

Análisis de persistencia en acciones financieras en el mercado colombiano a través de la metodología de Rango Reescalado (R/S)¹

Persistence Analysis in Financial Shares in the Colombian Market, through the Methodology Range Rescaling

Análise de persistência em ações financeiras no mercado colombiano através da metodologia de Faixa Reescalada (R/S)

Héctor David Nieto M.²
Jairo Eberto Álvarez C.³
Edgar Leonardo Rodríguez S.⁴

Resumen

El sistema financiero se ha vuelto un tema de estudio de gran relevancia para las áreas económicas y financieras, las cuales buscan nuevos métodos para obtener una visión acertada en la toma de decisiones por parte de los diferentes inversionistas. Por ello, el presente documento tiene como propósito mostrar cómo la aplicación de la metodología de rango reescalado y exponente de Hurst logra analizar y determinar la persistencia y las estructuras con fenómenos irregulares (autocorrelación) dentro del mercado colombiano. Para ello, se tomaron como muestra cinco de las acciones más representativas de la bolsa de valores de Colombia y del índice Colcap (grupo Aval, Ecopetrol, Bancolombia y el grupo Éxito), así como sus rendimientos, de acuerdo con sus oscilaciones durante un periodo de cinco años.

Al implementar la metodología de Rango Reescalado, se encontró que los activos analizados presentan fenómenos de persistencia y antipersistencia en las series de tiempo, lo que muestra que ninguna de las acciones se encuentra bajo el supuesto de normalidad. Por lo tanto, es necesario implementar nuevas herramientas que permitan mayor firmeza en los análisis, como pueden ser el R/S modificado, expuesto por Lo (1991) o variables que permitan determinar procesos estocásticos dentro de las series, lo cual es fundamental para brindar una mayor rigurosidad al cálculo matemático para que este apoye de una forma más eficiente a los inversionistas.

Palabras clave: persistencia, antipersistencia, Rango Reescalado (R/S), exponente de Hurst, mercado financiero.

Abstract

The financial system has become a subject of study of great importance for economic and financial areas, which seek new ways to get an accurate insight into decision-making by different investors. Therefore, this paper aims to show how the application of the methodology of rescaled range and Hurst exponent manage analyze and determine the persistence and structures with irregular phenomena (autocorrelation) in the Colombian market. For this, they were sampled five of the most representative shares of the stock exchange in Colombia and Colcap index (Aval, Ecopetrol, Bancolombia and

Resumo

O sistema financeiro se tornou um tema de estudo de grande relevância para as áreas econômicas e financeiras, as quais procuram novos métodos para obter uma visão acertada na toma de decisões por parte dos diferentes investidores. Por isso, o presente documento tem como propósito mostrar como o aplicativo da metodologia de faixa reescalada e expoente de Hurst consegue analisar e determinar a persistência e as estruturas com fenômenos irregulares (autocorrelação) dentro do mercado colombiano. Para isso, se tomaram como mostra cinco das ações mais representativas da carteira de

Recibido el 21/01/2016 Aprobado el 19/05/2016

1. Artículo de investigación
2. Administrador de empresas, Universidad El Bosque, estudiante de Maestría en Ciencias Económicas, Universidad Santo Tomas, profesor de la Universidad El Bosque, Financial Planner, Old Mutual Colombia. hnieto@unbosque.edu.co
3. Licenciado en Física, Universidad Distrital, Magister en Educación, Universidad El Bosque, Especialista en Ingeniería de Sistemas, Universidad Autónoma de Colombia, profesor asociado Universidad El Bosque.
4. Ingeniero mecánico Universidad de América. Especialista en física, Universidad Javeriana. Especialista en Bioética, Profesor asistente Universidad El Bosque.

Éxito group) and their returns, according to its oscillations over a period of five years.

By implementing the methodology upscaling range, it was found that the assets analyzed shows persistence and antipersistence phenomena in time series, showing that none of the actions is under the assumption of normality. Therefore, it is necessary to implement new tools to more firmly in the analysis, such as the R/S modified, exposed by Lo (1991), or variables to determine stochastic processes within the series, which is essential to provide more rigorous mathematical calculation that supports investors in a more efficient way.

Keywords: Persistent, Antipersistent, Scaler Range, Financial Assets, Volatility, Hurst Exponent, Fractal Dimension, Financial Market.

Introducción

En la actualidad, existen agentes, como los inversionistas y las casas de fondos, que intervienen en el estudio económico y el sistema financiero, y dan importancia al estudio del comportamiento del mercado de valores, que es considerado como una fuente de inversión que apoya el crecimiento económico de los agentes involucrados. En este sistema, se analizan los comportamientos de los precios como fuente primaria de información a la hora de la toma de decisiones.

