

El Efecto del Anuncio de Intervención Militar en Ucrania en el Desempeño de los Mercados Accionarios Desarrollados y su Relación con el Crecimiento Económico. Un Caso para el Estudio de Eventos

ÁREA: 1
TIPO: Aplicación

101

AUTOR

Eduardo Sandoval-Álamos¹

Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile
eduardo.sandoval@utem.cl

1. Autor de contacto:
Programa Institucional de Fomento a la I + D + I.
Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile.;
Torremolino 2847 Casa E, Concepción, Chile.

The announcement effect of military intervention in Ukraine on the performance of developed stock markets and its relationship with economic growth. A case for event study.
O efeito do anúncio da intervenção militar na Ucrânia sobre o desempenho das bolsas de valores desenvolvidas e sua relação com o crescimento econômico. Um estudo de caso de eventos

Este artículo investiga el efecto del anuncio de intervención militar en Ucrania en el desempeño de 23 países con mercados accionarios desarrollados y su respectiva relación con el crecimiento económico del año 2022. Para lo anterior, se contrastan cuatro modelos, siendo el modelo time-varying de cinco factores de Fama & French con residuos heterocedásticos el mejor. Los resultados indican que aquellos inversionistas globales que oportunamente se refugiaron en los mercados accionarios de Noruega y de Estados Unidos y que liquidaron posiciones en el de Hong Kong lograron un desempeño bursátil superior en economías con crecimiento económico positivo y negativo respectivamente.

This article investigates the announcement effect of military intervention in Ukraine on the performance of 23 countries with developed stock markets and their respective relationship with the economic growth of the year 2022. For the above, four models are contrasted, being the time-varying model of five Fama & French factors with heteroscedastic residuals the best. The results indicate that those global investors who opportunely took refuge in the stock markets of Norway and the United States and who liquidated positions in the Hong Kong stock market had superior stock market performance in economies with positive and negative economic growth, respectively.

Este artigo investiga o efeito do anúncio da intervenção militar na Ucrânia sobre o desempenho de 23 países com bolsas desenvolvidas e sua respectiva relação com o crescimento econômico no ano de 2022. Para o exposto, quatro modelos são contrastados, sendo o modelo o Fama & French com variação temporal e resíduos heterocedásticos, o melhor. Os resultados indicam que os investidores globais que se refugiaram pontualmente nas bolsas norueguesas e norteamericanas e liquidaram posições na bolsa de valores de Hong Kong superaram em desempenho em mercado de ações em economias com crescimento econômico positivo e negativo, respectivamente.

DOI
10.58416/GCG.2023.V17.N3.05

RECIBIDO
26.02.2023

ACEPTADO
13.04.2023

1. Introducción

Los estudios de eventos han sido y seguirán siendo uno de los diseños econométricos más relevantes en la literatura financiera. Sus variadas aplicaciones en la medición de los impactos de los anuncios de decisiones corporativas, cambios en las regulaciones y shocks macroeconómicos en los precios y retornos accionarios son de significativo interés para los inversionistas tanto locales como globales. Sin embargo, eventos que consideren el efecto de anuncios relacionados a conflictos bélicos son relativamente escasos en la literatura. El Ghoul, et al. (2022) indican que luego de una revisión de 699 estudios de eventos publicados en revistas de finanzas internacionales, sólo un 12% (81) artículos, fueron clasificados en estudios de eventos que abarcan más de un país y de éstos no se registra ninguno que se relacione con anuncios de conflictos bélicos entre países.

Teniendo presente lo anterior, en este artículo se investiga el efecto que tuvo el anuncio en el desempeño bursátil de los mercados desarrollados del mundo, realizado el 24 de febrero del año 2022 por el presidente de Rusia., Vladimir Putin, en el cual comunica una "operación militar especial" en Ucrania.

Si bien el conflicto entre Rusia y Ucrania se remonta al año 2014 en que, por medio de un referéndum considerado ilegal ante la comunidad internacional, los residentes de Crimea y Sebastopol votaron a favor de su anexión a Rusia. Desde ahí las amenazas de una intervención bélica por parte de Rusia a Ucrania se intensificaron.

A objeto de medir los efectos que este tipo de información pública tuvo en el desempeño bursátil de los mercados accionarios a estudiar, dado que ésta se conoció antes del anuncio del 24 de febrero de 2022, en la metodología econométrica de este artículo, se controlarán sus efectos, para así capturar de manera más exacta los efectos puros del anuncio realizado por el presidente de Rusia.

Complementariamente a lo ya indicado, en cada uno de los países de la muestra en este artículo, se estudia si los efectos de este anuncio se relacionan o no con su respectivo crecimiento económico *expost*, experimentado en el año 2022, en un intento de corroborar si el desempeño bursátil superior/inferior exhibido en el periodo ventana (un día antes, el día y un día después al anuncio) ya mencionado, constituye una señal correcta que anticipa o no el desempeño de la economía real de cada país.

El resto del artículo es organizado como se indica. En la siguiente sección se expone el marco teórico, luego se describe la muestra y datos, en seguida se presenta los modelos y métodos econométricos utilizados. Finalmente, se muestran los resultados y conclusiones del artículo.

PALABRAS CLAVE

Ucrania,
Time-varying,
Desempeño
bursátil,
Crecimiento
económico.

KEYWORDS

Ukraine, Time-
varying, Stock
market performance,
Economic growth.

PALAVRAS-CHAVE

Ucrânia, variação
temporal,
desempenho
do mercado de
ações, crescimento
econômico.

CÓDIGOS JEL
G12, G15

2. Marco Teórico

Los estudios de eventos en Finanzas datan desde la década de los 70. Los primeros estudios se basaron en la reacción de los retornos accionarios frente a la emisión de información contable, Foster (1973, 1975), Watts (1973, 1978). Desde estos primeros estudios, se han desarrollado una gran cantidad y variedad de artículos que abarcan temáticas muy diversas, desde el impacto en los retornos accionarios producto de anuncios relacionados con decisiones corporativas, cambios regulatorios y shocks macroeconómicos en empresas de un país en particular, especialmente de Estados Unidos de Norteamérica.

Una revisión actualizada de estudios de eventos en Finanzas es presentada en El Ghoul, et al. (2022). La **Tabla 1** presenta un resumen de sus clasificaciones obtenidas a partir de revistas especializadas en Finanzas.

