el modelo bajo innovaciones normales y t-student no contribuye lo suficiente para mejorar el desempeño de las medidas VaR.

Pese a que la mayoría de los modelos antes mencionados poseen el potencial suficiente para capturar la volatilidad en aglomeraciones y la leptocurtosis observada en las series financieras de frecuencia alta, sin embargo, son inapropiados para explicar los diferentes niveles de asimetría observados en los rendimientos financieros. El fenómeno del sesgo o asimetría ha sido reconocido ampliamente en la literatura financiera empírica como una característica distribucional común en los rendimientos de los índices accionarios y movimientos en los tipos de cambio. Estudios pioneros sobre el problema atribuyeron esta regularidad al efecto de apalancamiento, el cual ocurre cuando la correlación es relativamente negativa entre los cambios en los precios accionarios y la volatilidad (Black, 1976; Christie, 1982). Con respecto a otra línea de investigación, Campbell y Hentschel (1992) señalan que el efecto de reacción de la volatilidad es considerado el principal factor para explicar la relación negativa entre los choques en los rendimientos y la volatilidad. En otras palabras, un incremento anticipado en el riesgo



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

asumido no sólo conlleva a demandar una alta prima sobre la acción, sino también una caída inmediata en el precio de la misma.

Por todo lo anterior, para solucionar el problema del efecto de apalancamiento en la predicción de la volatilidad condicional de los rendimientos financieros, varias alternativas al modelo GARCH han sido propuestas en la literatura financiera. Entre los más importantes se pueden mencionar a los modelos EGARCH, GJR, APARCH y TGARCH introducidos por Nelson (1991), Glosten **et al.** (1993), Ding **et al.** (1993) y Zakorian (1994). De acuerdo con la hipótesis de reacción de la volatilidad al signo de las innovaciones pasadas, Nelson (1991) y Glosten **et al.** (1993) continúan sustentando la existencia de una relación negativa entre los rendimientos accionarios esperados y su volatilidad condicional. Así, los efectos del sesgo y apalancamiento observados en los rendimientos accionarios juegan un papel importante en la predicción de la volatilidad condicional.

Por su parte, el problema de la asimetría en el contexto de la administración de riesgos ha sido considerado por Brooks y Persaud (2003), quienes demuestran que los modelos que toman en cuenta la asimetría, ya sea en la distribución incondicional de rendimientos o en la especificación de la volatilidad proporcionan mejores estimaciones del VaR en los mercados accionarios, en particular en mercados emergentes. Otras investigaciones financieras que confirman que los modelos flexibles continúan siendo apropiados para proporcionar predicciones exactas de la volatilidad incluyen a Vilasuso (2002), Hansen y Lunde (2003) y Giot y Laurent (2003a). Sin embargo, existe en la literatura números estudios que sugieren que la distribución condicional de rendimientos no sólo puede ser leptocurtica, sino también asimétrica. Por ejemplo, Fernandez y Steel (1998) proponen la distribución sesgada t-student sesgada para la modelación de la curtosis y la asimetría, y que más tarde se extendió a modelos GARCH y EGARCH por Lambert y Laurent (2001, 2001), con fin refinar el potencial predictivo de la volatilidad en mercados accionarios internacionales.

Además, Giot y Laurent (2003a, 2003b) señalan que el modelo APARCH basado en la distribución sesgada t-student alcanza el mejor desempeño que los modelos simétricos, esto es, en la predicción de la volatilidad condicional y estimación del VaR para las posiciones corta y larga de tres mercados accionarios internacionales y mercados materias primas. Otras

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

investigaciones financieras más reciente que ha adoptado la distribución sesgada t-student para analizar las principales características de los rendimientos accionarios, tales como leptocurtosis, asimetría, volatilidad en aglomeraciones y la relación asimétrica entre los rendimientos accionarios y la volatilidad condicional, así como la dinámica no lineal de la volatilidad en las tasas de interés de corto plazos en el marco de la familia GARCH incluyen a Degiannakis (2004), Angelidis y Degiannakis (2005), Bali (2007), Bali y Theodossiou (2007), Alberg (2008) y Mokni et al. (2009).

Por otra parte, otro de los problemas trascendentales que preocupa a los analistas financieros e investigadores es que a menudo la volatilidad de los rendimientos accionarios revela propiedades de memoria larga, esto es, una relación de dependencia existente entre los rendimientos accionarios pasados y futuros. Por ello, la información que generan los mercados accionarios es asimilada lentamente por el mercado. A pesar de que existe una seria discusión sobre la presencia de memoria larga en las series financiera, el comportamiento de este fenómeno en los mercados especulativos está bien documentada (Granger, 1980; Granger y Joyeux, 1980; Hosking, 1981; Ding et al., 1993; Ballie, 1996; Baillie et al., 1996; Mandelbrot, 1997). Además, investigaciones recientes reconocen que la memoria larga observada en los rendimientos accionarios se atribuye a dos fuentes fundamentales: a cambios estructurales poco frecuentes o a cambios de régimen estocásticos (Granger y Teräsvirta, 1999; Diebold y Inoue, 2001; Granger y Hyung, 2004).

Por su parte, el efecto de memoria larga en los rendimientos accionarios y volatilidad tiene implicaciones importantes en la fijación de precios de activos financieros y productos derivados, la selección de portafolios óptimos y en la administración del riesgo financiero, de acuerdo con las investigaciones realizadas por Poon y Granger (2003) y Lima y Xiao (2010). Por ejemplo, el efecto de la memoria larga en los rendimientos reduce la eficiencia de los métodos martingala para obtener primas de opciones más justa. Asimismo, la propiedad de memoria larga es inconsistente con los métodos estadísticos tradicionales para determinar el riesgo sistemático, también conocido el factor beta, es decir, el modelo de fijación de precios de activos de capital (por su siglas en inglés CAPM) deja de ser válido ante la presencia memoria larga.

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

MEMORIA LARGA Y SU ESTIMACIÓN EMPÍRICA

La posible presencia de memoria larga en los rendimientos y volatilidad de los mercados accionarios ha recibido gran atención en la literatura financiera en las últimas décadas. Su existencia indica que la información presente está altamente correlacionada con información pasada en distintos niveles; esto es, las realizaciones de las series no son independientes en el tiempo de tal manera que rendimientos distantes influyen en realizaciones futuras: Esto facilita la predicción y abre la posibilidad de obtener utilidades especulativas, al contrario de lo que afirma la teoría de los mercados eficientes;. Otra implicación importante concierne a la aplicación de modelos de análisis y administración del riesgo que requieren de series de varianzas, como es el caso del Valor en Riesgo (VaR). La identificación del comportamiento de memoria larga en los rendimientos y volatilidades de los activos financieros que son parte de un portafolio de inversión debe producir resultados más conservadores y confiables que los obtenidos con la medición del VaR sino se toma en cuenta la presencia de memoria larga en la distribución de los rendimientos.

