



Un paseo aleatorio en la bolsa de valores de Panamá

A random walk in the Panamanian stock market

Leonel Antonio Castillo Poveda

Georgia Institute of Technology, Online Master of Science in Analytics

lcastillo@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0005-1007-792X>

Fecha de recepción: 25 de abril de 2024

Fecha de aceptación: 13 de noviembre de 2024

DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.48204/J.TECNO.V27N1.A6642](https://doi.org/10.48204/J.TECNO.V27N1.A6642)

RESUMEN

Los mercados de valores han sido objeto de estudio intenso por matemáticos, estadísticos y economistas desde el siglo XX, en gran parte motivados por el posible beneficio que pudiese obtenerse de descifrar los patrones que presentan. Una de las teorías principales que prevalecen hoy en día, y la primera en ser planteada matemáticamente, indica que los retornos del mercado son completamente aleatorios y de volatilidad finita. Además de tener evidencia empírica, esta idea es popular por facilitar tareas importantes como la construcción de portafolios y la gestión de riesgos. En este artículo se pone a prueba esta teoría con el mercado de valores panameño, el cual nunca ha sido incluido en estudios previos de esta idea. Los resultados indican que el mercado panameño es indistinguible de un paseo aleatorio en ciertas temporalidades, pero en el muy corto plazo presenta el fenómeno de reversión a la media.

PALABRAS CLAVES

Panamá, paseo aleatorio, tasa de varianza, reversión a la media

ABSTRACT

Stock markets have been the object of intense study by mathematicians, statisticians, and economists since the twentieth century, in large part motivated by the benefits one would obtain from deciphering their patterns. One of the main prevalent theories today, and the first to ever be proposed in mathematical language, asserts that market returns are completely random and with finite volatility. On top of having plenty of empirical evidence, these ideas are also popular for simplifying important tasks such as portfolio construction and risk management. This paper puts this theory to the test using the Panamanian stock market, which has never been included in

previous studies of these concepts. The results show that the Panamanian stock market is indistinguishable from a random walk for certain holding periods, but in the very short term presents evidence of mean reversion.

KEYWORDS

Mean reversion, Panama, random walk, variance ratio

INTRODUCCIÓN

El matemático Louis Bachelier propuso por primera vez una teoría probabilística del mercado de valores en su tesis doctoral. Bachelier (1900) plantea un modelo matemático en el cual los precios en el mercado tienen igual probabilidad de subir o bajar en todo momento y tal que la expectativa de cualquier movimiento es nula. Su trabajo hoy es reconocido como un caso particular de la hipótesis del paseo aleatorio popularizada posteriormente por Malkiel (2007). Esta hipótesis afirma que, para todo propósito práctico, la única manera de honestamente modelar los precios futuros de una acción utilizando precios pasados es mediante el paseo aleatorio:

$$\Delta A_t = A_t (\mu \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} W_t)$$

donde A_t representa el precio de la acción en el periodo t , μ representa la tendencia promedio, σ representa la volatilidad de la acción y W es una variable aleatoria de media cero y varianza unitaria. Se fija $\Delta t = 1$ y se divide entre el precio actual para obtener la ecuación simplificada

$$\frac{A_{t+1}}{A_t} = 1 + \mu + \sigma W_t .$$

Se define $r_t = \ln \left(\frac{A_{t+1}}{A_t} \right)$ motivado por la propiedad $A_{t+n} = A_t e^{r_t + r_{t+1} + \dots + r_{t+n-1}}$.

Esto revela que si se conoce el precio actual A_t entonces el comportamiento futuro está completamente determinado por los r_t conocidos como los retornos logarítmicos de A . Por lo tanto, el problema matemático de predecir A_t se convierte en el problema de predecir r_t . Este planteamiento es relevante pues, aunque A_t es un paseo aleatorio complicado con media y varianza no-constante, r_t tiene el potencial de ser una variable estacionaria. Incluso, como se observará posteriormente, los r_t asociados al mercado panameño tienen media y varianza constante.

