

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

FACULTAD DE ECONOMÍA

CALIDAD DEL MERCADO DE RENTA VARIABLE DE COLOMBIA

TESIS PRESENTADA POR LAURA CATALINA CADENA GÓMEZ
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAESTRIA EN FINANZAS CUANTITATIVAS

Enero 2018

Resumen

En el presente estudio se monitorea varias de las dimensiones observables y se mide una dimensión no observable de la calidad del mercado (*market quality*) colombiano de renta variable intradiario, para lo cual se utiliza una base de datos intradiaria, compuesta por las transacciones y las cotizaciones (*trades and quotes, TAQ*) de algunas de las principales empresas que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia, logrando relacionar las dimensiones entre sí y encontrando que el principio de la jornada del mercado continuo es el momento del día que presenta menor liquidez (medida como margen oferta-demanda (*bid-ask spread*) y profundidad (*depth*)) y altos niveles de volatilidad de los precios. Adicionalmente, se observa que las acciones que presentan los menores niveles de impacto en el precio (*price impact*), tienen también los mayores niveles de profundidad.

Palabras clave: Calidad del mercado, impacto en el precio, margen oferta-demanda, profundidad, volatilidad, volumen.

Abstract

This study monitors several observable dimensions and measures a non-observable one of the Colombian intraday equity market quality. For this purpose, an intraday database containing trades and quotes (TAQ) of some the principal companies that trade on the Colombian Stock Market (BVC) is used. Relating these dimensions between each other, we find that at the beginning of trading hours, liquidity (measured as bid ask spread and depth) is the lowest and price volatility is high. Additionally, we observe that stocks with lower levels of price impact also have the highest levels of depth.

Keywords: Market quality, price impact, bid-ask spread, depth, volatility, volume.

Índice general

1. Introducción	5
2. Calidad del mercado	7
2.1. Dimensiones observables	7
2.1.1. Volumen	8
2.1.2. Margen oferta-demanda (<i>bid-ask spread</i>)	8
2.1.3. Profundidad (<i>Depth</i>)	9
2.1.4. Volatilidad	10
2.2. Dimensiones no observables	11
2.2.1. Impacto en el precio (<i>Price impact</i>)	11
3. Datos	14
3.1. Base de datos y muestra	14
3.2. Dirección de las transacciones	16
4. Resultados Empíricos	17
4.1. Dimensiones observables	17
4.1.1. Volumen	17
4.1.2. Margen oferta-demanda	21
4.1.3. Profundidad	24
4.1.4. Volatilidad	27
4.2. Dimensiones no observables	30
4.2.1. Impacto en el precio	30
5. Conclusiones	32

<i>Índice general</i>	4
-----------------------	---

Bibliografía	34
---------------------	-----------

Capítulo 1

Introducción

La calidad del mercado (*market quality*), hace referencia a la efectividad del mercado en facilitar el intercambio de activos financieros. Actualmente no existe una sola métrica para medir la calidad del mercado, sin embargo, es posible evaluar diferentes características como la liquidez, los costos de ejecución, entre otros, que en cierta medida permiten medirla. Para evaluar dichas características es posible monitorear dimensiones del mercado que son observables y medir otras que no son observables.

Se han realizado varios estudios concernientes a analizar las dimensiones del mercado, caracterizándolas o relacionándolas entre ellas. Dentro de estos se encuentran; (Lee et al., 1993) documentó para una muestra del NYSE que altos niveles de margen oferta-demanda (*Bid-Ask Spread*) están acompañados de bajos niveles de profundidad (*depth*), (Chordia et al., 2001) con una muestra de ISSM y NYSE encontró una relación positiva (negativa) entre la profundidad y el volumen (margen oferta-demanda) , (Li y Wu, 2006) da evidencia para acciones que forman parte del Dow Jones Industrial de una relación positiva entre volatilidad y volumen, (Cont et al., 2014) para 50 acciones del NYSE identificó que el impacto en el precio (*price impact*) tiene una relación inversa con la profundidad. En cuanto a estudios realizados en Colombia; en (Agudelo, 2010) y (Agudelo, 2011) se encontró una relación negativa (positiva) entre algunas medidas de liquidez (margen oferta-demanda e impacto en el precio) y la volatilidad (actividad bursátil).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la calidad del mercado colom-

biano de renta variable, recuperando el comportamiento de algunas dimensiones del mercado. Las dimensiones observables que serán monitoreadas son; el volumen que mide el número o el valor de las acciones transadas, el margen oferta-demanda (*Bid-Ask Spread*) que mide los costos de ejecución inmediatos de una transacción pequeña, la profundidad (*depth*) que mide la cantidad de liquidez visible en el mercado y la volatilidad que mide las fluctuaciones del precio de las acciones. Por el lado de las dimensiones no observables, se va a hallar una medida del impacto en el precio (*price impact*), el cual mide el costo de ejecutar grandes transacciones, calculando el impacto de la transacción en el movimiento de los precios. Para medir el impacto en el precio, es necesario definir un modelo que permita estimar por medio de una regresión lineal, el impacto que tiene el volumen transado en el cambio de los precios.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. El capítulo 2 define la calidad del mercado y sus dimensiones, además de las métricas para medirlas. El capítulo 3 describe los datos con los que se realiza el estudio. El capítulo 4 expone los resultados empíricos obtenidos. Finalmente, se presentan las conclusiones y discuten posibles líneas de futura investigación.

Capítulo 2

Calidad del mercado

Es posible definir la calidad del mercado como la efectividad del mercado en facilitar el intercambio de activos financieros, es decir, que los participantes del mercado puedan negociar exitosamente a un precio competitivo. Para hallar una medida de la calidad del mercado se puede evaluar diferentes características como la liquidez, los costos de ejecución, entre otros. Es posible evaluar dichas características monitoreando dimensiones del mercado que son observables y midiendo otras que no lo son.

El presente estudio se enfoca en monitorear y medir algunas dimensiones del mercado que permiten evaluar tres características; la actividad bursátil, la liquidez y la volatilidad. La actividad bursátil que se mide por medio del volumen, no se considera generalmente como una característica de la calidad del mercado, sin embargo, un mayor nivel de actividad bursátil es una señal de mejor calidad del mercado. La liquidez que se mide por medio de la profundidad, el margen oferta-demanda y el impacto en el precio, evalúa la rapidez con la cual se puede negociar un activo sin afectar su precio. La volatilidad es una característica y a la vez una dimensión del mercado, la cual será explicada más adelante.

2.1. Dimensiones observables

Las dimensiones observables, son aquellas que pueden ser observadas y directamente medidas. Existe un gran número de estas dimensiones que han sido consi-

deradas, sin embargo, el presente estudio monitorea cuatro; el volumen, el margen oferta-demanda (*bid-ask spread*), la profundidad (*depth*) y la volatilidad.