Lo anterior parte de estudios realizados por diferentes autores como Markowitz (1952) y Sharpe (1964), que buscan darle herramientas al mercado para entenderlo, analizarlo y poder obtener el mejor provecho del mismo. A partir de algunos estudios, se han originado nuevas teorías que suministran distintos puntos de vista acerca del planteamiento de estos autores, quienes basan su estudio en el análisis de teoría de mercados eficientes y el comportamiento de normalidad de los activos. En contraposición, muchos investigadores plantean que no es tan acertado afirmar que todos los activos negociados en el mercado tienen este tipo de comportamiento.

Por situaciones como las descritas anteriormente, se da origen a aquellas estructuras de análisis y modelos que permiten entender el comportamiento del mercado a partir de otro punto de vista, por ejemplo el Caos desarrollado en estudios por Lorenz (1963), la persistencia analizada por el profesor Hurst (1951), la estadística Bayesiana desarrollada por Bayes (1763), o el test de normalidad, que tienen como fin principal permitir el hallazgo de nuevos parámetros que complementen y estructuren los análisis para la toma de decisiones más acertadas en el sistema financiero.

valores da Colômbia e do índice Colcap (grupo Aval, Ecopetrol, Bancolombia e o grupo Éxito), assim como seus rendimentos, de acordo com suas oscilações durante um período de cinco anos.

Ao implementar a metodologia de Faixa Reescalada, encontrou-se que os ativos analisados apresentam fenômenos de persistência e antipersistência nas séries de tempo, o que mostra que nenhuma das ações se encontra sob o suposto de normalidade. Portanto, é necessário implementar novas ferramentas que permitam maior segurança nas análises, como podem ser o R/S modificado, exposto por Lo (1991) ou variáveis que permitam determinar processos estocásticos dentro das séries, o que é fundamental para oferecer uma maior rigorosidade no cálculo matemático para que este apoie de uma forma mais eficiente aos investidores.

Palavras-chave: persistência, antipersistência, Faixa Reescalada (R/S), expoente de Hurst, mercado financeiro.

Esto se puede ver reflejado en parámetros de análisis como exponente de Hurst (1951), el cual se analiza a través de la metodología de Rango Reescalado (R/S), que expone el nivel de persistencia y/o antipersistencia de los factores de comportamiento de precios a través del tiempo.

El desarrollo de este documento se basa en los estudios realizados por el profesor Edwin Hurst (1951), quien realizó una investigación acerca del comportamiento del río Nilo, donde observaba los niveles de aleatoriedad e independencia en diferentes periodos de tiempo. En ese sentido, se implementó el modelo de rango reescalado (R/S) desarrollado por Mandelbrot (1951), el cual permite la estimación del parámetro de Hurst (H), con el fin de analizar si en cuatro activos del mercado colombiano existe un comportamiento persistente o antipersistente, o un movimiento browniano a partir de la información precios.

Marco Teórico

El profesor Edwin Hurst en el año 1951 desarrolló un estudio para analizar cómo se comportaban las reservas del río Nilo en el tiempo. A partir de ello, Hurst propuso un modelo que le permitiera la estimación de parámetros de predicción de comportamientos de persistencia dentro de las fluctuaciones de las reservas, con base en los comportamientos históricos del río.

Con el estudio anterior, se pudo determinar el principio de anualización en series de tiempo, en términos de volatilidad, con lo que se demostró que los comportamientos de las fluctuaciones de reservas del río Nilo presentaban un fenómeno de aleatoriedad. Si

se estudiaban de forma diaria, podrían aplicarse las diferentes metodologías dentro del análisis de cotizaciones de activos financieros del mercado de valores.

Lo (1991) demostró que los hallazgos de Hurst fueron de vital importancia al determinar existencia de memoria en los flujos del Nilo. En consecuencia, observamos que Hurst (1950) desarrolló un modelo que permite medir el tipo de dependencia.

Posterior a los hallazgos de Hurst, Benoit Mandelbrot (1962) estudió y desarrolló la metodología de Rango Reescalado (R/S), con lo que obtuvo un parámetro que permitía el análisis en series de tiempo en áreas como las finanzas. Asimismo, Louis Bachelier (1900) desarrolló en su tesis doctoral el análisis del comportamiento de activos dentro del sistema financiero en busca de caminatas aleatorias en el comportamiento de los precios. Otras investigaciones desarrolladas por Sadique & Sylvapulle (2001), Engle (1982), Box & Jenkins (1970) y Bollerslev (1986) encontraron modelos y estimaciones de fenómenos irregulares de persistencia dentro de retornos de los activos financieros.