Tabla 1. - Clasificación general estudios de eventos. Elaboración propia

<i>Evento/Muestra</i>	<i>Muestra de un país</i>	<i>Muestra de más de un país</i>	<i>Total</i>
Nivel empresa	496	49	545
Nivel empresas pareadas	38	0	38
Nivel país	84	32	116
Subtotal	618 (88,4%)	81 (11,6%)	699 (100%)

Según se reporta en la **Tabla 1** y en más detalle en el artículo, menos del 12% de los estudios de eventos se concentran en más de un país y solo cuatro (0,57%), se relacionan con eventos de elecciones o riesgos políticos. Ninguno se relaciona con anuncios de alguna intervención militar en algún país.

Por otra parte, una búsqueda en otras fuentes, se encontraron algunas publicaciones no relacionadas directamente con estudios de eventos, pero que dan cuenta del impacto del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania en los retornos accionarios. Bounou and Yatié (2022) usando retornos accionarios de una muestra de 94 países en el periodo que va desde el 24 de enero al 24 de marzo de 2022 documentan un impacto negativo, producto del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, en los retornos accionarios en los mercados del mundo.

Goel, et al. (2017) estudian cuán vulnerables son los mercados accionarios internacionales ante el terrorismo. Sus resultados, con excepción del ataque terrorista del 11 de septiembre de 2001, muestran que los actos terroristas no tienen un efecto significativo en los retornos accionarios y en el mercado de bonos.

Hudson and Urquhart (2015) estudian los efectos de la segunda guerra mundial en el mercado accionario británico. Sus resultados muestran limitada evidencia para una fuerte vinculación entre eventos de guerra y retornos accionarios a pesar de encontrar apoyo para un efecto negativo.

Hudson and Urquhart (2022) estudian los efectos de los desastres navales de la segunda guerra mundial en los retornos accionarios británicos. Sus resultados indican que el mercado accionario británico solo fue afectado por desastres navales que tuvieron una clara importancia en términos estratégicos

y políticos. El mercado accionario británico no fue afectado por otro tipo de desastres o sucesos, sin importar cuán emotivos pudieron ser.

Burdekin and Siklos (2022) estudian los efectos en el mercado accionario de Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y México, en respuesta a la crisis cubana de los misiles del año 1962. Sus resultados cuando se focalizan en la cola izquierda del 1% de la distribución de los retornos accionarios, muestran que la incertidumbre de Estados Unidos tiene un impacto negativo y significativo en cada uno de los mercados accionarios estudiados, enfatizando que el tamaño de la respuesta negativa del aumento de la incertidumbre es comparable en los tres mercados, a pesar de que la trayectoria bursátil mexicana anterior a la crisis había sido muy diferente a la observada en Estados Unidos de Norteamérica y Canadá.

Gaye-Del, et al. (2022) estudian la influencia del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania en los mercados financieros condicionado a las materias primas rusas, empleando un panel de 73 países. Sus resultados indican que los mercados financieros percibieron la dependencia de las materias primas rusas como un factor de riesgo significativo, disminuyendo los retornos accionarios e intensificando su inestabilidad. La gran mayoría de los estudios previos, si bien se relacionan con impactos de eventos asociados a conflictos bélicos en los mercados accionarios, no consideran una metodología econométrica basada en estudios de eventos, careciendo así de modelos que sirvan de benchmarking en la generación de retornos accionarios de equilibrio y de sus respectivas desviaciones y que tengan fundamento en alguna teoría financiera.

Este artículo, por el contrario, pretende contribuir a través de la comparación de cuatro tipos de especificaciones econométricas. Las dos primeras basadas en el modelo de mercado (CAPM) con parámetros fijos y varianza residual homocedástica y otra con parámetros time-varying y varianza residual heterocedástica. Por otra parte, las dos últimas se basan en el modelo de cinco factores de Fama and French (2015) con parámetros fijos y varianza residual homocedástica y otra con parámetros time-varying y varianza residual heterocedástica.

Las especificaciones time-varying con varianza residual heterocedástica han sido documentadas últimamente con significativas ventajas en comparación a aquellas que consideran parámetros fijos en el tiempo, al utilizar datos diarios [ver Ortas et al., (2015)]. Lo anterior gracias a que permiten controlar la leptocurtosis, reduciendo así la influencia de observaciones atípicas en el proceso de estimación de los parámetros. Además, al condicionar los modelos time varying a la presencia de heterocedasticidad residual, permiten controlar mejor la presencia del fenómeno de agrupamientos de volatilidad presentes en las series financieras sobre todo en periodos de crisis. Estos métodos presentan en general mejores indicadores de bondad de ajuste en comparación a métodos convencionales que suponen parámetros fijos y homocedasticidad, recurrentemente utilizados en los estudios de eventos.

Basado en las extensiones de la teoría de valuación de activos de capital presentada por Sharpe (1964) y de la teoría de cinco factores de Fama and French (2015), se formulan como hipótesis a contrastar:

1. Si el anuncio de intervención militar de Rusia a Ucrania produjo rendimientos anormales negativos (una caída en un mercado accionario desarrollado, más allá de lo normal), entonces lo primero se vio acompañado por decrecimiento económico en el año 2022.
2. Si el anuncio de intervención militar de Rusia a Ucrania produjo rendimientos anormales positivos (un alza en un mercado accionario desarrollado, más allá de lo normal), entonces lo primero se vio acompañado por crecimiento económico en el año 2022.

La primera hipótesis se fundamenta en que aquellos mercados accionarios más expuestos al conflicto, debieron sufrir un castigo relativamente más significativo sobre los flujos de caja esperados de libre disposición, generados por sus empresas, producto de una caída esperada en la actividad económica en los correspondientes países. La segunda hipótesis se fundamenta en que aquellos mercados accionarios menos expuestos al conflicto, debieron sufrir un premio relativamente más significativo sobre los flujos de caja esperados de libre disposición, generados por sus empresas, producto de un alza esperada en la actividad económica en los correspondientes países.

La relación directa establecida en las hipótesis anteriores es examinada empíricamente en el desarrollo de este artículo.