2.1.1. Volumen

Una manera de medir la actividad bursátil de una acción es por medio del volumen transado, el cual puede ser determinado como el número de acciones transadas o, como el valor (en pesos) de las acciones transadas. Un mayor volumen, representa una mayor actividad bursátil y, por lo tanto, una mejor calidad del mercado.

2.1.2. Margen oferta-demanda (*bid-ask spread*)

El margen oferta-demanda mide el costo inmediato de ejecutar transacciones pequeñas, dicho costo se puede determinar como la diferencia entre el precio de ejecución de la transacción y el precio del mercado. Entonces, menor margen oferta-demanda representa menores costos de ejecución, lo que significa mayor liquidez en el mercado y, por lo tanto, una mejor calidad del mercado.

Para el monitoreo del margen oferta-demanda es necesario identificar el precio del mercado de cada activo en cada instante del tiempo t . En el presente estudio el precio del mercado es considerado como el precio medio (*midprice*), que es el promedio simple entre el mejor precio de compra o precio demandado (*best bid*) y el mejor precio de venta o precio ofrecido (*best ask*).

$$M_t = \frac{1}{2}(a_t + b_t) \quad (2.1)$$

Existen dos medidas del margen oferta-demanda bastante conocidas; el quoted spread y el effective spread. El quoted spread es la diferencia entre el mejor precio de compra y el mejor precio de venta del mercado, éste mide el costo de completar un ciclo con el activo (comprar y vender), comprando al mejor precio de compra y vendiendo al mejor precio de venta, por lo tanto, si se quiere conocer el costo de ejecutar una sola transacción (comprar o vender), usualmente se utiliza el quoted half-spread, que es el resultado del quoted spread sobre dos. A continuación, se presenta la ecuación del quoted half-spread (QS) en relación con el precio medio:

$$QS_t = \frac{a_t - b_t}{2M_t} \quad (2.2)$$

Por otra parte, el effective spread (ES) mide la diferencia realizada entre el precio pagado en la transacción y el precio del mercado. El effective spread en relación con el precio medio se expresa como:

$$ES_t = \frac{D_t(S_t - M_t)}{M_t} \quad (2.3)$$

Donde, D_t es la dirección de la transacción $D = +1$ si la transacción es iniciada por un comprador y $D = -1$ si la transacción es iniciada por un vendedor y S_t es el precio al cual se ejecutó la transacción.

2.1.3. Profundidad (*Depth*)

La profundidad mide la cantidad de volumen disponible al mejor precio de compra y al mejor precio de venta en el libro de órdenes, es decir, es una medida de la cantidad de activos que se pueden transar en un determinado momento a cierto precio. En este sentido, una mayor profundidad, significa una mayor liquidez y por consiguiente una mejor calidad del mercado.

La manera más simple de calcular la profundidad es expuesta en (Huberman y Halka, 2001), como “quantity depth”:

$$DP_t = q_t^a + q_t^b \quad (2.4)$$

Donde, DP_t es la profundidad en el tiempo t . q_t^a y q_t^b son el volumen disponible al mejor precio de venta y al mejor precio de compra en el libro de órdenes, respectivamente.

Más adelante, (Butler et al., 2005) propone como medida de la profundidad, la log-profundidad como la suma del logaritmo del volumen disponible al mejor precio de venta y el logaritmo del volumen disponible al mejor precio de compra:

$$\log DP_t = \ln(q_t^a) + \ln(q_t^b) = \ln(q_t^a * q_t^b) \quad (2.5)$$

2.1.4. Volatilidad

La volatilidad mide la amplitud y la frecuencia de las fluctuaciones del precio y representa un costo, dado que cambios rápidos en el precio hacen que sea difícil determinar el precio actual del activo. Por lo tanto, una menor volatilidad lleva a una mejor calidad del mercado.

A continuación se expone varias medidas de volatilidad intradiaria: La volatilidad realizada (*realized volatility*) propuesta en (Andersen et al., 2001):

$$RV_{t,\delta} = \sum_{i=2}^{n(\delta)} (p_{i,t} - p_{i-1,t})^2 \quad (2.6)$$

Donde, $n(\delta) = \frac{n}{\delta}$ siendo n el número de minutos que hay durante el tiempo en que el mercado continuo está abierto y δ la frecuencia de la muestra. $p_{i,t}$ es el i -ésimo log-precio del día t .

La volatilidad realizada bipower (*Bipower Realized Volatility*), introducida en (Barndorff-Nielsen et al., 2008), como un método robusto en presencia de saltos poco frecuentes. Se representa como:

$$BV_{t,\delta} = \frac{\pi}{2} \sum_{i=3}^{n(\delta)} |p_{i,t} - p_{i-1,t}| |p_{i-1,t} - p_{i-2,t}| \quad (2.7)$$

La volatilidad realizada dos escalas (*Two Scales Realized Volatility*), propuesta en (Zhang et al., 2005) como un estimador consistente en presencia de ruido de microestructura independiente:

$$TSV_{t,\delta} = \frac{1}{G} \sum_{g=1}^G RV_{t,\delta}^g - \frac{n(\delta)_g}{n} RV_{t,\delta_f} \quad (2.8)$$

Donde, $RV_{t,\delta}^g = \sum_{j=2}^{n(\delta)_g} (p_{j,t}^g - p_{j-1,t}^g)^2$ y $RV_{t,\delta_f} = \sum_{i=2}^n (p_{i,t}^f - p_{i-1,t}^f)^2$. Siendo $p_{i,t}^f$ el i -ésimo log-precio del día t , con un muestreo de alta frecuencia δ_f y $p_{j,t}^g = p_{g+(\frac{\delta}{\delta_f})(j-1),t}$ con $g = 1, \dots, G = \frac{\delta}{\delta_f}$ es el log-precio intradiario que se obtiene de hacer un muestreo con frecuencia δ , empezando en G diferentes momentos del día. Se denomina un estimador de dos escalas porque combina información de una escala de tiempo rápida δ_f y una escala de tiempo lenta δ .

El kernel realizado (*Realized Kernel*) expuesto en (Barndorff-Nielsen et al., 2008)

es robusto a ruido de microestructura dependiente:

$$RK_\delta = \gamma_0(p_t) + \sum_{h=1}^H k\left(\frac{h-1}{H}\right)(\gamma_h(p_t) + \gamma_{-h}(p_t)) \quad (2.9)$$

Donde, $\gamma_h(p_t) = \sum_{i=1}^{n(\delta)} (p_{i,t} - p_{i-1,t})(p_{i-h,t} - p_{i-h-1,t})$ y $k(\cdot)$ es una función de pesos.

La volatilidad basada en rango (*Range-based Volatility*) propuesta por (Parkinson, 1980):

$$RR_{t,i}^\Delta = \frac{1}{4\ln(2)} (\ln(H_{t,i}) - \ln(L_{t,i}))^2 \quad (2.10)$$

Donde, $H_{t,i}$ y $L_{t,i}$ son el mayor y el menor precio presentado durante el i -ésimo intervalo de tamaño Δ del día t , tal que se tiene $I = \frac{1}{\Delta}$ intervalos cada día.

