



LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

“Influencia de la volatilidad del precio del petróleo en la variación de la volatilidad del precio del SP-500: evaluación predictiva a través de modelos de series de tiempo multivariado.”

“Influence of oil price volatility on the variation of the SP-500 price volatility: predictive evaluation through multivariate time series model”

Rafael Enrique Camargo Torres.

recamargot@ulibertadores.edu.co

Trabajo de grado para optar al título de especialista en Estadística Aplicada

Manuel Felipe Flórez Luna.

mfflorezl@ulibertadores.edu.co.

Trabajo de Grado para optar al título de especialista en Estadística Aplicada.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito 2 objetivos: El primero es determinar si las series del Petróleo y SP-500 son procesos estacionarios. Lo cual permitiría definir y confirmar que los movimientos del precio no son un proceso aleatorio, sino que siguen una estrategia de los grandes inversionistas institucionales (Tomando como referencia la teoría de Wyckoff) que participan en los mercados bursátiles. Y en segundo lugar establecer si la volatilidad del precio del petróleo, influye en la volatilidad del precio del SP-500 lo cual permitiría ajustar de manera más eficiente un portafolio de inversión con estos 2 activos. Los resultados del estudio, muestran que las 2 series evaluadas si siguen un patrón estacionario, pero no existe relación de dependencia entre las volatilidades de los 2 activos. Es decir, Son series independientes.



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Palabras clave: Petróleo, SP-500, Trading, Volatilidad, Portafolio de Inversión, estacionariedad en activos bursátiles.

ABSTRACT

The present work has 2 objectives: The first is to determine if the Oil and SP-500 series are stationary processes. This would allow defining and confirming that price movements are not a random process, but rather follow a strategy of large institutional investors (Taking Wyckoff's theory as a reference) that participate in stock markets. And secondly, to establish if the volatility of the oil price influences the volatility of the price of the SP-500, which would allow an investment portfolio with these 2 assets to be adjusted more efficiently. The results of the study show that the 2 series evaluated do follow a stationary pattern, but there is no dependency relationship between the volatilities of the 2 assets. That is, they are independent series

Keywords: Oil, SP-500, Trading, Volatility, Investment Portfolio, stationarity in stock assets.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo nace de la importancia que tiene y ha tenido la inversión en los mercados de capitales, comúnmente llamados, Bolsas de Valores en la rentabilidad del capital de los inversionistas y ahorradores. Las rentabilidades obtenidas a través de este vehículo de inversión pueden llegar a ser superiores, de las que convencionalmente han ofrecido los instrumentos tradicionales de ahorro tales como CDT's, o cuentas de ahorro. Este tipo de inversiones, se consideran como altamente sofisticadas dado que, para poder operar con éxito, se necesita tener un conocimiento especializado, que permita interpretar y llevar a cabo la operativa de la forma más eficientemente posible. Sin embargo, de la misma forma en que se pueden generar altas rentabilidades, existe el riesgo potencial de asumir una gran pérdida del capital, cuando no se cuenta con las competencias mínimas en cuanto al entendimiento del mercado, del activo a invertir, y una estrategia de especulación previamente definida. Los inversionistas en particular, siempre han buscado estrategias para disminuir este riesgo y tratar de prever los probables movimientos del precio, de tal forma que se puedan obtener mejores rentabilidades de la operativa.

En este sentido, cuando hablamos del entendimiento del activo, toma especial importancia la elaboración de este trabajo.



En este artículo pretendemos responder 2 interrogantes: En primer lugar, determinar si la volatilidad del precio de cada uno de estos activos sigue un patrón estacionario. La estacionariedad se refiere al hecho de que el proceso mediante el cual se crearon los datos es constante en el tiempo. Esto no significa que los datos no puedan cambiar. Significa que los supuestos distribucionales del mecanismo que genera los datos, son constantes en el tiempo. Tomando como referencia la teoría de Wyckoff ¹ de los mercados bursátiles, los resultados que se arrojen darían sustento empírico a esta teoría.

Y en segundo lugar buscaremos ajustar un modelo predictivo de series de tiempo multivariado, que permita determinar si la variación en la volatilidad del precio del activo del Petróleo influye en la volatilidad del precio del SP-500. De tal manera, que cuando un inversionista o especulador (llamado Trader) del mercado bursátil desee constituir un portafolio de inversión en el cual se incluyan estos 2 activos (SP-500 y Petróleo), con las conclusiones arrojadas en esta investigación, pueda tener a su disposición un conocimiento con base estadística que, aunado a la estrategia de especulación y a la gestión monetaria personales, se constituya en una poderosa herramienta que permita llevar a cabo una operativa más eficaz y eficiente. Y en otro sentido, poder tener argumentos estadísticos sólidos que permitan enfocar su operativa en el Método Wyckoff que se deriva de la teoría del mismo autor, y que le permitan considerarla como la teoría que explica de manera más eficiente los movimientos del Precio en los mercados de capital.

Definición de Volatilidad:

“En Matemática Financiera, se considera que la volatilidad de un activo es el término que mide la variabilidad de las trayectorias, o fluctuaciones de los precios, de las rentabilidades de un activo financiero, de los tipos de interés y en general de cualquier activo financiero del mercado. De acuerdo a lo anterior se puede decir entonces que, si el precio de un activo se mueve mucho y muy rápido, se dice que ese precio es muy volátil”²

Uno de los aspectos críticos a considerar cuando se invierte en Mercados financieros, es este concepto de Volatilidad. Esta volatilidad o también llamada inestabilidad de los precios en dichos mercados, es lo que hace que un inversionista en particular, gane mucho dinero, o pierda mucho dinero.

