



Munich Personal RePEc Archive

Chilean Stock Market Efficiency: A Dynamic Approach using Volatility Tests

Acuña, Andrés and Pinto, Cristián

Departamento de Economía y Finanzas, Universidad del
Bío-Bío, Departamento de Economía y Finanzas,
Universidad del Bío-Bío

November 2007

Online at <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/7387/>

MPRA Paper No. 7387, posted 28. February 2008 / 20:49

Eficiencia del Mercado Accionario Chileno: Un Enfoque Dinámico usando Tests de Volatilidad*

Andrés A. Acuña** Cristián F. Pinto***

Versión: Noviembre de 2007

Resumen

En esta investigación estudiamos el nivel de eficiencia del Mercado Accionario Chileno. El concepto de eficiencia, en su forma más abstracta, relaciona por un lado la formación del precio de los activos financieros, y los consiguientes resultados en las inversiones, con la información disponible para los agentes económicos para la toma de decisiones económicas racionales. Para comprobar la eficiencia nos valemos de una construcción teórica que representa la manera en que se forma el precio de los activos financieros, que consiste en un modelo de equilibrio parcial en el cual se configura un problema de maximización de los agentes económicos cuya solución determina las decisiones de consumo intertemporales. En particular, estudiamos la volatilidad observada en los precios de las acciones, y la volatilidad esperada en un modelo de mercado accionario eficiente y analizamos la presencia de burbujas especulativas (speculative bubbles) en los precios del mercado bursátil chileno, así como también variaciones en la tasa de descuento. El análisis estadístico comprende datos de frecuencia mensual de títulos transados en la Bolsa de Comercio de Santiago entre los años 1987 y 2007.

Abstract

In this paper we analyze the Chilean Stock Market's efficiency level. The efficiency concept, relates financial asset prices, the outcome from investment decisions, with all the information available to economic agents in their rational economic decision making process. To corroborate the stock market efficiency we used a theoretical model for financial asset pricing, which consists in a partial equilibrium model with an optimal solution that determines intertemporal consumption decisions. We analyze the observed and expected Chilean shares's volatility under an efficient stock market framework, in order to determine the presence of speculative bubbles and discount rate variability. In our analysis we used monthly data for the Chilean Stock Market prices from 1987 to 2007.

Palabras clave: eficiencia, mercado accionario, valoración de activos, CAPM

Keywords: efficiency, stock market, asset pricing, CAPM

JEL Classification: D53, G14

*La presente investigación cuenta con el financiamiento de la Dirección de Investigación de la Universidad del Bío-Bío.

**Departamento de Economía y Finanzas, Universidad del Bío-Bío, Casilla 5-C, Concepción. E-mail: aacunad@ubiobio.cl

***Departamento de Economía y Finanzas, Universidad del Bío-Bío, Casilla 5-C, Concepción. E-mail: cpinto@ubiobio.cl

1. Introducción.

El problema de la eficiencia de los mercados financieros, y en particular el de los mercados accionarios ha sido ampliamente tratado en la literatura financiera desde la década de los 1960, aunque los primeros intentos de realizar modelos matemáticos del comportamiento de los precios bursátiles data de principios del siglo XX con el trabajo pionero Bachelier (1900). En éste se aborda el comportamiento aleatorio de las series de tiempo de precios de activos bursátiles, introduciendo el cálculo de probabilidades para intentar verificar si existía alguna forma de predecir movimientos futuros en los precios, dada la información disponible, en las series de tiempo conocidas.

El concepto de eficiencia¹ de un mercado de capitales según Fama (1970), se definiría según la capacidad de difusión de la información relativa al valor de un título entre los inversionistas, lo que permitiría una negociación instantánea del precio del mismo. A la larga, ningún comprador estaría en condiciones de obtener una rentabilidad “extraordinaria” puesto que no tiene la capacidad de anticiparse en la negociación del título (eficiencia en forma fuerte y semi fuerte). En estas condiciones de transparencia en el funcionamiento del mercado, los precios de las acciones de una secuencia temporal no presentan correlaciones significativas entre sí, puesto que las variaciones de los precios no pueden ser predichas, al no existir de nueva información relevante que no haya sido “negociada” en el precio vigente (eficiencia en forma débil).

El concepto de eficiencia desarrollado por Fama, referido a la capacidad del mercado para reflejar instantáneamente la información relevante en el precio del mismo, se construye a partir de las condiciones de competencia entre los inversionistas, estableciendo una hipótesis de “juego limpio”. La eficiencia de Fama se limita por tanto a asegurar la transparencia en la operación del mercado manifestada en la impredecibilidad de las variaciones de precios (éstos siguen un “recorrido aleatorio” a través del tiempo) y los retornos, y en la imposibilidad de los inversionistas de obtener retornos sistemáticamente superiores a los obtenidos por el promedio del mercado, no reparando en la calidad de la valoración de los activos. Por esta razón, los métodos de comprobación de eficiencia en forma débil se centran en evaluar la correlación serial de los retornos de un conjunto de títulos evaluando la impredecibilidad, y por tanto la imposibilidad de selección de carteras con rendimientos superiores al promedio de mercado.

Las definiciones de eficiencia utilizadas por Fama han sido discutidas con posterioridad por cuanto la eficiencia en la información no es suficiente para asegurar una correcta valoración de los activos de las empresas, siendo éste el rol de este mercado en la asignación de los recursos de inversión de la economía. Así, distintos autores, LeRoy y Porter (1981), Shiller (1981) han enfocado su trabajo hacia la validación de modelos de valoración de activos que incorporan explícitamente insumos de información disponibles en el mercado para la determinación de precios “eficientes”, entendiéndose por éstos aquellos que reflejan las expectativas de los inversionistas acerca de los flujos financieros que reportará el activo (sus fundamentos económicos²) a lo largo de un horizonte de inversión. Los modelos de valoración

¹Para una buena discusión de los principales enfoques de la eficiencia del mercado accionario véase Malkiel (2003).

²No existe precisión respecto de qué variables constituyen los fundamentos para determinar el precio de

constituyen lo que se conoce como “enfoque fundamental” y se elaboran como soluciones de equilibrio parcial en el mercado de activos financieros, obtenidas a partir del planteamiento de problemas de optimización de utilidad en el consumo intertemporal de los inversionistas. Un corolario de la eficiencia así definida es aquella relacionada con la finalidad del mercado. En esta línea, el mercado eficiente asegura el bienestar social e individual a partir de decisiones de consumo e inversión intertemporal óptimas. En consecuencia, es razonable esperar que un mercado que funciona de manera eficiente según un enfoque fundamental haga un buen trabajo como asignador de recursos, puesto que la adopción de decisiones de inversión óptimas implicarán en definitiva la maximización del bienestar social.

El enfoque fundamental es el que aplicaremos en el presente trabajo en orden a evaluar la eficiencia del mercado chileno de acciones. Para ello determinaremos las condiciones de equilibrio de un modelo de valoración de activos de capital enfocado desde el consumo de los inversionistas Lucas (1978) para luego testear el cumplimiento de dichas condiciones para el mercado accionario chileno (MAC) aplicando métodos de comprobación estadística desarrollados para este propósito por distintos autores.