Algunos inversionistas (conocidos como inversionistas de impulso) piensan que si una acción ha tenido retornos altos recientemente entonces es más probable que los retornos futuros se mantengan altos. Esta visión correspondería a que los r_t tengan una fuerte correlación

positiva entre ellos. Al contrario, otros inversionistas (conocidos como inversionistas de contracorriente) piensan que si una acción ha tenido retornos altos recientemente entonces es más probable que los retornos futuros sean bajos o hasta negativos para compensar el periodo de retornos altos. Este efecto se conoce como reversión a la media y esta visión correspondería a que los r_t tengan una fuerte correlación negativa entre ellos. Sin embargo, se puede escribir la ecuación anterior como $r_t = \ln(1 + \mu + \sigma W_t)$ lo que implica que un r_t no tiene relación con sus valores pasados. No es más que un proceso estocástico controlado por la variable aleatoria W . En otras palabras, la correlación entre los r_t es nula. Esto quiere decir que la hipótesis del paseo aleatorio contradice a ambos los inversionistas de impulso como a los inversionistas de contracorriente. La pregunta que surge naturalmente es si los datos empíricos apoyan o contradicen esta hipótesis y, en el caso de que la contradigan, entonces cual grupo de inversionistas previamente mencionados tiene razón. Originalmente estudios como Fama & French (1988) y Poterba & Summers (1989) encontraron fuertes evidencias de que la hipótesis del paseo aleatorio era incorrecta utilizando datos del mercado de valores de países desarrollados, aunque se contradicen a la hora de decidir cual estrategia de inversión es preferible. Posteriormente estudios como Kim et al. (1991) descubrieron que al eliminar las varias suposiciones impuestas sobre la distribución de los r_t en los estudios anteriores las evidencias previamente obtenidas se desvanecen casi completamente. Otras metodologías como las de Spierdijk et al. (2012) trabajaron con datos del mercado de valores de 18 países y llegaron a la conclusión de que solo podían rechazar la hipótesis del paseo aleatorio en 8 de ellos. Recientemente Eren & Karahan (2020) replicaron los métodos de Kim et al. (1991) sobre índices de mercado que cubren 76 países y adicionalmente examinaron 12 de estos (6 desarrollados y 6 emergentes) individualmente. Aunque hay casos especiales, en general los resultados demuestran que no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis del paseo aleatorio a nivel de país, región y mundo. Sin embargo, en ninguno de los estudios previamente mencionados se analiza la bolsa de valores de Panamá. Por lo tanto, se replican los métodos de Eren y Karahan (2020) sobre los datos históricos del mercado panameño y se comparan con aquellos obtenidos de otros países. Esto revelará la madurez del mercado de valores panameño y contribuirá al debate sobre la validez de la hipótesis de paseo aleatorio.

METODOLOGÍA

Para medir la hipótesis de paseo aleatorio se utilizará la metodología de ratio de varianzas. Sea r_t es una serie de retornos logarítmicos. Se define

$$R_{n,t} = r_t + r_{t+1} + \dots + r_{t+n-1}$$

como la serie de n retornos pues $A_t e^{R_n t} = A_{t+n}$. En lo que sigue se escribe solamente R_n pues se sobreentiende que este valor puede calcularse en cualquier punto del tiempo. Se puede calcular la varianza de R_n como

$$Var(R_n) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} Cov(r_i, r_j).$$

Pero, si la hipótesis del paseo aleatorio fuera correcta, $Cov(r_i, r_j) = 0$ siempre que $i \neq j$ así que lo anterior se reduce a $Var(R_n) = n Var(R_1)$. Motivados por esta ecuación se define la ratio de varianza como $VR(n) = \frac{Var(R_n)}{nVar(R_1)}$. Si la hipótesis de paseo aleatorio fuera correcta entonces siempre será el caso que $VR(n) = 1$. Por lo tanto, si empíricamente se observa evidencia estadísticamente significativa de que $VR(n) \neq 1$, se puede rechazar a la hipótesis de paseo aleatorio. Incluso se puede dar un paso más y aplicar el resultado de Cochrane (1988):