En el presente estudio se calcula la volatilidad intradiaria por medio de la volatilidad basada en rango, debido a que se necesitan menos datos (mínimo dos datos por intervalo) para obtener la medida, en comparación con las otras medidas expuestas anteriormente.

2.2. Dimensiones no observables

Las dimensiones no observables son aquellas que no se pueden observar directamente, sino que deben ser medidas por medio de un modelo, a partir de dimensiones observables. Existen varias de estas dimensiones como por ejemplo la probabilidad de comercio informado (*probability of informed trading, PIN*), que mide la asimetría de la información en el mercado, por medio de modelos como el propuesto en (Easley et al., 1996) el cual ha sido tomado como referencia para el desarrollo de modelos más modernos como el expuesto en (Yan, 2009). De este grupo de dimensiones no observables, el presente estudio se enfoca en medir únicamente el impacto en el precio (*price impact*).

2.2.1. Impacto en el precio (*Price impact*)

El impacto en el precio mide el costo de realizar grandes transacciones, estableciendo el impacto que tienen en el cambio del precio. Por lo tanto, un menor impacto

en el precio significa menores costos de transacción, lo que lleva a una mayor liquidez y en consecuencia a una mejor calidad del mercado.

Existe una amplia cantidad de modelos para calcular el impacto en el precio. A continuación se explican dos.

Estimación basada en (Kyle, 1985)

La primera estimación del impacto en el precio está basada en el modelo propuesto por (Kyle, 1985), el cual asume una relación lineal entre el flujo de órdenes y el cambio en los precios:

$$\Delta P_{i,t,d} = \beta_{i,d}^1 D_{i,t,d} V_{i,t,d} + \epsilon_{i,t,d} \quad (2.11)$$

Donde $\Delta P_{i,t,d}$ es el cambio en el precio del activo i en la transacción t del día d . $D_{i,t,d}$ es la dirección de la transacción $D = +1$ si la transacción es iniciada por un comprador y $D = -1$ si la transacción es iniciada por un vendedor. $V_{i,t,d}$ es el volumen, medido como el número de acciones transadas, $D_{i,t,d} V_{i,t,d}$ es conocido como el flujo de órdenes. $\epsilon_{i,t,d}$ es el término de error y $\beta_{i,d}^1$ es la medida del impacto en el precio, del activo i para el día d . Por lo tanto; para estimar el impacto en el precio se corre para cada activo, en cada día de la muestra, la regresión lineal representada en (2.11) incluyendo intercepto.

Estimación basada en (Glosten y Harris, 1988)

(Glosten y Harris, 1988) se desarrolla bajo un modelo de información asimétrica que propone que los costos de transacción se descomponen en dos componentes; componente transitorio y componente permanente. El componente transitorio es generado por costos de inventario, tasa de compensación y/o beneficios de monopolio, se considera transitorio ya que su efecto temporal en el precio de las acciones no está relacionado con el valor subyacente de los valores. Por otro lado, el componente permanente es causado por asimetría en la información; en un mercado donde no se conoce los agente informados y no informados cualquier negociación va a tener un impacto en el precio porque los demás agentes creen que una parte de la negociación contiene información privada, causando que los estos agentes actualicen sus

valoraciones, llevando a un cambio en el precio. Teniendo como base dicha descomposición de costos de transacción, se formula el modelo del movimiento del precio de las transacciones como:

$$\Delta P_{i,t,d} = \beta_{i,d}^2 D_{i,t,d} V_{i,t,d} + \lambda_{i,d} (D_{i,t,d} - D_{i,t-1,d}) + \epsilon_{i,t,d} \quad (2.12)$$

donde $\lambda_{i,d}$ representa los costos transitorios y $\beta_{i,d}^2$ denota los cambios permanentes en el precio, proporcionando la estimación del impacto en el precio, para el activo i en el día d . Por lo tanto, para estimar el impacto en el precio se corre para cada activo, en cada día de la muestra, la regresión lineal representada en (2.12) con intercepto.

Capítulo 3

Datos

3.1. Base de datos y muestra

El presente estudio utiliza una base de datos de alta frecuencia compuesta por los datos intradiarios, extraídos de Bloomberg, de las empresas que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), por un periodo de seis meses (marzo a agosto de 2017). Se utilizan los datos de las transacciones y las cotizaciones (*trades and quotes*, *TAQ*), excluyendo las transacciones que no hayan sido ejecutadas y las cotizaciones que no hayan sido establecidas durante el tiempo en el cual el mercado continuo está abierto. El mercado continuo está abierto; desde las 9:30 y hasta las 15:55, horario de Nueva York.

Inicialmente, se cuenta con una base de datos compuesta por 51 acciones, para las cuales se calcula, una medida de la actividad bursátil, el tiempo promedio (en minutos) que hay entre una transacción y otra, para cada una de las acciones, para cada día. Teniendo en cuenta el tiempo calculado, se divide las acciones en dos grupos; en el primer grupo (grupo A) se encuentran las acciones cuyo tiempo promedio es de menos de un minuto y en el otro grupo (grupo B) se encuentran las demás acciones. Para cada uno de los grupos se elige una muestra de las tres acciones con un tiempo promedio entre transacciones menor, obteniendo como representación del grupo A: Ecopetrol (ECOPETL), Preferencial Bancolombia (PFBCOLO) y Bancolombia (BCOLO) y, como representación del grupo B: Éxito (EXITO), Preferencial Aval (PFAVAL) y Preferencial AVH (PFAVH). En el Cuadro 3.1 se observa el tiempo

Cuadro 3.1: Tiempo promedio (en minutos) que hay entre transacciones para cada una de las acciones.

	Grupo A			Grupo B		
	ECOPETL	PFBCOLO	BCOLO	PFAVH	EXITO	PFAVAL
Tiempo promedio entre transacciones	0.733	0.733	0.767	1.017	1.233	1.4

promedio entre transacciones para las acciones elegidas. Adicionalmente en la Figura 3.1 se ve la distribución del tiempo (en minutos) que hay entre transacciones para dos acciones; ECOPETL acción que pertenece al grupo A y PFAVAL acción que forma parte del grupo B. Se puede observar que efectivamente la mayor parte de los valores para ECOPETL están acumuladas en menos de un minuto, mientras que para PFAVAL los valores aumentan acumulando su mayor parte en menos de dos minutos.