En el enfoque de eficiencia hacia la valoración, en el contexto del mercado accionario chileno, Johnson (1992), utilizando tests de volatilidad, reporta la existencia de una “burbuja especulativa” en los periodos 1981-1983 y entre mediados de 1988 y 1989. El término “burbuja especulativa” hace referencia a la sobrevaloración indefinida³ del precio esperado de los activos transados en el mercado respecto del valor racional derivado de sus fundamentos económicos, actuando por tanto de manera “ineficiente” en el rol de asignador de recursos. Sin embargo, Basch y Budnevich (1993) por su parte, utilizando también tests de volatilidad, encuentran evidencia de exceso de volatilidad todo el periodo 1986-1991. Fernández (1995) da cuenta de la existencia de una burbuja en el comienzo de la década de 1980, en el cual se produjo un crecimiento explosivo por la demanda de acciones, pues se tenía unas expectativas de precios mucho mayores, pero con la consecuente crisis financiera de 1982 los precios de las acciones comenzaron a decrecer mientras las tasas de interés se mantenían altas, por lo cual la burbuja terminó por reventar.

A la hora de enfrentarnos a la elaboración de un modelo de decisiones de consumo-inversión intertemporales necesariamente tenemos que lidiar con el problema de las expectativas. Al respecto suponemos que los agentes económicos guían su conducta no sólo en función de variables y eventos pasados, sino que también sobre las expectativas que tengan respecto del valor de algunas variables en el futuro. En definitiva, deberemos elaborar supuestos respecto de cómo los agentes predicen el futuro. En orden a abordar este problema, podemos adoptar tres hipótesis: La primera es suponer que los agentes tienen expectativas adaptativas o extrapolativas. Bajo este supuesto, los agentes proyectan hacia el futuro los valores realizados de las variables y toman sus decisiones actuales en base a esas predicciones. La segunda alternativa es establecer supuestos ad-hoc, los valores esperados de las variables que se

un acción. En general, se le reconoce como un *set* de información relevante de la empresa, entre los cuales el principal es el flujo descontado de dividendos esperados y el precio terminal, así como información de su entorno financiero, económico, político, etc.

³La sobrevaloración es indefinida en el sentido que la desviación del precio con respecto a los fundamentos crece a tasas tales que su proyección indefinida no converge hacia un valor finito.

realizarán en el futuro se determinan con un supuesto arbitrario, específico para esa variable. La tercera opción es asumir que los agentes económicos son enteramente racionales (*fully rational*), es decir, que no cometen errores sistemáticos en su formación de expectativas, utilizando la información disponible del mejor modo posible. En otras palabras, asumimos una hipótesis de expectativas racionales.

Al suponer expectativas racionales, consideramos que las variables económicas no son puramente aleatorias (y de serlo se conoce su proceso estocástico), sino que siguen un cierto patrón de conducta. Este patrón (modelo) es posible de conocer al momento de formar las expectativas, para lo cual los agentes tratan de identificar ese patrón. Cuanta mayor información se tenga del patrón, más fácil será formar las expectativas, disminuyendo de esta forma las posibilidades de cometer errores. Por esta razón, suponemos que los agentes disponen de todo el *set* de información existente al momento de tomar decisiones y este *set* es utilizado eficientemente, es decir, no se cometen errores sistemáticos en la formación de expectativas, lo cual implica que las desviaciones respecto del patrón conocido de comportamiento de la variable son corregidos constantemente de modo de no repetir los errores en el futuro.

Las operaciones de mercados financieros eficientes suponen la conformación de éstos con agentes económicos “enteramente racionales”, que están en conocimiento de los métodos “correctos” de evaluación del precio del activo a partir de los fundamentos económicos conocidos, la información disponible públicamente.

El presente artículo abordará la eficiencia en el mercado chileno de acciones desde una perspectiva fundamental, analizando las propiedades de las series de precios de los títulos y de otras variables del mercado accionario para intentar encontrar evidencias de eventuales diferencias en la valoración del mercado accionario respecto de su valor de fundamentos. En particular seguiremos el enfoque de expectativas racionales para la elaboración del modelo de precios de las acciones y aplicaremos tests de volatilidad en diversas variantes para validar el funcionamiento del mercado accionario chileno de acuerdo al modelo planteado. El trabajo se desarrolla de la siguiente forma. En la segunda sección presentamos el modelo de valor presente para la valoración de los títulos del mercado accionario, derivado a partir de sus supuestos económicos básicos. En la tercera sección se exponen los fundamentos metodológicos de las diferentes pruebas estadísticas que se han de aplicar para evaluar la eficiencia del mercado accionario y presentamos los resultados asociados a tales pruebas. La cuarta sección y final recopila las conclusiones del estudio.

2. Modelación del Equilibrio en el Mercado Accionario.

El método de valoración de activos que presentamos consiste en modelos de equilibrio parcial en los cuales se configura un problema de maximización de la utilidad en el consumo de los agentes económicos, asumiendo los supuestos y restricciones convenientes para asegurar la existencia de una solución única y factible de dicho problema. La derivación de estas condiciones de equilibrio entrega información respecto de las de los parámetros de operación del mercado a partir de los cuales es posible elaborar hipótesis de comprobación acerca de su funcionamiento.

El siguiente es un modelo conocido como CCAPM (*Consumption Capital Asset Pricing Model*) que describe la forma en que las decisiones individuales pueden ser hechas. El hecho de aplicar un enfoque dinámico de elecciones intertemporales bajo condiciones de incertidumbre nos impone ciertas restricciones respecto del consumo individual a través del tiempo, así como determina la forma de la función de precios de activos que usamos para valorar una corriente de ingresos aleatorios. Al ser además un modelo de preferencias, el modelo reflejará las actitudes frente al riesgo, éstas afectan los precios de equilibrio de los activos, así como la naturaleza de la asignación de equilibrio.

El modelo se construye a partir de un proceso de maximización de utilidad en el consumo de un *agente representativo*⁴. El agente tiene la posibilidad de invertir fondos en un bono libre de riesgo a un precio P^B , o de comprar un activo riesgoso (acciones), por un precio de P^A .

La función de utilidad $U(c_t)$ cumple las condiciones de Inada⁵. $0 < \beta < 1$ donde β es la tasa subjetiva de descuento intertemporal del consumo. El ingreso del agente proviene exclusivamente de su acción en el mercado de acciones y de bonos (la producción es exógena al sistema⁶). Todas las variables representan valores económicos reales y no se consideran los aspectos monetarios⁷.

⁴El agente representativo es una construcción teórica para significar la existencia de un conjunto de agentes económicos con preferencias homogéneas e iguales características de acceso a información, actitud frente al riesgo, funciones de utilidad, etc. Implícitamente se asume que su proceso de formación de expectativas (procesamiento de la información disponible) también es homogéneo. Las condiciones bajo las cuales esta desagregación es suficiente para obtener conclusiones a nivel general son las llamadas condiciones de homogeneidad, las cuales se derivan de la estructura de preferencias HARA (*Hyperbolic Absolute Risk Aversion*), y a su vez constituyen la base de muchos test de las relaciones de precios de activos como los que desarrollaremos en este trabajo ((Altug y Labadie, 1994)).

⁵Las condiciones de Inada configuran una función de utilidad estrictamente cóncava y creciente, de la siguiente forma: $U(0) = 0$; $U'(c) > 0$; $U''(c) < 0$; $\lim_{c \rightarrow 0} U'(c) = \infty$; $\lim_{c \rightarrow \infty} U'(c) = 0$.