Un enfoque importante para detectar la presencia de memoria larga ha sido el de los modelos de series de tiempo ARMA con integración fraccionaria (ARFIMA), introducidos por Granger (1980) y Granger y Joyeux (1980). La evidencia presentada en cuanto a la existencia de memoria larga en los rendimientos accionarios es mixta; por ejemplo, Mills (1993) muestra evidencia de su presencia en el mercado estadounidense, en tanto que Lo (1991), ofrece evidencia contraria. Por lo tanto, se puede decir que en general, la existencia de memoria larga en los mercados desarrollados sigue siendo un debate abierto, pues hay evidencia significativa de memoria larga en las volatilidades de los rendimientos de esos mercados. La evidencia sobre los mercados emergentes confirma, aunque con algunas excepciones, la presencia de memoria larga, tanto en los rendimiento como en las volatilidades. Baillie y Kapetanios (2005) identifican varios mercados en los cuales se observan efectos de memoria larga. Otros estudios sobre memoria larga, con énfasis en los rendimientos accionarios, incluyen Lobato y Savin (1998), Barkoulas, Baum y Travlos, (1991), Tolvi (2003), Caporale y Gil-Alana (2004), Lux y



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

Kaizoji (2007), Gil-Alana (2006). Lo (1991), Crato y de Lima (1994), Lobato y Savine (1998) y Caporale y Gil_Alana (2004) no encuentran evidencia de memoria larga

Cabe realzar el estudio de Huang and Yang (1999) acerca de los índices NYSE y NASDAQ. Utilizando datos intradía y aplicando una técnica modificada de R/S, Huang y Yang comprueban la existencia de memoria larga en estos dos mercados. De manera similar, Conrad (2007) utiliza especificaciones FIGARCH y HYGARCH y también encuentra efectos significativos de memoria larga en la volatilidad del mercado de valores de Nueva York (NYSE). Finalmente, Cuñado, Gil-Alana, y Pérez de Gracia (2008) exploran el comportamiento del índice S&P 500 para el período agosto de 1928 a diciembre de 2006. Sus resultados sugieren que los cuadrados de los rendimientos presentan un comportamiento de memoria de largo plazo. Su evidencia también indica que la volatilidad es mas persistente en los mercados a la baja que en los mercados al alza.

Lo (1991), y Cheung y Lai (1995), Yamasaki *et al* (2005), y Wang *et al* (2006) no encuentran evidencia de memoria larga en una muestra de acciones de Estados Unidos. Mills, (1993) muestra evidencia de memoria larga para una muestra mensual de rendimientos del mercado de valores del Reino Unido. Igualmente, Andreano (2005) aplicando la metodología de Bollerslev y Jubinski (1999) encuentra evidencia de la presencia de memoria larga en los rendimientos del mercado de valores de Milán para una muestra que va de enero de 1999 a septiembre de 2004. Igualmente, Tolvi (2003) reporta evidencia de memoria larga en el caso del mercado de valores de Finlandia. Lillo y Farmer (2004) demuestran que para el mercado de valores de Londres que los signos y orden de las series obedecen a un proceso de memoria larga. Al contrario, Lobato y Savin (1997) no encuentran evidencia de memoria larga para el índice S&P. usando series diarias, para una muestra de julio 1962 a diciembre 1994. No obstante, usando los cuadrados de los rendimientos diarios, Lobato y Savin (1997), Barkulas, Baun y Travlos (2000) encuentran evidencia de memoria larga, lo que confirma las conclusiones de Ding *et al* (1993), quienes afirman que los rendimientos y volatilidad de los mercados financieros pueden ser bien descritos por los procesos de memoria larga. Sin embargo, alimentando la controversia en resultados Sadique y Silvapulle (2001) presentan resultados

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

mixtos al examinar una muestra de seis países: Japón, Corea, Malasia, Singapur, Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos. Sus resultados sugieren que los rendimientos de los mercados de Corea, Malasia, Singapur y Nueva Zelanda, básicamente mercados emergentes, muestran dependencia de largo plazo. Evidencia similar es presentada por Henry (2002) en su investigación de dependencia a largo plazo en los rendimientos de los índices de nueve mercados. Henry encontró evidencia de memoria larga en cuatro mercados, dos de ellos desarrollados, Alemania y Japón, y en los mercados de Corea del Sur y de Taiwan; pero no encontró memoria larga en los mercados de Estados Unidos, Reino Unido, Singapur, Hong Kong y Australia.

De hecho, en el caso de los mercados de capital emergentes, congruente con su menor nivel de eficiencia, la evidencia, en general, confirma la existencia de memoria larga en la mayoría de los mercados analizados. Assaf (2004, 2006), Assaf y Cavalcante (2005), Bellalah *et al* (2005), Kilic (2004), and Wright (2002) aplican un modelo FIGARCH para determinar dependencia a largo plazo en la volatilidad de cinco mercados emergentes (Egipto, Brasil, Kuwait, Túnez, Turquía) y Estados Unidos. En todos los caso los FIGARCH estimados producen un parámetro de larga memoria muy significativo, confirmando la presencia de memoria larga en la volatilidad de estos mercados. Jayasuriya (2009) encuentra memoria larga en la volatilidad de los rendimientos en una amplia muestra de de 23 mercados emergentes y de frontera de varias regiones. Aplicando un modelo EGARCH de integración fraccionaria su evidencia revela memoria larga para la muestra completa que comprende enero de 2000 a octubre de 2007. Sin embargo no encuentra evidencia de memoria larga en un análisis por sub períodos, particularmente el más reciente para gran parte de los mercados analizados, indicando un tendencia hacia la eficiencia derivado de su desarrollo y de la competitividad bursátil mundial.

Los análisis de los mercados de valores emergentes a nivel individual arrojan similares resultados con algunas excepciones notables. DiSario *et al* (2008) y Kasman y Torun (2007) evidencian la existencia de memoria larga en los rendimientos y volatilidad del mercado de Estambul. No obstante, aplicando métodos paramétricos FIGARCH y no paramétricos Kili (2004) encuentra evidencia opuesta a la que generalmente se reporta sobre mercados

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

emergentes, incluyendo el caso de Turquía. Su estudio revela que los rendimientos diarios no poseen características de memoria larga; sin embargo, como en el caso de mercados de capitales desarrollados su estudio evidencia una dinámica de memoria larga en la varianza condicional, la que puede ser adecuadamente modelada con el modelo FIGARCH. Kurkmaz, Cevic y Özatac (2009) confirman estos resultados. Usando pruebas de ruptura estructural en la varianza y el modelo ARFIMA-FIGARCH ellos no encuentran evidencia de memoria larga en los rendimientos, pero si en la volatilidad.