-
- 1) **La Teoría de Wyckoff** es una de las 3 teorías que intentan Explicar los movimientos del precio de los Mercados bursátiles. Se puede resumir así: “... todas las fluctuaciones en el mercado y en todas las acciones deben estudiarse como si fueran el resultado de las operaciones de un solo hombre. Llamémoslo el Hombre Compuesto, que, en teoría, se sienta detrás de escena y manipula las acciones, para su desventaja si no comprende el juego mientras lo juega; y para su gran beneficio si lo comprende” (Curso de Richard D. Wyckoff de Ciencia y Técnica del Mercado de Valores, sección 9, p. 1-2).
 - 2) <https://economipedia.com/definiciones/volatilidad.html>.



Como se mencionaba anteriormente se necesitará del concurso de aspectos tales como la estrategia de inversión, La gestión monetaria y la gestión emocional del inversionista para que la operativa gestionada sea lo más eficientemente posible.

Definición del Petróleo como activo de Inversión:

Así mismo al hablar del petróleo, desde el punto de vista de materia prima, podemos decir que éste es un aceite mineral de color muy oscuro o negro, menos denso que el agua y de un olor acre característico. Está formado por una mezcla de hidrocarburos acompañados de azufre, oxígeno y nitrógeno en cantidades variables. El petróleo, tal como mana del pozo, tiene muy pocas aplicaciones. Para obtener los diversos derivados es necesario someterlo a un proceso de refinación, cuya operación principal es la destilación fraccionada. En ella se obtienen, a distintas temperaturas, toda una gama de productos comerciales a partir del petróleo bruto. Sustancias gaseosas tales como metano, etano, propano y butano; líquidas como las gasolinas, el queroseno y el fuelóleo; sólidas como las parafinas y los alquitranes, se obtienen a distintas temperaturas en este proceso.

Una de las aplicaciones más importantes del petróleo es su utilización como materia prima en toda la industria petroquímica. El 60% de los productos químicos que se encuentran en el mercado y el 80% del sector orgánico proceden de la petroquímica. Abonos, plásticos, anticongelantes, detergentes, cauchos sintéticos, colorantes, explosivos, fibras plastificantes, disolventes... son productos obtenidos a partir del petróleo.³

Ahora bien, al hablar del petróleo como activo de inversión se puede decir que éste es la fuente de energía por excelencia. Sin él no existiría la producción, transporte y un sinnúmero de utilidades para la economía. No obstante, cuando hablamos de petróleo cotizado nos referimos al crudo (aunque es posible invertir en derivados, como la gasolina). El petróleo se negocia en crudo, en una medida llamada “barril” que corresponde a 42 galones (unos 159 litros aproximadamente). Existen varios tipos de esta materia prima:

- **El crudo dulce y el crudo amargo (en función de la cantidad de azufre que presenta)**
- **El crudo ligero y el crudo pesado (en función de su densidad), etc...**

Además, se tienen en cuenta dos tipos que corresponden a dos mercados de petróleo crudo claramente diferenciados: El West Texas Intermediate (WTI) – extraído en Texas y Oklahoma – y el crudo de Brent (extraído en el Mar del Norte, principalmente).

3) <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-el-petroleo-y-que-usos-tiene/>



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Este último es más dulce y ligero; se trata de un petróleo de mayor calidad. Tanto uno como el otro se caracterizan por ser unos mercados muy agresivos y espinosos. En cualquier caso, este tipo de inversiones también presentan ventajas y podemos tenerlas presentes a la hora de configurar nuestras carteras de inversiones. Además, el petróleo es un indicador de inflación y Por tratarse de una materia prima, no pierde valor con el paso del tiempo.

Cuando hablamos de que es un indicador de inflación, nos referimos a que el sobrecosto que supondría este aumento del precio del petróleo (y paralelamente de los demás productos energéticos) se traslada a los precios de los bienes y productos finales. Por lo que la inflación aumenta.

Este producto tiene una demanda inelástica, es decir, aunque su precio suba se debe seguir consumiendo para dar vida a toda la industria y transporte (mientras no aparezca ningún producto sustitutivo de forma definitiva).

Este aspecto de la volatilidad y riesgo, que a priori podría suponer un inconveniente, también puede suponer otra ventaja: el petróleo puede optimizar la rentabilidad de nuestra cartera si se gestiona bien la inversión.⁴

Definición del SP-500:

Por otro lado, al hablar del índice bursátil SP-500, debemos considerar lo siguiente: Un índice bursátil es un valor numérico que se calcula según los precios del mercado de cada uno de los valores que componen ese índice en un momento determinado. La rentabilidad de un índice es la variación de su valor de un periodo a otro. Un índice sirve para representar la evolución de las empresas de un país, un determinado sector de la economía o un tipo de activo financiero.

4) <https://www.fondos.com/blog/invertir-en-petroleo>



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Los índices bursátiles que aglutinan las principales empresas de un país son un excelente indicador de la economía.⁵ En cuanto específicamente al SP-500 que es uno de los índices bursátiles más importantes del mundo podemos decir que es un índice compuesto por los 500 valores más representativos y líquidos de las principales industrias del mercado norteamericano: 400 acciones industriales, 40 acciones financieras, 40 acciones de servicio públicos y 20 de transporte. El índice forma parte de una familia de indicadores creados por la firma de análisis e información financiera Standard and Poor's. El S&P 500 está considerado como el primer índice de empresas norteamericanas (su capitalización es de un billón de dólares). El 97% de los gestores referencia sus inversiones a él.

El S&P se calcula mediante una metodología basada en la capitalización bursátil. Esto significa que el índice refleja el valor total de mercado de las 500 acciones en un periodo determinado. El cálculo diario del índice se realiza dividiendo el valor total de mercado de los 500 valores por un número llamado divisor.