⁶Este supuesto implica que la producción varía producto de shocks independientes de los resultados obtenidos en el modelo, es decir, es independiente de las decisiones de los agentes representados en éste. Asumir esto no es tan irreal si acotamos el estudio al mercado de valores. Modelos con producción endógena también pueden ser desarrollados.

⁷Para verificar el resto de los supuestos del modelo, así como sus fundamentos matemáticos, ver Altug y Labadie (1994) o Lucas (1978) quienes utilizan programación dinámica para obtener el equilibrio en sistemas dinámicos. Básicamente, es un enfoque de decisiones recursivas, donde los valores de las variables se encuentran independientemente para cada período específico.

El agente representativo enfrenta el siguiente problema:

$$(1) \quad \begin{aligned} & \text{máx } E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t) \\ & \text{s.a.} \\ & c_t + P_t^A A_{t+1} + P_t^B B_{t+1} \leq (D_t + P_t^A) A_t + P_t^B B_t \end{aligned}$$

E_t : Es el operador de la Esperanza Matemática de una variable aleatoria x , condicional a la información disponible en el momento t . $E_t(x|I_t)$.

c_t : Es el consumo real en el período t .

P_t^A : Es el precio de la acción (activo riesgoso), en el período t .

P_t^B : El precio del bono (activo libre de riesgo) en t .

A_t : Es la cantidad de acciones (medida en términos de producción) mantenida en el momento t .

B_t : Es la cantidad de bonos (también en términos reales) mantenida en t .

D_t : Es el dividendo pagado por la acción en el período t . β : Representa la tasa de descuento subjetiva en la utilidad de corrientes futuras de consumo. $\beta = 1/(1 + \rho)$. ρ es la tasa subjetiva de preferencias en el tiempo.

La restricción impuesta en este problema significa que debe mantenerse, en cada período un balance entre la riqueza actual y el gasto planeado. La riqueza actual está representada por el valor de los activos mantenidos hoy. El gasto planeado es el monto consumido en el período, más la inversión en activos representada por la cantidad *planeada* para el próximo período, valorada a los precios vigentes en el período corriente:

$$(2) \quad \underbrace{c_t}_{\text{consumo}} + \underbrace{P_t^A A_{t+1} + P_t^B B_{t+1}}_{\text{inversion}} \leq \underbrace{(D_t + P_t^A) A_t + P_t^B B_t}_{\text{riqueza en } t}$$

La solución del modelo implica que el agente debe decidir la cantidad de activos, A_t y B_t , que debe mantener en cada período a fin de maximizar su consumo intertemporal. Luego, las condiciones necesarias de primer orden⁸ para la solución de este problema son:

$$(3) \quad P_t^A U'(c_t) = E_t\{\beta U'(c_{t+1})(P_{t+1}^A + D_{t+1})\}$$

$$(4) \quad U'(c_t) = E_t\{\beta U'(c_{t+1})\}$$

Donde $U' = \partial U / \partial c$. Como el activo libre de riesgo tiene un retorno seguro, r^f (tasa libre de riesgo). Entonces, sabemos de antemano que $P_{t+1}^B / P_t^B = 1 + r^f$. Luego, reescribiendo (3) y

(4):

$$(5) \quad 1 = \beta E_t \left\{ \frac{U'(c_{t+1})}{U'(c_t)} \frac{P_{t+1}^A + D_{t+1}}{P_t^A} \right\}$$

$$(6) \quad 1 = \beta(1 + r^f) E_t \left\{ \frac{U'(c_{t+1})}{U'(c_t)} \right\}$$

Adoptemos la siguiente notación: $S_{t+1} = \frac{U'(c_{t+1})}{U'(c_t)}$ y $R_{t+1} = \frac{P_{t+1}^A + D_{t+1}}{P_t^A}$

⁸También llamadas *Condiciones de Euler* o *Ecuaciones de Euler*

Donde S_{t+1} representa el inverso de la tasa marginal de sustitución entre consumo presente y consumo futuro, y R_{t+1} representa el retorno de la acción (o mejor, uno más la rentabilidad de la acción realizada en $t + 1$) (Grossman y Shiller, 1981)⁹.

Utilizando el hecho de que el valor esperado del producto de dos variables aleatorias es igual a su covarianza más el producto de sus valores esperados¹⁰, estamos en condiciones de resolver el sistema de ecuaciones (5-6):

$$(7) \quad 1 = \beta[Cov(S_{t+1}, R_{t+1}) + E_t(S_{t+1})E_t(R_{t+1})]$$

$$(8) \quad \frac{1}{\beta(1 + r^f)} = E_t(S_{t+1})$$

Sustituyendo (8) en (7) tenemos:

$$(9) \quad 1 = \beta \left[Cov(S_{t+1}, R_{t+1}) + \frac{E_t(R_{t+1})}{\beta(1 + r^f)} \right]$$

Y, por lo tanto:

$$(10) \quad E_t(R_{t+1}) = [1 - \beta Cov(S_{t+1}, R_{t+1})](1 + r^f)$$

$$(11) \quad E_t \left(\frac{P_{t+1}^A + D_{t+1}}{P_t^A} \right) = [1 - \beta Cov(S_{t+1}, R_{t+1})](1 + r^f)$$

Analicemos el término $1 - \beta Cov(S_{t+1}, R_{t+1})$. $Cov(S_{t+1}, R_{t+1})$ es habitualmente referida como un coeficiente que mide el riesgo implícito de un activo. En efecto, la relación entre la tasa marginal de sustitución de consumo intertemporal y la rentabilidad de un activo debe ser alta y positiva, simplemente porque la *exigencia* que el inversionista tiene sobre un activo riesgoso es más alta que sobre uno con menor riesgo. Siendo S_{t+1} el inverso de dicha tasa marginal de sustitución intertemporal, entonces la covarianza es negativa. El término $-\beta Cov(S_{t+1}, R_{t+1})$ (el cual podemos asumir como constante para simplificar el análisis, sin pérdida de generalidad, y que lo escribiremos como α), representa en consecuencia la tasa de *premio al riesgo*¹¹, donde β , recordemos, es la tasa de descuento subjetiva de corrientes de consumo futuras, que llamamos por comodidad tasa de preferencia subjetiva intertemporal. La tasa libre de riesgo y la tasa de premio al riesgo conforman en conjunto la *tasa de descuento* de los flujos de ingreso futuros, y es la tasa relevante para el inversionista.

En suma, podemos expresar (11) como:

$$(12) \quad E_t(R_{t+1}) = (1 + \alpha)(1 + r^f)$$

Sea $\gamma = \frac{1}{[1 - \beta Cov(S_{t+1}, R_{t+1})](1 + r^f)} = \frac{1}{(1 + \alpha)(1 + r^f)}$, la tasa de descuento de flujos de ingreso futuros. Luego:

$$(13) \quad 1 = E_t(\gamma R_{t+1})$$

⁹Shiller (1981) incorpora β a S_{t+1} .

¹⁰Lo que puede expresarse como: $E(xy) = Cov(x, y) + E(x)E(Y)$.

¹¹El sentido que le damos a este término es el mismo que tiene en el modelo CAPM.