3. Muestra y Datos

La muestra en este artículo considera 23 mercados accionarios de países desarrollados, de acuerdo a la clasificación e información de índices accionarios IMI que se encuentran disponibles en MSCI (www.msci.com). A partir de éstos se obtienen los correspondientes rendimientos accionarios diarios en USD para el periodo que va desde el 06 de octubre de 2021 hasta el 14 de julio de 2022. Este periodo abarca cien días hábiles de rendimientos accionarios antes y cien días después del día del anuncio del 24 de febrero de 2022. Esta ventana es lo suficientemente amplia para que los modelos que contemplan parámetros time-varying y heterocedásticos en su varianza residual puedan converger adecuadamente. Los índices accionarios IMI de cada país reflejan el comportamiento accionario de una cartera de mercado representativa del 99% de la capitalización bursátil ajustada a libre flotación de compañías grandes, medianas y pequeñas de cada mercado accionario, respectivamente. Los 23 mercados accionarios desarrollados y el índice accionario mundial IMI usado como benchmarking, respectivamente, se encuentran listados en la **Tabla 2**. Es importante destacar que MSCI los clasifica en mercados desarrollados a partir de 3 criterios: Desarrollo económico, Requisitos de tamaño y liquidez y Criterios de accesibilidad al mercado. Como tasa libre de riesgo se utilizan los rendimientos diarios en USD de los bonos del tesoro de Estados Unidos (con vencimiento a 1 mes). En relación a los cinco factores de riesgo de Fama and French (2015), éstos fueron obtenidos con frecuencia diaria, junto a la tasa libre de riesgo, para los mercados desarrollados desde la página web de Keneth French.

https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html

Tabla 2. - Estadísticas descriptivas

Indice Accionario MSCI IMI	Media	Desviación Estándar	Sesgo	Curtosis	JB	ADF
MUNDO	-0.0853%	1.1710%	-0.1175	3.47	2.31	-12.36***
AUSTRALIA	-0.0696%	1.3792%	-0.7210	3.61	20.55***	-13.31***
AUSTRIA	-0.1878%	2.0173%	-0.4036	7.14	149.30***	-13.29***
BELGICA	-0.0962%	1.4536%	0.5815	7.14	154.71***	-13.87***
CANADA	-0.0633%	1.2497%	-0.3672	3.54	6.97**	-11.94***

DINAMARCA	-0.0659%	1.6848%	0.2048	3.41	2.83	-13.38***
FINLANDIA	-0.1434%	1.6709%	-0.1250	4.67	23.77***	-11.45***
FRANCIA	-0.1069%	1.6810%	0.2389	7.32	158.36***	-14.40***
ALEMANIA	-0.1857%	1.7375%	0.4408	7.78	198.07***	-13.82***
HONG KONG	-0.0538%	1.1439%	0.2845	6.63	112.85***	-12.48***
IRLANDA	-0.2055%	1.8304%	-0.1288	5.90	71.14***	-13.71***
ISRAEL	-0.0728%	1.4852%	-0.8070	5.96	95.26***	-13.21***
ITALIA	-0.1660%	1.8100%	-0.2888	6.81	124.10***	-13.58***
JAPON	-0.1185%	1.1472%	-0.0605	3.79	5.37	-15.41***
HOLANDA	-0.1783%	2.0610%	0.4264	5.18	45.81***	-14.23***
NUEVA ZELANDIA	-0.1408%	1.2862%	-0.4433	4.02	15.26***	-12.78***
NORUEGA	-0.0984%	1.7738%	-0.4011	3.86	11.60***	-13.64***
PORTUGAL	-0.0380%	1.4301%	-0.0483	3.32	0.92	-13.24***
SINGAPUR	-0.1042%	1.0430%	0.1108	4.51	19.45***	-11.24***
ESPAÑA	-0.1080%	1.5500%	-0.1177	5.43	50.11***	-13.21***
SUECIA	-0.1739%	1.9807%	0.1804	3.82	6.76**	-13.37***
SUIZA	-0.0698%	1.1918%	-0.1127	4.94	31.85***	-13.13***
REINO UNIDO	-0.0672%	1.3781%	-0.5137	5.26	51.47***	-14.25***
ESTADOS UNIDOS	-0.0744%	1.3980%	-0.3309	3.28	4.31	-13.80***

*** Significativo al 1%

** Significativo al 5%

* Significativo al 10%

Tabla 2 muestra las estadísticas descriptivas de los excesos de retornos diarios de los 23 índices accionarios en estudio. La columna JB reporta los valores asociados al test de normalidad de Jarque-Bera. La columna ADF reporta los valores del test de raíz unitaria aumentado de Dickey-Fuller. Los rezagos para este test fueron determinados en función del Criterio de Schwarz. Fuente: Elaboración propia a partir de los outputs de EViews 12.0.

La **Tabla 2** muestra las estadísticas descriptivas básicas de los excesos de retornos diarios de cada uno de los 23 índices accionarios MSCI IMI bajo estudio, desde el 06 de octubre de 2021 hasta el 14 de julio de 2022 con su valor central en la fecha del anuncio del 24 de febrero de 2022. El mayor exceso de rendimiento promedio diario lo alcanza el índice MSCI IMI de Portugal (-0.038%) seguido por el de Hong Kong (-0.0538%). Por otra parte, los peores excesos de rendimiento promedio diario son alcanzados por Irlanda (-0.2055%) y Alemania (-0.1857%), respectivamente. Respecto al riesgo, medido por la desviación estándar de los excesos de rendimientos diarios, el menor riesgo lo alcanza el índice MSCI IMI de Singapur (1.0430%) mientras que el mayor riesgo es capturado por el índice MSCI IMI de Holanda (2.0610%). Dieciséis series (70%) de excesos de retornos diarios asociadas a los índices MSCI IMI reportados en la Tabla 2 muestran sesgo negativo, mientras que siete (30%) presentan sesgo positivo, es decir, presentan una distribución cargada a los excesos de retornos negativos y positivos, respectivamente. Además, todas exhiben leptocurtosis con distribuciones más apuntadas y con colas más gruesas en comparación a la distribución normal. Al examinar los resultados del test de Jarque-Bera, se confirma el rechazo de la hipótesis nula de normalidad en 19 de las 23 series en estudio. El test ADF, por su parte, confirma el rechazo de la hipótesis nula de raíz unitaria, siendo así todas las series de excesos de retornos, estacionarias. La leptocurtosis y la alta presencia de no normalidad en los excesos de rendimientos de las 23 series analizadas, hace que los modelos con parámetros time-varying acompañados

con heterocedasticidad en el modelamiento de la varianza residual con gran seguridad puedan mostrar mejores indicadores de criterios de información o bondad de ajuste a los datos. Esto se reportará más adelante en los resultados de este artículo.