Otros estudios, realizados por Espinosa (2007), encuentran fenómenos de dependencia a largo plazo dentro de índices de las bolsas latinoamericanas. El estudio realizado por Greene & Fielitz (1977) arrojó resultados similares para el índice de Down Jones. Por su parte, autores como Fama (1970) y Cowles & Jones (1937) han desarrollado trabajos que plantean la teoría de mercados eficientes, la cual ha sido criticada y analizada en diferentes activos del mercado de capitales, con lo que se ha determinado que muchos de los supuestos de normalidad no se cumplen para este tipo de series (Torres, 2012).

La existencia de dependencia a través del tiempo permite definir que los resultados del comportamiento de activos en el presente tendrán incidencia en los cambios y resultados en el futuro. En dicho análisis, la determinación del perfil de riesgo y el horizonte de inversión son fundamentales para la toma de decisiones para este tipo de activos. Autores relevantes (Peters (1992), Mandelbrot (1969), Leon y Vivas (2010)), encuentran fenómenos de persistencia y dependencia para distintos activos financieros y sus características.

Por otro lado, autores como Mandelbrot y Wallis (1969), Mazarella (1999), entre otros, utilizaron el análisis R/S con el objetivo de determinar la persistencia a corto y largo plazo en variables geofísicas. Adicionalmente, autores como Kyaw, Los & Zong (2004) utilizaron otro tipo de metodologías, como el *Wavelet Multiresolution Analysis* (MRA), y analizaron el comportamiento de diferentes series de tasas de cambio, con lo que encontraron que existe dependencia del comporta-

miento de este tipo de activo a largo plazo (Espinosa, 2007). Mandelbrot y Wallis (1969) encontraron que el análisis de rango reescalado (R/S) permite observar diferentes fenómenos naturales con el fin de deducir procesos que no son aleatorios independientes, pero que tienen una alta correlación a largo plazo, lo cual indica que la implementación de dicho análisis puede ser un buen estimativo para analizar fenómenos de no normalidad en el sistema financiero.

Materiales y Métodos

Para implementar lo anteriormente expuesto, se recurrió a una fuente de información primaria que tiene como base los precios de cierre de la Bolsa de Valores de Colombia. Para ello, se tuvo en cuenta la recolección de datos de cuatro acciones: el grupo Aval, Ecopetrol, Bancolombia y el grupo Éxito. Cada una de las acciones contaban con más de mil datos para su análisis y se tomaron por un periodo de cinco años, entre el 2008 y el 2012.

Metodología

La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo del proyecto se basa en el modelo expuesto por Mandelbrot (1962), quien implementó la metodología de rango reescalado (R/S) y la determinación del exponente de Hurst.

Para la determinación del modelo, la serie de datos se fraccionaron en cuatro particiones que reúnen un conjunto de datos que denominamos *ventanas de tiempo*, de la siguiente forma:

Partición 1H: División De los datos con grupos de 250

Partición 2H: División de los datos con grupos de 500

Partición 3H: División de los datos con grupos de 750

Partición 4H: División de los datos con grupos de 25

Esto con el fin de dar rigurosidad en los resultados dado el impacto que se puede observar en el valor del exponente H, al cambiar las ventanas de tiempo en las series.

Metodología de Rango Reescalado

El rango reescalado consiste en medir la dependencia dentro de series de tiempo que presentan fenómenos irregulares y que no contienen características de normalidad. Por lo tanto, se analizó, a través del cálculo del promedio, la desviación estándar y el rango, esto con el fin de determinar la memoria a largo plazo o los sistemas persistentes o antipersistentes en los datos históricos de los precios.

Exponente de Hurst

El exponente de Hurst permite determinar si los comportamientos de series históricas de activos financieros tienen comportamientos similares a las características de fractalidad (persistencia o antipersistencia). El valor del exponente de Hurst (H) está

delimitado entre 0 y 1, lo que explica que el fenómeno que se produjo se debió a un fenómeno de cambios dentro de las variables iniciales del modelo; esto es una característica clave en las series de tiempo de tipo fractal (Ávila, & Moncada, 2014).

