

**Estudio empírico de las propiedades estadísticas de los mercados
financieros colombianos**

Jose Adolfo Colorado González

y

Jackelyne Gómez Restrepo

Categoría Libre

Estudio empírico de las propiedades estadísticas de los mercados financieros colombianos

En el presente documento se realiza el análisis de la microestructura del mercado de renta fija y renta variable Colombiano, usando un activo representativo en cada uno de los mercados (TES TF de Jul/24 y Ecopetrol respectivamente). Se propone identificar de manera empírica la existencia de 5 hechos estilizados en el comportamiento de los retornos intraday de cada activo a través del análisis de las series utilizando herramientas estadísticas. Luego del análisis se encuentra que estas propiedades se presentan en el activo de renta variable local más no completamente en el activo del mercado de renta fija local.

Este análisis se considera un punto de partida para la identificación de comportamientos de los retornos intraday de activos financieros, lo que posteriormente podrá derivarse en un modelo matemático que tenga por objetivo realizar pronósticos de dichos retornos, algoritmos de trading para poner y agredir puntas de manera más óptima o algoritmos para creadores de mercado.

Palabras clave: libros de órdenes, hechos estilizados, mercados financieros, métodos estadísticos, microestructura de mercado

Clasificación JEL: C1, D4, G100

Introducción

Los mercados financieros operan, durante las horas de la rueda, de manera continua y en altas frecuencias. En la actualidad estas transacciones son almacenadas de forma electrónica y masiva, lo que ha facilitado la obtención de información relevante como tamaño, temporalidad, precio y volumen de las órdenes. Estas mediciones son útiles a la hora de analizar estos intercambios como un mercado (Microestructura de Mercado) donde el objetivo es entender los factores que afectan el proceso de formación de precios; no obstante, más allá de las transacciones existen relaciones que deben ser analizadas a profundidad, como la existente entre los diferentes tipos de órdenes (límite, a mercado, de cancelación) y operaciones (compra o venta). De acuerdo con Kokot (Kokot, 2003, p.15-20), la microestructura de mercado se ha enfocado principalmente en modelar la formación de precios de los activos, teniendo como principal análisis la manera en que el timing de las transacciones afecta al mercado, idea que nace bajo el supuesto de la existencia de información implícita e incluso imperceptible en las órdenes de llegada.

Durante décadas, académicos y financieros han estado interesados en pronosticar los precios de los activos financieros utilizando herramientas convencionales de modelado como la econometría, aunque sin obtener mucho éxito; estas metodologías, aunque no son erradas y están basadas en teorías científicamente aceptadas, han sido muy criticadas debido a que la información existente en el mercado no se encuentra sincronizada y puede presentarse de manera irregular (Campbell, Lo and MacKinlay, 1996, p.83 - 144), generando cuestionamientos sobre la manera correcta de entender y posteriormente pronosticar los precios. Algunos estudios, mencionados por los autores de (Godhart and O'Hara, 1997), han puesto en duda las metodologías tradicionales de modelado de series financieras, pues éstas generan supuestos tan fuertes que pasan por alto características importantes como la complejidad y no linealidad del comportamiento de dichas características.

Los mercados financieros son sistemas complejos donde muchos factores intervienen en la generación de los precios, y aun cuando autores como (Cont, 1999) sugieren la existencia de propiedades estadísticas universales dentro de las series financieras, es necesario analizar la información de manera independiente con el fin de validar la hipótesis de forma empírica dentro de cada mercado (renta fija, acciones, alternativos) y tipo de operación (BID y ASK); siendo ésta una de las razones por las cuales se opta por realizar un análisis del precio MID (promedio entre el BID y el ASK) de activos de diferentes mercados .

De acuerdo con Rama en (Cont, 1999), el conjunto de propiedades de los retornos financieros se han calificado como Hechos Estilizados que suelen ser analizados como propiedades cualitativas de las series sin necesidad de realizar una estimación de modelos paramétricos. Dentro de los hechos estilizados comúnmente analizados en series con frecuencia diaria, se encuentran: ausencia de autocorrelación, colas pesadas, asimetría de ganancias/pérdidas, normalidad aditiva, intermitencia, clústers de volatilidad, caída lenta de autocorrelación en los retornos absolutos, efecto leverage, correlación entre volumen/volatilidad y asimetría en escalas de tiempo diferentes. Taylor (Taylor, 2005, p.305-316), por su parte, menciona que en los retornos intraday deben ser analizados principalmente cinco hechos estilizados: distribuciones de colas pesadas, los retornos son casi no correlacionados, existe una dependencia positiva entre los retornos absolutos, el promedio de la volatilidad depende del momento en el día y finalmente existen explosiones de alta volatilidad debidas a eventos macroeconómicos.

Los principales aportes al estudio de los libros de órdenes han estado en la economía y en la física. Desde la economía el enfoque ha estado centrado en los agentes que interactúan en el libro de órdenes y son catalogados como modelos de racionalidad perfecta. Desde el campo de la física parten de una analogía con la interacción entre partículas que construyen entre sí la dinámica del libro de órdenes como un sistema complejo, y son conocidos como modelos de inteligencia cero.

Es interesante antes de analizar cómo realizar la modelación de estos comportamientos, identificarlos de manera práctica, tal y como se ha desarrollado en mercados internacionales, donde se han evidenciado de manera empírica estos hechos estilizados. Con este entorno surge la necesidad de analizar de la misma manera el mercado local, tomando una de las referencias actuales de renta fija: TES TF jul-24 y una de las acciones más transadas (Ecopetrol). Se propone realizar un análisis tomando el MID con el fin de identificar las principales características en los comportamientos de los precios y volúmenes de las órdenes.

A nivel de aplicación, lograr describir estos comportamientos será útil para definir de una manera cuantitativa la construcción de creadores de mercado y ejecución óptima de trades, además de poder obtener una alternativa adicional para pronosticar el comportamiento en el corto plazo de los precios, volúmenes y flujos de órdenes. Realizar este análisis usando datos intraday, se convierte en una herramienta útil a la hora de estudiar la microestructura del mercado, lo cual puede ser utilizado para comparar la eficiencia de diferentes sistemas de trading, identificar la dinámica de la órdenes BID y ASK en activos particulares e incluso responder a preguntas interesantes como ¿quién le provee liquidez al mercado?” (Tsay, 2005, p. 206).