El Standard & Poor's Index Committee es el responsable de decidir los valores que entran y salen del índice. Este comité se reúne cada mes. Los candidatos para entrar o salir son sometidos a revisión. Se estudia la propiedad de las acciones y la estructura financiera de la empresa. El volumen de contratación es analizado diaria, mensual y anualmente para asegurar la liquidez de las acciones. Las empresas pueden salir del índice cuando están sometidas a operaciones de compra, fusiones, reestructuraciones, etc⁶

5) <https://economipedia.com/definiciones/indice-bursatil.html>.

6) <https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/mercados/sp-t-1179>.



Definición de modelos Predictivos:

Así mismo cuando hablamos de modelos predictivos hacemos referencia a aquellas metodologías estadísticas las cuales permiten pronosticar o predecir (como su nombre lo indica) eventos futuros o desconocidos. Más específicamente, permiten predecir el comportamiento de una variable con respecto a otra. En la actualidad los modelos predictivos son utilizados en un sin número de áreas, con un fuerte impacto en el área de los negocios y financiera. El **análisis predictivo** agrupa una variedad de técnicas estadísticas de modelización, aprendizaje automático y minería de datos que analiza los datos actuales e históricos reales para hacer predicciones acerca del futuro o acontecimientos no conocidos. Este tipo de análisis son muy utilizados en procesos organizacionales en el que participen un gran número de dichas variables, tal y como ocurre en marketing, evaluación de riesgo de crédito, detección de fraudes, fabricación, salud y operaciones gubernamentales como el orden público.⁷

Definición de Serie de tiempo multivariada Por otro lado, una serie de tiempo multivariada se define como una variable que es medida de forma secuencial en el tiempo. “El propósito del análisis de las series de tiempo, generalmente es doble: entender o modelar el mecanismo estocástico que da origen a una serie observada y predecir o pronosticar los futuros valores de una serie basado en la historia de esa serie y posiblemente otras series o factores”.⁸

7) https://es.wikipedia.org/wiki/Análisis_predictivo.

8) CRYER, Jonathan; CHAN, Kung-Sik. *Time Series Analysis with applications in R. Second edition*. Editorial Springer).



Entre los distintos tipos de modelos usados en series de tiempo multivariados encontramos:

- 1) Modelos tipo **VAR**
- 2) Modelos tipo **VMA**
- 3) Modelos tipo **VARMA**
- 4) Modelos tipo **BEKK**
- 5) Modelo tipo **DCC**, Entre muchos otros modelos y combinaciones de éstos.

Como mencionábamos al inicio, buscaremos ajustar el modelo multivariado que nos permita hacer el mejor pronóstico en la volatilidad de SP-500, considerando la volatilidad del precio del petróleo y determinar si las series estudiadas siguen un patrón estacionario.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio:

En el presente trabajo, se utiliza la metodología de Box –Jenkins para generar un modelo que permita hallar la correlación y posterior pronóstico en la volatilidad del índice Bursátil SP-500. Además, con la misma metodología se establecerá si las series siguen un modelo estacionario.

Área de estudio y Recolección de datos:

Se realizó recolección de datos de las volatilidades de los contratos de futuros de los activos Petróleo y SP-500 registrados en el CME Group en Estados Unidos a través de la plataforma de Trading **NINJATRADER**®. Se realizó un procedimiento llamado Backtesting que consiste en buscar los registros pasados de los movimientos del precio que presentaron en un tiempo determinado. Para este caso tomamos el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2020 hasta el 31 de enero de 2021. Lo que se hace para tomar las mediciones es ubicar un gráfico de precios en la temporalidad diaria. Luego se ubican los principales soportes y resistencias para ese día en particular. Posteriormente se realiza conteo manual de la distancia recorrida desde el soporte a la resistencia y viceversa, y la distancia recorrida es la que se registra en la base de datos. Con este se obtiene una serie temporal **DIARIA**, que involucra 150 datos y que corresponde a los 150 días que se están estudiando. Con estos datos se intentará ajustar un modelo de series de tiempo multivariado que permita establecer como la volatilidad del precio de una serie temporal, en este caso Petróleo, influye en la volatilidad del SP-500 y además determinar si las series temporales siguen un patrón estacionario.

Universo y Muestra:

El universo corresponde a las volatilidades del precio de cada uno de los activos estudiados, los cuales se toman como un proceso estocástico desde mínimo 10 años atrás hasta el día de hoy. Los precios se registran diariamente y se pueden obtener distintos marcos temporales. Es decir, movimientos del precio desde 1 min, 5 min, 15 min, 30 min, 1 hora, 1 día, 1 semana, 1 mes.



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

En ese orden de ideas, se puede considerar la muestra como esta serie temporal específica, dentro de este proceso estocástico, que va desde el 1 de septiembre de 2020 al 31 de enero de 2021. Con los resultados arrojados.

Método:

Al ser nuestro trabajo, fundamentalmente un análisis de series de tiempo, en este caso multivariado (Ya que consideramos 2 series temporales las cuales son: la serie de volatilidades del precio del activo del Petróleo y la serie de volatilidades del precio del activo del SP-500) el enfoque metodológico elegido para llevar a cabo el análisis, fue la metodología de Box- Jenkins.

La metodología de Box Jenkins se basa en la estrategia de construir modelos, que no solo deben ser adecuados para representar el comportamiento de los datos observados, sino que deben ser sugeridos por los datos mismos. Lo que se contrapone al enfoque tradicional, en el que simplemente se busca lograr el mejor ajuste de modelos preconcebidos para los datos de la muestra. El proceso para desarrollar esta metodología es el siguiente:

- 1) Identificación del modelo de acuerdo a la naturaleza de los datos.
- 2) Estimación de los parámetros implícitos del modelo.
- 3) Verificación de los supuestos, principalmente que los residuos no estén autocorrelacionados.
- 4) Uso del modelo para los fines que motivaron su construcción, que generalmente son los de pronosticar.