$$VR(n) \approx 1 + 2 \sum_{j=1}^{n-1} \frac{n-j}{n} \hat{\rho}_j.$$

Donde $\hat{\rho}_j = Corr(r_t, r_{t+j})$ calculado sobre la muestra. Esta relación demuestra que si se obtiene el resultado $VR(n) > 1$ con suficiente significancia estadística se puede inferir que entre las autocorrelaciones de r_t dominan términos positivos, dándole la razón a los inversionistas del impulso. De lo contrario, si $VR(n) < 1$ se infiere que tienen razón los inversionistas de contracorriente. Además, se puede mejorar esta prueba aplicando el resultado encontrado en Kendall & Stuart (1976) que indica que, bajo la hipótesis nula de independencia de los retornos (una implicación de la hipótesis de paseo aleatorio), $E[\hat{\rho}_j] = \frac{-1}{T-j}$ donde T es el tamaño de la muestra. Por lo tanto:

$$E[VR(n)] = 1 - 2 \sum_{j=1}^{n-1} \frac{n-j}{n(T-j)}.$$

Al dividir nuestro cálculo de $VR(n)$ por el valor anterior se corrige el sesgo de la muestra. Este valor corregido será el utilizado para observar si se rechaza la hipótesis de paseo aleatorio. Para medir la significancia estadística de un valor corregido de $VR(n)$ típicamente sería necesario hacer ciertas suposiciones sobre la distribución de esta estadística las cuales

pueden, o no, ser correctas. Para evadir el cuestionamiento que estas suposiciones pudiesen levantar se utiliza el método de aleatorización propuesto por Kim et al. (1991). Como nuestra hipótesis nula es que los valores de r_t son indistinguibles de un paseo aleatorio, se puede crear una distribución empírica cambiando el orden de los retornos aleatoriamente más de

10,000 veces. Luego se calcula la probabilidad de obtener un valor tan lejos de 1, o más, que el valor corregido de $VR(n)$ bajo esta distribución empírica. Este método funciona pues al cambiar aleatoriamente el orden de la serie de retornos efectivamente se crea un paseo aleatorio por definición. La pregunta que se busca responder es que tanto se parece la muestra real a las muestras completamente aleatorias. La probabilidad calculada, que es precisamente el valor p , nos indicará si se puede, o no, rechazar la hipótesis nula.

Todo lo anterior es equivalente a el método utilizado por Omar & Karahan (2020). Sin embargo, este estudio va a diferir en un punto importante: en vez de utilizar series de retornos mensuales se utilizarán series de retornos diarios. Esta decisión está fundamentada por dos factores. Primero, el mercado de valores panameño solo tiene datos desde 2007 lo cual nos incentiva a preferir un delta pequeño como $\Delta t = 1$ día. Segundo, y quizás más importante, aquellos inversionistas que se fijan única o principalmente en los retornos pasados para predecir retornos futuros tienden a utilizar gráficas de corto plazo. Por lo tanto, resultados para Δt pequeño pueden ser más interesantes para un público general. En particular pueden ser relevantes resultados como Serletis & Rosenberg (2009) quienes concluyen, utilizando datos diarios, que el mercado de valores estadounidense presenta una tendencia contraria cuando Omar & Karahan (2020), utilizando datos mensuales, encuentran que tiene una tendencia de impulso, aunque con débil evidencia estadística.

Para medir el mercado panameño se utiliza la serie de retornos del índice BVPSI. El BVPSI es el índice de retorno total de la bolsa de valores de Panamá. En otras palabras, es equivalente a invertir en las empresas más grandes que cotizan en la bolsa panameña proporcionalmente según el tamaño de estas. Varios estudios previos como Fama & French (1988) también han indicado la posible diferencia entre resultados obtenidos para índices como el BVPSI y acciones individuales. Por lo tanto, se analizan por separado las acciones de Empresa General de Inversiones, S.A. (EGIN) en representación del sector financiero, Grupo Melo, S.A. (MELO) en representación del sector de consumo y Panama Power Holdings, Inc. (PPHO) en representación del sector de energía. Todas las anteriores son componentes significantes del BVPSI. Adicionalmente se analizan las acciones de Copa Holdings, S.A. (CPA) y Bladex (BLX) por ser empresas significantes en la economía panameña pero que cotizan en el New York Stock Exchange y por lo tanto no son parte del BVPSI. Adicionalmente para poder medir si el cambio en nuestra metodología tiene algún impacto significativo en los resultados se agregan los índices MSCI World y MSCI US los

cuales también fueron estudiados en Omar & Karahan (2020). Para todos los índices y acciones estudiadas se restringirá la muestra en el tiempo tomando solo valores desde marzo 2007 pues es desde esta fecha que se tienen datos para el BVPSI. Los datos llegan hasta octubre 2023. Adicionalmente, con excepción de BVPSI, CPA y BLX, se toman en cuenta las series de retorno sin ajustar por dividendos pues el estudio anterior demuestra que, para nuestros propósitos, el impacto de los dividendos es negligible.