Caracterización gráfica del exponente de Hurst

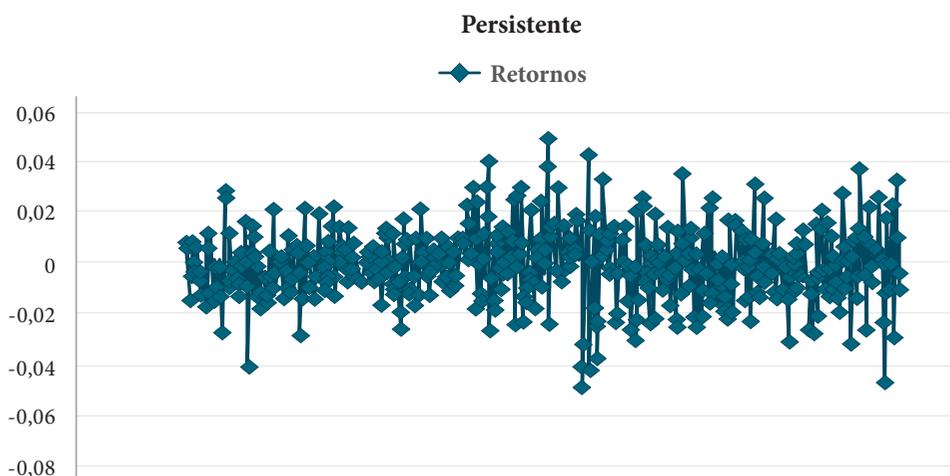


Figura 1. Comportamiento de un sistema persistente de una serie de rendimientos³

El gráfico anterior muestra el comportamiento cuando el exponente se encuentra entre $0,5 < H < 1$, lo que significa que las series analizadas presentan fenómenos de memoria correlacionado, fenómeno denominado *ruido negro* (Ávila, & Moncada, 2014).

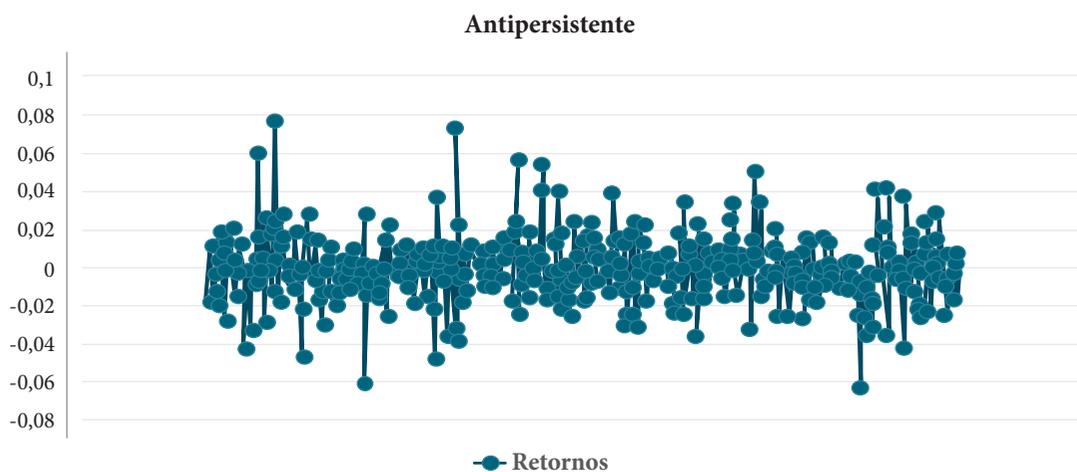


Figura 2. Comportamiento de un sistema antipersistente de una serie de rendimientos

El gráfico anterior muestra las fluctuaciones de un modelo de persistencia entre $0 \leq H < 0,5$, que determina un proceso antipersistente conocido como *ruido rosa* (Ávila, & Moncada, 2014).

3. La autoría de todas las gráficas y tablas del presente de artículo es de los autores.

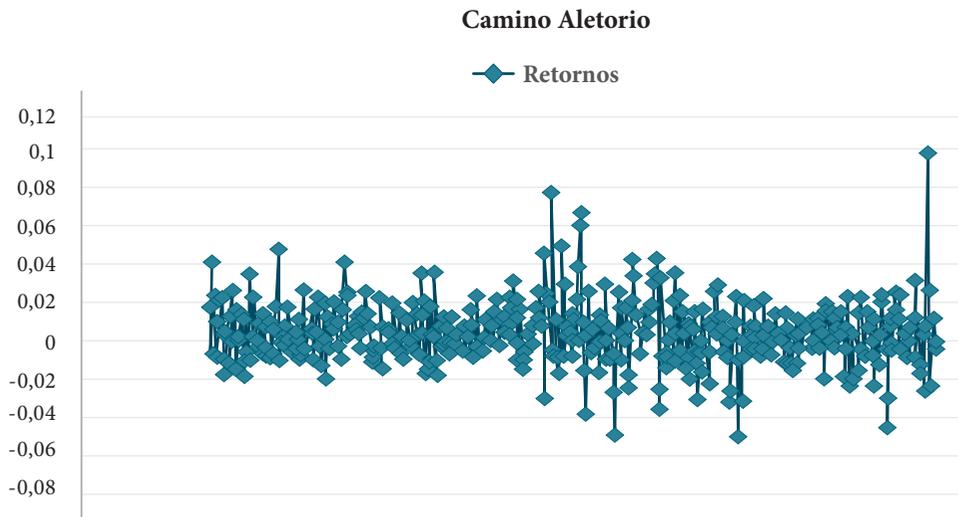


Figura 3. Comportamiento de Random Walk o caminata aleatoria de serie de rendimientos