A través de este estudio se busca identificar de manera empírica la existencia de hechos estilizados en los retornos intraday de activos representativos del mercado local, realizando el análisis a través de metodologías estadísticas implementadas en MATLAB.

El artículo está dividido en 3 secciones, en la primera se presentará la metodología (libro de órdenes, hechos estilizados y revisión) y teoría necesaria para el desarrollo del análisis, posteriormente se realizará la presentación de los resultados y el análisis de los mismos, finalizando con una sección de conclusiones y propuestas para un trabajo futuro.

Marco Teórico

A. Mercados Financieros

Un mercado financiero es un mecanismo que reúne a vendedores y compradores de activos financieros facilitando las interacciones a través de plataformas electrónicas de negociación. La principal función de un mercado es el proceso de “descubrimiento del precio” lo que significa que los instrumentos financieros reflejen toda la información disponible en cada instante de tiempo (Alexander, 2003).

Los mercados financieros se clasifican por clase de activo y por el esquema de funcionamiento. Las acciones se negocian en bolsas de valores, al igual que la mayoría de instrumentos estandarizados como los futuros y commodities. Los instrumentos de renta fija operan algunos en plataformas administradas por bolsas de valores y en otro tipo de esquemas conocidos como mercados “en el mostrador” (Over the counter – OTC) que significa que se negocian directamente entre el comprador y el vendedor sin que existan algún tipo de intermediario.

En los mercados de renta variable se negocian las acciones de las compañías listadas y su rentabilidad depende del desempeño de la compañía y de las diferencias en los precios de los títulos que representan. En la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) se pueden negociar las acciones listadas en el mercado local así como acciones listadas en el Mercado Integrado Latinoamericano – MILA y también acciones listadas en bolsas en el exterior (BVC, 2013). Uno de los activos sobre los que se realiza el estudio es Ecopetrol, acción que se cotiza en la BVC.

En el mercado de renta fija se negocian diferentes emisiones de títulos de deuda pública (Títulos de Tesorería - TES) y privada con diversos plazos al vencimiento y tasas de interés. En Colombia este mercado funciona en la plataforma administrada por la Bolsa de Valores de Colombia conocida como Mercado Electrónico Colombiano – MEC, que comprende el sistema centralizado de

operaciones de negociación y registro (BVC, 2013).. Uno de los activos sobre los que se realiza el estudio es TES TF Jul-24, título que se cotiza en MEC.

La formación de los precios ocurre de acuerdo a los flujos compradores y vendedores que van concurriendo en cada una de las plataformas de negociación, de tal manera que el mismo es una consecuencia de la interacción de compradores y vendedores. La principal fuente de incertidumbre en la formación del precio de los activos financieros más que el precio en sí mismo es la dinámica de los participantes del mercado. Las intenciones de cada uno de los participantes se organizan en los que se conoce como Libro de Órdenes que se explica a continuación.

B. Libros de Órdenes

Hoy en día la dinámica de los mercados financieros está determinada por las cotizaciones de los precios que los agentes exponen públicamente en las plataformas de negociación. Este tipo de mercado es conocido como order driven market, a diferencia de un quote driven market en el que existe un creador de mercado quien define los precios a los que se puede comprar y vender, en el primero cada participante puede expresar su deseo de comprar o vender directamente y hacerlo visible para los demás participantes, quienes a su vez pueden tomar dicho precio generando una transacción.

El deseo de comprar o vender se expresa a través de una orden de compra o venta respectivamente. Todas las órdenes que van llegando al mercado se agrupan por tipo (compra o venta) constituyendo de esta forma la totalidad de las órdenes en cada momento que es conocida como Libro de Órdenes.

Cuando un agente expone una orden de compra (venta) y otro agente expone una orden de venta (compra) a un precio igual y por la misma cantidad se genera automáticamente una transacción; cuando una orden de compra (venta) no se transforma en una transacción, entonces se queda en el libro de órdenes hasta

que se cumplan las condiciones de precio y cantidad que generen una transacción; de esta manera la orden desaparece del libro de órdenes convertida en transacción. De igual manera una orden puede desaparecer del libro de órdenes antes de convertirse en una transacción si el agente que la expuso ya no desea más comprar o vender esa cantidad por ese precio.

Actualmente más de la mitad de los mercados financieros funcionan bajo un esquema de operación conocido como Libro de Órdenes (Gould, 2013). Este mecanismo permite que los diferentes agentes puedan ofrecer y demandar públicamente un activo financiero, es decir, las posturas en términos de cantidad (q) y precio (p) se exponen al resto de participantes del mercado de manera secuencial en un esquema de subasta doble continua. Debido a que los libros de órdenes son manejados por cada bolsa de valores en sistemas electrónicos, la información contenida en los mismos está disponible con actualizaciones en tiempo real para todos los participantes del mercado.

El libro de órdenes en un instante t dado es el conjunto de todas las órdenes de los participantes de mercado que aún continúan activas hasta ese momento; es decir, una orden que ingresa al libro de órdenes puede estar en estado activo hasta que es cancelada o hasta que se convierte en una transacción del activo financiero. Las órdenes pueden clasificarse en órdenes de compra y venta, en el argot de los mercados financieros una orden de compra se denomina BID y una orden de venta se denomina ASK. Normalmente los libros de órdenes tienen mecanismos de priorización para clasificar cada uno de los tipos de órdenes BID y ASK, siendo el más común por precio-tiempo aunque existen otros mecanismos de priorización como los de los mercados de futuros por prorrateo y otros mercados por precio-cantidad (Gould, 2013). La priorización por precio-tiempo ordena las órdenes BID y ASK por separado de mayor a menor, y cuando hay 2 o más órdenes con el mismo precio tiene mayor prioridad la que primero haya llegado, dando lugar a un esquema tipo FIFO (First In – First Out).

C. Hechos estilizados

El concepto de hechos estilizados fue introducido por Kaldor en 1961, quien alegaba que el estudio de un fenómeno “debía ser libre de comenzar con un acercamiento estilizado de cada suceso”, basado en esto el autor comenzó por analizar cualitativamente el crecimiento económico en el tiempo y en diferentes países, originando así una nueva forma de análisis de los comportamientos de las series macroeconómicas y posteriormente financieras. Técnicamente, en finanzas, el concepto es utilizado para explicar propiedades generales (relacionando comportamientos de las medias, varianzas, distribuciones y autocorrelaciones de los datos) que se dan en los retornos de los activos financieros.