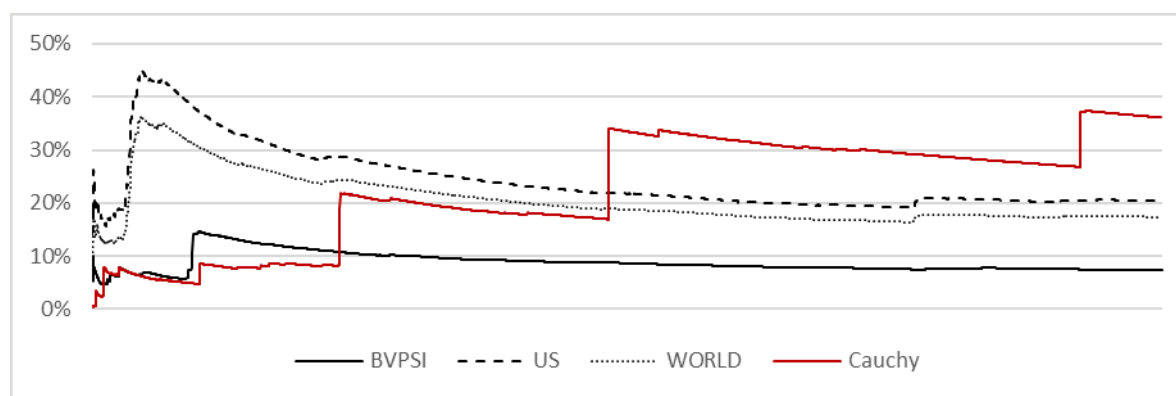
CONSIDERACIONES PREVIAS

La metodología descrita anteriormente tiene varias suposiciones que raramente son consideradas. En particular, se asume que la media y la varianza de r_t existen y que no dependen del tiempo. Estos temas tienen sus propias líneas de investigación, aunque no son el tema central de este artículo. Sin embargo, como son propiedades necesarias para aplicar los métodos descritos, se incluye una exploración corta de las mismos.

La literatura sobre la existencia de la varianza y otros momentos es rica pero inconclusa. Fedotenkov (2013) menciona como las pruebas más utilizadas deben hacer ciertas suposiciones sobre las colas de las distribuciones con las que trabajan, pero propone su propio método para evitar este problema. Sin embargo, este método, al igual que otros similares, está sujeto a sus propias limitaciones. Como estas pruebas pueden dar evidencia inconclusa y este no es el tema central de investigación, se utiliza una variante del método intuitivo utilizado por Mandelbrot (1963). Este método busca comparar gráficamente un índice real contra un índice ficticio controlado por una variable aleatoria de varianza infinita.

Figura 1.

Volatilidad parcial del BVPSI, MSCI US, MSCI WORLD y una variable Cauchy. Nota. La volatilidad parcial es la volatilidad calculada desde la primera observación hasta cada punto en el tiempo



Como se puede ver en la Figura 1, los tres índices presentan un comportamiento muy similar. Inicialmente son caóticos, pero mientras se incluyen más valores de la muestra la volatilidad se normaliza y tiene la apariencia de convergencia. La variable Cauchy, al contrario, presenta la apariencia de convergencia en varios puntos, pero luego su volatilidad vuelve a saltar. Por lo tanto, se puede asumir que la suposición de varianza finita (y en consecuencia media finita) es razonable para el mercado panameño. Sin embargo, no sería imposible que los mercados de valores tuviesen volatilidad infinita, pero con valores extremos ocurriendo tan infrecuentemente que todavía no se ha llegado al punto en el cual aparece el siguiente salto. Por ahora se concluye que no hay evidencia que indique que la volatilidad del mercado panameño sea infinita, aunque no se pueda asignar un valor p a esta observación.