4. Modelos y Métodos Econométricos

Los modelos y métodos econométricos a utilizar en el artículo y que ayudarán a validar o rechazar las hipótesis ya indicadas tienen sus fundamentos en el modelo de valuación de activos de capital [CAPM de Sharpe (1964)] y en el modelo de Fama and French (2015) de cinco factores (de aquí en adelante FF), respectivamente, los que típicamente han sido utilizados en estudios de eventos asumiendo parámetros fijos y varianza residual constante, respectivamente. Ambos, en sus versiones empíricas, se usan en la estimación de los excesos de rendimiento de equilibrio utilizando datos de frecuencia diaria. Como métodos de estimación, para ambos modelos, se aplican métodos de mínimos cuadrados ordinarios con parámetros fijos, asumiendo homocedasticidad en la varianza residual y alternativamente, como innovación y para efectos de contraste de bondad de ajuste, métodos estado-espacio con parámetros que cambian en el tiempo (time-varying), asumiendo heterocedasticidad en la varianza residual, liderada por un proceso general autorregresivo condicional heterocedástico GARCH (1,1). Esto genera cuatro modelos, los que se detallan a continuación:

Modelo 1: (Modelo de mercado basado en CAPM, considerada parámetros fijos y varianza residual homocedástica, método de estimación, mínimos cuadrados ordinarios).

$$R_{jt} - R_{ft} = \alpha_{j1} d_1 + \alpha_{j2} d_2 + \alpha_{j3} d_3 + \alpha_{j4} d_4 + \beta_{j1} (R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{jt} \quad (1)$$

Modelo 2: [Modelo de mercado basado en CAPM, considerada parámetros (betas de mercado, factor 1) time-varying siguiendo un proceso con reversión a la media y varianza residual heterocedástica bajo un proceso Garch (1,1), método de estimación, estado-espacio].

$$R_{jt} - R_{ft} = \alpha_{j1} d_1 + \alpha_{j2} d_2 + \alpha_{j3} d_3 + \alpha_{j4} d_4 + \beta_{j1t} (R_{mt} - R_{ft}) + \mu_{jt} \quad (2)$$

$$\beta_{j1t} = \bar{\beta}_{j1} + \phi_{j1} (\bar{\beta}_{j1t-1} - \beta_{j1t}) + \tau_{j1t} \quad (3)$$

$$\sigma_{\mu_{jt}}^2 = \omega_j + x_j \mu_{j,t-1}^2 + \gamma_j \sigma_{\mu_{jt-1}}^2 \quad (4)$$

con $\omega_j, x_j, \gamma_j \geq 0$ y $(x_j + \gamma_j) < 1$

Modelo 3: (Modelo basado en FF, considerada parámetros fijos y varianza residual homocedástica, método de estimación, mínimos cuadrados ordinarios).

$$R_{jt} - R_{ft} = \alpha_{j1} d_1 + \alpha_{j2} d_2 + \alpha_{j3} d_3 + \alpha_{j4} d_4 + \beta_{j1} (R_{mt} - R_{ft}) + \beta_{j2} SMB_t + \beta_{j3} HML_t + \beta_{j4} RMW_t + \beta_{j5} CMA_t + z_{jt} \quad (5)$$

Modelo 4: [Modelo basado en FF, considerada parámetros (betas de mercado, factor 1) time-varying siguiendo un proceso con reversión a la media y varianza residual heterocedástica bajo un proceso Garch (1,1), método de estimación, estado-espacio].

$$R_{jt} - R_{ft} = \alpha_{j1} d_1 + \alpha_{j2} d_2 + \alpha_{j3} d_3 + \alpha_{j4} d_4 + \beta_{j1t} (R_{mt} - R_{ft}) + \beta_{j2} SMB_t + \beta_{j3} HML_t + \beta_{j4} RMW_t + \beta_{j5} CMA_t + v_{jt} \quad (6)$$

$$\beta_{j1t} = \bar{\beta}_{j1} + \phi_{j1} (\bar{\beta}_{j1,t-1} - \beta_{j1}) + \tau_{j1t} \quad (7)$$

$$\sigma_{v_{jt}}^2 = \omega_j + x_j \mu_{v_{jt}}^2 + \gamma_j \sigma_{v_{jt-1}}^2 \quad (8)$$

con $\omega_j, x_j, \gamma_j \geq 0$ y $(x_j + \gamma_j) < 1$

donde;

$R_{jt} - R_{ft}$ = Exceso de rendimiento R_{jt} en relación a la tasa sin riesgo R_{ft} para el mercado accionario j en el día t. j = 1, ..., 23. t = Cubre el periodo desde el 06 de octubre de 2021 hasta el 14 de julio de 2022, con datos diarios, en los modelos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

$\alpha_{j1}, \alpha_{j2}, \alpha_{j3}, \alpha_{j4}$ = retorno anormal promedio diario del mercado accionario j en el periodo que va desde el 06 de octubre de 2021 hasta el 14 de julio de 2022, excluyendo un día antes, el día, y un día después del anuncio del 24 de febrero de 2022, en los modelos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

d_1 = Variable binaria, toma valor 1 en el periodo que va desde el 06 de octubre de 2021 hasta el 14 de julio de 2022, excluyendo un día antes, el día, y un día después del anuncio del 24 de febrero de 2022 donde toma valor 0.

$\alpha_{j2}, \alpha_{j3}, \alpha_{j4}$ = retorno anormal del mercado accionario j en el día antes del anuncio (23 de febrero de 2022) en los modelos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

d_2 = Variable binaria, toma valor 1 en el día antes del anuncio (23 de febrero de 2022) y 0 los restantes días del periodo.