En relación a mercados emergentes asiáticos,. Cajueiro y Tabak (2004) demuestran que los mercados de Hong Kong, Singapur y China presentan dependencia de largo plazo en sus rendimientos, hecho que ha sido confirmado para el caso de China; analizando el índice del mercado Shenzhen de China, Lu, Takao e Ito (2008) encuentran evidencia significativa que señala la presencia de memoria larga y falta de eficiencia en dicho mercado. Aplicando modelos fracionariamente integrados , Cheong (2007; 2008) evidencia memoria larga en los rendimientos absolutos, rendimientos al cuadrado y la volatilidad del mercado de valores de Malasia, También investigando el mercado de Kuala Lumpur para el período 1992 a 2002, Cajueiro y Tabak (2004) encuentran memoria larga en su volatilidad, encontrando un índice de Hurst de 0.628. Cheong *et al* (2007) comprueban con modelación GARCH la presencia de asimetría y memoria larga en la volatilidad también para el Kuala Lumpur Stock Exchange usando datos diarios para el período 1991-2005, con cuatro subperíodos. Tan, Cheong y Yeap (2010) también reportan memoria larga en el mercado de Malasia. Aplicando el modelo de Geweke y Porter-Hudak (1983) los autores encuentran que durante 1985-2009 en que tuvieron lugar varios periodos al alza y a la baja, el comportamiento de memoria larga fue persistente durante los primeros períodos, anteriores a la crisis de 1997. Finalmente, en el caso de India,, examinando series de volumen de operación Kumar (2004) comprueba la presencia de memoria larga. Debido a la heterocedasticidad condicional en las series, Kumar aplica modelos ARFIMA.GARCH obteniendo resultados robustos sobre la presencia de memoria larga. Igualmente, Banerjee y Sahadeb (2006) encuentran evidencia de memoria larga en este

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

mercado analizando data del índice SENSEX. En su estudio el modelo de integración fraccionaria GARCH es el que mejor se ajusta respecto a la volatilidad.

Confirmando estos resultados, Barkoulas, Baum y Travlos (2000). analizan el comportamiento de memoria larga en el mercado de valores de Atenas usando análisis de regresión espectral. Los autores presentan evidencia estadísticamente significativa sobre la existencia de memoria larga en el mercado de valores griego. Sin embargo, Vougas (2004) encuentra evidencia débil sobre la presencia de memoria en el mercado de Atenas, usando un modelo ARFIMA-GARCH estimado vía máxima verisimilitud condicional.

En el caso de los mercados emergentes de América Latina, la investigación sobre memoria larga en sus rendimientos y volatilidad ha sido exigua, Cavalcante y Assaf (2002) examinan el mercado de valores de Brasil y concluyen enfáticamente que la volatilidad del mercado se caracteriza por la presencia de memoria larga en tanto que encuentran poca evidencia en el caso de los rendimientos. Cajueiro y Tabak (2005) afirman que la presencia de dependencia a largo plazo en los rendimientos de los activos financieros es un hecho estilizado. Examinando una muestra de acciones individuales listadas en el mercado de valores de Brasil encuentran que variables específicas de las empresas explican, al menos parcialmente, la memoria larga en dicho mercado. Finalmente, estudios pioneros dan cuenta de la presencia de memoria larga en la Bolsa Mexicana de Valores, Islas Camargo y Venegas Martínez (2003) aplicando un modelo de volatilidad estocástica encuentran memoria larga en la volatilidad del índice del mercado mexicano de valores, mostrando además los impactos negativos que puede tener este comportamiento para la cobertura con opciones europeas. Venegas Martínez e Islas Camargo (2005) presentan evidencia de memoria larga en los mercados de valores de Argentina, Brasil, Chile, México, y Estados Unidos. Finalmente, López Herrera, Venegas Martínez y Sánchez Daza (2009) examinan la existencia de volatilidad en los rendimientos del índice de la Bolsa Mexicana de Valores; Su evidencia empírica con base en diversas pruebas no paramétricas y parametrizaciones de modelos de series de tiempo con integración fraccionaria sugieren la presencia de dependencia de largo plazo tanto en los rendimientos como en la volatilidad de este mercado.



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

Investigaciones recientes también han estudiado los beneficios de la determinación de memoria larga en el análisis del riesgo. Giot y Laurent (2001) modelan VaR para los rendimientos diarios de una muestra que incluye los índices CAC40 (Francia), DAX (Estados Unidos), NASDAQ (Estados Unidos, Nikkei (Japón) y SMI (Suiza). También computan la falla esperada y el promedio múltiple para medir el VaR. Aplican el modelo APARCH el cual produce mejoras considerables en la predicción de VaR con horizontes de un día para las posiciones larga y corta. En un estudio similar So y Yu (2006) también examinan el desempeño de varios modelos GARCH incluyendo dos de integración fraccionaria. Incluyen los rendimientos de los índices NASDAQ de Estados Unidos y FTSE del Reino Unido y comprueban que las estimaciones de VaR con los modelos estacionarios y de integración fraccionaria son superiores a las obtenidas con el modelo de Riskmetrics con un nivel de confianza de 99 por ciento. Degiannakis (2004) compara el desempeño del VaR con modelos tipo GARCH tales como GARCH, IPARCH, APARCH y FIAPARCH. Su evidencia indica que en cuanto a los mercados de valores, el desempeño de VaR con FIAPARCH fue el mejor que los demás en los mercados de valores. El análisis del VaR que llevó a cabo Kang y Yoon (2008) aplicando Riskmetrics, confirma la relevancia de tomar en cuenta la asimetría y las colas pesadas en la distribución de los rendimientos de las acciones corporativas de tres importantes empresas listadas en el mercado de valores de Corea del Sur.

Analizando la importancia de la curtosis y el sesgo para la determinación del VaR con mayor precisión, Brooks y Pesard (2003) comparan el VaR para el caso de cinco mercados de Asia y el índice S&P 500. Los modelos aplicados son Riskmetrics, semi-varianza, GARCH, TGARCH, EGARCH, y las extensiones multivariadas de los modelos tipo GARCH considerados. Sus resultados sugieren que la incorporación del efecto de asimetría genera mejores predicciones de la volatilidad, lo que a su vez mejora las estimaciones VaR. Tu, Wong y Chang (2008) examinan el desempeño de modelos VaR que incorporan el sesgo en el proceso de innovaciones. Aplican el modelo APARCH basado en la distribución t-student sesgada; concluyendo que éste es el mejor modelo para la estimación del VaR, tanto para la posición corta, como para la larga, para los mercados de Hong Kong, Singapur, Australia, Corea Malasia, Tailandia, Filipinas, Indonesia, China y Japón, aunque su desempeño no es



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

satisfactorio en todos los casos. En un estudio similar, McMillan y Speigh (2007) examinan series diarias de ocho mercados de área Asia-Pacífico, además de los mercados de Estados Unidos y el Reino Unido para contar con un marco de referencia comparativo Adoptando niveles de confianza muy restrictivos, los modelos que toman en cuenta los efectos de memoria larga mitigan subestimaciones sobre el VaR comunes en los modelos que no consideran la asimetría y curtosis propia de la distribución de las series financieras.