Entonces:

$$(14) \quad E_t(R_{t+1}) = E_t \left(\frac{P_{t+1}^A + D_{t+1}}{P_t^A} \right) = \frac{1}{\gamma}$$

$$(15) \quad P_t^A = \gamma E_t(P_{t+1}^A + D_{t+1})$$

La relación (15) es conocida como la *ecuación de arbitraje* del modelo fundamental, y nos dice que el precio actual de la acción debe ser igual¹² al valor esperado descontado de la suma del precio de la acción en el próximo periodo más el valor de los dividendos del próximo período.

Nuestro siguiente paso es encontrar una solución dinámica que nos entregue información respecto del valor de las variables en toda la secuencia del problema.

Si tomamos (15) podemos aplicar la Ley de Proyecciones Iterativas¹³, para obtener:

$$\begin{aligned} P_t^A &= \gamma E_t(D_{t+1}) + \gamma E_t(P_{t+1}^A) \\ &= \gamma E_t(D_{t+1}) + \gamma E_t[\gamma E_{t+1}(P_{t+2}^A + D_{t+2})] \\ &= \gamma E_t(D_{t+1}) + \gamma^2 E_t(P_{t+2}^A + D_{t+2}) \\ &= \gamma E_t(D_{t+1}) + \gamma^2 E_t(D_{t+2}) + \gamma^2 E_t[\gamma E_{t+2}(P_{t+3}^A + D_{t+3})] \\ &= \gamma E_t(D_{t+1}) + \gamma^2 E_t(D_{t+2}) + \gamma^3 E_t(P_{t+3}^A + D_{t+3}) \\ &= \gamma E_t(D_{t+1}) + \gamma^2 E_t(D_{t+2}) + \gamma^3 E_t(D_{t+3}) + \gamma^3 E_t[\gamma E_{t+3}(P_{t+4}^A + D_{t+4})] \\ &\vdots = \vdots \end{aligned}$$

Iterando *ad infinitum*, llegamos a:

$$P_t^A = \gamma E_t(D_{t+1}) + \gamma^2 E_t(D_{t+2}) + \gamma^3 E_t(D_{t+3}) + \gamma^4 E_t(D_{t+4}) + \dots$$

$$(16) \quad P_t^A = \sum_{s=1}^{\infty} \gamma^s E_t(D_{t+s})$$

La ecuación (16) se denomina *solución fundamental* del Modelo de Valor Presente de valoración de activos, la cual es ampliamente conocida en teoría financiera. Esta solución define el precio de equilibrio de mercado de la acción como el valor descontado de sus dividendos futuros tomando un período de mantención infinito¹⁴. Podemos, sin embargo, expresar esta relación para un período de inversión finito como:

$$(17) \quad P_t^A = \sum_{s=1}^T \gamma^s E_t(D_{t+s}) + E_t(\gamma^T E_t(P_{t+T}^A))$$

¹²La relación puede plantearse como desigualdad, $P_t^A \geq \gamma E_t(P_{t+1}^A + D_{t+1})$ en el caso que el número de acciones a mantener en $t + 1$ sea igual a 0.

¹³Según esta ley, el valor esperado de una variable en un instante t es igual al valor esperado en t de la esperanza de la misma variable en un período posterior. Más claramente: $E_t[E_{t+s}(x_{t+s+1})] \equiv E_t[x_{t+s+1}]$, $s \geq 1$.

¹⁴Este modelo tiene el supuesto que el agente representativo tiene *vida infinita*, este supuesto implica en los hechos que la continuidad del mercado en el futuro no está acotada o es indefinida.

En esta ecuación se captura ambos componentes de la rentabilidad de la acción, la corriente de dividendos¹⁵ y la variación en el precio del título. Cuando el periodo de inversión es indefinido la condición de equilibrio expresada en (16) tiene la siguiente *condición de transversalidad*¹⁶:

$$(18) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \gamma^n E_t(P_{t+n}^A) = 0$$

Puede notarse que la condición de transversalidad nos dice simplemente que el valor esperado descontado del precio de la acción en un período infinitamente posterior debe ser igual a cero. Si asumimos la tasa de descuento como una constante positiva menor que 1 entonces la condición de transversalidad se restringe a exigir un precio de la acción cuya trayectoria *converge* a un valor definido.

3. Corroboración de la Eficiencia del Mercado Accionario: Tests de Volatilidad y Contraste Empírico.

En esta sección se exponen los diversos tests presentes en la literatura que corroboran el grado de eficiencia del mercado accionario, para luego presentar el contraste empírico a partir de datos obtenidos de la Bolsa de Comercio de Santiago para el periodo comprendido por los meses 1987.VII-2007.VI.

3.1. Tests de Volatilidad.

El test básico de volatilidad corresponde al desarrollado por Shiller (1981), el cual consiste en contrastar la varianza que presenta el precio teórico de la acción, P_t^* , dado por la ecuación (17), y la varianza manifestada por el precio observado en el mercado accionario, P_t . Esto es:

$$(19) \quad Var(P_t^*) \geq Var(P_t)$$

Por lo tanto, el mercado accionario sería eficiente si la volatilidad experimentada por el precio teórico es superior a la observada en el precio efectivo.

Con el objeto de garantizar la confiabilidad del test, Shiller propone un límite inferior para la desviación estándar (σ) de la variación en el precio de la acción, $\Delta P_t = P_t - P_{t-1}$, el cual está dado por la siguiente expresión:

$$(20) \quad \sigma(\Delta P_t) \leq \frac{\sigma(\Delta D_t)}{\sqrt{2r^f}}$$

Donde $\Delta D_t = D_t - D_{t-1}$.

¹⁵Este modelo no contempla la reinversión de las ganancias, es un modelo de consumo. Por lo tanto, no cabe distinguir entre dividendos y utilidades. En el análisis empírico debe considerarse una definición de dividendos más amplia que el simple reparto de utilidades.

¹⁶La condición de transversalidad o condición terminal en un problema dinámico es una especificación de las condiciones que debe cumplir la variable de estado en el final del último período del horizonte de planeación. En este caso de un horizonte de planeación infinito la condición de transversalidad se refiere al valor esperado del precio de la acción en un momento “infinitamente posterior”.

No obstante, la relación (20) no es válida cuando se utiliza una tasa de descuento variable en la determinación del precio teórico de la acción. En cuyo caso, para determinar la variabilidad mínima requerida para aceptar la hipótesis de eficiencia se debe utilizar la siguiente variante de la relación (20):

$$(21) \quad \sigma(r^f) = \left[\sqrt{2E_t(r^f)\sigma(\Delta P) - \sigma(D)} \right] E(r^f)/E(D)$$

Donde:

$E(r^f)$: Esperanza de la tasa de descuento libre de riesgo.

$E(D)$: Esperanza de la serie de dividendos.

$\sigma(\Delta P)$: Desviación estándar de la serie ΔP .

$\sigma(\Delta D)$: Desviación estándar de la serie ΔD .

$\sigma(r^f)$: Desviación estándar de la serie r^f .

Respecto a los tests de volatilidad se distinguen los de Segunda Generación, entre los cuales identificamos los siguientes:

i) Cochrane (1991).