Los resultados de estudios empíricos de series de tiempo financieras indican que luego de analizar las características estadísticas, existen propiedades generales en todos los activos financieros (Cont, 2001). Estas características, comunes en activos y mercados se conocen como hechos estilizados y se caracterizan por ser propiedades cualitativas de los retornos de los activos. De acuerdo con Cristelli en su tesis (Cristelli, 2013, pp 19-25) la gran mayoría de los activos presentan las mismas características estadísticas (al menos de forma cualitativa), razón por la cual es totalmente válido analizarlas en mercados diferentes (renta fija, acciones, futuros, monedas).

Tal y como se mencionó en la introducción, en general, los retornos presentan hechos estilizados; sin embargo éstas características pueden variar si dichos retornos son diarios o intraday. En el caso de los retornos diarios, existen tres hechos estilizados considerados como los de mayor relevancia: con respecto a la distribución, ésta es casi simétrica, con curtosis alta y colas pesadas; la autocorrelación entre los retornos es cercana a cero y por último la autocorrelación de los retornos absolutos y los retornos al cuadrado es positiva con tendencia lineal. No obstante, el enfoque que se presenta en esta investigación está ligado a datos medidos durante el día, lo que permite tener mayor cantidad de datos y por

lo tanto es posible extraer más información que se traducirá en realizar estimaciones y pronósticos un poco más confiables. Taylor (Taylor, 2005, p. 310-316) menciona los principales hechos estilizados:

1. Los retornos intraday tienen distribuciones de colas pesadas, su curtosis crece al aumentar la frecuencia de los precios, para realizar este análisis se recomienda calcular los cuatro primeros momentos de los retornos.
2. Los retornos intraday de los activos transado son casi no correlacionados, pero si la hay será una correlación negativa entre retornos consecutivos.
3. Existe una dependencia positiva entre los retornos absolutos.
4. El promedio de la volatilidad depende de la hora del día, con una variación intraday significativa.
5. Existen cortas explosiones de alta volatilidad en precios intraday que responden a noticias macroeconómicas.

En (Taylor, 2005, p. 305-349) el autor realiza una aplicación a los retornos medidos cada 5 minutos entre diciembre 1976 y noviembre 1996, el objetivo es encontrar evidencia del primer hecho estilizado en diferentes mercados. Para identificar esta primer característica propone estandarizar los retornos y ajustarlos a una distribución, que se espera sea aproximadamente normal; posteriormente, se calcula el coeficiente de asimetría y la curtosis. Para identificar los cambios de la curtosis al aumentar la frecuencia de los precios, se propone realizar este mismo análisis con diferentes intervalos de tiempo y comparar los ajustes de distribuciones. Los resúmenes estadísticos pueden ser útiles para identificar la presencia de colas pesadas y picos en la distribución.

Algunos autores como Thompson en (Thompson, 2001), argumentan que los retornos intraday de activos líquidos en periodos de más de 20 minutos no presentan autocorrelación, aunque para periodos menores las distorsiones que genera la microestructura del mercado puede generar autocorrelaciones negativas. De acuerdo con (Van der Valk, 2001, p. 8 - 17) existen dos

explicaciones para la existencia de dependencia negativa: el spread BID-ASK y los costos de negociación; de esta manera existirá una correlación más negativa al usar frecuencias más altas; por consiguiente, se plantea chequear la autocorrelación ante diferentes frecuencias de muestreo. El mismo procedimiento es planteado para verificar la existencia de la tercer característica, pero tomando los retornos absolutos; este mismo autor menciona que a medida que la frecuencia de aumenta, se ha encontrado que es más persistente la existencia de la autocorrelación positiva.

Para validar la existencia de estacionalidad en la volatilidad, se propone medirla en tres intervalos diferentes del día, con el fin de evidenciar una forma de “u”, la cual indica que la volatilidad más alta se presenta en la apertura y cierre del mercado.

Finalmente, para chequear el último hecho estilizado, se deben identificar momentos con grandes picos de volatilidad los cuales se intentarán asociar a eventos macroeconómicos.

Análisis y resultados

A. Datos

El análisis fue realizado sobre 2 activos referencia en el mercado de renta fija y renta variable colombiano (Tes TF Jul/24 y Ecopetrol), utilizando un periodo que comprende 01 de enero de 2014 al 27 de marzo de 2014, se cuenta con información del mejor BID y el mejor ASK descargada a través de Bloomberg, tomando para Ecopetrol el precio de las órdenes de compra y venta, mientras que para los TES TF Jul/24 se toma la tasa de las órdenes de compra y venta.

Los mercados financieros no están abiertos todo el tiempo, por lo tanto durante las noches y fines de semana los valores no son tenidos en cuenta. Antes del procesamiento preliminar de los datos, se toma el valor del cierre del BID y el ASK en intervalos con una frecuencia de 5 minutos, para así construir un valor

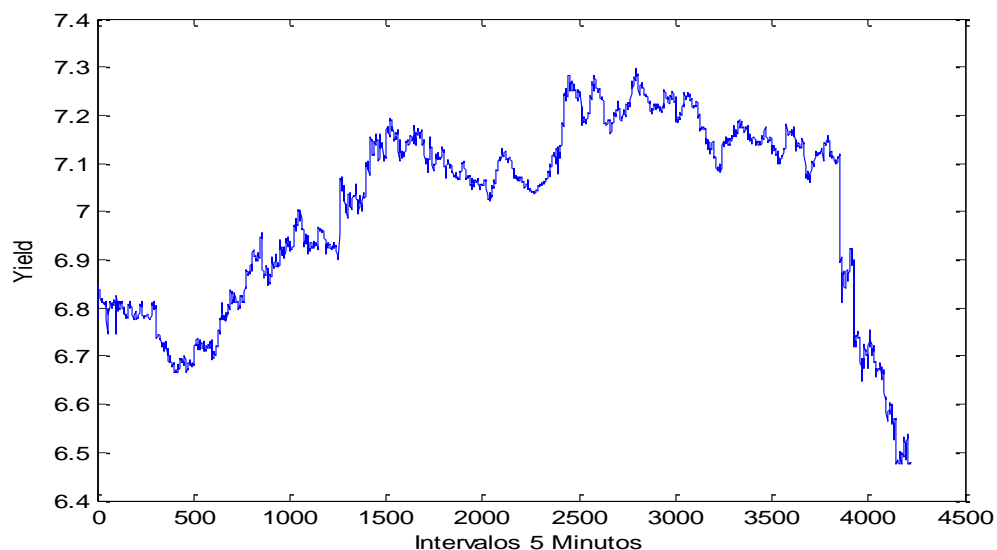
promedio, estos precios MID son transformados en retornos (con el objetivo de eliminar la no estacionariedad de la serie). Los análisis estadísticos son realizados utilizando Matlab y la descarga de información se efectuó a través de Bloomberg.