METODOLOGÍAS ARFIMA Y BACKTESTING

Modelos ARFIMA

Mediante el trabajo de Granger (1980), Granger y Joyeux (1980) y Hosking (1981) se desarrolló el concepto de integración (o diferenciación) fraccionaria para modelar procesos de series de tiempo con memoria larga. Los modelos resultantes se denominan ARFIMA (de *autoregressive fractionally integrated moving average*) y se diferencian de los modelos ARMA estacionarios y ARIMA en que en la función de los rezagos $(1 - L)^d$ el número d es diferente de cero (como en un ARMA estacionario) o de 1 como en el caso de un modelo ARMA integrado (ARIMA o proceso de raíz unitaria). Entonces, se dice que un proceso es ARFIMA(p,d,q) si los datos se generan por:

$$f(L)(1-L)^d = y(L)e_t, \quad (1)$$

donde d es un número no entero y

$$(1-L)^d = \sum_{j=0}^{\infty} b_j L^j \quad (2)$$

donde $b_0 = 1$ y el j -ésimo coeficiente autorregresivo, b_j , está dado por:

$$b_j = \frac{-dG(j-d)}{G(1-d)G(j+1)} = \frac{j-d-1}{j} b_{j-1}, \quad j \geq 1. \quad (3)$$

Modelos ARCH

Es un hecho conocido que los rendimientos accionarios diarios, al igual que otras series de rendimientos financieros, muestran varianza (volatilidad) cambiante en el tiempo y la tendencia a que los cambios grandes en los precios sean seguidos por cambios también grandes y los cambios pequeños por cambios pequeños. La tendencia a que los cambios de precios se agrupen como racimos se origina como consecuencia de la dependencia temporal de los rendimientos de los activos. También se ha observado que la distribución de los rendimientos financieros diarios tiende a mostrar colas pesadas en comparación con la distribución normal. Por tal motivo se ha popularizado el uso del modelo ARCH propuesto inicialmente por Engle (1982) y generalizado posteriormente por Bollerslev (1986), siendo conocido a partir de entonces como el modelo GARCH. En su versión más general el modelo GARCH (p,q) se representa por:

$$e_t = z_t s_t, \quad z_t = i.i.d.N.(0,1) \quad (4)$$

$$s_t^2 = w + \sum_{i=1}^q \hat{a}_i a_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \hat{a}_j b_j s_{t-j}^2$$

De acuerdo con el GARCH (p,q) , la varianza condicionada se explica como una función lineal de los cuadrados de los errores pasados y las varianzas condicionadas pasadas. Para asegurar que las varianzas condicionadas positivas sean positivas en todo t , se requiere $\hat{a}_i \geq 0$ para $i = 0,1,2,\dots,q$ y $\hat{a}_j \geq 0$ para $j = 0,1,2,\dots,p$. Por otra parte, la condición para que el modelo sea estacionario de segundo orden es necesario $\hat{a}_i a_i + \hat{a}_j b_j < 1$, pues si el valor de la suma es mayor o igual a 1 se tendrá un proceso con persistencia fuerte. El caso en el cual $\hat{a}_i a_i + \hat{a}_j b_j \gg 1$ da lugar al o proceso conocido como GARCH integrado o, simplemente, IGARCH.

Aunque los modelos ARCH y GARCH pueden capturar de manera conveniente la volatilidad cambiante y los agrupamientos de volatilidad de los rendimientos, así como las colas pesadas



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

de la distribución de los mismos, no capturan el efecto asimétrico consistente en que los rendimientos negativos son comparativamente más grandes que los rendimientos positivos aunque la magnitud del *shock* que los provoca pueda ser igual en ambos casos. Este hecho es lo que se ha dado en llamar *efecto apalancamiento* y para capturarlo se han desarrollado modelos asimétricos de la familia GARCH, uno de los cuales es el modelo de Glosten, Jagannathan y Runkle (1993), conocido popularmente como modelo GJR y el que se puede expresar de manera general como:

$$s_t^2 = w + \sum_{i=1}^q \hat{a}_i (a_i e_{t-i}^2 + g_i S_{t-i}^- e_{t-i}^2) + \sum_{j=1}^p \hat{a}_j b_j s_{t-j}^2, \quad (5)$$

en el cual se tiene que S_{t-1}^- es una variable *dummy* con valor de 1 cuando el *shock* es negativo y de 0 en cualquier otro caso. Un modelo más general es el APARCH presentado por Ding, Granger y Engle (1993), en el que se combina un exponente variante con el coeficiente de asimetría que se requiere para capturar el *efecto apalancamiento*. El modelo APARCH(p, q) puede escribirse como:

$$s_t^d = w + \sum_{i=1}^q \hat{a}_i a_i (|e_{t-i}| - g_i e_{t-1})^d + \sum_{j=1}^p \hat{a}_j b_j s_{t-j}^d. \quad (6)$$

El APARCH ofrece como ventaja adicional a su flexibilidad que varios modelos pueden ser casos particulares de esa especificación.

Value at Risk and long memory

En términos de la administración y análisis del riesgo, las pérdidas potenciales también están vinculadas al comportamiento de memoria larga de la volatilidad de los rendimientos de los activos de un mercado. Así, la predicción de pérdidas potenciales identificando el comportamiento de memoria larga y corta para los rendimientos y volatilidad de un activo debe producir resultados más precisos y confiables que los obtenidos con la aplicación de las metodologías tradicionales de Valor en Riesgo (VaR). Integrando los avances sobre el análisis

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

de riesgo el presente trabajo examina el impacto de los modelos AFIRMA, en la estimación del Valor en Riesgo. Las estimaciones del VaR para el caso de los rendimientos de la Bolsa Mexicana de Valores, con el horizonte de un día hacia adelante se obtienen con el paquete G@ARH 4.2 (Laurent y Peters, 2006), corriéndolo sobre Ox 5.0, desarrollado por Doornik (2001; 2007). Las estimaciones obtenidas son validadas con la metodología de backtesting. La validación de la calidad y exactitud estadística de un modelo VaR requiere de un proceso de backtesting, con el fin de demostrar si la medida de riesgo cumple con ciertas propiedades teóricas requeridas por las autoridades reguladoras para estimar suficientes requerimientos de capital. Este proceso consiste en comparar las estimaciones del VaR con respecto a las pérdidas actuales del siguiente periodo..

Suponiendo que n representa el número de días dentro de un periodo T , en donde las pérdidas del portafolio excedieron el valor del VaR estimado, mientras que $\{X_t\}$ es una serie de fallos del VaR que puede expresar de la siguiente forma para cada posición:

Larga:

Corta:

Aunque en la literatura existen diversas pruebas estadísticas para llevar a cabo la validación del modelo VaR, para fines de este estudio se utiliza la prueba de razón de verosimilitudes propuesta por Kupiec (1995). El estadístico de la prueba Kupiec analiza estadísticamente cuando la tasa de fallo \hat{p} es igual a la tasa esperada, esto es, $\hat{p} = \alpha$, en donde α es el nivel de confianza utilizado para estimar el VaR. Ahora, si n representa el número total de ensayos, entonces el número de fallos X sigue una distribución binomial con probabilidad α .

De esta manera, el estadístico de la prueba de la razón de verosimilitudes propuesto por Kupiec está definido por

el cual se distribuye como una variable Chi cuadrada con un grado de libertad bajo la hipótesis nula H_0 . En otras palabras, la hipótesis nula implica que el modelo VaR es altamente confiable para estimar el riesgo y los requerimientos de capital mínimos, Mientras que la hipótesis alternativa rechaza el modelo VaR cuando genera un número de fallos suficientemente grande o pequeño.

RESULTADOS EMPÍRICOS

Para el análisis se estimó el rendimiento del día t restándole al logaritmo del precio de ese día el logaritmo del precio del día previo y multiplicando esa diferencia por 100; es decir: $100 * (\ln P_t - \ln P_{t-1}) = r_t$. La muestra de rendimientos va del primer día hábil de 1983 hasta el último día de operaciones de 2009, siendo un total de 6755 observaciones. Las volatilidades de los rendimientos se estimaron mediante los modelos de la familia ARCH descritos en una sección previa, estimando los parámetros correspondientes considerando para los errores tres distribuciones distintas (normal, Student y Student sesgada), en todos los casos se estimó la ecuación de la media mediante un modelo AR(2) integrado fraccionalmente. En el cuadro 1 se observan los resultados de la estimación de los modelos de la familia ARCH, estimados con un modelo ARFI(2) para la ecuación de la media. Casi todos los parámetros tienen valores estimados que son altamente significativos, incluso al 1%.