Para determinar si una serie de tiempo es estacionaria típicamente se utiliza la prueba de Dickey-Fuller aumentado o Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin sin embargo estas pruebas solo pueden discernir si la media es estacionaria. Para datos del mercado de valores la principal cuestión es si la varianza es estacionaria pues de esto dependen las correlaciones. Por lo tanto, se aplica el método popularizado por Fielitz (1971) quien adapta la prueba de arreglos invertidos encontrada en Bendat & Piersol (2010) a el mercado de valores. Para una serie de retornos se puede dividir el periodo de la muestra en varios subperiodos de mismo tamaño no-superpuestos y luego calcular el estimado, según cada uno de esos subperiodos, de los momentos relevantes (en este caso el promedio y la varianza). Si los retornos fuesen estacionarios entonces los diferentes estimados obtenidos para los momentos deben ser observaciones de una misma variable aleatoria. Si las N observaciones obtenidas están en la serie de tiempo X_t , se dice que hay una inversión o arreglo invertido en esta serie cuando $X_i > X_j$ para $i < j$. En Bendat & Piersol (2010) se demuestra que la cantidad total de arreglos invertidos en una muestra de N observaciones de una misma variable aleatoria sigue una distribución específica llamada A con valor esperado $\frac{N(N-1)}{4}$. Para las muestras del mercado de valores se puede calcular empíricamente cual es la cantidad real de arreglos invertidos de sus momentos y obtener el valor p utilizando la tabla A.6 de Bendat & Piersol (2010). En este caso la hipótesis nula es que la serie de retornos es estacionaria por lo que el valor p nos indicaría si se puede rechazar la estacionariedad. Para esta prueba se asume que tomar el promedio de los momentos por un periodo de un año es suficiente para obtener un estimado razonable del valor real. El periodo entre 2007 y 2023 se divide en $N = 16$ periodos no-superpuestos por lo cual se esperaría obtener 60 arreglos invertidos. Según la distribución A , la hipótesis nula no se puede rechazar si la cantidad de arreglos observados se encuentra entre 38 y 81. En la siguiente tabla se observa el conteo de las inversiones para cada periodo utilizando datos del BVPSI. El periodo 1 suma 11 inversiones para la media pues hay 11 valores posteriores de la media que son menores a 10.4%. El periodo 2 suma 0 inversiones para la media pues no hay ningún valor posterior que sea menor a este. El cálculo de los arreglos invertidos se completa sumando la cantidad de inversiones de cada periodo.

Tabla 1.

Inversiones para cada periodo del BVPSI. Nota. Se muestra la media y volatilidad anualizada en vez de la media y varianza diaria. Estas son solo otras escalas más intuitivas para el mismo valor y por lo tanto se preserva la cantidad de inversiones.

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Media	10.4%	-22.8%	21.5%	16.6%	24.8%	17.2%	-10.0%	1.3%	-2.6%	7.4%	9.1%	-4.4%	-20.4%	4.4%	2.7%	-2.2%
Inversiones	11	0	12	10	11	10	1	4	2	5	5	1	0	2	1	0
Volatilidad	6.4%	18.0%	6.2%	5.1%	7.1%	5.1%	5.9%	7.3%	4.4%	4.4%	5.5%	4.1%	7.9%	8.4%	3.7%	6.3%
Inversiones	10	14	8	5	8	4	5	6	2	2	2	1	2	2	0	0

Se observa en la Tabla 2 que en ningún caso se puede rechazar la hipótesis nula de estacionariedad. Interesantemente, el mercado panameño es el que se desvía más del promedio. Esto sucede porque prácticamente todo el crecimiento y volatilidad en el mercado panameño sucedió entre 2010 y 2013. Después de este periodo, el índice tiende a tener un retorno menor e igualmente menor volatilidad, lo cual incrementa los arreglos invertidos. Sin embargo, la prueba nos indica que esto parece más una coincidencia que una verdadera dependencia con el tiempo.

Tabla 2.