α_{j3}, α_{j4} = retorno anormal del mercado accionario j en el día del anuncio (24 de febrero de 2022) en los modelos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

d_3 = Variable binaria, toma valor 1 el día del anuncio (24 de febrero de 2022) y 0 los restantes días del periodo.

α_{j4} = retorno anormal del mercado accionario j en el día después del anuncio (25 de febrero de 2022) en los modelos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

d_4 = Variable binaria, toma valor 1 el día después del anuncio (25 de febrero de 2022) y 0 los restantes días del periodo.

β_{j1}, β_{j1} = Coeficiente promedio de riesgo sistemático del mercado accionario j. Captura la sensibilidad promedio de los excesos de rendimiento del mercado accionario j frente a los excesos de rendimiento del índice accionario mundial MSCI IMI, en los modelos 1 y 3, respectivamente.

β_{j1t}, β_{j1t} = Coeficiente de riesgo sistemático del mercado accionario j en el día t. Captura la sensibilidad de los excesos de rendimiento del mercado accionario j frente a los excesos de rendimiento del índice accionario mundial MSCI IMI, en el día t, en los modelos 1 y 3, respectivamente. β_{j1t}, β_{j1t} siguen un proceso con reversión a la media dados por la ecuación (3) y (7), respectivamente.

$(R_{mt} - R_{ft})$ = Exceso de rendimiento R_{mt} en relación a la tasa sin riesgo R_{ft} del mercado accionario mundial MSCI IMI en el día t.

β_{j2}, β_{j2} = Coeficiente promedio de riesgo asociado al factor SMB_t , para el mercado accionario j. Captura la sensibilidad promedio de los excesos de rendimiento del mercado accionario j frente a los movimientos del factor SMB_t . Este factor se relaciona con la diferencia entre los rendimientos de portafolios de empresas de baja y gran capitalización bursátil, en los modelos 3 y 4, respectivamente.

β_{j3}, β_{j3} = Coeficiente promedio de riesgo asociado al factor HML_t , para el mercado accionario j. Captura la sensibilidad promedio de los excesos de rendimiento del mercado accionario j frente a los movimientos del factor HML_t . Este factor se relaciona con la diferencia entre los rendimientos de portafolios de empresas de alta y baja relación valor libro/valor de mercado de las acciones, en los modelos 3 y 4, respectivamente.

β_{j4}, β_{j4} = Coeficiente promedio de riesgo asociado al factor RMW_t , para el mercado accionario j. Captura la sensibilidad promedio de los excesos de rendimiento del mercado accionario j frente a los movimientos del factor RMW_t . Este factor se relaciona con la diferencia entre los rendimientos de portafolios de empresas robustas y débiles en rentabilidad, en los modelos 3 y 4, respectivamente.

β_{j5}, β_{j5} = Coeficiente promedio de riesgo asociado al factor CMA_t , para el mercado accionario j. Captura la sensibilidad promedio de los excesos de rendimiento del mercado accionario j frente a los movimientos del factor CMA_t . Este factor se relaciona con la diferencia entre los rendimientos de portafolios de empresas conservadoras y agresivas en su política de inversiones reales, en los modelos 3 y 4, respectivamente.

ε_{jt} = Término de error del modelo 1 para el mercado accionario j en el día t. Los errores se asumen con distribución normal, valor medio de cero y varianza homocedástica.

μ_{jt} = Término de error del modelo 2 para el mercado accionario j en el día t. Los errores se asumen con distribución normal, valor medio de cero y varianza heterocedástica, la cual sigue un proceso GARCH (1,1) descrito en ecuación (4).

z_{jt} = Término de error del modelo 3 para el mercado accionario j en el día t. Los errores se asumen con distribución normal, valor medio de cero y varianza homocedástica.

v_{jt} = Término de error del modelo 4 para el mercado accionario j en el día t. Los errores se asumen con distribución normal, valor medio de cero y varianza heterocedástica, la cual sigue un proceso GARCH (1,1) descrito en ecuación (8).

τ_{j1t}, τ_{j1t} = Término de error ecuaciones (3) y (7), respectivamente. Los errores se asumen con distribución normal, valor medio de cero y varianza homocedástica.

Los parámetros desconocidos del modelo 2 y 4, respectivamente, son estimados mediante la maximización de la siguiente función de máximo verosimilitud, Harvey (1990).

$$\log L_j(\theta_j) = -\frac{T}{2} \log(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \log f_{j,t}(\theta_j) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \frac{v_{j,t}^2(\theta_j)}{f_{j,t}(\theta_j)} \quad (9)$$

donde;

θ_j es el vector de hiper parámetros mientras que $v_{j,t}(\theta_j)$ son los residuos predictivos de cada modelo, respectivamente, y la varianza de estos es estimada usando un algoritmo recursivo de filtro de Kalman. Los valores iniciales para el vector de hiper parámetros es fijado de acuerdo a Wells (1996), en los que se destaca el valor inicial de 0.5 para los coeficientes ϕ_{j1} y ϕ_{j2} , respectivamente, los cuales capturan cuan rápido los coeficientes betas de mercado (time-varying) retornan a su media. Además, se fija un valor inicial de e^{-1} para la varianza de los residuos de las ecuaciones del modelo 2 y 4, respectivamente. Al realizar un análisis de sensibilidad de estos valores, los resultados no cambian significativamente.

Por otra parte, en la literatura de econometría financiera, tal como lo describen Sandoval y Molina (2022) es “bien reconocido que las series diarias de los rendimientos de activos financieros riesgosos presentan el fenómeno de agrupamientos de volatilidad, el cual se hace más notorio y significativo en periodos de crisis”. Estos fenómenos son adecuadamente capturados en los modelos GARCH [Bollerslev, et al. (1992)]. Dado lo anterior, a diferencia de los modelos estáticos con homocedasticidad para la varianza residual, es más real asumir que los residuos de la ecuación observada, **ecuación (2)** y **(6)**, respectivamente, sigan un comportamiento condicionalmente heterocedástico en conformidad a un proceso GARCH (1,1). Los parámetros de los procesos GARCH (1,1) contemplados en la **ecuación (4)** y **(8)**, respectivamente, son estimados bajo un proceso iterativo que consiste en primero estimar el vector de hiper parámetros asumiendo homocedasticidad, generando luego los residuos predictivos para modelar su varianza condicional de acuerdo al proceso GARCH (1,1) en la ecuación observada, **ecuación (4)** y **(8)**, respectivamente, y se vuelve a reestimar el sistema estado-espacio, generando los resultados de las estimaciones.