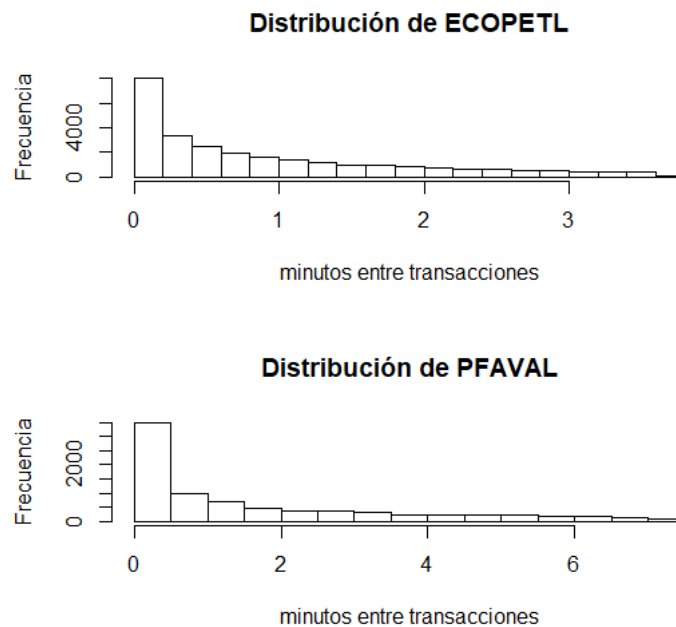


Figura 3.1: Distribución para ECOPETL y PFAVAL del tiempo (en minutos) que hay entre transacciones. En las gráficas no se pueden visualizar los valores atípicos que se encuentran a más de tres desviaciones media absoluta (*Median absolute deviation*) de la mediana.

3.2. Dirección de las transacciones

Para calcular algunas de las dimensiones del mercado es necesario conocer la dirección de cada transacción, es decir, catalogar las transacciones como iniciada por un comprador o iniciada por un vendedor. Dado que los datos que se utilizan en el presente estudio no tienen esa información, se procederá a inferirla.

Para inferir la dirección de las transacciones se usa el algoritmo (Lee y Ready, 1991) utilizando la información de las transacciones y las cotizaciones que se tiene. Inicialmente, se realiza un filtro de tal manera que, cualquier cotización ocurrida al menos un segundo antes que una transacción, es ignorada¹.

Bajo el algoritmo de (Lee y Ready, 1991), las transacciones se clasifican de la siguiente manera; si la transacción ocurre por debajo (por encima) del precio medio vigente, se considera que es iniciada por un comprador (vendedor), si la transacción ocurre al mismo precio medio, se procede a comparar la transacción que se quiere clasificar con la transacción inmediatamente anterior; si la transacción que se quiere clasificar ocurre a un precio mayor (menor) que la transacción inmediatamente anterior se clasifica como iniciada por un comprador (vendedor), pero si la transacción a clasificar ocurre al mismo precio que la transacción inmediatamente anterior, la transacción se debe clasificar utilizando la última transacción cuyo precio difiera del precio de la transacción actual, que es la que se quiere clasificar.

¹En (Lee y Ready, 1991) se propone utilizar la regla de cinco segundos, es decir, ignorar cualquier cotización ocurrida al menos cinco segundos antes que una transacción. Sin embargo, teniendo como base retroalimentación de estudios más actuales; (Piwowar y Wei, 2006) y (Chakrabarty et al., 2012) no se impone la típica regla de los cinco segundos, en cambio, se utiliza la regla de un segundo.

Capítulo 4

Resultados Empíricos

A continuación se presenta los resultados intradiarios obtenidos de monitorear y medir las dimensiones del mercado expuestas en el capítulo 2, para las acciones ECO-PETL, PFBCOLO, BCOLO, PFAVH, EXITO, PFAVAL, en el periodo comprendido de marzo a agosto del 2017.

4.1. Dimensiones observables

Para el monitoreo de las dimensiones observables del mercado, se fragmenta cada día, durante el tiempo en que está abierto el mercado continuo (9:30 – 15:55 horario de Nueva York), en intervalos de 15 minutos para las acciones del grupo A y en intervalos de 30 minutos para las acciones del grupo B; obteniendo 26 y 13 intervalos respectivamente.

4.1.1. Volumen

Para el seguimiento del volumen; se calcula el volumen transado, como la suma del número de acciones transadas dentro de cada intervalo de tiempo a lo largo del día, cada día, para cada una de las acciones. A continuación se procede a hallar en cada intervalo la función de densidad y compilar finalmente las distribuciones de todos los intervalos en las gráficas que se observan en la Figura 4.1. Adicionalmente, en la gráfica de cada acción, se puede observar la representación del primer y tercer cuantil con líneas de color negro y la mediana como una línea de color rojo. En

la Figura 4.1 se puede notar que ECOPETL, comienza el día con un alto nivel de volumen y BCOLO y EXITO presentan en la primera parte del día un aumento en su nivel de volumen respecto al volumen de apertura. El comportamiento del nivel de volumen al principio del día para estas tres acciones puede ser relacionado con el hecho de que nueva información genera mayor volumen; toda la información generada desde el cierre del día anterior se incorpora al mercado al principio del día, esta es la razón por la cual en la apertura se observa un alto nivel de volumen o por un tiempo después de la apertura se observa un incremento en el nivel de volumen. Es posible decir que, durante el periodo de estudio, para ECOPETL, BCOLO y EXITO, la información generada desde el cierre del día anterior tiene un mayor impacto en el horario de apertura para la oferta y la demanda que para PFBCOLO, PFAVH y PFAVAL.

Para todas las acciones que se están monitoreando se puede apreciar que después del efecto de la primera parte del día, el nivel de volumen se mantiene relativamente constante o disminuye levemente hasta alrededor de las 14:00, momento en el cual se observa que el nivel empieza a aumentar, teniendo mayor fuerza en la última hora del día. El comportamiento del nivel del volumen alrededor de las 14:00 puede ser explicado por el hecho de que, esa es la hora a la cual se hacen más anuncios acerca de los fundamentales macroeconómicos en Estados Unidos, generando un alto nivel de nueva información y aumentando el nivel de volumen. En cuanto al mayor aumento en el nivel del volumen en la última hora antes del cierre del mercado, ([Álvaro Cartea et al., 2015](#)) propone una teoría que apoya los resultados obtenidos en las acciones que están siendo monitoreadas; los *traders* que no han cumplido sus objetivos de liquidación aceleran la ejecución de operaciones a medida que el mercado se acerca a la hora de cierre.

Adicionalmente, en el Cuadro 4.1 para cada una de las acciones se presenta tres medidas de la actividad bursátil; el volumen promedio, el número total de transacciones y el tiempo promedio entre transacciones. Se puede observar que bajo las tres medidas, las acciones del grupo A, efectivamente son las que presentan una mayor actividad bursátil en comparación a las acciones del grupo B.