Se realiza la eliminación de datos atípicos relacionados a errores operativos utilizando la eliminación de outliers a través de un boxplot.

B. Análisis preliminar

Tomando la serie de tiempo de los TES TF Jul-24, con mediciones cada 5 minutos se observa una serie con valores MID que oscilan entre 6.5% y 7.3% aproximadamente, con algunas tendencias en agrupaciones de rangos de tiempo (Ver Gráfico 1.)

Gráfico 1. Comportamiento de las tasas de los TES24

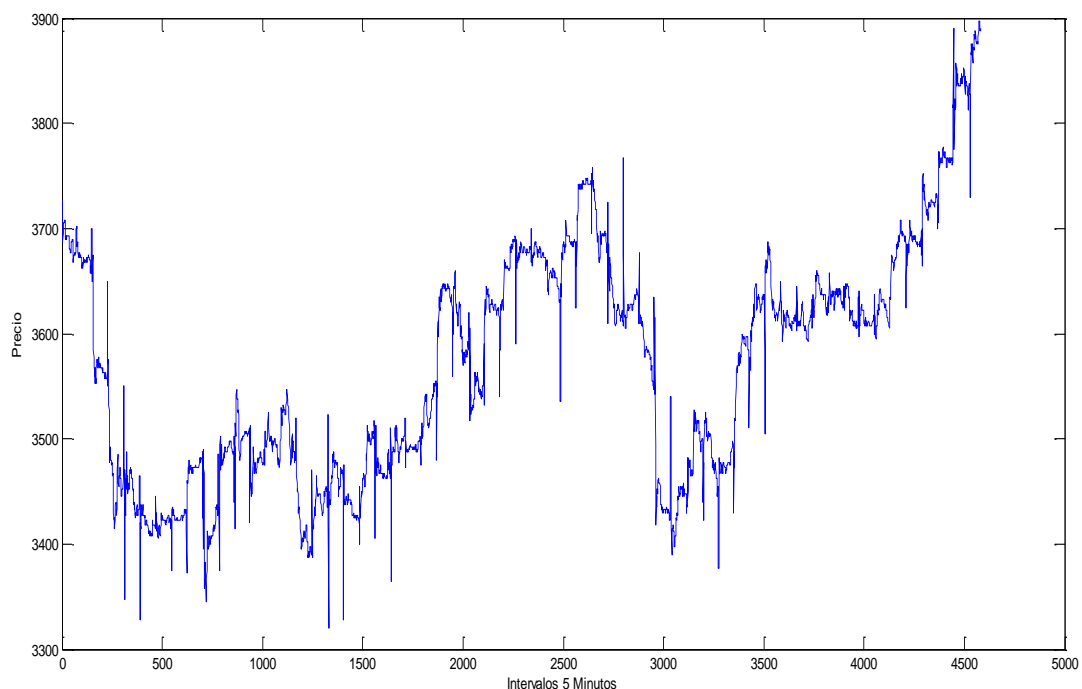


Fuente: Elaboración propia. Información intraday tomada de Bloomberg, agrupada en intervalos de 5 minutos.

Por su parte, la serie de tiempo correspondiente al comportamiento del MID del precio de Ecopetrol, presenta movimientos bruscos periódicos, los cuales se atribuyen al incremento normal que se presenta en los precios del BID y el ASK en

los primeros minutos de apertura y cierre del mercado; razón por la cual se ha decidido mantener estos datos y no tratarlos como outliers. Los datos se mueven entre \$3300 y \$3900 (Ver Gráfico 2) con presencia de tendencias dentro de algunos rangos de tiempo.

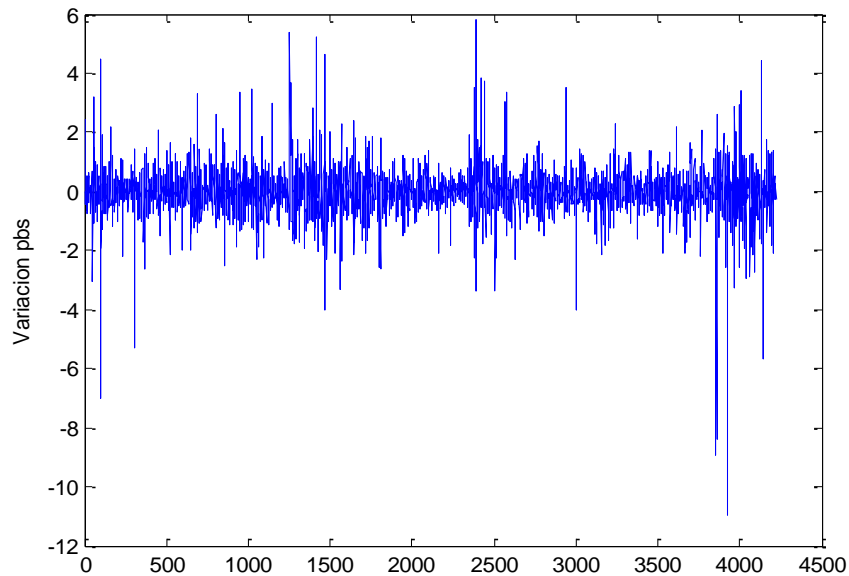
Gráfico 2. Comportamiento de los precios de Ecopetrol



Fuente: Elaboración propia. Información intraday tomada de Bloomberg, agrupada en intervalos de 5 minutos.

Las variaciones de las tasas de los TES24 evidencian la existencia de algunos momentos de altas y bajas volatilidades (Gráfico 3). Mientras que la gráfica de retornos logarítmicos de la especie de renta variable, presenta mayor cantidad de momentos de alta volatilidad (debido al amplio spread presente entre las puntas en la apertura y cierre del mercado).