5. Resultados

En esta sección, en la **Tabla 3**, se exponen los resultados en forma resumida, concentrando el interés en los criterios de información (bondad de ajuste), parámetros y pruebas estadísticas asociadas a los modelos 1, 2, 3 y 4 expuestos en la sección anterior y que fueron estimados en base a los métodos econométricos ya indicados.

Tabla 3. - Resultados resumidos con estimación de los modelos usando métodos econométricos de mínimos cuadrados ordinarios y estado-espacio

Mercado (Mejor Modelo)	Criterios de Información-bondad de ajuste (CI)			Cantidad de CI por sobre segundo mejor modelo	Suma retornos anormales en torno a día del anuncio $\alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4$
	Akaike	Schwarz	Hannan-Quinn		
1. Australia (Modelo 4)	-6.4174	-6.2367	-6.3443	2/3 Modelo 3	-0.025921***
2. Austria (Modelo 4)	-5.8709	-5.6901	-5.7980	3/3 Modelo 3	-0.044474***
3. Bélgica (Modelo 4)	-6.4478	-6.2670	-6.3747	3/3 Modelo 3	-0.019149**
4. Canadá (Modelo 4)	-7.3944	-7.2136	-7.3213	3/3 Modelo 3	-0.007750
5. Dinamarca (Modelo 4)	-5.9962	-5.8155	-5.9231	3/3 Modelo 3	+0.01169
6. Finlandia (Modelo 3)	-6.0847	-5.9368	-6.0248	3/3 Modelo 4	-0.011278
7. Francia (Modelo 4)	-6.3697	-6.1890	-6.2966	3/3 Modelo 4	-0.017264
8. Alemania (Modelo 4)	-6.3105	-6.1298	-6.2374	3/3 Modelo 3	-0.022302**
9. Hong Kong (Modelo 4)	-6.4405	-6.2597	-6.3674	3/3 Modelo 3	-0.031431***
10. Irlanda (Modelo 4)	-6.0966	-5.9158	-6.0234	3/3 Modelo 3	-0.036942***
11. Israel (Modelo 4)	-6.5855	-6.4047	-6.5123	3/3 Modelo 3	-0.018896***
12. Italia (Modelo 4)	-6.2136	-6.0328	-6.1404	3/3 Modelo 2	-0.019657**
13. Japón (Modelo 4)	-6.5713	-6.3905	-6.4981	2/3 Modelo 3	-0.007194***
14. Holanda (Modelo 4)	-5.9162	-5.7355	-5.8431	3/3 Modelo 3	-0.010168***
15. Nueva Zelandia (Modelo 4)	-6.5045	-6.3237	-6.4314	3/3 Modelo 3	-0.018591***
16. Noruega (Modelo 4)	-5.8749	-5.6942	-5.8018	3/3 Modelo 3	+0.007980***
17. Portugal (Modelo 3)	-5.9312	-5.7833	-5.8714	2/3 Modelo 4	+0.032581
18. Singapur (Modelo 3)	-7.2376	-7.0897	-7.1778	3/3 Modelo 4	-0.029574***
19. España (Modelo 4)	-6.3389	-6.1581	-6.2657	3/3 Modelo 3	-0.007110
20. Suecia (Modelo 4)	-5.8720	-5.6912	-5.7988	3/3 Modelo 3	-0.023348***
21. Suiza (Modelo 4)	-6.7402	-6.5595	-6.6671	3/3 Modelo 3	-0.008724***
22. Reino Unido (Modelo 4)	-6.6530	-6.4722	-6.5798	3/3 Modelo 3	-0.012131***
23. Estados Unidos (Modelo 4)	-9.1171	-8.9363	-9.0439	3/3 Modelo 3	+0.005907***

*** Significativo al 1%

** Significativo al 5%

* Significativo al 10%

Tabla 3 muestra los resultados resumidos luego de la estimación de los cuatro modelos indicados en la sección IV, usando métodos econométricos de mínimos cuadrados (modelo 1 y 3) y estado-espacio (modelo 2 y 4) para cada uno de los 23 índices accionarios en estudio. La columna Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn, muestran los valores resultantes de los criterios de información (bondad de ajuste) del mejor modelo entre los 4 estimados. La columna cantidad de CI por sobre segundo mejor modelo, muestra el número de criterios de información, de entre los 3 criterios, que el mejor modelo, reportado en la primera columna, presenta en comparación al segundo mejor modelo estimado. La última columna presenta la suma de retornos anormales en torno al día del anuncio. Esta presenta la suma de los coeficientes alfa 2, alfa 3 y alfa 4 del mejor modelo indicado en la primera columna de la Tabla 3.

La primera columna de la **Tabla 3** muestra los mercados accionarios estudiados junto al mejor modelo de estimación para cada mercado en particular de entre los cuatro estimados y que fueron presentados en la sección IV. Claramente, se observa que el modelo 4 de Fama and French de cinco factores en su versión time varying para el riesgo de mercado y varianza residual heterocedástica, domina al resto de

los modelos. En veinte de los veintitrés mercados accionarios (87%), éste se impone con valores más negativos (ver columnas 2, 3 y 4), basado en la mayor frecuencia en que los criterios de información Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn (ver columna 5) dominan, en comparación al segundo mejor, el modelo de Fama and French de cinco factores, en su versión con parámetros fijos y varianza residual homocedástica.

Estos resultados se alinean con hallazgos recientes en la literatura financiera [ver Ortas, et al. (2015), Santos, et al. (2019) y Sandoval y Molina (2022)] donde los modelos con parámetros time-varying y varianza residual heterocedástica se ajustan mejor a los datos al permitir controlar de mejor forma la leptocurtosis y los fenómenos de agrupamientos de volatilidad presentes en las series financieras, especialmente significativos en periodos de crisis.

Por otra parte, los resultados presentan evidencia en favor del modelo de Fama and French de 5 factores en comparación al modelo empírico de mercado basado en el CAPM en sus versiones con parámetros fijos o versión time varying.