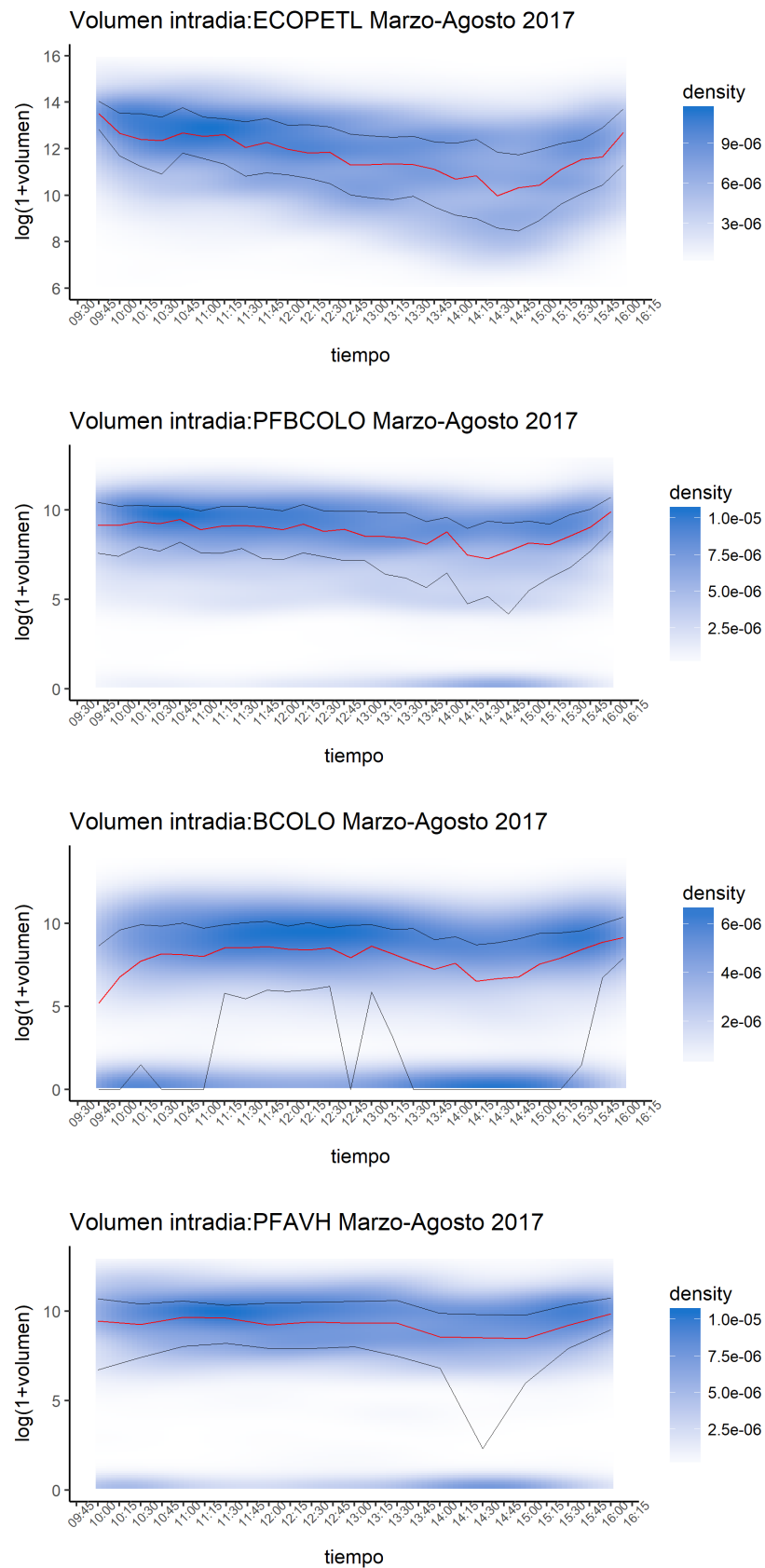


Figura 4.1: (Continúa...)

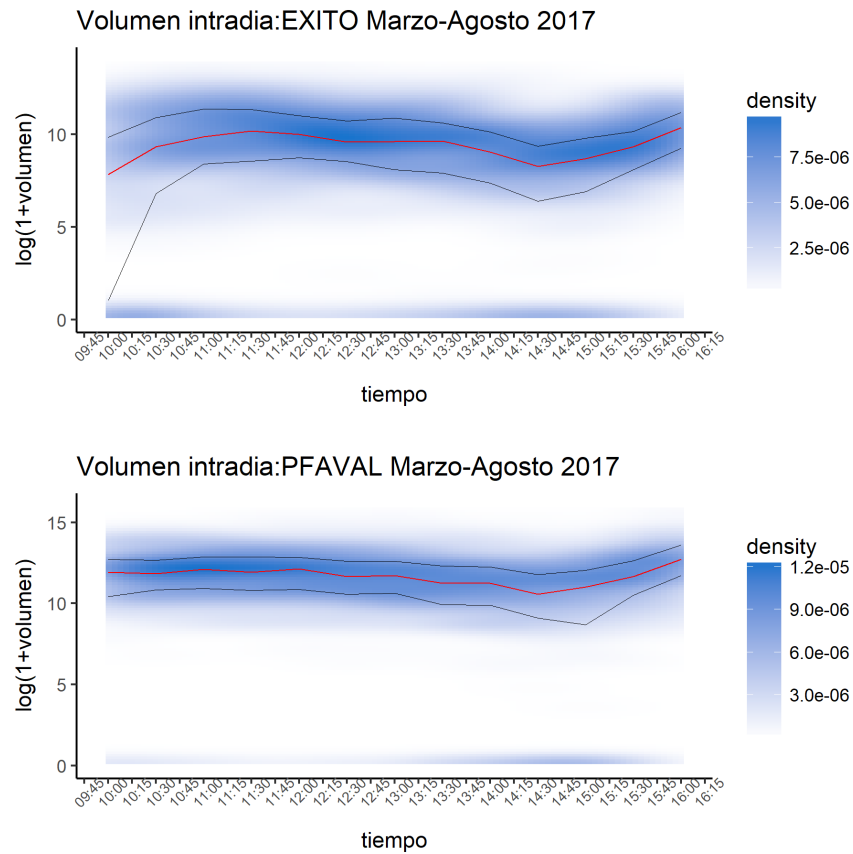


Figura 4.1: Gráfica del volumen como función del tiempo en el día, para cada una de las acciones, en intervalos de 15 minutos para las acciones del grupo A y de 30 minutos para las acciones del grupo B. En la gráfica se utilizan líneas negras para representar el primer y el tercer cuantil y una línea roja para la mediana.

Cuadro 4.1: Esta tabla reporta tres medidas de la actividad bursátil; volumen promedio, número total de transacciones (durante toda la muestra) y tiempo promedio (en minutos) entre transacciones. Para cada una de las acciones que conforman el grupo A y el grupo B.

	Grupo A				Grupo B	
	ECOPETL	PFBCOLO	BCOLO	PFAVH	EXITO	PFAVAL
Tiempo promedio entre transacciones	0.733	0.733	0.767	1.017	1.233	1.4
Número total de transacciones	43839	26408	16172	13263	14298	14486
Volumen promedio	11.503	7.942	6.268	2.503	1.249	0.809

4.1.2. Margen oferta-demanda

En el presente estudio se calcula el margen oferta-demanda por medio de las dos medidas explicadas anteriormente; el quoted half-spread y el effective spread con respecto al precio medio. Para cada una de las medidas se halla el promedio en intervalos de 15 minutos para las acciones del grupo A y en intervalos de 30 minutos para las acciones del grupo B.