Gráfico 3. Variaciones en puntos básicos de las tasas de los TES24



Fuente: Elaboración propia. Primera diferencia de las tasas expresada en puntos básicos – pbs ¹

C. Evidencia estadística de los hechos estilizados

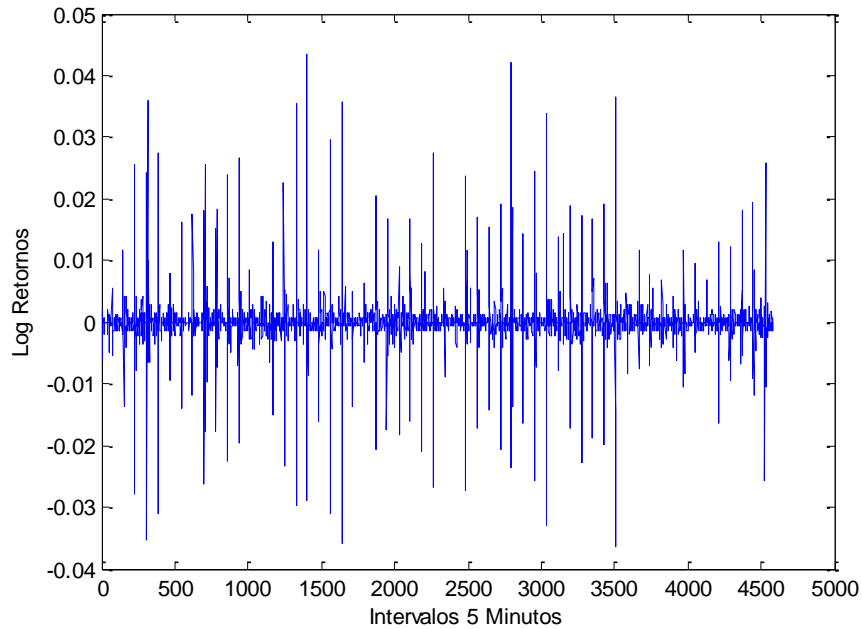
Identificar la presencia de hechos estilizados estudiados principalmente en activos de mercados internacionales, es una herramienta totalmente útil para ingresar al mercado como agente informado, y de esta manera generar órdenes de una manera óptima (en los momentos adecuados, con el mejor spread, entre otros), o entrar como creador de mercado de una manera más estratégica (con ventaja competitiva para agredir o poner puntas).

i. Existencia de colas pesadas en la distribución de los retornos

Para identificar la existencia de colas pesadas, se propone realizar la medición de la curtosis de la distribución de cada una de las series, tomando diferentes tamaños de los intervalos (ver Tabla 1.)

¹ 1 punto básico equivale a 0.01%

Gráfico 4. Retornos logarítmicos de los precios de Ecopetrol



Fuente: Elaboración propia. Retornos logarítmicos de los precios

Tabla 1. Curtosis

Activo	TESTF Jul-24	Ecopetrol
Curtosis 5 mins	33.29	40.95
Curtosis 10 mins	51.48	21.8
Curtosis 15 mins	33.86	17.22
Curtosis 30 mins	38.75	9.45
Curtosis 60 mins	39.85	5.6

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1, se evidencia la existencia de altos valores de curtosis (superior a 3, que corresponde a la curtosis de una distribución normal) en ambos activos, lo que indica distribuciones leptocúrticas.

En Ecopetrol a medida que se amplía el intervalo (usando frecuencias de 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos, 30 minutos y 60 minutos) de tiempo la

curtosis va disminuyendo; sin embargo, no alcanza a ajustarse a una distribución normal.

Las variaciones de los TES24 presentan evidencia de una distribución leptocúrtica pero sin ninguna dependencia del tamaño del intervalo usado para la medición, tal y como se evidencia en la Tabla 1.

La existencia de leptocurtosis, indica la presencia de colas pesadas y picos grandes en comparación con una distribución normal, esto implica que los valores extremos y los cercanos a la media tienen una probabilidad mayor de ocurrencia, de esta forma se encuentra una evidencia de que los retornos de estos activos no tienen una distribución normal.

ii. **Retornos correlacionados negativamente**

Para identificar la existencia de correlación se utilizó el Q-Test, cuya hipótesis nula es la no existencia de autocorrelación; de esta forma, la generación de un estadístico superior al valor crítico asociado a la prueba indicará que la hipótesis debe ser rechazada y por lo tanto se concluye la existencia de correlación. Para identificar si las relaciones de dependencia son negativas se propone analizar el signo del primer rezago del autocorrelograma (ver Anexos),

A continuación se presentan los resultados del test para diferentes intervalos de tiempo, para cada activo se calcula el valor del estadístico de prueba y el valor crítico para realizar la validación de la hipótesis nula.

En el caso de Ecopetrol, siguiendo la regla de decisión, se rechaza la existencia de no correlación aunque a medida que se disminuye la frecuencia del muestreo por día el valor del estadístico decrece lo que generaría rechazar la hipótesis con menor grado de certeza

Continuando con el análisis para el activo de deuda pública, se corrobora la existencia de autocorrelación sin relación alguna con la frecuencia de muestreo; el signo de la autocorrelación es variable, razón por la cual no se puede garantizar autocorrelación negativa de los retornos.

Tabla 2. Autocorrelación negativa

Activo	TESTF Jul-24	Ecopetrol
Q-Test 5 mins	58.59 31.41	425.68 31.41
Q-Test 10 mins	37.63 31.41	296.44 31.41
Q-Test 15 mins	38.67 31.41	182.61 31.41
Q-Test 30 mins	47.01 31.41	116.04 31.41
Q-Test 60 mins	54.04 31.41	55.57 31.41

Fuente: Elaboración propia

La presencia de autocorrelación negativa, principalmente en aquellos intervalos de tiempo más pequeños, suele atribuirse a la ejecución de órdenes muy grandes que genera distorsiones en los precios atrayendo órdenes contrarias que generan un efecto de reversión en el precio y por consiguiente correlación negativa; la autocorrelación negativa, también puede deberse a errores en los precios o tasas de las órdenes en el mercado.

iii. Retornos absolutos autocorrelacionados positivamente

Al igual que en el numeral anterior la existencia de autocorrelación se chequea con el Q-Test. Se analiza el signo del primer rezago del autocorrelograma con el fin de identificar si las relaciones de dependencia son positivas (ver Anexos).