El test implica salvar el hecho de la no estacionariedad de la serie de precios de las acciones. Para ello, el autor propone una modificación a la solución fundamental del modelo la que consiste en dividir la expresión (16) por D_t . En concreto, la serie del precio teórico de la acción debe ser calculada empleando la siguiente formulación:

$$(22) \quad P_t^* = \frac{P_t}{D_t} = E_t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \frac{D_{t+i}}{D_t} \right\} = E_t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i \left[\prod_{k=1}^i \eta_{t+k} \right] \right\}$$

Donde $\eta = D_t/D_{t-1}$ corresponde al factor de crecimiento de los dividendos. Dado esto el test, al igual que en Shiller, pretende probar que $Var(P_t) \leq Var(P_t^*)$.

ii) LeRoy y Parke¹⁷.

El test consiste en calcular las varianzas de la serie P_t/D_t al igual que en Cochrane, pero en este caso la relación precio/dividendo teórica se determina dividiendo la serie del precio teórico obtenida a la Shiller por la serie de dividendos observada. El contraste de varianzas resultante, que indicaría la presencia de un mercado eficiente, es el siguiente:

$$(23) \quad \frac{Var(P_t/D_t)}{Var(P_t^*/D_t)} \leq 1$$

iii) Kleidon¹⁸.

El método desarrollado por Kleidon consiste en contrastar las varianzas del factor de crecimiento del precio de la acción observado y de la razón P_{t+n}^*/P_t , donde n toma los valores 1, 2, 5 y 10. En concreto, el test contrasta lo siguiente:

$$(24) \quad \frac{Var(P_{t+n}/P_t)}{Var(P_{t+n}^*/P_t)} \leq 1$$

¹⁷Ver West (1988).

¹⁸Ver West (1988).

iv) West (1988).

La ventaja de este test es la no prescindencia de los dos supuestos más fuertes del test de Shiller: Precios y dividendos tienen una varianza finita (condición necesaria para la estacionariedad) y una serie de datos finita proporciona una perfecta predicción de precios.

West plantea la existencia de un límite superior para la varianza de la perturbación de los precios al utilizar un sub-conjunto, H_t , de toda la información disponible en el mercado, I_t , para la perfecta predicción de los precios de las acciones. La relación planteada es la siguiente:

$$(25) \quad E[P_{t,H} - E(P_{t,H}|H_{t-1})]^2 \geq E[P_{t,I} - E(P_{t,I}|I_{t-1})]^2$$

Donde $P_{t,H} = \lim_{j \rightarrow \infty} E \left[\sum_{i=0}^j \gamma^{i+1} D_{t+1} | H_t \right]$ y $P_{t,I} = \lim_{j \rightarrow \infty} E \left[\sum_{i=0}^j \gamma^{i+1} D_{t+1} | I_t \right]$, lo cual implica que la varianza de las perturbaciones será mayor mientras menor sea la información utilizada en la estimación de los precios de las acciones.

De manera operativa, el test implica, en primer lugar, estimar por mínimos cuadrados ordinarios la siguiente relación:

$$(26) \quad P_t = \theta(P_{t+1} + D_{t+1}) + \mu_t$$

Aplicando el operador varianza a la ecuación (26) obtenemos:

$$(27) \quad Var(\mu_t) = \theta^2 E[P_{t+1} + D_{t+1} - E(P_{t+1} + D_{t+1}|I_t)]^2$$

Con lo cual, podemos obtener el lado derecho de la ecuación (25):

$$(28) \quad E[P_{t,I} - E(P_{t,I}|I_{t-1})]^2 = Var(\mu_t)/\theta^2$$

Para obtener el lado izquierdo de la expresión (25) debemos estimar la siguiente relación para el cambio en los dividendos, ΔD_t :

$$(29) \quad \Delta D_{t+1} = \alpha + \phi_1 \Delta D_t + \phi_2 \Delta D_{t-1} + \dots + \phi_q \Delta D_{t-q-1} + v_{t+1}$$

Una vez estimada (29) se procede a calcular la varianza de las innovaciones v_t , lo cual permite obtener el lado izquierdo de (25):

$$(30) \quad E[P_{t,H} - E(P_{t,H}|H_{t-1})]^2 = \delta^2 Var(v_t)$$

Donde $\delta = [(1 - \theta)(1 - \sum_{i=1}^q \theta \phi_i)]^{-1}$

Con la información anterior, el paso final es construir el estadístico West (WS):

$$(31) \quad WS = \delta^2 Var(v_t) - \theta^{-2} Var(\mu_t)$$

Si el estadístico WS es significativamente negativo, entonces estamos en condiciones de rechazar la hipótesis del modelo fundamental y, con ello, la eficiencia del MAC.

3.2. Contraste Empírico.

Previa aplicación de la batería de tests de volatilidad es imperativo construir una serie de precios y dividendos reales para el MAC. Para ello, conformamos una cartera de inversión constituida por 22 títulos bursátiles para el periodo comprendido por los meses 1987.VII-2007.VI. Las acciones incluidas en el portfolio de acuerdo a su nemotécnico son las siguientes: ANDINA-B, CAMPOS, CAP, CAROZZI, CCU (ex CERVEZAS), CHILE, CHILECTRA, CHOLGUAN, CONCHATORO, COPEC, ENDESA, ENERSIS, ENTEL, EPERVA-A, GASCO (ex GAS SANTIAGO), HABITAT, INFORSA, MADECO, LAFARGE (ex MELON), MINERA, PROVIDA y VAPORES¹⁹.

El precio de cada acción está dado por el precio de cierre del último día del mes en que ésta se transó en el mercado. Por su parte, los dividendos están constituidos por todos los valores distribuidos por la sociedad anónima a cada uno de los tenedores de acciones, sean éstos provisorios, definitivos o adicionales. El peso relativo de cada uno de los títulos que conforman la cartera, para la determinación de las series precio y dividendo, está dado por la participación del patrimonio bursátil (número de acciones · precio de cierre) de la sociedad en el patrimonio bursátil de la cartera.

Una vez obtenidas las series precio y dividendo, entonces se procede a deflactar cada observación por el índice de precios al consumidor (IPC) del mes respectivo, obteniendo de esta forma la versión real de las variables claves del análisis. Adicionalmente, es posible construir la serie de la razón precio/dividendo (P_t/D_t). Las series obtenidas son resumidas en las figuras 1, 2 y 3.

En la determinación del factor de descuento utilizamos, en primer lugar, la tasa de interés de los Pagarés Reajustables del Banco Central (PRBC) a 90 días para el periodo 1987.VII-2001.VII. En cambio, para el periodo 2001.VIII-2007.VI empleamos la Tasa de Política Monetaria (TPM) real debido a la insuficiencia de información respecto de los PRBC en este periodo.

En concreto, los resultados de la aplicación de los tests de volatilidad de Shiller, Cochrane, LeRoy y Parke, y Kleidon se reportan en el cuadro 1. Por otra parte, los estadísticos necesarios para la aplicación del test de West se recopilan en el cuadro 2. Del análisis de éstos es posible afirmar lo siguiente:

- En todos los tests es posible rechazar la hipótesis de eficiencia en el mercado accionario chileno. En efecto, las razones de desviaciones estándar superan la unidad en todos los tests de volatilidad aplicados, e.g., 9,4 en Shiller, 2,3 en Cochrane, 11,4 en LeRoy y Parke.
- El mercado accionario exhibe claros episodios de exceso de volatilidad, e.g., periodo 1991-1997 de acuerdo a Shiller, periodo 1994-1996 según Cochrane, 1991-1998 según LeRoy y Parke, 1993-1997 según Kleidon.