En el Cuadro 4.2 se observa las estadísticas descriptivas del quoted half-spread y el effective spread con respecto al precio medio. Los valores de la tabla indican el costo de transacción en relación con el precio medio, por ejemplo, para ECOPETL el costo de transacción promedio es de 0,1978 % sobre el precio medio.

Cuadro 4.2: Estadísticas descriptivas (Media, Desviación Estandar (DE), Primer cuantil (1Qu.), Mediana y Tercer cuantil (3Qu.)), para las medidas de margen oferta-demanda; quoted half-spread (Panel A) y effective spread (Panel B), para cada una de las acciones.

Panel A: Estadísticas descriptivas quoted half-spread					
Accion	Media	DE	1 Qu.	Mediana	3 Qu.
ECOPETL	0.1978	0.03280081	0.1821	0.1855	0.1955
PFBCOLO	0.1116	0.07043762	0.06679	0.09583	0.1377
BCOLO	0.2034	0.2169695	0.0752	0.1328	0.2543
PFAVH	0.2538	0.153512	0.1454	0.2156	0.3163
EXITO	0.1183	0.07815234	0.06611	0.09345	0.1337
PFAVAL	0.2278	0.04971902	0.2028	0.2123	0.2341

Panel B: Estadísticas descriptivas effective spread					
Accion	Media	DE	1 Qu.	Mediana	3 Qu.
ECOPETL	0.1908	0.03858165	0.1808	0.1837	0.189
PFBCOLO	0.08628	0.07795789	0.04384	0.07075	0.1092
BCOLO	0.1111	0.1615197	0	0.06732	0.1447
PFAVH	0.1816	0.1600166	0.09222	0.1526	0.2571
EXITO	0.09708	0.07926154	0.06431	0.06832	0.1309
PFAVAL	0.1954	0.06786355	0.1912	0.2053	0.2141

Comparando el Panel A con el Panel B del Cuadro 4.2, se puede observar una diferencia significativa entre la medida del quoted spread y del effective spread para todas las acciones menos ECOPETL; este hecho puede significar que para todas las acciones menos ECOPETL las condiciones del mercado alrededor de las transacciones son sistemáticamente diferentes a cuando no hay transacciones, es posible inferir

dicha posibilidad porque, el effective spread solo puede ser medido cuando ocurre una transacción mientras que el quoted spread es observable en todo momento.

En el Cuadro 4.2, el quoted half-spread muestra evidencia de que con excepción de ÉXITO las acciones que hacen parte del grupo A, son las que presentan un menor margen oferta-demanda. Comparando el Cuadro 4.1 y el Cuadro 4.2 se puede observar que las acciones del grupo A además de presentar niveles más bajos de margen oferta-demanda tiene los niveles más altos de volumen.

Por otra parte, en la Figura 4.2 se observa la gráfica del quoted half-spread con respecto al precio medio para cada una de las acciones, cada 15 minutos para las acciones del grupo A y cada 30 minutos para las acciones del grupo B. Se puede observar que en general todas las acciones presentan un alto nivel de margen oferta-demanda en la apertura del mercado, el cual disminuye rápidamente en la primera media hora para luego mantenerse relativamente constante el resto del día. Como se dijo anteriormente, en la apertura se incorpora al mercado toda la información generada desde el cierre del día anterior, este alto nivel de información además de generar un alto nivel de volumen genera incertidumbre en el precio del activo, (Álvaro Cartea et al., 2015) muestran teóricamente que a mayor incertidumbre mayor margen oferta-demanda, por lo tanto, los resultados obtenidos apoyan la teoría.

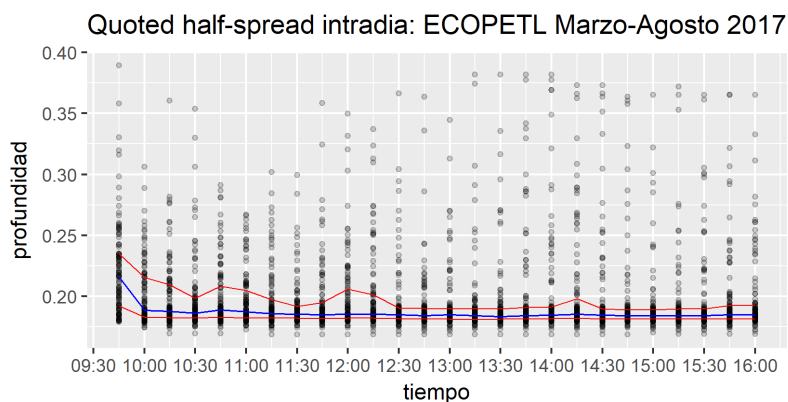


Figura 4.2: (Continúa...)