Para Ecopetrol, siguiendo la regla de decisión, se rechaza la existencia de no correlación aunque a medida que se disminuye la frecuencia del muestreo por día el valor del estadístico decrece, lo que generaría rechazar la hipótesis con un menor grado de certeza.

Para los TES24, se corrobora la existencia de autocorrelación menos en uno de los intervalos lo cual puede obedecer a los datos; el signo de la autocorrelación es positivo, por lo que, en general, se puede concluir la existencia de autocorrelación positiva en los retornos absolutos

Tabla 3. Autocorrelación positiva de los retornos absolutos

Activo	TESTF Jul-24	Ecopetrol
Q-Test 5 mins	383.7 31.41	1106.8 31.41
Q-Test 10 mins	25.83 31.41	720.50 31.41
Q-Test 15 mins	75.14 31.41	423.68 31.41
Q-Test 30 mins	145.2 31.41	437.21 31.41
Q-Test 60 mins	50.97 31.41	128.13 31.41

Fuente: Elaboración propia

Existen diferentes variables proxies para medir la volatilidad de un activo, entre ellas el valor absoluto de los retornos o el cuadrado de los retornos; de manera que este hecho estilizado se relaciona directamente con los clusters de volatilidad (volatilidad variable) de los activos e indica la presencia de una tendencia marcada en momentos de retornos absolutos extremos; no obstante, estos eventos son seguidos por decaimientos suaves de los retornos absolutos, tal y como lo presentan los retornos mismos (evidencia de memoria a largo plazo).

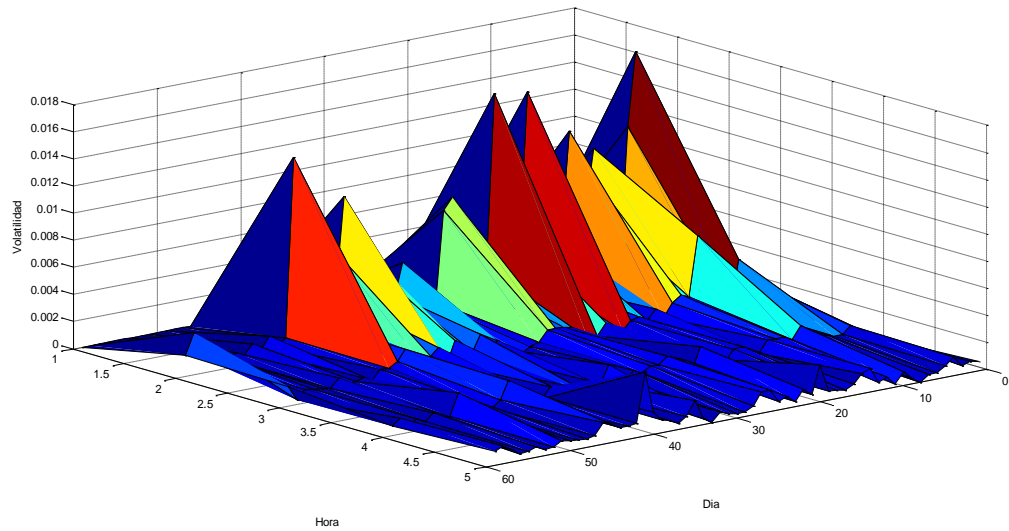
iv. Volatilidad estacional

Para identificar la estacionalidad de la volatilidad en los intervalos se realiza la medición de ésta en diferentes horas del día (desde las 9 de la mañana hasta las 12 del día) y para cada uno de los días de negociación del periodo de tiempo tomado para el análisis.

El activo del mercado de acciones presenta altas volatilidades principalmente durante las dos primeras horas de la rueda y durante casi todos los días (ver Gráfico 5). Adicionalmente, se evidencia la existencia de “valles” cercanos a las 11 am. Con estos resultados es clara la existencia del cuarto hecho estilizado propuesto por (Taylor, 2005, p. 305-349).

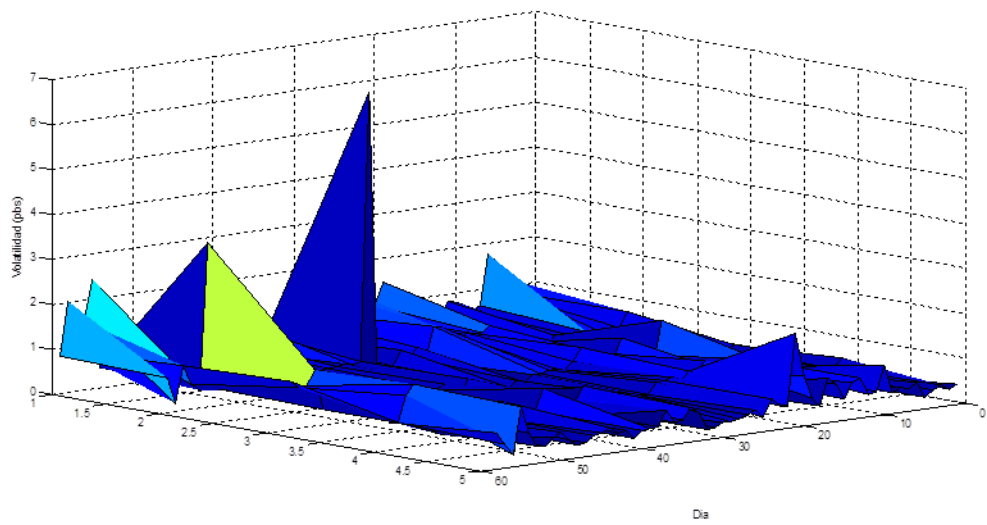
El activo del mercado de renta fija, en términos generales presenta volatilidades muy similares en los diferentes intervalos de tiempo (ver Gráfico 6), salvo para algunos pocos días de la serie de tiempo, lo que conlleva a concluir que esta característica no se evidencia para este activo.