En nuestro trabajo hemos definido las siguientes Fases dentro de la metodología Box Jenkins:

FASE 1: IDENTIFICACION:

Realizamos evaluación de los datos. Se realizó análisis descriptivo de la serie y de manera preliminar, desde el punto de vista gráfico, se puede determinar que la serie se ajusta a un modelo estacionario. Se realizaron los gráficos de correlogramas que nos van a permitir identificar y seguir ajustando el mejor tipo de modelo. No hubo necesidad de llevar a cabo transformaciones de la serie hasta el momento. Esta información es para el modelo Univariado. Además, se determinaron las medidas de tendencia central para la serie. El modelo que se mas se ajustó en la serie fue un modelo ARIMA (0,0,1)

FASE 2: ESTIMACION DE PARAMETROS: Para el Modelo Univariado se realizó la prueba BIC, y de todos los modelos posibles, se eligió el de menor BIC, el cual es 1507.249, correspondiente a un modelo ARIMA (0,0,1). Para el modelo Multivariado se realizaron las pruebas de raíz Unitaria, se llevó a cabo la estimación del modelo VAR, se realizó el Test de Pormanteau, el test de Heterocedasticidad, el test de normalidad de los residuales, entre otras pruebas que se comentarán en los resultados.

FASE 3: VERIFICACION DE LOS SUPUESTOS: La Verificación de los supuestos se realizó con pruebas de Hipótesis para cada uno de los parámetros mencionados anteriormente y se tomó como nivel de significancia estadística el p-valor de 0,05 para



rechazar las hipótesis nulas y aceptar las alternativas de acuerdo a lo que se desee establecer en cada una de las pruebas.

FASE 4 USOS DEL MODELO. PRONOSTICO: Una vez validado cada uno de los supuestos con las anteriores pruebas se generaron los plots que permiten visualizar gráficamente los pronósticos. Tanto para la serie Univariada como para la serie multivariada. En la descripción de resultados se ahondará en detalle las conclusiones del modelo pronóstico.

PRINCIPALES RESULTADOS

Como ya se ha mencionado anteriormente buscamos en este estudio indagar acerca de 2 interrogantes:

¿Siguen las series estudiadas un patrón estacionario? ¿La volatilidad del precio del petróleo influye en la volatilidad del precio del SP-500?

Aquí están los resultados:

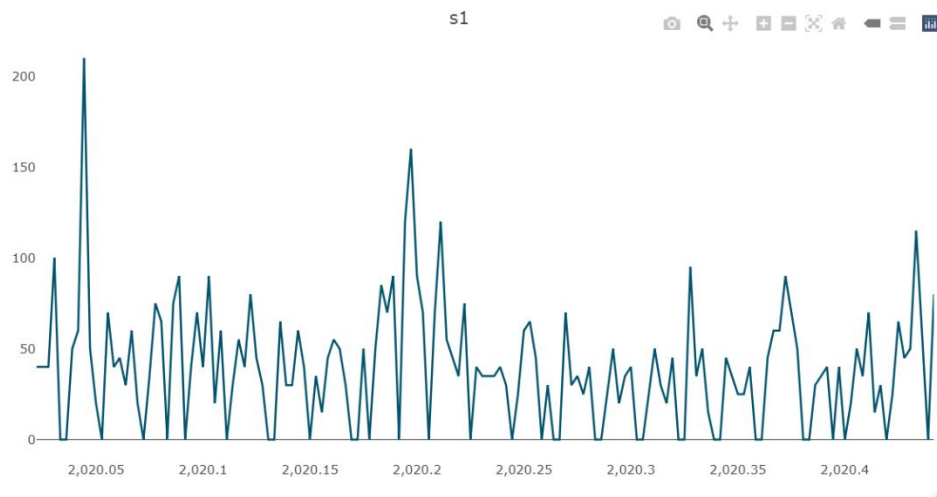


Grafico 1: Plot de la serie del petróleo

Se realiza un gráfico con la función plot observando así el comportamiento de la serie en el tiempo logrando identificar que la serie presenta estacionariedad. De todas formas, se realizarán pruebas para corroborar estos hallazgos descriptivos preliminares.