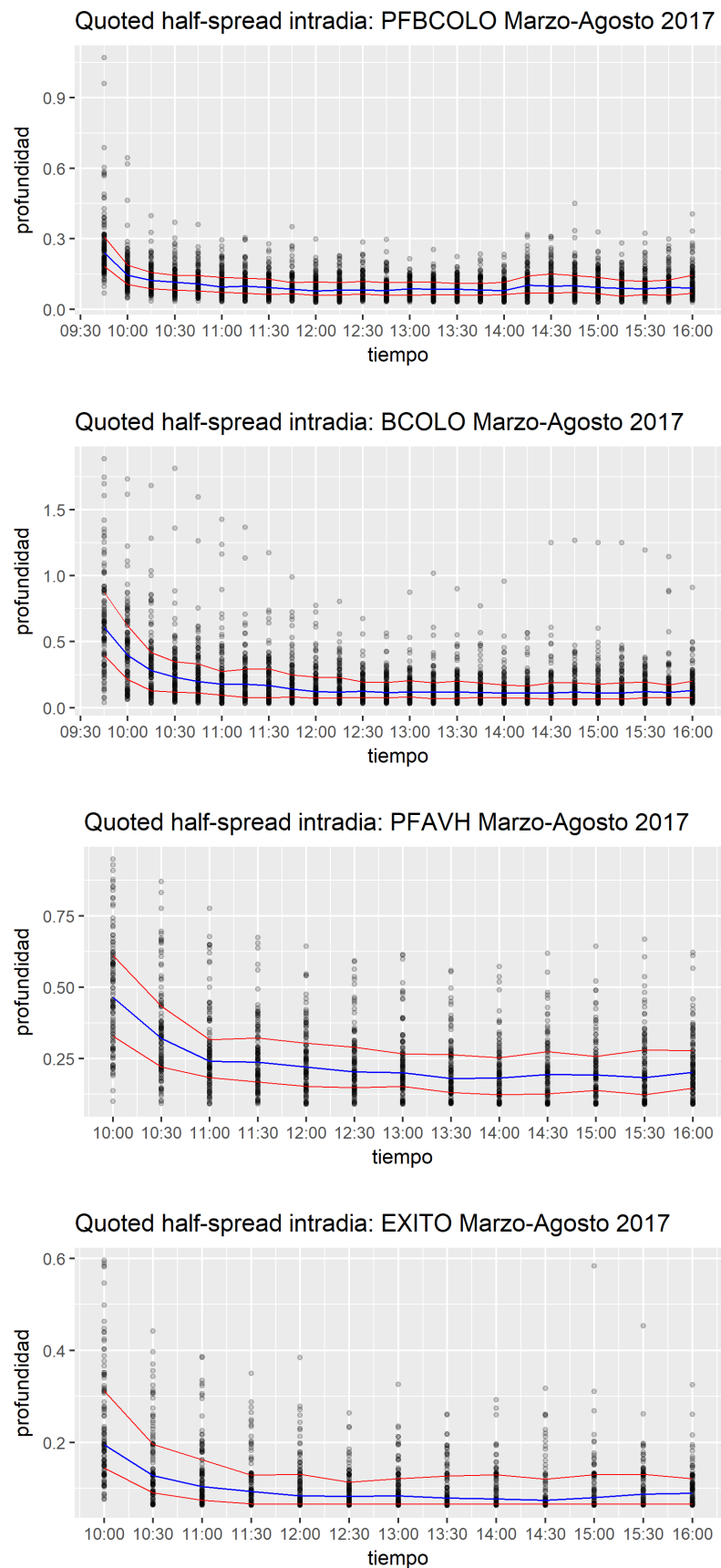


Figura 4.2: (Continúa...)

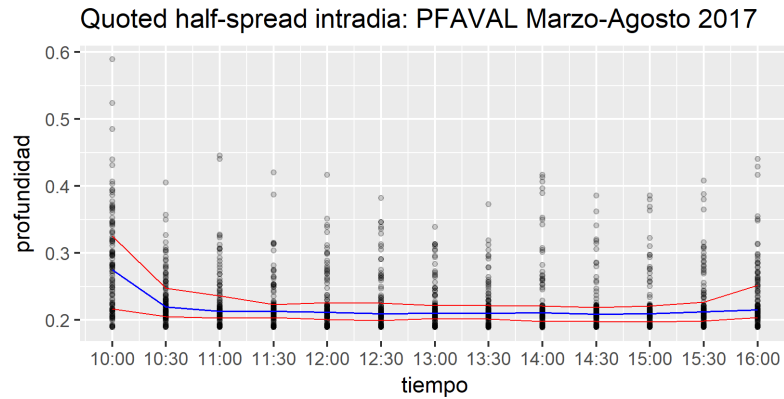


Figura 4.2: Gráfica del margen oferta-demanda, medido como el quoted half-spread con respecto al precio medio para cada una de las acciones, en intervalos de 15 minutos para las acciones del grupo A y de 30 minutos para las acciones del grupo B. Los puntos representan el quoted half-spread con respecto al precio medio para cada intervalo de cada día, la saturación de color de los puntos aumenta a medida que más días en el mismo intervalo de tiempo presentan el mismo valor. Adicionalmente, las líneas rojas representan el primer y el tercer cuantil y la línea azul la mediana.

4.1.3. Profundidad

Para el seguimiento de la profundidad se calcula, para cada una de las acciones, la log-profundidad para cada momento del tiempo t . Conociendo las log-profundidades se procede a hallar su promedio dentro de intervalos de 15 minutos para las acciones del grupo A e intervalos de 30 minutos para las acciones del grupo B, a lo largo del día. En la Figura 4.3 se ve la representación de las log- profundidades, en los intervalos descritos, para cada una de las acciones. Adicionalmente, las líneas rojas representan el primer y el tercer cuantil y la línea azul la mediana.

Los resultados que se presentan en la Figura 4.3, muestran que para todas las acciones al comienzo del día hay un nivel de profundidad bajo, el cual aumenta en la primera parte del día para luego, mantenerse relativamente constante el resto del día. Comparando la Figura 4.3 con la Figura 4.2 se puede observar que mientras el margen oferta-demanda presenta valores altos en la apertura los cuales disminuyen en la primera parte del día, la profundidad presenta valores bajos en la apertura que aumentan en la primera parte del día¹. Estos resultados apoyan el hecho estilizado

¹Para determinar si la falta de profundidad al principio del día es causada por la oferta o la demanda, se analizó la profundidad por el lado de la oferta y la demanda por separado. Se encontró que la oferta y la demanda aporta en una medida prácticamente igual a la baja profundidad durante