Gráfico 5. Volatilidad de Ecopetrol



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Volatilidad de TES24



Fuente: Elaboración propia

Básicamente, se busca identificar momentos de mayor movimiento de los mercados que, intuitivamente, corresponden a los horarios de apertura y

cierre de mercado, y de menor movimiento, los cuales son momentos que se atribuyen a las horas del mediodía. No obstante, con los intervalos elegidos, este hecho se evidencia solo en el activo de renta variable, se propone para estudios posteriores analizar frecuencias más altas para el activo de renta fija.

v. Momentos de alta volatilidad

Ambas series presentan instantes de alta volatilidad (ver Gráfica 3 y Gráfica 4) que pueden ser atribuidos a momentos puntuales del mercado o anuncios macroeconómicos; no obstante, este análisis no se tratará dentro de este trabajo ya que requiere un poco más de profundidad en el análisis de las relaciones macroeconómicas para identificar los anuncios que influyen en los mercados financieros locales.

Conclusiones y trabajo futuro

Conocer las características básicas que tienen los retornos de cualquier activo se vuelve una herramienta totalmente eficaz a la hora de interactuar en el mercado, puesto que se está ingresando a él con un poco más de información, hecho que genera una ventaja competitiva en el momento de poner o agredir puntas.

En este estudio se presenta una primera aproximación a la verificación de la existencia de los hechos estilizados financieros dentro de los mercados colombianos (renta fija y renta variable) a través de dos activos representativos. Usando los retornos intraday de Ecopetrol y TES TF Jul/24, se evidencia la existencia de colas pesadas medida a través del coeficiente de curtosis tanto en el mercado de renta variable como en el mercado de renta fija, de esta forma se corrobora que los retornos de estos activos no siguen una distribución normal, lo que genera una mayor probabilidad de que los retornos estén alrededor de su

media, o que tengan una probabilidad relativamente alta de tomar valores extremos.

La autocorrelación de los retornos existe y es negativa en el mercado de renta variable, mientras que para el mercado de renta fija aunque existe correlación no se puede concluir el tipo de dependencia por su signo. Sin embargo, la presencia de este tipo de autocorrelación suele atribuirse a errores comunes que se presentan en los precios o tasas del intraday o, en los casos de órdenes muy grandes que distorsionan los precios.

Analizando los retornos absolutos, se encontró que la autocorrelación existe en ambos mercados y es positiva, lo que confirma la relación de dependencia directa entre los retornos absolutos. Esta propiedad, valida la existencia de volatilidad variable y clusters de volatilidad en el comportamiento de los retornos intraday.

Con respecto a los hechos estilizados asociados a la volatilidad, se evidencia que en el mercado de renta variable hay un mayor nivel de volatilidad en la apertura del mercado a diferencia de otros momentos del día en los que se aprecia una mayor calma en el movimiento de los retornos, mientras que en el mercado de renta fija hay un leve sesgo de mayor volatilidad en la apertura aunque no es tan evidente.

Para analizar el quinto hecho estilizado es necesario asociar los outliers de las variaciones a eventos macroeconómicos, lo cual se propone como un tema para trabajos futuros.

Aunque (Taylor, 2005, p.305-316) encontró evidencia empírica de estos hechos estilizados en otros mercados de renta variable y a través de este estudio se ha encontrado que también existen estas propiedades en el mercado de renta variable colombiano (representado por la acción con mayor ponderación en el índice de renta variable), no se puede concluir lo mismo en el mercado de renta

fija, pues algunos hechos estilizados no se presentan en este mercado durante las fechas de análisis.

Como trabajo futuro se propone extender el análisis a una mayor cantidad de activos del mercado colombiano, y así validar la existencia de estos comportamientos que ya han sido estudiados con gran profundidad en mercados internacionales.

Se propone profundizar en las razones por las que en el mercado de renta fija no se presentan estas propiedades empíricas de otros mercados, entre ellas, realizar el análisis utilizando el precio sucio de los bonos de renta fija en lugar de las tasas, el cual fue el insumo utilizado para este análisis. . También puede ser interesante hacer un análisis con los datos tomados ticy by tick o en frecuencias mayores.

Este estudio se considera un punto de partida para la identificación de comportamientos de los retornos intraday de activos financieros, lo que posteriormente podrá derivarse en un modelo matemático que tenga por objetivo realizar pronósticos de dichos retornos, algoritmos de trading para poner y agredir puntas de manera más óptima o algoritmos de creadores de mercado.

Referencias

Alexander, G. J., Sharpe, W. F., & Bailey, J. V. (2003). *Fundamentos de inversiones: teoría y práctica*. Pearson Educación.

BVC. (2013) Informe de Gestión. Bogotá, Colombia. 120 pp.
http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Accionistas/Informaci%C3%B3n+Financiera/Informes+de+Gesti%C3%B3n?com.tibco.ps.pagesvc.action=updateRenderState&rp.currentDocumentID=222cdd6c_145240b6346_37360a0a600b&rp.revisionNumber=1&rp.attachmentPropertyName=Attachment&com.tibco.ps.pagesvc.targetPage=1f9a1c33_132040fa022_-78750a0a600b&com.tibco.ps.pagesvc.mode=resource&rp.redirectPage=1f9a1c33_132040fa022_-787e0a0a600b

Campbell, J. Lo, A and MacKinlay, A. (1996). *The Econometrics of Financial Markets*. New Jersey: Princeton University Press

Cont, R. (1999). Statistical Properties of Financial Time Series. *Centre de Mathématiques Appliquées* presented at the Symposium on Mathematical Finance, Fundan University.

Cont, R. (2001). Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues. *Quantitative Finance* 1, 223-236. Recuperado el 07 de mayo de 2014, de <http://www-stat.wharton.upenn.edu/~steele/Resources/FTSResources/StylizedFacts/Cont2001.pdf>.