Respecto a los efectos del anuncio del 24 de febrero de 2022, la columna 6 presenta la suma de los retornos anormales presentados en la ventana de un día antes, del día y del día después del anuncio realizado por el presidente de Rusia Vladimir Putin el 24 de febrero de 2022. Diecinueve de los veintitrés mercados accionarios presentan suma de retornos anormales negativa (15 significativos a los niveles del 1% o 5%) y solo cuatro: Dinamarca, Noruega, Portugal y Estados Unidos presentan suma de retornos anormales positiva (2 significativos al nivel del 1%, Noruega y Estados Unidos, respectivamente).

Lo anterior es clara evidencia de que los efectos negativos, producto del anuncio del 24 de febrero de 2022, superaron a los positivos, en general en los mercados accionarios desarrollados. Quince de diecisiete mercados (88%) fueron afectados negativamente y de forma significativa en términos estadísticos y solo dos de diecisiete (12%) fueron afectados positivamente. Los tres mercados relativamente más afectados de forma negativa fueron: Austria (-4.44%), Irlanda (-3.69%) y Hong Kong (-3.14%) y los dos relativamente más afectados de forma positiva fueron: Noruega (+0.79%) y Estados Unidos (0.59%).

En forma complementaria, tal como se indica en la sección I de este artículo, se hace interesante analizar si existe o no una relación directa entre los rendimientos anormales en torno al anuncio del 24 de febrero de 2022 y el crecimiento económico expost mostrado en dicho año, en cada uno de los mercados/países desarrollados contemplados en la muestra de este artículo. Tal como se muestra en **Tabla 4**, los mercados/países donde se exhibe una relación directa son: Hong Kong con retornos anormales negativos de -3,14% acompañados de un crecimiento económico también negativo de -0.80%, Noruega con retornos anormales positivos de 0.80% acompañados de un crecimiento económico también positivo de 3.60% y Estados Unidos con retornos anormales positivos de 0.59% acompañados de un crecimiento económico también positivo de 1.90%. En estos tres mercados/países se valida la hipótesis de que los mercados accionarios anticiparon correctamente en su desempeño bursátil los efectos de la economía real, luego del anuncio del 24 de febrero de 2022. En términos relativos Hong Kong, lo anticipó negativamente y tanto Noruega como Estados Unidos positivamente. Los demás mercados/países no exhiben una relación directa, más bien muestran una relación inversa o neutra estadísticamente, donde el desempeño bursátil negativo o neutro reflejado en los retornos anormales producto del anuncio, no se ven acompañados con una caída, sino más bien por un aumento en la actividad económica en el año 2022. El caso más llamativo es Irlanda, que por una parte muestra retornos anormales negativos de -3,69% y una tasa de crecimiento económico del 9% anual en el año 2022.

Tabla 4. - Suma retornos anormales en % en torno al anuncio del 24 de febrero de 2022 y crecimiento económico año 2022, para los 23 países/mercados accionarios desarrollados

<i>País/Mercado Accionarios</i>	<i>Suma retornos anormales en torno a día del anuncio, $a_2 + a_3 + a_4$</i>	<i>Tasa de Crecimiento Económico año 2022</i>
1. Australia	-2.59%***	+3.80%
2. Austria	-4.45%***	+4.70%
3. Bélgica	-1.91%**	+2.40%
4. Canadá	-0.78%	+3.30%
5. Dinamarca	+1.17%	+2.60%
6. Finlandia	-1.13%	+2.10%
7. Francia	-1.73%	+2.50%
8. Alemania	-2.23%**	+1.50%
9. Hong Kong	-3.14%***	-0.80%
10. Irlanda	-3.69%***	+9.00%
11. Israel	-1.89%***	+6.10%
12. Italia	-1.97%**	+3.20%
13. Japón	-0.72%***	+1.70%
14. Holanda	-1.02%***	+4.50%
15. Nueva Zelanda	-1.86%***	+2.30%
16. Noruega	+0.80%***	+3.60%
17. Portugal	+3.26%	+6.20%
18. Singapur	-2.96%***	+3.00%
19. España	+0.71%	+4.30%
20. Suecia	-2.33%***	+2.60%
21. Suiza	-0.87%***	+2.20%
22. Reino Unido	-1.21%***	+3.60%
23. Estados Unidos	+0.59%***	+1.60%

*** Significativo al 1%

** Significativo al 5%

* Significativo al 10%

Tabla 4 muestra en la primera columna los países/mercados accionarios desarrollados en estudio. La segunda columna muestra la suma de retornos anormales en %, con su respectiva significancia estadística, en torno al anuncio realizado el día 24 de febrero de 2022. La tercera columna muestra la tasa de crecimiento económico de cada país de acuerdo a archivo Excel elaborado por el Fondo Monetario Internacional, el cual se encuentra accesible en:

https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEQ/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD

6. Conclusiones

En este artículo se estudia el efecto del anuncio en el desempeño bursátil de los mercados desarrollados del mundo, realizado el 24 de febrero del año 2022 por el presidente de Rusia., Vladimir Putin, en el cual comunica una "operación militar especial" en Ucrania. En forma complementaria, se estudia si los efectos de este anuncio sobre el desempeño de los mercados accionarios, se relacionan o no con el respectivo crecimiento económico experimentado en el año 2022, por parte de los países de la muestra.

Como hipótesis se plantea una relación directa entre desempeño bursátil producto del anuncio y desempeño en el sector real de la economía, la cual es examinada empíricamente en el desarrollo de este artículo.

En términos metodológicos, los resultados muestran un predominio de los modelos con parámetros time-varying y varianza residual heterocedástica, los cuales se ajustan mejor a la dinámica de los datos, al permitir controlar de mejor forma la leptocurtosis y los fenómenos de agrupamientos de volatilidad presentes en las series financieras, especialmente significativos en periodos de crisis. Además, los resultados presentan evidencia en favor del modelo de Fama and French de 5 factores, en comparación al modelo empírico de mercado basado en el CAPM, tanto en sus versiones con parámetros fijos o time varying.

Respecto a los efectos del anuncio del 24 de febrero de 2022, los resultados muestran clara evidencia de que los efectos negativos, producto del anuncio, superaron a los positivos en general en el desempeño de los mercados accionarios desarrollados. Quince de diecisiete mercados fueron afectados negativamente, en términos de significancia estadística, y solo dos de diecisiete fueron afectados positivamente. Los tres mercados relativamente más afectados de forma negativa fueron Austria, Irlanda y Hong Kong y los dos relativamente más afectados de forma positiva fueron Noruega y Estados Unidos.