Arreglos invertidos del BVPSI, MSCI US y MSCI WORLD

Índices	Arreglos Invertidos		Valor p	
	Media	Varianza	Media	Varianza
BVPSI	75	71	0.17	0.32
US	60	63	1	0.78
WORLD	57	70	0.78	0.36

Se concluye que la evidencia sugiere que la media y varianza del mercado de valores panameño existen y no varían con el tiempo. Por lo tanto, la metodología propuesta es aplicable.

RESULTADOS

Tabla 3.

Estadísticas relevantes de los índices y acciones estudiadas.

Ticker	Retorno Anualizado	Volatilidad Anualizada	Estadística	1 mes	3 sem.	2 sem.	1 sem.
BVPSI	3.23%	7.45%	VR	1.0988	0.9206	0.7894	0.6948
			P	0.2129	0.1911	0.0012	0.0001
WORLD	4.21%	16.87%	VR	1.0796	1.0768	1.0749	1.0991
			p	0.3023	0.2258	0.1347	0.0018
US	6.58%	20.14%	VR	0.7497	0.7643	0.7625	0.8137
			p	0.0013	0.0002	0.0001	0
EGIN	5.37%	9.79%	VR	0.9620	0.8757	0.8088	0.7879
			p	0.6389	0.0491	0.0002	0
MELO	4.81%	20.76%	VR	0.8355	0.8179	0.8316	0.8214
			p	0.0451	0.0219	0.0109	0.0041
PPHO	-9.48%	23.49%	VR	0.9435	0.9465	0.9520	0.9767
			p	0.524	0.4507	0.3787	0.4587
CPA	4.76%	46.61%	VR	0.9595	0.9686	0.9757	1.0310
			p	0.6311	0.6322	0.645	0.3553
BLX	7.43%	37.09%	VR	0.8126	0.8181	0.8211	0.8450
			p	0.0198	0.005	0.0005	0

El índice BVPSI muestra evidencia significativa de una tendencia contraria para periodos cortos como una o dos semanas, pero al considerar tiempos más largos como 3 semanas o un 1 mes esta evidencia se desvanece y se vuelve indistinguible de un paseo aleatorio como se esperaría. Interesantemente con periodos más largos como de 6 meses se encuentra evidencia de impulso, pero como el periodo de 2007 a 2023 contiene menos de 35 tales periodos no-superpuestos, esos resultados pudiesen ser cuestionados. Por lo tanto, se concluye que no hay suficiente evidencia para descartar la hipótesis del paseo aleatorio en el mercado panameño excepto en las temporalidades más cortas.

Al comparar el índice panameño con los otros dos índices se observa que se comporta de manera similar al índice mundial MSCI World el cual rechaza la hipótesis nula para el periodo de una semana (aunque con evidencia de impulso), pero, al incrementar n , se vuelve un paseo

aleatorio. El resultado mensual concuerda perfectamente con los resultados de Omar & Karahan (2020) quienes tampoco pudieron rechazar la hipótesis del paseo aleatorio para el periodo de un mes. Interesantemente este no es el caso para el índice MSCI US pues utilizando datos diarios se encuentra evidencia muy fuerte, en todas las temporalidades consideradas, de una tendencia contraria lo cual contradice el estudio previo que no logró rechazar la hipótesis nula del paseo aleatorio. Esto pudiese ser influenciado por usar datos de años distintos. Sin embargo, al repetir este estudio utilizando los retornos mensuales como la serie de tiempo base sobre el mismo periodo se encuentra que la evidencia de contracorriente se desvanece. El único factor que puede explicar esta diferencia es el uso de retornos diarios en vez de retornos mensuales en el denominador. Esto implica que es posible que las autocorrelaciones diarias de una serie de tiempo sean distintas a 0 pero las autocorrelaciones mensuales de la misma serie de tiempo no lo sean. Por lo tanto, se resalta la necesidad de un estudio de igual generalidad como Omar & Karahan (2020) que examine la hipótesis del paseo aleatorio usando diferentes valores de Δt .