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

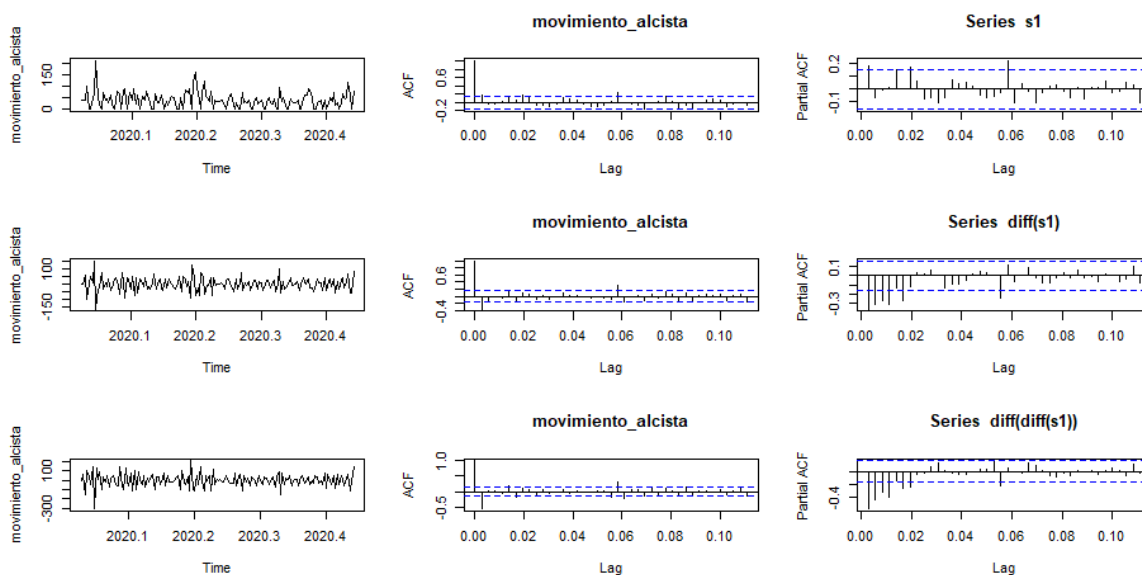


Gráfico 2: Función de Autocorrelación Parcial

Se realizan las pruebas correspondientes de autocorrelación, autocorrelación parcial y estacionaria logrando determinar que no es necesario aplicar diferencias al modelo ya que con la función de autocorrelación se afirma la estacionariedad del modelo.

	MODELO	BIC
1	1.0.1	1512.139
2	7.0.1	1533.005
3	1.0.0	1507.796
4	0.0.1	1507.249
5	1.0.7	1532.974

Tabla 1: Determinación BIC

Se realizan las pruebas correspondientes BIC, L-B, J-B, R-T, estas ayudan a determinar cuál es el mejor modelo a estimar, siendo este el modelo #4 0.0.1, teniendo el menor valor 1507.249, su pronóstico a estimar es el siguiente:



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Forecasts from ARIMA(0,0,1) with non-zero mean

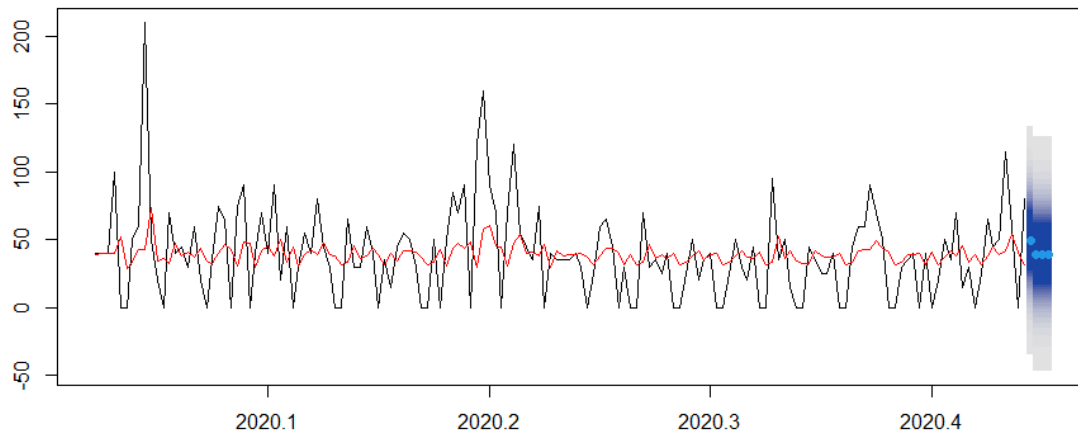


Grafico 3: Pronóstico para modelo ARIMA generado serie Petróleo.

Se puede observar que este modelo ARIMA (0,0,1) tiene un buen ajuste, a los datos y como modelo univariado establecería un buen pronóstico de la variación de la volatilidad del Precio del petróleo.

Para el caso Multivariado tenemos los siguientes resultados:

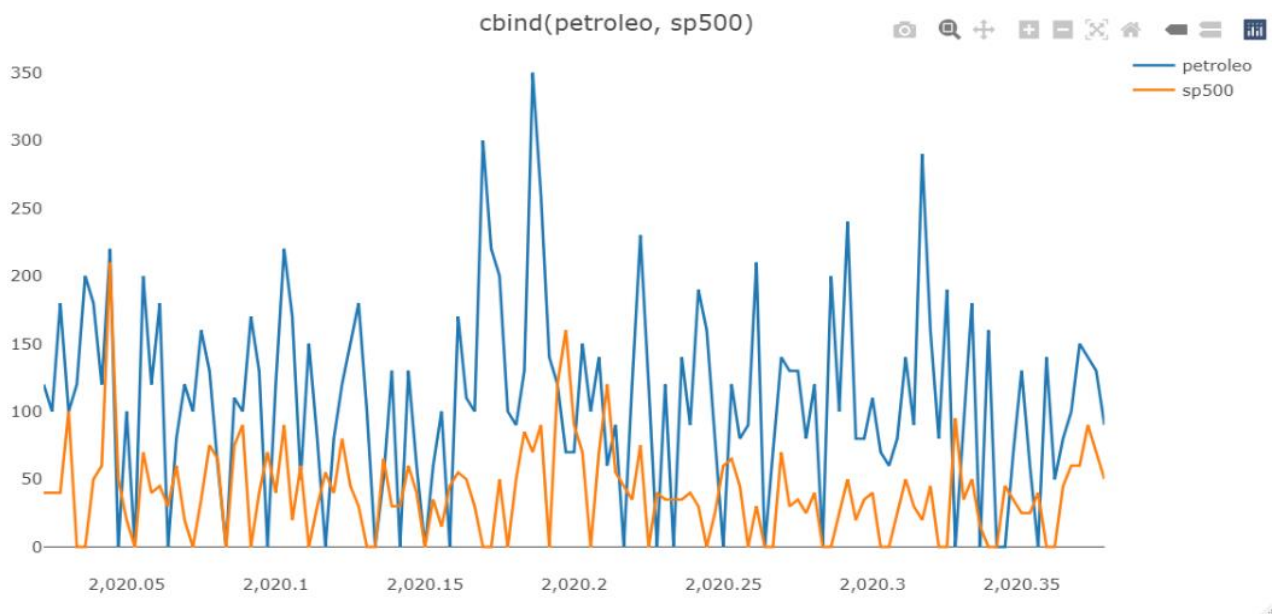


Grafico 4: Comparación de las series en modelo Multivariado



LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

Se observa un comportamiento de la serie estacional ya que podría presentar una media constante sin mucha variación en varianza, pero se realizará las pruebas correspondientes para determinar esa afirmación