En forma complementaria, los resultados muestran que los mercados/países donde se exhibe una relación directa entre desempeño bursátil, en torno al anuncio, y crecimiento económico en el año 2022 son: Hong Kong con retornos anormales negativos y crecimiento económico negativo, Noruega y Estados Unidos con retornos anormales positivos y crecimiento económico positivo. En estos tres mercados/países se valida la hipótesis de que los mercados accionarios anticiparon correctamente, en su desempeño bursátil, los efectos en la economía real, luego del anuncio del 24 de febrero de 2022. En términos relativos Hong Kong, lo anticipó negativamente y tanto Noruega como Estados Unidos positivamente. Los resultados permiten concluir que solo en algunos mercados accionarios desarrollados se anticipó correctamente, en su desempeño bursátil (en torno al anuncio del 24 de febrero de 2022), lo que se produciría en sus respectivas economías en el año 2022. En la gran mayoría eso no sucedió. Esto abre otros canales de investigación para la búsqueda de una respuesta. Los resultados finalmente indican que aquellos inversionistas globales que oportunamente se refugiaron en los mercados accionarios de Noruega y Estados Unidos y que liquidaron posiciones en el mercado accionario de Hong Kong, lograron obtener un desempeño bursátil superior en economías con crecimiento económico positivo.

.....

 Referencias

- Boungou, W.; Yatié, A. (2022), "The impact of the Ukraine–Russia war on world stock market returns", *Economics Letters*, Vol. 215, 11056. [doi:10.1016/j.econlet.2022.110516](https://doi.org/10.1016/j.econlet.2022.110516)
- Bollerslev, T.; et al. (1992), "ARCH modelling in finance: A review of the theory and empirical evidence", *Journal of Econometrics*, Vol. 52, Num. 1–2, pp. 5–59. [doi:10.1016/0304-4076\(92\)90064-X](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90064-X)
- Burdekin R.; Siklos, P (2022), "Armageddon and the stock market: US, Canadian and Mexican market responses to the 1962 Cuban Missile Crisis", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. 84, pp. 112–127. [doi:10.1016/j.qref.2022.01.013](https://doi.org/10.1016/j.qref.2022.01.013)
- El Ghoul, S.; et al. (2022), "Event Studies in International Finance Research", Available at: [doi:10.2139/ssrn.4073768](https://doi.org/10.2139/ssrn.4073768)
- Fama, E.; French, K. (2015), "A five-factor asset pricing model", *Journal of Financial Economics*, Vol. 116, Num. 1, pp. 1–22. [doi:10.1016/j.jfineco.2014.10.010](https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2014.10.010)
- Foster, G. (1973), "Stock Market Reaction to Estimates of Earnings Per Share by Company Officials", *Journal of Accounting Research*, Vol.11, Num.1, pp.25–37. [doi:10.2307/2490279](https://doi.org/10.2307/2490279)
- Foster, G. (1975), "Security Price Revaluation Implications of Sub-Earnings Disclosure", *Journal of Accounting Research*, Vol.13, Num.2, pp.283–292. [doi:10.2307/2490365](https://doi.org/10.2307/2490365)
- Gaye-Del L.; et al. (2022), "The Russo-Ukrainian war and financial markets: the role of dependence on Russian commodities", *Finance Research Letters*, Vol. 50, Num. 4, 103194. [doi:10.1016/j.frl.2022.103194](https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103194)
- Goel, S.; et al. (2017), "How vulnerable are international financial markets to terrorism? An empirical study based on terrorist incidents worldwide", *Journal of Financial Stability*, Vol. 33, pp.120–132. [doi:10.1016/j.jfs.2017.11.001](https://doi.org/10.1016/j.jfs.2017.11.001)
- Harvey, A. (1990), *Forecasting, structural time series models and the Kalman Filter*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hudson, R.; Urquhart, A. (2015), "War and stock markets: The effect of World War Two on the British stock market", *International Review of Financial Analysis*, Vol. 40, pp. 166–177. [doi:10.1016/j.irfa.2015.05.015](https://doi.org/10.1016/j.irfa.2015.05.015)
- Hudson, R.; Urquhart, A. (2022), "Naval disasters, world war two and the British stock market", *Research in International Business and Finance*, Vol.59, Num 1, 101556. [doi:10.1016/j.ribaf.2021.101556](https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101556)
- Ortas, E.; et al. (2015), "Improved beta modeling and forecasting: An unobserved component approach with conditional heteroscedastic disturbances", *North American Journal of Economics and Finance*. Vol. 31, pp. 27–51. [doi:10.1016/j.najef.2014.10.006](https://doi.org/10.1016/j.najef.2014.10.006)
- Sandoval, E.; Molina, C. (2022), "Una aplicación time-varying del modelo de cinco factores de Fama & French para medir el desempeño de los mercados accionarios desarrollados en tiempos del Covid-19", *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, Vol. 16, Num 2, pp. 70–84. [doi:10.3232/GCG.2022.V16.N2.03](https://doi.org/10.3232/GCG.2022.V16.N2.03)
- Santos, L.; et al. (2019). "Modelo de precios condicionales con heterocedasticidad: Evaluación de fondos brasileños". *Revista de Administração de Empresas*, Vol. 59, Num. 4, pp. 225–241. [doi:10.1590/S0034-759020190402](https://doi.org/10.1590/S0034-759020190402)
- Sharpe, W. (1964), "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance*, Vol. 19, Num. 3, pp. 425–442. [doi:10.2307/2977928](https://doi.org/10.2307/2977928)
- Watts, R. (1973), "The information Content of Dividends", *Journal of Business*, Vol. 46, Num 2, pp. 191–211. <https://www.jstor.org/stable/2351363>
- Watts, R. (1978), "Systematic Abnormal Returns After Quarterly Earnings Announcements", *Journal of Financial Economics*, Vol. 6, Num 2–3, pp. 127–150. [doi:10.1016/0304-405X\(78\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0304-405X(78)90027-2)
- Wells, C. (1996). *The Kalman Filter in Finance*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
-