El anterior gráfico representa el exponente $H = 1/5$, lo que determina que los precios se mueven de forma aleatoria y presenta movimiento browniano (Ávila, & Moncada, 2014).

Resultados

Los resultados se presentan de la siguiente manera: resultados individuales, método R/S de la acción de Ecopetrol y datos de elaboración de gráfico de tendencia a través de estadísticas descriptivas.

Ecopetrol

N	PROMEDIO	DESV.	MAX	MIN	RANGO	R/S	LN[N]	LN[R/S]
8	0,00133139	0,00820847	0,0140507	-0,00025585	0,01430655	1,74290105	2,07944154	0,555551
16	0,00024922	0,0089418	0,01621504	-0,01289651	0,02911155	3,25566773	2,77258872	1,1803974
32	-0,00030346	0,01202577	0,0191412	-0,06391573	0,08305693	6,90658074	3,4657359	1,93247469
64	-0,00117174	0,01162373	0,03043191	-0,04134045	0,07177236	6,17463996	4,15888308	1,82045057
128	0,00017499	0,01031521	0,01636351	-0,13301236	0,14937587	14,4811271	4,85203026	2,67284622
256	0,00168677	0,01217426	0,01333993	-0,26503671	0,30837664	25,3302237	5,54517744	3,23199829
512	0,00078613	0,0137089	0,34153718	-0,18129284	0,52283002	38,1380115	6,23832463	3,64121146
1000	0,0005418	0,01367294	0,4386938	-0,16199084	0,60068464	43,9323803	6,90775528	3,78265164

Tabla 1. Cálculo de variables en Excel de la Acción de Ecopetrol

Ln_RS	Coef.	Std.Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Ln_N	0,644855	0,095214	6,77	0,000	0,425912	0,8644188
_cons	-5,45E+08	5,86E+08	-0,93	0,38	-1,90E+09	8,07E+08

Tabla 2. Resultados del modelo en Stata.

El exponente muestra un comportamiento $H > 0,5$, por lo cual se puede determinar que se trata de una serie de tiempo que presenta persistencia o un proceso que mantiene una correlación dentro de las series; por eso se observa que un periodo de crecimiento es seguido por otro similar. Su exponente es $H = 0,68$ presenta efectos de memoria a largo plazo. Todos los cambios actuales están correlacionados con los resultados futuros, por lo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad en las series de Ecopetrol presentadas en el cuadro anterior.

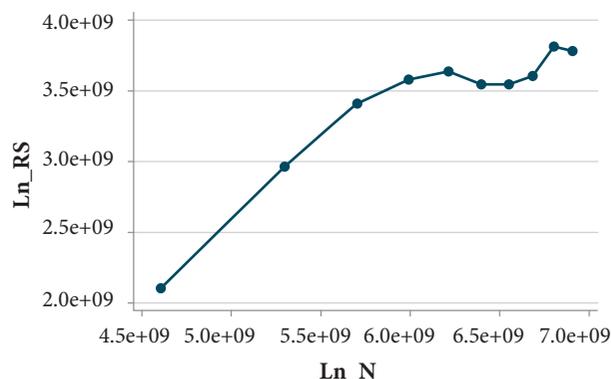


Figura 4. Relación entre LN |R/S| Y LN |N

Grupo Éxito

N	PROMEDIO	DESV.	MAX	MIN	RANGO	R/S	LN[N]	LN[R/S]
25	-0,00143601	0,01569418	0,02114108	-0,03678521	0,05792628	3,69093957	3,21887582	1,305881051
50	0,004528328	0,02046194	0,0722186	-0,04274954	0,11496814	5,61863373	3,91202301	1,726088525
75	0,002373072	0,01869925	0,07437386	-0,04319507	0,11756893	6,28735946	4,31748811	1,838541183
125	0,000622902	0,01630441	0,07612403	-0,05681746	0,13294149	8,15371179	4,82831374	2,098473257
250	0,001304957	0,01599878	0,07544197	-0,05749952	0,13294149	8,30947666	5,52146092	2,11739663
500	0,000726063	0,01485471	0,07602087	-0,06014948	0,13617035	9,1668184	6,2146081	2,215589553
750	0,00084517	0,0144213	0,07590176	-0,06026859	0,13617035	9,4423092	6,62007321	2,245200569
1000	0,000711272	0,014799	0,07603566	-0,06013469	0,13617035	9,20132059	6,90775528	2,219347016