Se procede entonces a realizar las distintas pruebas que permitirán la estimación de parámetros y verificación de supuestos.

➤ Test de Raíces Unitarias del SP-500:

Se plantea como Hipótesis Nula La serie NO es estacionaria y como Hipótesis Alternativa que La serie es estacionaria. El nivel de significancia para esta prueba es el 5%. De acuerdo a los resultados, se rechaza H0 a favor SP-500. Se ha indicado que la serie es estacionaria:

```
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-59.347 -27.054  -3.048   17.095  159.668

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  44.45692    8.39573   5.295 5.28e-07 ***
z.lag.1      -0.89991    0.11597  -7.760 2.81e-12 ***
tt           -0.12873    0.08356  -1.541  0.126
z.diff.lag    0.08993    0.09030   0.996  0.321
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 33.75 on 123 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4169,    Adjusted R-squared:  0.4026
F-statistic: 29.31 on 3 and 123 DF,  p-value: 2.285e-14

Value of test-statistic is: -7.7597 20.0749 30.1108

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau3  -3.99 -3.43 -3.13
phi2   6.22  4.75  4.07
phi3   8.43  6.49  5.47
```

Tabla 2: Estimación de Parámetros Dickey-Fuller SP-500



➤ Test de Raíces Unitarias Petróleo:

```
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

Test regression trend

Call:
lm(formula = z.diff ~ z.lag.1 + 1 + tt + z.diff.lag)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-59.347 -27.054  -3.048  17.095 159.668

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  44.45692    8.39573   5.295 5.28e-07 ***
z.lag.1      -0.89991    0.11597  -7.760 2.81e-12 ***
tt           -0.12873    0.08356  -1.541  0.126
z.diff.lag    0.08993    0.09030   0.996  0.321
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 33.75 on 123 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4169,    Adjusted R-squared:  0.4026
F-statistic: 29.31 on 3 and 123 DF,  p-value: 2.285e-14

Value of test-statistic is: -7.7597 20.0749 30.1108

Critical values for test statistics:
      1pct  5pct 10pct
tau3  -3.99 -3.43 -3.13
phi2   6.22  4.75  4.07
phi3   8.43  6.49  5.47
```

Tabla 3: Estimación de Parámetros Dickey-Fuller Petróleo

H0: la serie no es estacionaria

H1: la serie es estacionaria

De acuerdo a los resultados Obtenidos se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la alternativa en favor petróleo, indicando que la serie es estacionaria.

➤ Selección y estimación del modelo

```
> info.bv$selection
AIC(n)  HQ(n)  SC(n) FPE(n)
      1      1      1      1
> |
```

Tabla 4: Estimación del modelo

Todos los criterios de información sugieren el uso de 1 rezagos sería apropiado, $p=1$



➤ Estimación del modelo VAR

```
> roots(modelo)
[1] 0.19698615 0.06818794
> |
```

Tabla 5: Estimación del modelo VAR

➤ Test de Portmanteau

```
Portmanteau Test (asymptotic)
data: Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 17.014, df = 12, p-value = 0.1491
>
```

Tabla 6: Determinación de Test de Portmanteau

H0: existencia de correlación entre las series

H1: ausencia de correlación serial

p-valor mayor a 0.5 indica ausencia de correlación

➤ Test Heterocedasticidad

```
ARCH (multivariate)
data: Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 46.231, df = 36, p-value = 0.1181
> |
```

Tabla 7: Determinación Test Heterocedasticidad

p-valor mayor al 5% indica la ausencia de heterocedasticidad

los residuales son Homocedásticos.



➤ Test de Normalidad de los residuales

```
JB-Test (multivariate)

data: Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 107.08, df = 4, p-value < 2.2e-16

$Skewness

Skewness only (multivariate)

data: Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 36.729, df = 2, p-value = 1.058e-08

$Kurtosis

Kurtosis only (multivariate)

data: Residuals of VAR object modelo
Chi-squared = 70.35, df = 2, p-value = 5.551e-16
```

Tabla 8: Determinación de Test de Normalidad de los Residuales

H0: Los residuales se distribuyen como una distribución normal

H1: Los residuales no son normales

Conclusión: Los residuales no son normales

- Causalidad de Granger, IRF y descomposiciones de varianza

```
$Granger

Granger causality H0: petroleo do not Granger-cause sp500

data: VAR object modelo
F-Test = 0.040063, df1 = 1, df2 = 250, p-value = 0.8415

$Instant

H0: No instantaneous causality between: petroleo and sp500

data: VAR object modelo
Chi-squared = 1.9225, df = 1, p-value = 0.1656
```

Tabla 9: Determinación de Causalidad de Granger Petróleo.