¹⁹El lector interesado puede obtener mayor información de las Sociedades Anónimas incluidas en el portfolio en el sitio electrónico de la Bolsa de Comercio de Santiago: <http://www.bolsadesantiago.com/>

- La evidencia anterior es reafirmada mediante el estadístico WS, el cual es significativamente menor que cero (véase cuadro 2), lo cual indica la violación de la hipótesis de mercado eficiente para datos chilenos.

Una de las potenciales causas del exceso de volatilidad que exhibe el MAC es la presencia de burbujas especulativas (bubbles), materia ya tratada por Johnson (1992) y Basch y Budnevich (1993). Fernández (1995) sugiere la existencia de una burbuja en el periodo de comienzos de los ochenta, en el cual se produjo un crecimiento explosivo de la demanda de acciones, pues se esperaban precios mucho mayores, pero con la consecuente crisis financiera los precios de las acciones comenzaron a descender, mientras las tasas de interés se mantenían altas, ante lo cual la burbuja finalmente reventó. No obstante, la presente investigación objeta la presencia de burbujas racionales, siguiendo la metodología planteada por Cochrane (1991), al rechazar la hipótesis de existencia de raíz unitaria en la serie $\log(P_t/D_t)$, a partir de los antecedentes recopilados de los tests Dickey y Fuller (1981) y Phillips-Perron (ver cuadro 3).

De la literatura emerge una segunda causa: cambios en la tasa de descuento. En este sentido, Shiller plantea un límite inferior para la variabilidad en la tasa de descuento que permita aceptar el test de volatilidad planteado, explicitado en la relación (21). El cuadro 4 compila el cálculo del citado límite así como la variabilidad de la tasa de descuento empleada. Del análisis del cuadro 4 se concluye que las tasas de descuento empleadas exhiben volatilidades muy inferiores a la requerida para aceptar la hipótesis de eficiencia. En tan sólo dos subperiodos muestrales, 2001 y 2004, la volatilidad observada supera a la requerida.

4. Conclusiones.

El presente trabajo entregó evaluación de un modelo de valoración de activos financieros CCAPM, aplicado en particular al mercado accionario chileno, en el periodo comprendido entre el mes de julio de 1987 a junio de 2007. Esta evaluación buscaba encontrar evidencia de desviaciones entre el valor de mercado de los títulos accionarios, determinado de acuerdo a sus fundamentos económicos, y el valor observado durante el periodo en estudio. Dicho fenómeno se conoce con el nombre de “burbujas especulativas” asociándose el exceso de volatilidad de los precios a fenómenos propios de las transacciones de mercado como ruido especulativo, modas u otro fenómeno que se aleja de la valoración racional que considera el *set* de información y el método de determinación “económico” de los precios.

Resumen de los principales hallazgos del estudio.

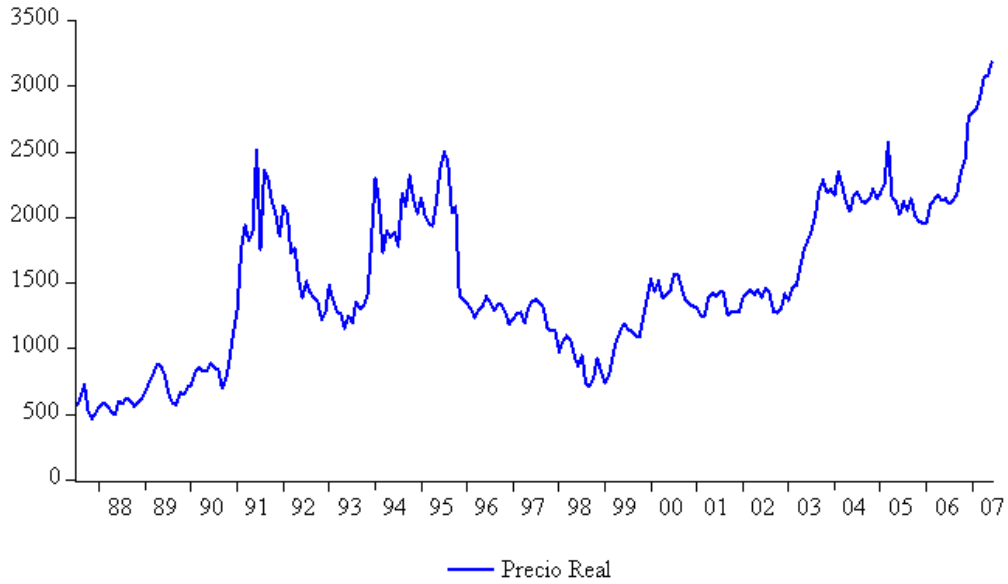
- I. Se encuentra evidencia de exceso de volatilidad en los precios del mercado accionario como un todo, considerando el total de datos de la muestra analizada, de acuerdo a todos los análisis estadísticos de la serie analizada.
- II. El exceso de volatilidad en los precios del mercado accionario constituye una violación de la hipótesis de los mercados eficientes, por cuanto revela que el proceso formación del precio de los títulos falla consistentemente en reflejar su valor económico fundamental, derivado racionalmente de la información disponible en el momento de la transacción.
- III. Entre las causas del exceso de volatilidad, descartamos la existencia de una burbuja especulativa, por cuanto ésta no se condice con la estacionariedad de la serie $\log(P_t/D_t)$ por lo que el crecimiento de los precios no sería insostenible ni indeterminado. En otras palabras, el precio se desvía “habitualmente” de su valor de fundamentos pero la trayectoria a largo plazo es convergente en un valor finito, lo que revela la acción del dividendo como factor estabilizador.
- IV. Descartamos también que el exceso de volatilidad se deba a su vez al exceso de volatilidad de la tasa de descuento por cuanto hemos demostrado que durante el periodo en estudio ésta se mantuvo por debajo de los límites de variación requeridos para aceptar esta proposición.
- V. La “irracionalidad” del mercado, entendiendo por esta última la incapacidad del sistema de precios para reflejar en forma consistente el *set* de información fundamental disponible, explicado por la operación de métodos de valoración relacionados al comportamiento y psiquis de los agentes económicos podría ser una explicación plausible para el exceso de volatilidad en el precio. La constatación de la presencia de estos criterios no está probada en el análisis realizado, así como el grado de predecibilidad de los precios.