Tabla 3. Calculo de variables en Excel de la Acción de Grupo Éxito

Ln_RS	Coef.	Std.Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Ln_N	0,2141549	0,0499043	4,29	0,005	0,0920434	0,3362663
_cons	8,13E+08	2,67E+08	3,05	0,023	1,61E+08	1,47E+09

Tabla 4. Resultados del modelo en Stata

La acción de grupo Éxito presenta un $H < 0,5$, por lo tanto, se puede decir que no existe un proceso de normalidad en la serie, sino que presenta irregularidades en su comportamiento, esto teniendo en cuenta que el exponente es igual a 0,21 con un nivel de significancia de 4,29. Por lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en las series.

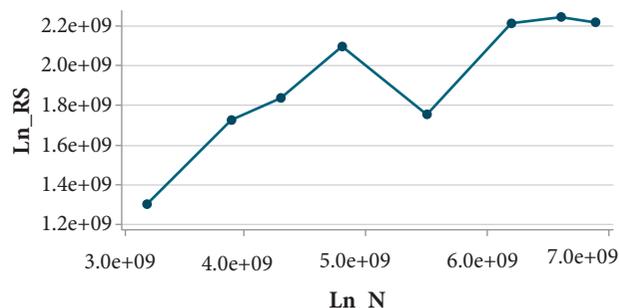


Figura 5. Relación entre LN |R/S| Y LN |N

Bancolombia

N	PROMEDIO	DESV.	MAX	MIN	RANGO	R/S	LN[N]	LN[R/S]
8	0,001812796	0,01465017	0,0410072	-0,02387989	0,06488709	4,42910201	3,21887582	1,488196857
16	0,003305102	0,01461518	0,0395149	-0,03857324	0,07808814	5,34294861	3,91202301	1,675777674
32	0,001827168	0,01361717	0,04099283	-0,03709531	0,07808814	5,73453392	4,31748811	1,746506477
64	0,001112232	0,01331419	0,4170776	-0,03638037	0,07808814	5,86503106	4,82831374	1,769007778
128	0,001649086	0,01388659	0,04135886	-0,03869036	0,08004922	5,76449788	5,52146092	1,751718051
256	0,00068345	0,01517193	0,05285046	-0,07854949	0,13139995	8,66072838	6,2146081	2,158798827
512	0,000432557	0,01502229	0,05310135	-0,0782986	0,13139995	8,74699863	6,62007321	2,168710628
1000	0,000300827	0,01416641	0,05323308	-0,07816687	0,13139995	9,27546026	6,90775528	2,227372231

Tabla 5. Cálculo de variables en Excel de la Acción de Bancolombia

Ln_RS	Coef.	Std.Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Ln_N	0,1943931	0,0253218	7,68	0,000	0,1324328	0,2563534
_cons	8,64E+08	1,35E+08	6,39	0,001	5,33E+08	1,19E+09

Tabla 6. Resultados del modelo en Stata

La acción presenta un $H < 0,5$, por lo que se puede decir que no existe un proceso de normalidad en la serie, sino que presenta irregularidades en sus comportamiento, esto teniendo en cuenta que el exponente es igual a 0,19 con un nivel de significancia de 7,68. Por lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en las series.

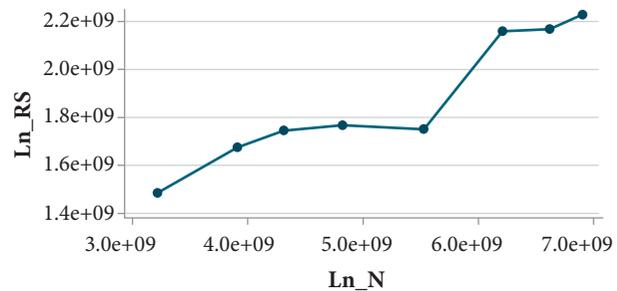


Figura 6. Relación entre LN |R/S| Y LN |N|

Grupo Aval

N	PROMEDIO	DESV.	MAX	MIN	RANGO	R/S	LN[N]	LN[R/S]
25	0,00320671	0,01538314	0,03547214	-0,02445585	0,05992799	3,89569226	3,21887582	1,359871395
50	0,001971593	0,01517014	0,04363892	-0,02471505	0,06835397	4,50582165	3,91202301	1,50537026
75	0,001057877	0,01372345	0,04455263	-0,02380133	0,06835397	4,98081539	4,31748811	1,605593611
125	0,002026729	0,01312015	0,044358378	-0,02574326	0,06932704	5,28401113	4,82831374	1,664685493
250	0,002532175	0,01377212	0,07365696	-0,03716767	0,11082464	8,04702945	5,52146092	2,08530301