Volviendo al mercado panameño, EGIN se comporta de manera similar al índice BVPSI. Esto no es sorprendente pues EGIN es su componente más grande. Sin embargo, MELO muestra evidencia significativa de tendencia contraria mientras que PPHO en todas sus temporalidades es indistinguible de un paseo aleatorio. Similarmente, CPA es indistinguible de un paseo aleatorio en todas sus temporalidades lo cual resalta el hecho de que es la acción más volátil de todas las estudiadas, lo cual puede estar muy ligado a su sector económico y eventos recientes. Por otro lado, BLX muestra la evidencia más fuerte de tendencia contracorriente entre las acciones individuales. Esto es muy similar a los resultados de EGIN, que también pertenece al sector financiero, que muestra evidencia de contracorriente en todas las temporalidades estudiadas excepto la mensual. La diferencia entre CPA y BLX, y la similitud entre EGIN y BLX, sugieren la necesidad de un estudio más general que considere el sector económico de una acción individual como un posible factor.

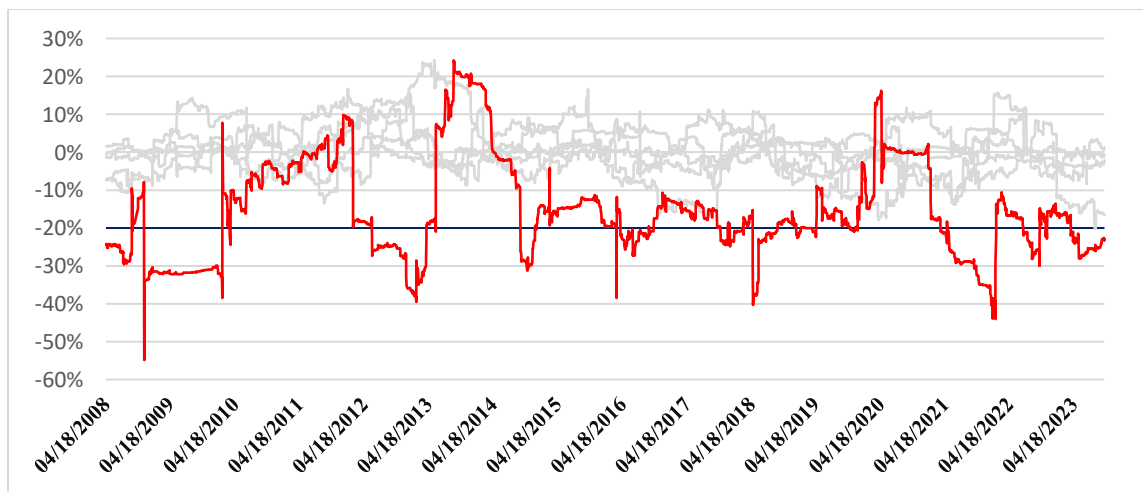
CONCLUSIONES

Se estudió el índice del mercado de valores panameño y 5 acciones de alta relevancia para la economía panameña por un total de 6 los cuales fueron analizados en cuatro temporalidades (de una semana hasta un mes). De las 24 pruebas realizadas solo 13 (54%) rechazan la hipótesis nula del paseo aleatorio y en todos esos casos el resultado apoya a los inversionistas de contracorriente. Esto da evidencia, aunque mixta y no necesariamente concluyente, a la idea de que los mercados muestran reversión a la media. Interesantemente esto también se verificó para el mercado de valores estadounidense lo cual le da mayor apoyo a esta teoría. Por otro lado, si se observa solamente la temporalidad más larga estudiada (1 mes), solo 2 pruebas de 6 (33%) rechazan la hipótesis del paseo aleatorio. Esto puede indicar que la