Cuadro 1 Modelo ARFI (2) con diferentes modelos ARCH

		GARCH (1, 1)	IGARCH (1, 1)	GJR (1, 1)	APARCH (1, 1)
<i>Errores</i>	μ	0.210049	0.209365	0.138539	0.139045
<i>con</i>	d_{Arfima}	0.058881	0.057954	0.085686	0.085162
<i>distribución</i>	ϕ_1	0.159626	0.159542	0.137237	0.137845
<i>gaussiana</i>	ϕ_2	-0.076916	-0.075585	-0.082367	-0.082235
	ω	0.102092	0.066583	0.105078	0.107979
	α	0.133607	0.15499	0.076207	0.123564
	β	0.835582	0.84501	0.837309	0.835758



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

	γ			0.109769	0.215185
	δ				2.065445
<i>Errores</i>	μ	0.195432	0.19503	0.150934	0.150534
<i>con</i>	d_{Arfima}	0.079041	0.077855	0.091588	0.091746
<i>distribución</i>	ϕ_1	0.140169	0.1408	0.128465	0.128322
<i>t</i>	ϕ_2	-0.093573	-0.09323	-0.094231	-0.094261
	ω	0.092756	0.068614	0.096399	0.094195
	α	0.136205	0.15591	0.086927	0.13529
	β	0.837757	0.84409	0.834155	0.835505
	γ			0.104839	0.19799
	δ				1.949414
	<i>g.l.</i>	5.874431	5.280416	6.132263	6.134289
<i>Errores</i>	μ	0.19779	0.19824	0.152703	0.15230
<i>con</i>	d_{Arfima}	0.07921	0.07808	0.091547	0.09171
<i>distribución</i>	ϕ_1	0.14021	0.14084	0.128559	0.12841
<i>Student</i>	ϕ_2	-0.09346	-0.09310	-0.09415	-0.09418
<i>sesgada</i>	ω	0.09278	0.06867	0.096365	0.09415
	α	0.13615	0.15583	0.086865	0.13521
	β	0.83783	0.84417	0.834215	0.83557
	γ			0.104789	0.19804
	δ				1.94910
	$\xi_{\text{(asimetría)}}$	0.00331 ^{ns}	0.00412 ^{ns}	0.0024	0.00239 ^{ns}

Todos los coeficientes son significativos al 1%, con excepción de los que están
Marcados con ns = No significativo

En este análisis, el potencial estadístico de cada modelo VaR para estimar apropiadamente el riesgo de mercado es determinado en términos de la tasa de fallo y los p -values de la prueba de Kupiec. De esta manera, la tasa de fallo se define como el porcentaje de rendimientos empíricos que exceden al VaR estimado para cualquier posición financiera. En este sentido, una tasa de fallo para el p -percentil más grande que el nivel $\square\%$ conlleva a subestimar el riesgo de los rendimientos, mientras que una tasa de fallo menor al nivel $\square\%$ sobreestima el riesgo por parte del modelo VaR implementado. Por otra parte, un p -value menor o igual a 0.05 es evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula del potencial estadístico de los modelos VaR para medir la exposición al riesgo. Los resultados del valor en riesgo en la muestra son calculados a través de una familia de modelos ARCH con tres diferentes distribuciones: la



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

normal, la *t-student* y la *t-student* sesgada. En este análisis, el potencial estadístico de desempeño de cada modelo VaR para estimar apropiadamente el riesgo de mercado es determinado en términos de la tasa de fallo, el estadístico y los valores- p de la prueba de Kupiec. De esta manera, definimos a la tasa de fallo como el porcentaje de rendimientos empíricos que exceden al VaR estimado para cualquier posición financiera. En este sentido, una tasa de fallo para el p -percentil más grande que el nivel $\alpha\%$ conlleva a subestimar el riesgo de los rendimientos, mientras que una tasa de fallo menor al nivel $\alpha\%$ sobreestima el riesgo por parte del modelo VaR implementado. Por otra parte, un valor- p menor o igual a 0.05 es evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de la prueba de Kupiec, esto es, el potencial estadístico de los modelos VaR para medir la exposición al riesgo.

Analizando los resultados de los cuadros 2 y 3 se observa que los modelos GARCH e IGARCH basados en la distribución normal condicional presentan un bajo desempeño estadístico para predecir pérdidas potenciales más precisas para las posiciones financieras larga y corta. En este caso, la subestimación de la exposición al riesgo es significativamente notable para niveles de confianza del 99% y 99.5%, puesto que las tasas de fallo exceden a el nivel $\alpha\%$ a medida que cambia de 0.5% a 5% y los estadísticos de la prueba de Kupiec son mayores a los valores críticos, los cuales son sustentados por los valores- p s menores a 0.05, excepto para los modelo GARCH e IGARCH de la posición corta para niveles de confianza del 99% y 99.5%, respectivamente. Mientras que a un nivel de confianza del 95%, los modelos GARCH e IGARCH tienden a sobrestiman el VaR para la posición corta, en particular, el modelo IGARCH. Este hecho frecuentemente es esperado como consecuencia del exceso de curtosis y los diferentes niveles de asimetría que presentan los rendimientos de las series financieras. Aunque, los modelos GARCH e IGARCH basados en la distribución normal condicional presentan un excelente desempeño a un nivel de confianza del 97.5% para medir adecuadamente el riesgo verdadero para cualquier posición financiera. Este hallazgo es sustentado por la proximidad entre las tasas de fallo y el valor de 2.5%, además los valores del estadístico de la prueba de Kupiec son significativamente menores al valor crítico, particularmente para el modelo GARCH de la posición corta. De esta manera, el uso de estos

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

modelos basados en el supuesto de normalidad puede generar catastróficas pérdidas a los inversionistas que participan en la Bolsa Mexicana de Valores al subestimar el riesgo verdadero para niveles de confianza del 99% y 99.5%. Por su parte, los modelos GARCH e IGARCH basados en la distribución condicional *t-student* proporcionan mejores estimaciones del VaR para cualquier posición financiera y nivel de confianza a diferencia de los modelos basados en el supuesto de normalidad, excepto para el modelo IGARCH que sobreestima el riesgo para los niveles de confianza del 97.5%, 99% y 99.5% de la posición financiera corta, en donde los valores del estadístico de la prueba de Kupiec exceden a los valores críticos (6.58 vs 5.02, 8.61 vs 6.63, 10.25 vs 7.88) y las tasas de fallos son menores a los valores del 2.5%, 1% y 0.5% (2.03%, 0.67%, 0.25%), respectivamente. En términos generales, los valores-*p* sustentan claramente que estos modelos alternativos capturan correctamente el efecto de las colas pesadas o anchas de la distribución de rendimientos ocasionada por los movimientos atípicos, en particular, para la cola inferior donde alcanza una tasa de éxito del 100% para la familia de modelos ARCH como se puede observar en el cuadro 6. Sin embargo, la literatura existente ha demostrado empíricamente la ineficiencia de estos modelos para modelar correctamente la volatilidad en aglomeraciones de los rendimientos de las series financieras entre los que se incluyen a Bollerslev (1986), Baillie y DeGenaro (1990) y de Jong, Kemma y Kloek (1992). Asimismo, resultados muy similares son alcanzados por los modelos GARCH e IGARCH con distribución condicional *t-student* sesgada para las posiciones financieras larga y corta. Por consiguiente, el modelo IGARCH con distribución *t-student* sesgada también sobreestima el riesgo de la posición corta para los niveles de confianza del 97.5%, 99% y 99.5%, respectivamente. Este hallazgo es obvio puesto que el valor estimado del parámetro de asimetría de la distribución condicional *t-student* sesgada es demasiado pequeño y positivo (0.003 y 0.004) en ambos modelos, indicando que la densidad de los residuales estandarizados presenta un comportamiento ligero de asimetría a la derecha. De hecho, existe evidencia empírica que ha demostrado que la distribución de rendimientos de la Bolsa Mexicana de Valores tiende a ser ligeramente sesgada a la derecha, como consecuencia de los auges económicos experimentados. En otras palabras, los rendimientos extremos positivos suelen