p-value mayor a 0.05 no se rechaza la H_0 . Petróleo NO causa en el sentido de Granger a SP-500

```
$Granger

      Granger causality H0: sp500 do not Granger-cause petroleo

data:  VAR object modelo
F-Test = 0.0022204, df1 = 1, df2 = 250, p-value = 0.9625

$Instant

      H0: No instantaneous causality between: sp500 and petroleo

data:  VAR object modelo
Chi-squared = 1.9225, df = 1, p-value = 0.1656
```

Tabla 10: Determinación de Causalidad de Granger SP-500.

p-value mayor a 0.05 NO se rechaza la H_0 , SP-500 NO causa en el sentido de Granger a Petróleo

➤ Función de Impulso – Respuesta

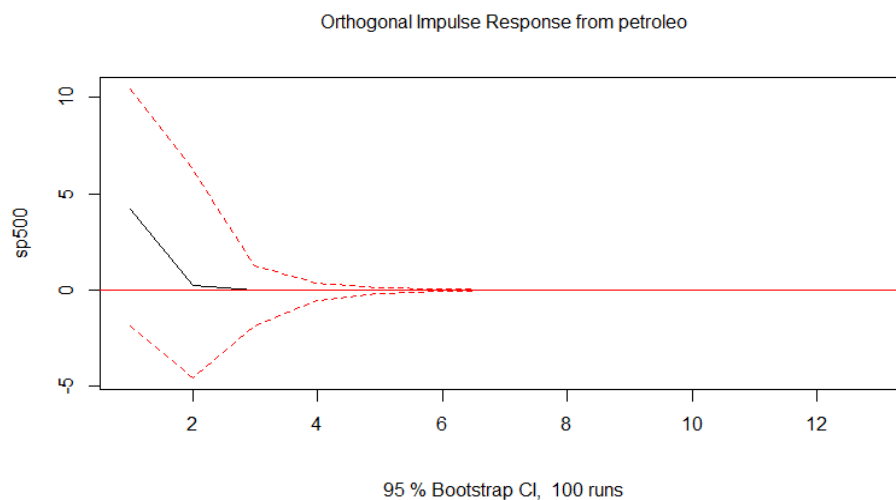


Gráfico 5: Respuesta Impulso Ortogonal del Petróleo

Un choque positivo al Petróleo tiene un efecto NEGATIVO en la salida (es decir, una menor relación entre variables)

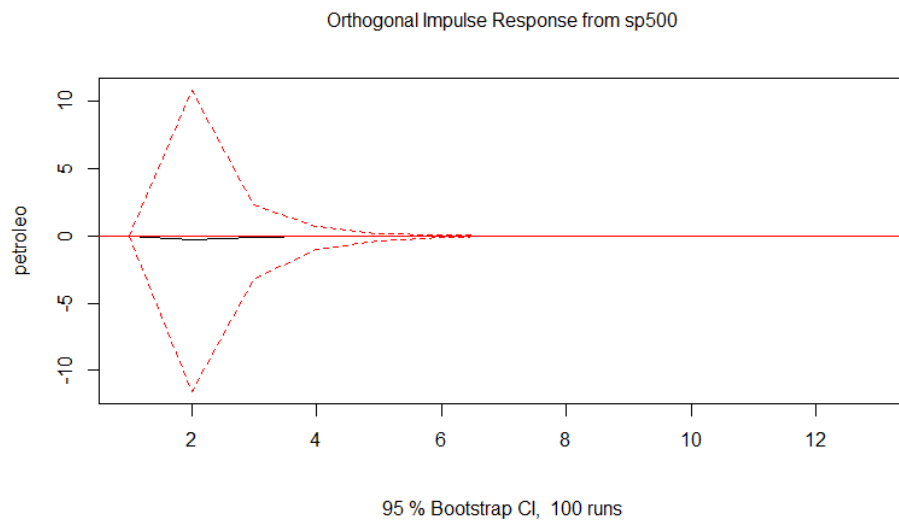


Gráfico 6: Respuesta Impulso Ortogonal del SP-500

En este Plot se observa que un shock positivo en SP-500 NO tiene efecto en el Petróleo en mínima cuantía.

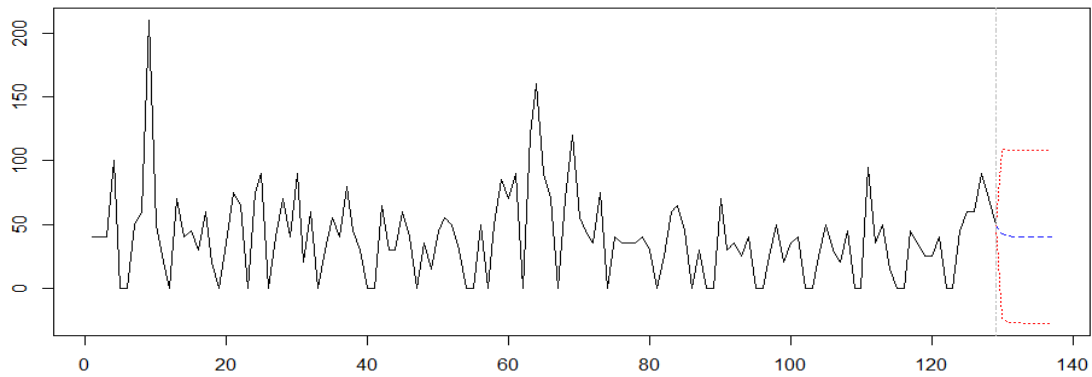
Los resultados hasta aquí demuestran que la relación entre las variables es menor, y que además no existe correlación entre las series estudiadas.