Referencias

- Altug, S. y Labadie, P. (1994). "Dynamic Choice and Asset Markets", Academic Press, Capítulos 1-3.
- Bachelier, L. (1900). "Théorie de la Spéculation", Annales Scientifiques de L'École Normale Supérieure, 3er série. Tome 17, pp. 21-86.
- Basch, M. y Budnevich, C. (1993) "Comportamiento Reciente del Mercado Accionario Chileno: Una Aplicación de Tests de Volatilidad y Eficiencia". Notas Técnicas CIEPLAN. N°153.
- Berglund, T., B. Wahlroos y A. Örnmark (1983). "The Weak-Form Efficiency of the Finnish and Scandinavian Stock Exchanges: A Comparative Note on Thin Trading", The Scandinavian Journal of Economics, Vol. 85, N° 4, pp. 521-530.
- Brown, R. L. y S. A. Easton (1989). "Weak-Form Efficiency in the Nineteenth Century: A Study of Daily Prices in the London Market for 3 per cent Consols, 1821-1860", *Economica*, New Series, Vol. 56, N° 221, February, pp.61-70.
- Campbell, J. Y. y R. J. Shiller (1987). "Cointegration and Tests of Present Value Models", The Journal of Political Economy, Vol. 95, N° 5, October, pp. 1062-1088.
- Campbell, J. Y. y R. J. Shiller (1988). "Stock Prices, Earnings, and Expected Dividends", The Journal of Finance, Vol. 43, N° 3, July, pp. 661-676.
- Cochrane, J. H. (1991). "Volatility Tests and Efficient Markets", Journal of Monetary Economics, N° 27, pp. 463-485.
- Diba, B. y H. Grossman (1988). "Explosive Rational Bubbles in Stock Prices?", The American Economic Review, Vol. 78, No 3, pp. 520-530.
- Dickey, D. A. y W. A. Fuller (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, Vol. 49, N° 4, July, pp. 1057-1072.
- Engle, R. F. y C. W. Granger (1987). "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica*, Vol. 55, N° 2, March, pp. 251-276.
- Fama, E. F. (1998). "MEfficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", The Journal of Finance, Vol. 25, pp. 383-417.
- Fama, E. F. (1998). "Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance", Journal of Financial Economics, 49, pp. 283-306.
- Fernández, J. (1995). "Mercado Accionario y los Ciclos Económicos en Chile: Un Análisis de Cointegración", *Economía y Administración* (U. de Concepción), Diciembre, pp.48-69.
- French, K. R. (1988). "Crash-Testing the Efficient Market Hypothesis", *NBER Macroeconomics Annual*, Vol. 3, pp. 277-285.
- Gode, D. K. y S. Sunder (1997). "What Makes Markets Allocationally Efficient?", The Quarterly Journal of Economics, Vol. 112, N° 2, May, pp. 603-630.
- Grossman, S. y Shiller, R. (1981). "The Determinants of the Variability of Stock Market Prices". The American Economic Review, Vol.71, n° 2, mayo, pp. 222-227.
- Hamilton, J. D. y G. Lin (1996). "Stock Market Volatility and the Business Cycle", Journal of Applied Econometrics, Vol. 11, N° 5, pp. 573-593.
- Johnson, C. (1992). "Burujas Especulativas y Mercado Accionario", *Economía y Administración* (U. de Concepción) N°38, pp. 43-61.

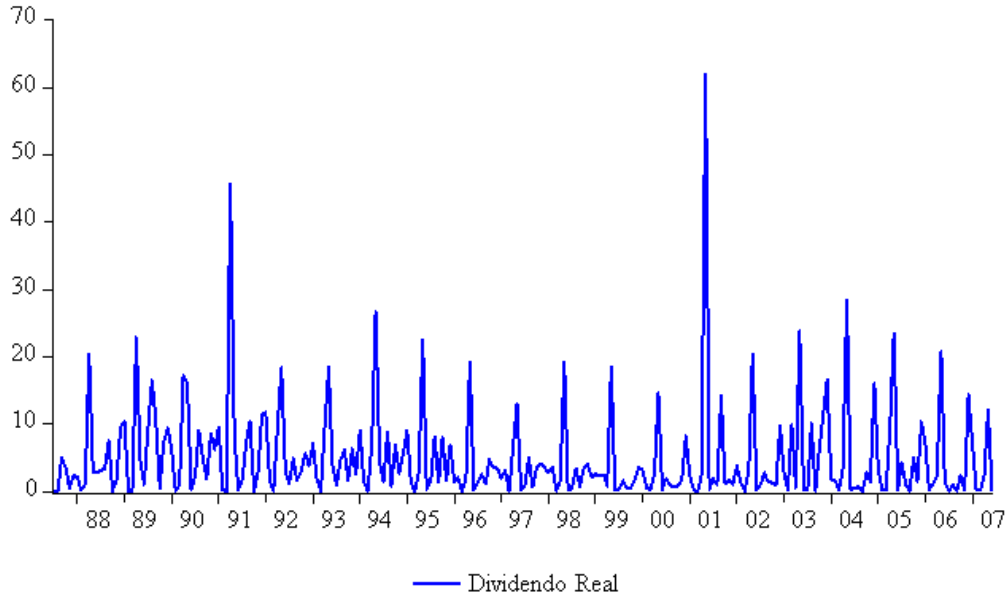
- LeRoy, S. F. (1984). "Efficiency and the Variability of Asset Prices", *The American Economic Review*, Vol. 74, N° 2, May, pp. 183-187.
- LeRoy, S. F. (1989). "Efficient Capital Markets and Martingales", *Journal of Economic Literature*, Vol. 27, N° 4, December, pp. 1583-1621.
- LeRoy, S. F. y R. D. Porter (1981). "The Present Value Relation: Tests Based on Implied Variance Bounds", *Econometrica*, Vol. 49, N° 3, May, pp. 555-574.
- Lucas, R. E. (1978). "Asset Prices in an Exchange Economy", *Econometrica*, Vol. 46 N°6 Nov, pp.1429-1445
- Malkiel, B. G. (2003). "The Efficient Market Hypothesis and Its Critics", *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 17, N° 1, Winter, pp. 59-82.
- Mishkin, F. S. (1978). "Efficient-Markets Theory: Implications for Monetary Policy", *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1978, N° 3, pp. 707-752.
- Pasour, E. C. (1980). "A Semi-Strong Form Evaluation of the Efficiency of the Hog Futures Market: Comment", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 62, N° 3, August, pp. 581-583.
- Shiller, R. J. (1981). "The Use of Volatility Measures in Assessing Market Efficiency", *The Journal of Finance*, Vol. 36, N° 2, pp. 291-304.
- Stiglitz, J. E. (1982). "The Inefficiency of the Stock Market Equilibrium", *The Review of Economic Studies*, Vol. 49, N° 2, April, pp. 241-261.
- Svensson, L. E. (1977). "The Stock Market, the Objective Function of the Firm, and Intertemporal Pareto Efficiency-the Certainty Case", *The Bell Journal of Economics*, Vol. 8, N° 1, Spring, pp. 207-216.
- Timmermann, A. G. (1993). "Learning, Specification Search and Market Efficiency. With an Application to the Danish Stock Market", *The Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 95, N° 2, June, pp. 157-173.
- West, K. D. (1988). "Bubbles, Fads and Stock Price Volatility Tests: A Partial Evaluation", *The Journal of Finance*, vol. XLIII, numero 3, Julio.

Figura 1: Precios Reales en Niveles a partir de Cartera de Inversión, meses 1987.VII-2007.VI.