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

ocurrir más frecuentemente que los rendimientos extremos negativos en los mercados accionarios emergentes (De Jesús y Ortiz, 2010).

Cuadro 2
Tasas de fallo de los rendimientos que exceden al VaR.

α (%)	5%		2.5%		1%		0.5%	
Posiciones	Larga	Corta	Larga	Corta	Larga	Corta	Larga	Corta
Panel A								
GARCH_n	4.77(4)	4.38(10)	2.86(8)	2.44(2)	1.70(8)	1.26(5)	1.14(8)	0.84(6)
GARCH_t	5.29(5)	4.94(1)	2.66(6)	2.30(5)	1.15(4)	0.86(2)	0.53(2)	0.37(2)
GARCH_st	5.30(6)	4.92(2)	2.66(6)	2.26(6)	1.17(5)	0.86(2)	0.55(3)	0.37(2)
Panel B								
IGARCH_n	4.50(7)	4.09(11)	2.69(7)	2.12(7)	1.51(6)	1.11(1)	1.01(6)	0.67(3)
IGARCH_t	4.99(2)	4.59(8)	2.52(1)	2.03(8)	0.93(2)	0.67(6)	0.38(4)	0.25(4)
IGARCH_st	4.99(2)	4.57(9)	2.52(1)	1.97(9)	0.95(1)	0.67(6)	0.38(4)	0.25(4)
Panel C								
GRJ_n	4.40(8)	4.77(6)	2.69(7)	2.64(3)	1.54(7)	1.39(8)	0.99(5)	0.86(7)
GRJ_t	4.93(3)	5.23(6)	2.56(2)	2.47(1)	1.08(3)	0.83(3)	0.49(1)	0.40(1)
GRJ_st	4.99(2)	5.17(3)	2.59(4)	2.44(2)	1.08(3)	0.81(4)	0.49(1)	0.40(1)
Panel D								
APARCH_n	4.40(8)	4.75(7)	2.69(7)	2.67(4)	1.54(7)	1.38(7)	1.02(7)	0.83(5)
APARCH_t	4.93(3)	5.21(5)	2.58(3)	2.44(2)	1.08(3)	0.83(3)	0.49(1)	0.40(1)
APARCH_st	5.00(1)	5.18(4)	2.61(5)	2.44(2)	1.08(3)	0.83(3)	0.49(1)	0.40(1)

Los números en paréntesis indican la clasificación de los modelos de acuerdo al potencial estadístico alcanzado para estimar apropiadamente el VaR dentro de la muestra para cada posición (larga/corta) y el valor del nivel α (%).

Por otra parte, analizando los resultados de las tasas de fallo, los valores del estadístico y los valores- p de la prueba de Kupiec se puede observar que los modelos GRJ y APARCH con distribución condicional normal presentan el peor desempeño en la cuantificación del VaR para altos niveles de confianza, incluso que los modelos GARCH e IGARCH. Por ejemplo, los modelos GJR y APARCH con innovaciones normales subestiman el riesgo de los rendimientos

XV

CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

negativos y positivos para niveles de confianza del 99% y 99.5%, mientras que sobreestiman el riesgo de los rendimientos negativos a un nivel de confianza del 95%. Aunque para el nivel de confianza del 97.5% su desempeño mejora bastante, inclusive superan el desempeño de los modelos GARCH e IGARCH para la posición larga y corta, respectivamente. En general, los modelos GARCH, GRJ, APARCH con innovaciones *t-student* y *t-student* sesgada proporcionan estimaciones más confiables del VaR para cualquier posición financiera y nivel de confianza, la precisión de las predicciones del VaR a través de estos modelos es estadísticamente superior en la mayoría de los casos, de acuerdo con los resultados de las tasas de fallo y los valores del estadístico de la prueba de Kupiec mostrados en los cuadros 2 y 3. Esto se debe a que las distribuciones *t-student* y *t-student* sesgada tienen mayor capacidad para capturar las características de asimetría y cola anchas que exhiben los rendimientos diarios del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores. Otro hallazgo importante que debe destacarse en el análisis del VaR es que los modelos GRJ y APARCH con distribución *t-student* sesgada no sólo proporcionan estimaciones del VaR más confiables para las posiciones financieras larga y corta, sino también muy similares estadísticamente, incluso para los modelos con innovaciones *t-student* para los niveles de confianza del 97.5%, 99% y 99.5%. Este hecho es sustentado estadísticamente por la similitud que existe entre las tasas de fallo y los valores- p del estadístico de la prueba de Kupiec de cada modelo como se puede observar en los cuadros 2 y 3. Los resultados en paréntesis del cuadro 6 demuestran el potencial de los modelos GRJ y APARCH con distribuciones *t-student* y *t-student* sesgada para cuantificar el VaR adecuadamente, ya que para cualquier nivel de confianza y posición financiera estos modelos siempre se encuentran entre los primeros lugares de la clasificación, en particular, para los niveles de confianza del 99% y 99.5%. Aunque cabe resaltar que los modelos IGARCH con innovaciones *t-student* y *t-student* sesgada se encuentran dentro de los dos primeros lugares en los niveles de confianza del 95%, 97.5% y 99% para la posición larga. Finalmente, los hallazgos muestran que la presencia del fenómeno de memoria larga en la volatilidad no influye en la estimación precisa del VaR, puesto que el grado de integración de los parámetros estimados d_{Arfima} es significativamente diferente de cero y varía para cada modelo estimado.