Se correrá el modelo Pronóstico y se interpretarán los resultados

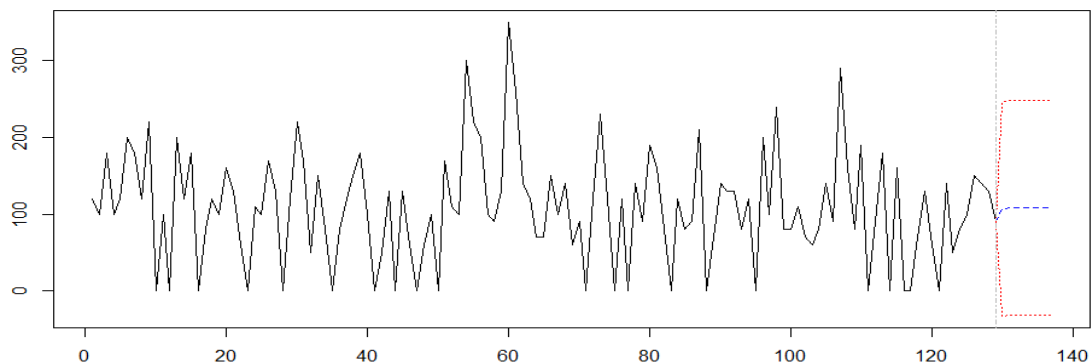


PRONOSTICO DE LAS SERIES

Forecast of series sp500



Forecast of series petroleo



En estos Plots se puede evidenciar que una vez que se generan los modelos, se establece que el pronóstico tiende a ser constante. Las implicaciones de estos hallazgos es que los modelos NO SON SIGNIFICATIVOS porque no permiten pronosticar Ningún evento.



CONCLUSIONES

Con los hallazgos anteriormente mencionados podemos concluir que las volatilidades en el precio de los activos SP-500 y Petróleo los cuales son transados en el mercado de Futuros en el CME Group en Estados Unidos, siguen un patrón estacionario. Para los comerciantes de contratos minoristas, llamados *Traders* en inglés, esta información es muy valiosa ya que por mucho tiempo se ha asumido, que los movimientos del precio son aleatorios y que responden a fuerzas desconocidas. Con estos resultados y por la definición de estacionariedad se sabe que no siguen un patrón aleatorio. Estos hallazgos dan el soporte práctico a la teoría de Wyckoff, unas de las teorías actuales que buscan explicar los movimientos del precio (Junto con la teoría de Dow y Eliot) y que resume que los movimientos del precio siguen una estrategia de los grandes Inversionistas institucionales, los cuales, por el gran capital monetario que manejan, pueden mover el precio de los activos de acuerdo a su conveniencia y siguiendo una estrategia definida.

Otro de los resultados que arrojó este estudio fue el hecho de que las series estudiadas, no influyen la una sobre la otra. Es decir, son series INDEPENDIENTES. Además, los modelos no se ajustan de forma Significativa ya que cuando se establece los pronósticos éstos tienden a ser constantes. Las implicaciones de estos hallazgos es que la volatilidad del precio del Petróleo no influye o no es determinante en la volatilidad del precio del SP-500. Tal vez en próximos estudios se pueda evaluar la relación entre esta materia prima(Petróleo) y otro activo, lo cual permitiría ajustar la conformación de un Portafolio de inversiones que involucre a esos posibles activos. Es muy eficiente desde el punto de vista de la conformación de un portafolio de inversión poder saber si la volatilidad del precio de un activo influye en otro. Ya que se pueden definir mejores estrategias de gestión monetaria y de riesgo al momento de ejecutar un plan de Inversión.



En este caso si se consideran estas 2 series, se podrá establecer de antemano, que son Series Independientes y que la estrategia se deberá ajustar con base en este concepto. Es decir, evaluar rentabilidades de los activos por separado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Trejos, C.A, Nieto, S.S y Carvajal, O. P (2.003). “*Modelo de Predicción de la acción Ordinaria de Cementos Argos*”. Scientia et Technica Año IX, No 23, diciembre 2.003.
- 2) Arboleda, S.S (2.017). “*¿Puede explicarse la estructura de dependencia del Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia y Colcap por medio de modelos Switching de Markov con heterocedasticidad condicional?*” Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Escuela de Estadística Medellín, Colombia 2017
- 3) Mora, R.S (2.021). “*Predicción de precios de acciones de empresas que cotizan en la bolsa de valores de Guayaquil usando series de tiempo Multivariadas.*” Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, 2.021.
- 4) Norambuena, P, M (2.007). “*Proyección del Signo de las Variaciones del Precio de las Acciones: Modelos Multivariados Dinámicos*”. Universidad de Chile VIII. Facultad de Economía y Negocios Escuela de Economía y Administración, 2.007.
- 5) Sánchez, M.J (2.018).” *Relación de largo plazo entre el BitCoin, los indicadores de bolsa y los principales commodities a nivel mundial: un análisis de series de tiempo 2012 – 2018*” Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas Universidad Católica de Colombia Bogotá, noviembre de 2018”.
- 6) Fuentes, V.M y Pinilla, B.A (2.021). “*Transmisión de volatilidad en el Mercado Integrado Latinoamericano (MILA): una evidencia del grado de integración*”. Revista de Métodos Cuantitativos para la economía y la empresa (31). Páginas 301-328. Junio de 2021.



LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

- 7) CRYER, Jonathan; CHAN, Kung-Sik. "*Time Series Analysis with applications in R. Second edition*". Editorial Springer).
- 8) <https://economipedia.com/definiciones/volatilidad.html>.
- 9) <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-el-petroleo-y-que-usos-tiene/>
- 10) <https://www.fondos.com/blog/invertir-en-petroleo>
- 11) <https://economipedia.com/definiciones/indice-bursatil.html>.
- 12) <https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/mercados/sp-t-1179>.
- 13) https://es.wikipedia.org/wiki/Análisis_predictivo.