N	PROMEDIO	DESV.	MAX	MIN	RANGO	R/S	LN[N]	LN[R/S]
500	0,001121475	0,01601761	0,09620687	-0,05669133	0,1528982	9,54563227	6,2146081	2,256083696
750	0,000784762	0,01528818	0,09654358	-0,05635461	0,1528982	10,0010745	6,62007321	2,302692539
1000	0,000675804	0,01409362	0,09665254	-0,05624566	0,1528982	10,8487488	6,90775528	2,384049756

Tabla 7. Cálculo de variables en Excel de la Acción de Bancolombia

Ln_RS	Coef.	Std.Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Ln_N	0,2667768	0,0385714	6,92	0,000	0,172396	0,3611577
_cons	4,96E+08	2,06E+08	2,41	0,053	-8,06E+06	1,00E+09

Tabla 8. Resultados del modelo en Stata

La acción presenta un $H < 0,5$, por lo tanto, se puede decir que no existe un proceso de normalidad en la serie, sino que presenta irregularidades en sus comportamientos, esto teniendo en cuenta que el exponente es igual a 0,26 con un nivel de significancia de 6,92. Por lo anterior, se rechaza la hipótesis nula de normalidad en la series.

La serie presenta seguidillas, lo que permite identificar fenómenos de persistencia dentro de la serie y un problema de autocorrelación serial.

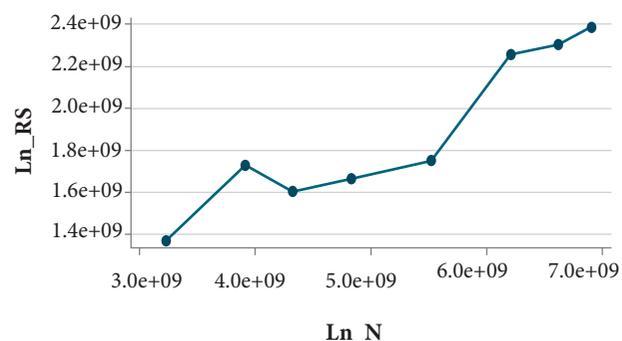


Figura 7. Relación entre LN |R/S| Y LN |N|

Exponente de Hurst promedio para cada acción

Acciones	Partición 1H	Partición 2H	Partición 3H	Partición 4H	Promedio HURST
ECOPETROL	0,683093633	0,644854989	0,690927296	0,675939926	0,673703961
BANCOLOMBIA	0,503146843	0,256825474	0,199219595	0,19439311	0,285896256
GRUPO AVAL	0,551129117	0,341665874	0,29644455	0,297999977	0,37180988
ÉXITO	0,510809532	0,043976898	0,230278781	0,223725596	0,165993758

Tabla 9. Cálculo del Exponente de Hurst para cada uno de los activos financieros, por medio del método de Rango Reescalado presentado anteriormente

En la tabla anterior, podemos observar que en la primera partición las cuatro acciones obtuvieron un exponente de $H < 0,5$, lo que muestra fenómenos irregulares en el comportamiento de las series a través del tiempo.

Observamos que al cambiar las ventanas de tiempo, las series pierden los efectos de normalidad: presentan seguidillas y repeticiones de comportamientos históricos reflejados en los resultados futuros de las acciones.

Conclusiones

Las cuatro acciones analizadas mostraron un comportamiento variable con respecto a cada una de las ventanas de tiempo. Aunque la muestra no es de gran tamaño como para lograr determinar que el mercado colombiano manifieste de forma general una tendencia de comportamiento de persistencia, con base en Hurst (1951), dentro de los sistemas de negociación, sí es importante resaltar que se determinó que las acciones mostraron fenómenos irregulares en sus series.

En las acciones grupo Éxito, grupo Aval y Bancolombia, sus exponentes estuvieron dados por $0 \leq H < 0.5$, lo cual corresponde a un comportamiento anti-persistente. Esto representa problemas de correlación inversa: el comportamiento de sus series depende de los resultados del pasado, lo cual puede hacer más fácil su predicción.