Cuadro 3

Resultados de los estadísticos y los valores-p de la prueba de Kupiec

VaR	95%		97.5%		99%		99.5%	
Posición	Larga	Corta	Larga	Corta	Larga	Corta	Larga	Corta
Panel A								
GARCH_n	0.78 (0.3757)	5.65 (0.0174)	3.38 (0.0659)	0.09 (0.7618)	27.81 (0.0000)	4.20 (0.0402)	40.73 (0.0000)	13.29 (0.0003)
GARCH_t	1.13 (0.2868)	0.04 (0.8339)	0.73 (0.3909)	1.20 (0.2730)	1.55 (0.2123)	1.43 (0.2314)	0.14 (0.7041)	2.51 (0.1125)
GARCH_st	1.25 (0.2627)	0.10 (0.7476)	0.73 (0.3909)	1.57 (0.2088)	1.85 (0.1727)	1.43 (0.2314)	0.30 (0.5838)	2.51 (0.1125)
Panel B								
IGARCH_n	3.66 (0.0555)	12.64 (0.0004)	1.02 (0.3123)	4.28 (0.0384)	15.34 (0.0001)	0.80 (0.3707)	26.89 (0.0000)	3.39 (0.0655)
IGARCH_t	0.001 (0.9666)	2.46 (0.1164)	0.007 (0.9302)	6.58 (0.0103)	0.31 (0.5736)	8.61 (0.0033)	1.95 (0.1621)	10.25 (0.0014)
IGARCH_st	0.001 (0.9666)	2.64 (0.1037)	0.007 (0.9302)	8.42 (0.0037)	0.19 (0.6614)	8.61 (0.0033)	1.95 (0.1621)	10.25 (0.0014)
Panel C								
GRJ_n	5.38 (0.0203)	0.78 (0.3757)	1.02 (0.3123)	0.49 (0.4808)	17.05 (0.0000)	9.32 (0.0023)	25.50 (0.0000)	14.36 (0.0002)
GRJ_t	0.07 (0.7904)	0.71 (0.3979)	0.10 (0.7488)	0.021 (0.8836)	0.43 (0.5106)	2.11 (0.1456)	0.01 (0.8932)	1.46 (0.2258)
GRJ_st	0.001 (0.9666)	0.39 (0.5321)	0.22 (0.6351)	0.09 (0.7618)	0.43 (0.5106)	2.51 (0.1128)	0.01 (0.8932)	1.46 (0.2258)
Panel D								
APARCH_n	5.38 (0.0203)	0.88 (0.3459)	1.02 (0.3123)	0.73 (0.3909)	17.05 (0.0000)	8.66 (0.0032)	28.32 (0.0000)	12.25 (0.0005)
APARCH_t	0.07 (0.7904)	0.62 (0.4293)	0.15 (0.6910)	0.09 (0.7618)	0.43 (0.5106)	2.11 (0.1456)	0.01 (0.8932)	1.46 (0.2258)
APARCH_st	0.000 (0.9889)	0.46 (0.4965)	0.30 (0.5813)	0.09 (0.7618)	0.43 (0.5106)	2.11 (0.1456)	0.01 (0.8932)	1.46 (0.2258)

Conclusiones



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

En este trabajo de investigación se emplearon modelos de la familia ARCH basados en las distribuciones normal, t de Student y t de Student sesgada, con el fin de estimar la volatilidad y el valor en riesgo de las posiciones financieras larga y corta de los rendimientos de la Bolsa Mexicana de Valores. Los resultados empíricos son muy variados para cada posición y nivel de confianza debido a que la diferencia entre los modelos estimados no es muy significativa en varios de los casos. Sin embargo, la evidencia empírica demuestra que los modelos GARCH, GRJ, APARCH con innovaciones t -student y t -student sesgada presentan el mejor desempeño para medir de manera más precisa el riesgo verdadero de los rendimientos positivos y negativos para cualquier nivel de confianza, especialmente, cuando se aplica la distribución t -student sesgada, puesto que los rendimientos de la BMV se han caracterizado por experimentar una alta volatilidad, exceso de curtosis y diferentes niveles de asimetría. De hecho, este estudio es de relevancia para los inversionistas institucionales que participan en mercados emergentes, debido a que se ha demostrado empíricamente que estos agentes económicos no sólo están expuestos a los crash bursátiles, sino también a riesgos durante los auges económicos como se documenta en De Jesús y Ortiz (2009).

BIBLIOGRAFÍA

- Andreano, M.S. (2005). Common long memoy in the Italian stock market. *Quaderni di Statistica* 7, 107-119.
- Assaf, A. (2004). A FIGARCH modeling of the emerging equity market of Egypt. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 2(1), 67-80.
- Assaf, A. (2006). Persistence and long-range dependence in the emerging stock market of Kuwait. *Middle East Business and Economic Review*, 18(1), 1-17.
- Assaf, A., y J. Cavalcante. (2005). Long range dependence in the returns and volatility of the Brazilian stock market. *European Review of Economics and Finance*, 4(2), 5-20.
- Baillie y DeGenaro (1990). Stock returns and volatility. *Journal of Financial and Quatitative Analysis* 25, 203-214.
- Baillie R.T. y G. Kapetanios (2005). Testing for nrglrcted nonlienrity in log memopry models. *Qyeen Mary Working Paoer* 327. University of London.
- Barkoulas, J.T., C.F. Baum. Y N. Travlos (2000)-. Long memory in the Greek stock market. *Applied Financial Economics*, 10, 177-84, 2000),



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

Bellalah, M., C. Aloui y E. Abaoub, (2005). Long-range dependence in daily volatility on Tunisian stock market. *International Journal of Business*, 10(3), 191-216

Banerjee, A. y S. Sahadeb (2006). Long memory property of stock returns : evidence from India. *Working Paper*.589. Indian Institute of Management..

Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics* 31, pp. 307–327.

Bollerslev, T. y D. Jubinski (1999). Equito trading volume and volatility : larent information arrivals and common long-run dependencies. *Journal of Business and Economics Statistics* 17, 9-21-

Brooks y Pesard (2003) The effect of aymmetries on stock index return Value-at- risk estimtes *Journal of Risk Finance* 4, 29-42.

Cajueiro, D.O., y B.M. Tabak (2004). The Hurst's exponent over time: yrdying the assertion that emerging markets are becoming more efficient. *Physica A* 336, 521-537.

Cajueiro, D.O., y B.M. Tabak (2005). Possible Causes of long-range dependence in the Brazolian stock market. *Physica A* 345, 635-645-

Caporale, G.M. e L.A. Gil-Alana (2004). Long-range dependence in daily stock returns. *Appl,ied Financial Economics* 14. 375-383,

Cavalcante, J. y A. ASSAF (2002) Long Range Dependence in the Returns and Volatility of the Brazilian Stock Market *Working Paper*, Banco Nacional do Desenvolvimiento., Rio de Janeiro.

Cheong, W.C. (2007). A generalized discrete-time long memory volatility model for financial stock exchange. *American Journal of Applied Sciences* 4, 970-978.

Cheong, W.C. (2008). Volatility in Malaysian stock exchange: an empirical study ujsing fractionally integrated approach. *American Journal of Applied Sciences* 5, 683-688.

Cheong, C.W S.M.N. Abu Hassane I. Zaadi, .(2007). Asymmetry and king memory volatility: sime empirical evicence using GARCH. *Physuca A, Statistical Mechannics and its Applications* 373, 351-364.

Cheung, Y . y K.Lai (1995). A Search for *Long Memory* in International Stock. Market Returns- *Journal of International Money and Financ*, 14, 597-615

Conrad, C. (2007). Non-negativity conditions for the Hyperbolic GARCH model. *KOF Working Paper* 162. Swiss Federal Institute of Technology-KOF.Swiss Economic Institute, Zurich.

Crato, N. y P.J.F.de Lima (1994). Long-range dependency in the condicional variance of stock returns . *Economics Letters* 45, 281-285.