reversión a la media es un efecto de corto plazo que pierde relevancia en plazos más largos. Esto se puede entender mejor cuestionando la prueba utilizada en sí. Según el resultado de Cochrane (1998), $VR(n) \approx 1 + 2 \sum_{j=1}^{n-1} \frac{n-j}{n} \hat{\rho}_j$, lo cual implica que para n pequeño, las primeras autocorrelaciones dominan completamente la ratio de varianzas. Tomando como ejemplo los retornos del índice BVPSI se obtiene $\hat{\rho}_1 = -20\%$. Para n pequeño este valor negativo es casi completamente responsable de empujar los primeros valores de $VR(n)$ hacia abajo. Y, cuando se llega a $VR(1 \text{ mes})$, este incrementa precisamente porque ya se le permite al estadístico incorporar los efectos de suficientes autocorrelaciones que resultan ser positivas y mitigan el efecto negativo de la primera autocorrelación. Esto puede indicar que quizás no es que el mercado de valores es un paseo aleatorio, si no que los retornos presentan autocorrelaciones positivas y negativas de tal manera que en ciertas temporalidades sus efectos se cancelan y se componen en una serie de tiempo que parece un paseo aleatorio. Sin embargo, otra perspectiva pudiese indicar que esto es precisamente lo que se esperaría de una muestra particularmente patológica de un paseo aleatorio. El paseo aleatorio perfecto tendrá las autocorrelaciones de sus retornos en 0 pero sus muestras pueden tener correlaciones positivas y negativas que se cancelan entre ellas. En esta segunda perspectiva, el hecho de que el valor calculado de $\hat{\rho}_1$ sea tan negativo sería una coincidencia. La Figura 2 puede ayudar a entender mejor que es lo que en realidad puede estar sucediendo.

Figura 2

Cálculo de $\hat{\rho}_1$ para el BVPSI y sus aleatorizaciones a través del tiempo. Nota. Las muestras de $\hat{\rho}_1$ se calculan tomando los 252 días de historia anteriores a cada punto. Los resultados para el BVPSI real están indicados por la línea roja mientras que las líneas grises son algunas de sus aleatorizaciones. La línea horizontal negra marca el valor de $\hat{\rho}_1$ para el BVPSI real en la muestra completa (-20%).



Aunque hay una gran variabilidad, incluso un periodo donde la autocorrelación llegó a superar 20% positivo, se puede observar que frecuentemente el estadístico vuelve a estar alrededor de -20%. Como punto de comparación se traza, en gris, el mismo cálculo, pero para paseos aleatorios creados utilizando el método de aleatorización sobre la serie de retornos del BVPSI. Se puede observar que estas se comportan de manera muy diferente a la serie real. En particular, las líneas grises se vuelven negativas solo el 50% del tiempo (como se esperaría de un paseo aleatorio) mientras que la línea roja se mantiene negativa más del 88% del tiempo. Estos datos indican que el resultado $\widehat{\rho}_1 = -20\%$ no es una coincidencia y, como indican los resultados originales, el mercado de valores panameño presenta el efecto de reversión a la media en el corto plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bachelier, L. (1900). *Théorie de la spéculation*. Annales scientifiques de l'école normale supérieure, 17, 21–86.
- Bendat, J., & Piersol, A. (2010). *Random data: Analysis and measurement procedures*. Fourth edition, Wiley.
- Cochrane, J. H. (1988). How big is the random walk in GNP? *Journal of Political Economy*, 96(5), 893–920.
- Eren, Ö., & Karahan, C. (2020). Mean reversion in international equity markets. *Ege Akademik Bakış (Ege Academic Review)*. <https://doi.org/10.21121/eab.69946>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. *The Journal of Political Economy*, 96(2), 246–273.
- Fedotenkov, I. (2013). A simple nonparametric test for the existence of finite moments. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=2202269>
- Fielitz, B. D. (1971). Stationarity of random data: Some implications for the distribution of stock price changes. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 6(3), 1025–1034.
- Kendall, M. G., & Stuart, A. (1976). *The advanced theory of statistics* (3rd ed.). Griffin.
- Kim, M., Nelson, C. R., & Startz, R. (1991). Mean reversion in stock prices? A reappraisal of the empirical evidence. *The Review of Economic Studies*, 58(3), 515–528.

- Malkiel, B. G. (2007). *A random walk down Wall Street: The time-tested strategy for successful investing* (ninth edition). W. W. Norton & Company
- Mandelbrot, B. (1963). The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394–419.
- Poterba, J., & Summers, L. H. (1989). Mean reversion in stock prices: Evidence and implications. *Journal of Financial Economics*, 22(1), 27–59.
- Serletis, A., & Rosenberg, A. A. (2009). Mean reversion in the US stock market. *Chaos, Solitons & Fractals*, 40(4), 2007–2015.
- Spierdijk, L., Bikker, J. A., & van den Hoek, P. (2012). Mean reversion in international stock markets: An empirical analysis of the 20th century. *Journal of International Money and Finance*, 31(2), 228–249.