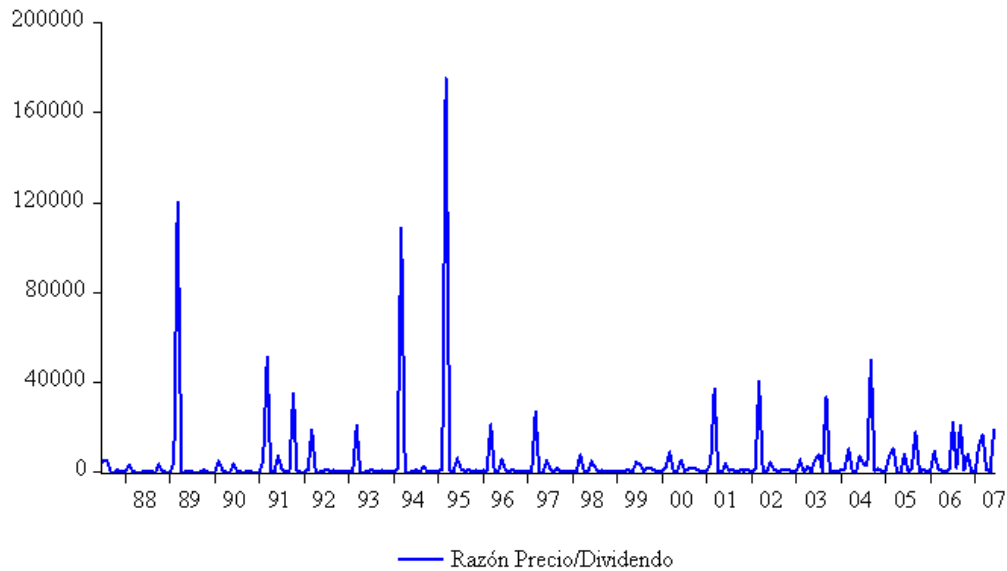
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Bolsa de Comercio de Santiago.

Figura 2: Dividendos Reales en Niveles a partir de Cartera de Inversión, meses 1987.VII-2007.VI.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Bolsa de Comercio de Santiago.

Figura 3: Razón Precio/Dividendo a partir de Cartera de Inversión, meses 1987.VII-2007.VI.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Bolsa de Comercio de Santiago.

Cuadro 1: Resultados Tests de Volatilidad aplicados al MAC, periodo 1987-2007*

Periodo Muestral	Shiller	Cochrane	LeRoy y Parke	Kleidon			
				n=1	n=2	n=3	n=4
1987.VII - 2007.VI	9,3959	2,3476	11,4066	1,6164	2,3785	4,1487	6,0875
1987.VII - 1987.XII	22,3399	6,1659	1,0005	5,0591	10,5903	-	-
1988	7,9051	5,0352	5,0390	5,6681	5,7761	5,1829	6,1547
1989	11,7278	6,8317	6,8388	5,6542	7,1191	8,7403	7,6296
1990	11,9490	8,6084	8,6319	7,0364	10,7745	12,0051	8,8502
1991	24,9085	15,9458	16,0376	9,4806	8,8790	11,8708	19,1197
1992	48,7011	17,8946	18,1284	11,1206	13,0101	9,0893	32,2963
1993	36,5738	13,6372	13,9978	30,6845	42,0429	27,1977	24,4564
1994	22,4314	17,9954	19,0176	22,1334	29,5361	19,0998	17,5652
1995	46,3620	23,6437	27,2140	23,3562	37,3071	54,4063	31,6365
1996	14,4868	15,3811	21,3366	11,3716	21,8443	26,3609	21,0134
1997	29,9053	11,1746	20,6251	14,5415	23,0629	54,0439	17,2361
1998	10,3172	5,3167	16,0640	5,0345	5,6128	5,9431	5,9963
1999	12,5355	2,0966	9,9744	5,9318	10,4274	15,8911	10,9993
2000	3,1945	1,7371	8,9346	3,0192	6,1382	13,5123	20,3627
2001	5,0280	0,8333	4,8301	2,6663	4,3798	8,2443	3,0611
2002	11,3533	0,6854	5,5016	5,7597	8,3160	7,2862	5,4927
2003	11,3949	1,0275	11,5135	1,2151	1,6340	3,1897	13,4995
2004	5,8102	0,8821	14,8880	8,2454	10,4920	7,1817	10,7078
2005	8,6579	0,9199	24,1106	9,8391	9,9993	10,3008	10,4948
2006	16,2154	0,8419	58,6232	6,4373	8,5626	14,7997	26,1158
2007.I - 2007.VI	25,6889	1,0856	229,2402	8,4131	21,7809	31,2220	28,5751

*: Todos los estadísticos corresponden a las razones entre las desviaciones estándares respectivas.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2: Resultados de Estimaciones Requeridas para la Aplicación del Test de West.

Parámetro		Valores Estimados	
θ		0.984950	
$Var(\mu_t)$		21899.451	
R^2 Ajustado		93.57 %	
ϕ_1	-1.000248	ϕ_2	-1.028728
ϕ_3	-1.005222	ϕ_4	-0.920153
ϕ_5	-0.775273	ϕ_6	-0.748011
ϕ_7	-0.678063	ϕ_8	-0.633649
ϕ_9	-0.591290	ϕ_{10}	-0.638613
ϕ_{11}	-0.618753	δ	6.988439
$Var(v_t)$		33.041889	
R^2 Ajustado		70.72 %	
Estadístico WS		-20960.092	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3: Tests de Raíz Unitaria Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y Phillips-Perron (PP) aplicados a la serie $\log(P_t/D_t)$.

Variable	Rezagos	Estadístico ADF (a)	Estadístico ADF (b)	Estadístico PP (a)	Estadístico PP (b)
$\log(P_t/D_t)$	0	-14.9559	-16.0753	-14.9559	-16.0753
$\log(P_t/D_t)$	1	-14.0390	-16.3035	-14.9563	-16.0858
$\log(P_t/D_t)$	2	-9.1059	-11.3143	-14.9677	-16.3812
$\log(P_t/D_t)$	3	-6.9242	-9.1507	-14.9906	-16.7139
$\log(P_t/D_t)$	4	-5.1766	-7.3020	-14.9648	-16.8058
$\log(P_t/D_t)$	5	-4.8220	-7.0718	-14.9464	-16.7993
$\log(P_t/D_t)$	6	-3.7889	-5.8430	-14.9451	-16.9353
$\log(P_t/D_t)$	7	-3.7889	-5.3073	-14.9514	-17.005
$\log(P_t/D_t)$	8	-3.1881	-4.8572	-14.9760	-16.9556
$\log(P_t/D_t)$	9	-2.7955	-6.8637	-15.0137	-16.9384
Valor Crítico	95 % de confianza	-2.8734	-3.4287	-2.8734	-3.4287
	99 % de confianza	-3.4576	-3.9969	-3.4576	-3.9969

(a): con constante
 (b): con constante y tendencia
 Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4: Variabilidad Observada versus Variabilidad Requerida en la Tasa de Descuento.

Periodo Muestral	Variabilidad Observada	Variabilidad Requerida
1987.VII - 2007.VI	0.028038	0.366509
1987.VII - 1987.XII	0.003840	0.793031
1988	0.003772	0.072775
1989	0.005390	0.146829
1990	0.006493	0.419134
1991	0.004444	0.855286
1992	0.006220	0.438010
1993	0.000000	0.612528
1994	0.001487	0.873860
1995	0.003894	0.973823
1996	0.002960	0.345523
1997	0.002568	0.416649
1998	0.026927	1.217083
1999	0.009056	0.484499
2000	0.003281	0.452177
2001	0.006516	0.005648
2002	0.012808	0.026662
2003	0.011447	0.014253
2004	0.009055	0.006028
2005	0.002920	0.006102
2006	0.009701	0.044025
2007.I - 2007.VI	0.002636	0.035885

Fuente: Elaboración propia.