Cristelli, M. (2013). *Complexity in Financial Markets: Modeling Psychological Behavior in Agent Based Models and Order Book Models*. Doctoral Thesis accepted by Saapienza University of Rome, Italy. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.springer.com%2Fphysics%2Fcomplexity%2Fbook%2F978-3-642-28111-1>

[2F978-3-319-00722-9&ei=eifpU5yuC_LjsATX0IGYAw&usg=AFQjCNGo3dnULAnTYHk4dpgZk-FVNccpYA&bvm=bv.72676100,d.cWc](https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=cyXpU8OgF8Wh8AbCm4DABA&gws_rd=ssl#q=High+Frequency+Data+in+Financial+Markets%3A+Issues+and+Applications&safe=active)

Goodhart, C and O'Hara, M. (1997). High Frequency Data in Financial Markets: Issues and Applications. *Journal of Empirical Finance* 4, 73-114. Recuperado el 07 de mayo de 2014, de: https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=cyXpU8OgF8Wh8AbCm4DABA&gws_rd=ssl#q=High+Frequency+Data+in+Financial+Markets%3A+Issues+and+Applications&safe=active

Gould, M. D., Porter, M. A., Williams, S., McDonald, M., Fenn, D. J., & Howison, S. D. (2013). Limit order books. *Quantitative Finance*, 13(11), 1709-1742.

Kokot, Stefan (2004). *The Econometrics of Sequential Trade Models*. Alemania: SpringerTaylor, S. (2005). *Asset Price, Dynamics, Volatility and Prediction*. New Jersey: Princeton University Press.

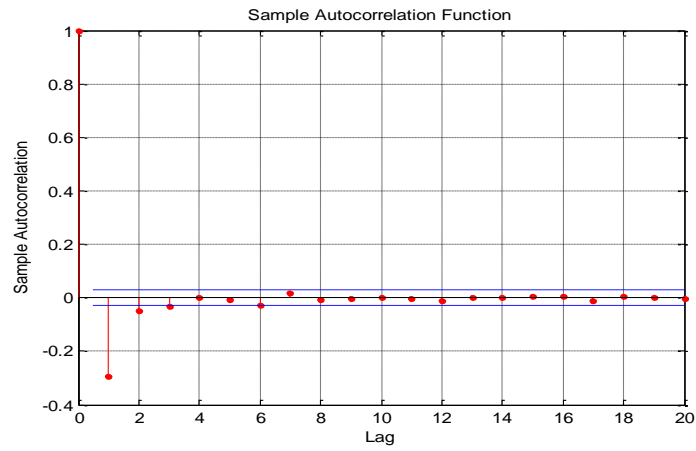
Thompson. S. (2001). The Stylised Facts of Stock Price Movements. *FINA411*, 1, 1, 50 – 77. Recuperado el 15 de mayo de 2014, de <http://ojs.victoria.ac.nz/nzref/article/view/1735>

Tsay, R. (2005). *Analysis of Financial Time Series*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Van der Valk, T. (2001). *On the tails of certain speculative prices*. Tesis aceptada por Erasmus Universiteit Rotterdam.

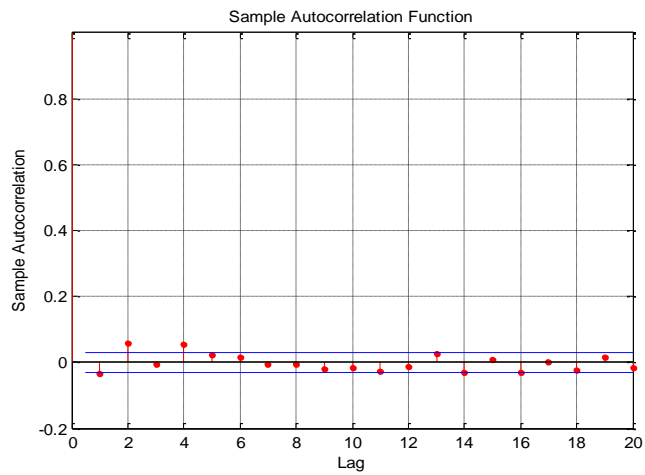
Anexos

Autocorrelograma de retornos de Ecopetrol (intervalos de 5 minutos)



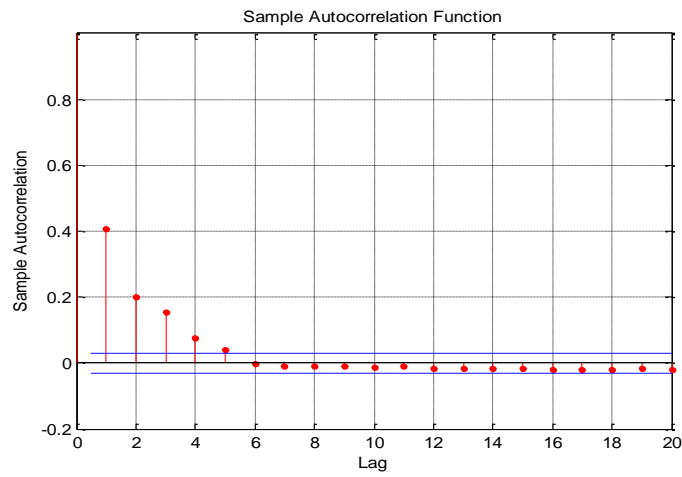
Fuente: Elaboración propia

Autocorrelograma de variaciones de TES24 (intervalos de 5 minutos)



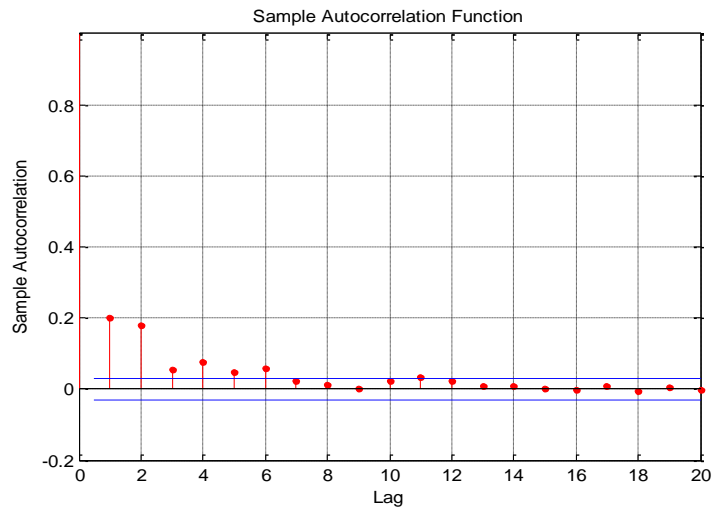
Fuente: Elaboración propia

Autocorrelograma de retornos absolutos de Ecopetrol (intervalos de 5 minutos)



Fuente: Elaboración propia

Autocorrelograma de variaciones absolutas de TES24 (intervalos de 5 minutos)



Fuente: Elaboración propia