Cuñado, J., L.A. Gil-Alana y F. Pérez de Gracia (2008). Stock market volatility in U.S. bull and bear markets. *Journal of Investment and Banking* Issue 1, 24-33.

Degiannakis, S. (2004). Volatility forecasting: evidence from a fractional integrated asymmetric power ARCH Skewed-t model. *Applied Financial Economics* 14, 1333-1342.

Ding, Z., C., W. J. Granger,y R. F. Engle. 1993. A long memory property of stock market returns and a new model. *Journal of Empirical Finance* 1, 83–106.

DiSario, R, H. Saraoglu, J. McCarthy, y U.H. Li, (2008). Long memory in the volatility of an emerging equity market; the case of Turkey. *International Financial Markets, Institutions & Money* 18, 305.312.

Doornik, J.A. (2001). An object oriented matrix programming language. London: Timberlake Consultant Press,

Doornik, J. A. (2007). Object-Oriented Matrix Programming Using Ox, 3rd ed. London: Timberlake Consultants Press.



CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

- Engle, R. F. (1982). Autorregresive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica* 50 (4), pp. 987-1007.
- Geweke, J. y S. Porter Hudak (1983). The estimation and application of long memory time series models. *Journal of Time Series analysis* 4, 221-238.
- Gil-Alana, L.A. (2006). Fractional integration I daily stock stock market indexes. *Reviews of Financial Economics* 15, 28-38.
- Giot y Laurent (2001) Value at Risk for long and short trading positions *Journal of Applied Econometrics* 18, 641-664.
- Glosten, L., R. Jagannathan y D.E. Runkle (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *The Journal of finance* 48, 1779-1801.
- Granger, C. W. J. (1980). Long memory relationships and the aggregation of dynamic models. *Journal of Econometrics*, 14(2), pp. 227-238.
- Granger, C. W. J. y R. Joyeux (1980). An introduction to long memory time series models and fractional differencing. *Journal of Time Series Analysis*, 1(1), pp. 15-29.
- Hosking, J. (1981). Fractional differencing. *BiométriKa*, 68(1), pp. 165-176.
- Henry, O.T. (2002). Long memory in stock returns: some international evidence. *Applied Financial Economics* 12, 725-712..
- Huang, B-N. y C.H.Yang. (1999).. An examination of long-term memory using intraday stock returns *Technical Report* 99-03, Clarion University of Pennsylvania.
- Islas, Camargo, A. y Venegas Martínez, F. (2003). Pricing derivative securities with prior information on prior long memory volatility. *Economía Mexicana* 12, 103-134
- Jacobsen, B. (1996). Long-term dependence in stock returns. *Journal of Empirical Finance* 3, 393-417.
- Jayasuriya, S. A. (2009). A Sub Period Analysis of Long Memory in Stock Return Volatility . 9th Global Conference on Business and Finance.**
- Kang, S y S-M. Yoon (2008). Value-at-Risk analysis of the long memory volatility process: the case of individual stock returns. *The Korean Journal of Finance* 21, 4-18.
- Kasman, A. y D. Torun (2007). Long memory in the Turkish stock market return and volatility. *Central Bank Review*. Central Bank of the Republic of Turkey , 14.27.
- Kilic, R. (2004). On the long memory properties of emerging capital markets: evidence from Istanbul stock exchange. *Applied Financial Economics*, 14(13), 915-922.
- Kumar, A. (2004). Long Memory in Stock Trading Volume: Evidence from Indian Stock Market. *Working Paper*, Indira Gandhi Institute of Development Research (IGIDR) - Economics
- Kupiec, P. (1995). Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models. *The Journal of Derivatives* 3, 73-84.
- Kurtmaz, T., E.I. Cevic, y N Özatac, N. (2009). Testing for long memory in ISE using ARFIMA-FIGARCH Model and Structural Break Test. *International Research Journal of Finance and Economics* 26, 196-192.
- Laurent S. y J.P. Peters (2006). G@RCH 4.2, Estimating and Forecasting ARCH Models, Timberlake Consultants Press: London.
- Lillo, F. y J.D. Farmer (2004). The long memory of the efficient market. *Studies on nonlinear Dynamics and Econometrics* 8, 1-33.
- Lo, A.W. (1991). Long-term memory in stock prices. *Econometrica* 59. 1279-1313.
- López Herrera, F. , Venegas Matínez, F. y Sánchez Daza, A. (2009). Memoria larga de la volatilidad de los rendimientos del mercado mexicano de capitales. *Análisis Económico* 56, 129-146. López Herrera et al (2009)
- Lu, S.Q., T. Ito y K. Voges (2008). An analysis of long memory in the SSE's component index *Journal of Economics Banking and Finance* 2008, 2, 1-13



XV
CONGRESO INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA, ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

- Lobato, I. y N.E. Savin. (1998). Real and spurious long-memory properties of stock market data. *Journal of Business and Economics Statistics* 15, 261-268.
- Lux, T. y T. Kaizoji (2007). Forecasting volatility and volume in the Tokio stock market: long memory, fractality and regime switching. *Journal of Economic Dynamics & Control* 31, 1803-1843.
- McMillan, D.G. y A.E.H. Speigh (2007). Value-at-Risk in emerging markets: comparative evidence for symmetric, asymmetric, and long-memory GARCH models. *International Review of Finance* 7, 1-19.
- Mills, T. C. 1993. Is there long-term memory in UK stock returns? *Applied Financial Economics* 3, 303-306.
- Pako, T. (2010) Essays in long memory: evidence from African stock markets. Ph. D. Thesis, University of St. Andrews.
- Sadique, S. y P.Silvapulle (2001). Long-term memory in stock returns, international evidence. *International Journal of Economics and Finance* 2001, 6, 50-67.
- So, M.K..P. y P.I. H. Yu (2007) Empirical analysis of GARCH models in Value at risk estimation *Journal of International Markets, Institutions and Money* 16, 180-197.
- Tan, S-H., L.L. Chong y P-F. Yeap (2010). Long memory properties in stock prices. Evidence from the Malaysian stock market. *European Journal of Finance and Administrative Sciences* Issue 18, 77-84,
- Tolvi, J. (2003) Long memory in a small stock market. *Economics Bulletin* 7, 1-13.
- Tu, A.H. , W.K. Wong y M.C. Chang (2008). Value-at Risk for short and long positions of Asian stock markets. *International Research Journal of Finance and Economics*, Issue 22, 135-143.
- Vougas, D. V. 2004. Analysing long memory and volatility of returns in the Athens stock exchange. *Applied Financial Economics* 14, 457 – 460.
- Yamasaki, K., L. Munchnik, S. Havlin, A.Bunde y H.E. Stanley (1995). Scaling and volatility in memory return intervals in financial markets- *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102. 9424-9428.
- Venegas Martínez, F. e Islas Camargo, A. (2005). Volatilidad de los mercados bursátiles de América Latina: efectos de largo plazo. *Comercio Exterior* 55, 936-947.
- Wang, F., K. Yamasaki, S. Havlin y H.E. Stanley. (2006). Scaling and memory intraday volatility return intervals in stock markets. *Physical Review* 73, Ussue 2.
- Wright, J. H. (2002). Log-periodogram estimation of long memory volatility dependencies with conditionally heavy tailed returns. *Econometric Reviews*, 21(4), 397-417.