En el caso particular de Ecopetrol, esta presentó un exponente $H > 0.5$, lo cual muestra un sistema de persistencia dentro de las series. Por lo tanto, podemos definir que los resultados futuros se verán altamente afectados por los eventos del pasado, tal como lo muestran las seguidillas dentro de las series.

Con lo anterior, se puede determinar que en las series financieras analizadas por medio de los exponentes, obtenidos por el método de (R/S) para las series financieras Grupo Aval, Ecopetrol, Bancolombia y Éxito del mercado colombiano, muestran evidencias que dichas variables financieras pueden garantizar el supuesto de independencia en el comportamiento de sus retornos, dado a sus exponentes y los niveles de confiabilidad.

Los resultados obtenidos pueden ser relevantes y acordes a las investigaciones realizadas por Los y Yu (2005) en el mercado chino, quienes encontraron que los exponentes de Hurst oscilaban entre 0.54 y 0.55, lo cual representa existencia de fenómenos de correlación y memoria en el comportamiento de precios de dichos activos. Caso contrario es el estudio realizado por Kyaw, Los y Zong (2004), quienes no encontraron evidencia de dependencia en series financieras de Europa.

Dado lo anterior, se concluye que con los activos analizados en el sistema financiero colombiano, se puede desmentir el supuesto afirmado por la teoría de portafolios eficientes de que los precios tengan un comportamiento browniano. Por lo tanto, es necesario seguir implementando nuevas herramientas como la no linealidad, pruebas de normalidad (Tucker), el exponente de Lyapunov, entre otros, que ayuden a determinar fenómenos estocásticos dentro de las series y darles mayor rigurosidad a los modelos actuales.

Referencias

- Avila, A., & Moncada, G. (2014). Estimación del exponente de Hurst y Dimensión fractal para el análisis de series de tiempo de absorbancia For UV-VIS. *Ciencia e ingeniería*, 133-143.
- Bachelier, L. (1900). "Théorie de la Spéculation", tesis doctoral en "Sciences Mathématiques", publicada en *Annales de l'Ecole Normale Supérieure*, (Tomo 17), 21-86.
- Box, G.E.P. y C.M., Jenkins. (1970). Time series analysis forecasting and control. San Francisco: Holden Day.
- Cowles, 3rd, A. and Jones, H. E. (julio de 1937). Some a posteriori probabilities in stock market action. *Econometrica*, 5 (3), 280-294.
- Engle, F. R. (1982). Autoregressive Conditional Heterocedasticity whit Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50 (4), 987-1008.
- Espinosa, C. (2007). Memoria de largo plazo y efecto reset en retornos accionarios latinoamericanos. *Estudios de Administración*, 47-70.
- Fama, E. F. (mayo de 1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance* (25) 2, 383-417.
- Greene, M. y B. FIELITZ. (abril 1977). Long-term dependence in common stock returns. *The Journal of Finance*, 4 (3), 339-349.
- Hurst, H.E. (1951). Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, (116), 770-799.
- Kyaw, N., C. Los y S. Zong. (2004). Persistence characteristics of Latin American financial markets. *Journal of Multinational Financial Management*, 16 (3), 269-290.
- Leon, C., & Vivas, F. (2010). Dependencia de largo plazo y la regla del tiempo para escalar la volatilidad en el Mercado colombiano. *Borradores de Economía*, 603, 1-49.
- Lo, A, W. (1991). Long-term in stock market prices. *Econometrica*, 59, 1279-1313.
- Los, C. y B. Yu. (2008). Persistence Characteristics of the Chinese Stock Markets. *International Review of Financial Analysis*, 17 (1), 64-82.
- S. Lovejoy, EERM/CRMD. (1985). Fractal properties of rain, and a fractal model. *Tellus*, 37A, 209-232.
- Mandelbrot, B. (octubre de 1963). The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*, 36 (4) (), 394-419.
- Mandelbrot, B. y J.R. Waliis. (1969). Robustness of the rescaled range R/S in the measurement of noncyclic long-run statistical dependence. *Water Resources Research*, 5, 967-988.

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7 (1), 77-91.

Peters, E. (noviembre-diciembre de 1992). R/S Analysis Using Logarithmic Returns: A Technical Note. *Financial Analysts Journal*, 48 (6), 81-82.

Sharpe, W. (1964). Capital assets prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19 (3), 425-442.

Silvapulle, S. S. (2001). Long-term memory in stock market returns: international evidence. *International Journal of Finance & Economics*, 6, 59-67.

Torres, S. R. (3 de octubre de 2012). Memoria de largo plazo en el índice S&P 500: Un enfoque fractal aplicando el coeficiente de Hurst con el método R/S. México: XVII Congreso internacional de Contaduría, Administración e Informática.