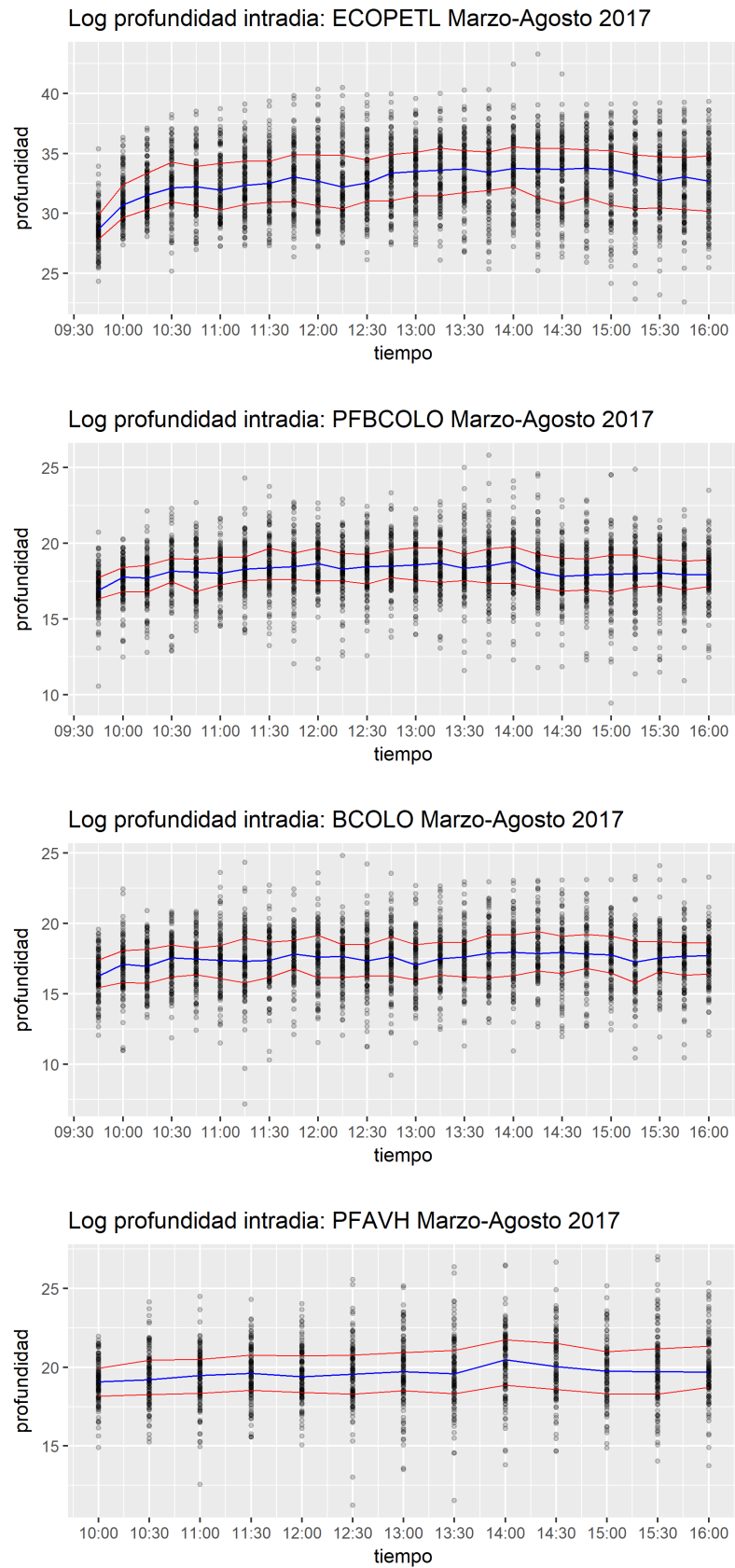


Figura 4.3: (Continúa...)

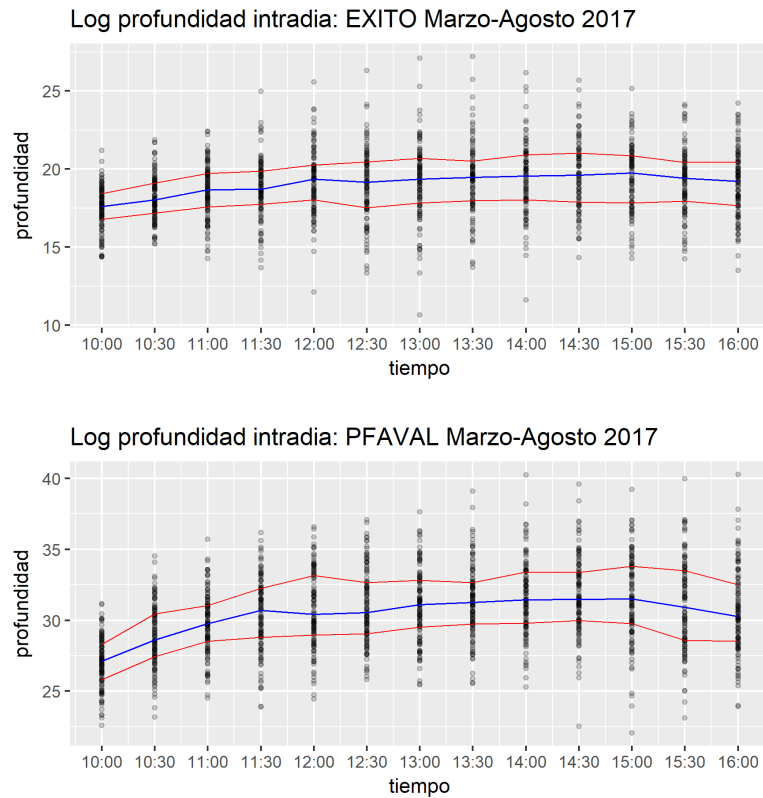


Figura 4.3: Gráfica de la log-profundidad para cada una de las acciones, en intervalos de 15 minutos para las acciones del grupo A y de 30 minutos para las acciones del grupo B. Los puntos representan la log-profundidad para cada intervalo de cada día, la saturación de color de los puntos aumenta a medida que más días en el mismo intervalo de tiempo presentan el mismo valor. Adicionalmente, las líneas rojas representan el primer y el tercer cuantil y la línea azul la mediana.

demostrado en (Lee et al., 1993), de que altos niveles de margen oferta-demanda están asociados a bajos niveles de profundidad.

En el Cuadro 4.3 se encuentran las estadísticas descriptivas de la log-profundidad, para cada una de las acciones que se encuentran en estudio. Se observa que dos acciones; ECOPETL y PFAVAL presentan un promedio de profundidad mayor al resto de las acciones. Este hecho será relevante al analizar el impacto en el precio.

la primera parte del día. Por lo tanto, no se considera necesario añadir el estudio de la profundidad separando la oferta de la demanda.

Cuadro 4.3: Estadísticas descriptivas (Media, Desviación Estandar (DE), Primer cuantil (1Qu.), Mediana y Tercer cuantil (3Qu.)) de la log-profundidad para cada una de las acciones.

Accion	Media	DE	1 Qu.	Mediana	3 Qu.
ECOPETL	32.65	2.867104	30.56	32.69	34.71
PFBCOLO	18.15	1.800237	17.14	18.14	19.21
BCOLO	17.42	2.037137	16.17	17.49	18.67
PFAVH	19.67	2.024437	18.42	19.6	20.95
EXITO	18.95	2.133505	17.56	18.98	20.25
PFAVAL	30.53	2.882478	28.53	30.4	32.46

4.1.4. Volatilidad

La volatilidad es calculada como la volatilidad basada en rango propuesta por (Parkinson, 1980), teniendo como consideración que para las acciones del grupo A los intervalos son de 15 minutos, obteniendo un total de $I = 26$ número de intervalos cada día y para las acciones del grupo B los intervalos son de 30 minutos, obteniendo un total de $I = 13$ número de intervalos cada día. Adicionalmente, la escala de la volatilidad fue pasada a diaria, de la siguiente manera:

$$Vol.diaria = \sqrt{RR_{t,i}^{\Delta} * I} \quad (4.1)$$

La Figura 4.5 muestra la representación de la volatilidad en intervalos, a lo largo del día, para cada acción. Adicionalmente, las líneas rojas representan el primer y el tercer cuantil y la línea azul la mediana. Se puede evidenciar que, para todos los activos excepto EXITO, en la apertura del mercado se presenta un alto nivel de volatilidad, el cual disminuye en la primera media hora del día. Este comportamiento puede estar dado por el hecho de que en la apertura del mercado la incorporación de nueva información es lo que genera el alto nivel de volatilidad. Adicionalmente, se observa que cerca al cierre del mercado continuo la volatilidad vuelve a presentar niveles altos de volatilidad, en el cierre los *traders* encaminados a cerrar sus posiciones generan de nuevo un aumento en el nivel de volatilidad. Analizando la Figura 4.2, la Figura 4.3 y la Figura 4.4 se evidencia que en la primera parte del día se presentan altos niveles de volatilidad acompañados con bajos niveles de profundidad y altos niveles de margen oferta-demanda.

Además, al comparar la Figura 4.1 y la Figura 4.4 es posible observar que el comportamiento del volumen y la volatilidad es similar a lo largo del día, atenuando dicha similitud en las últimas horas del día, cuando las dos dimensiones aumentan su nivel. Comportamiento que se relaciona con la evidencia presentada en (Li y Wu, 2006) de una relación positiva entre el volumen y la volatilidad.

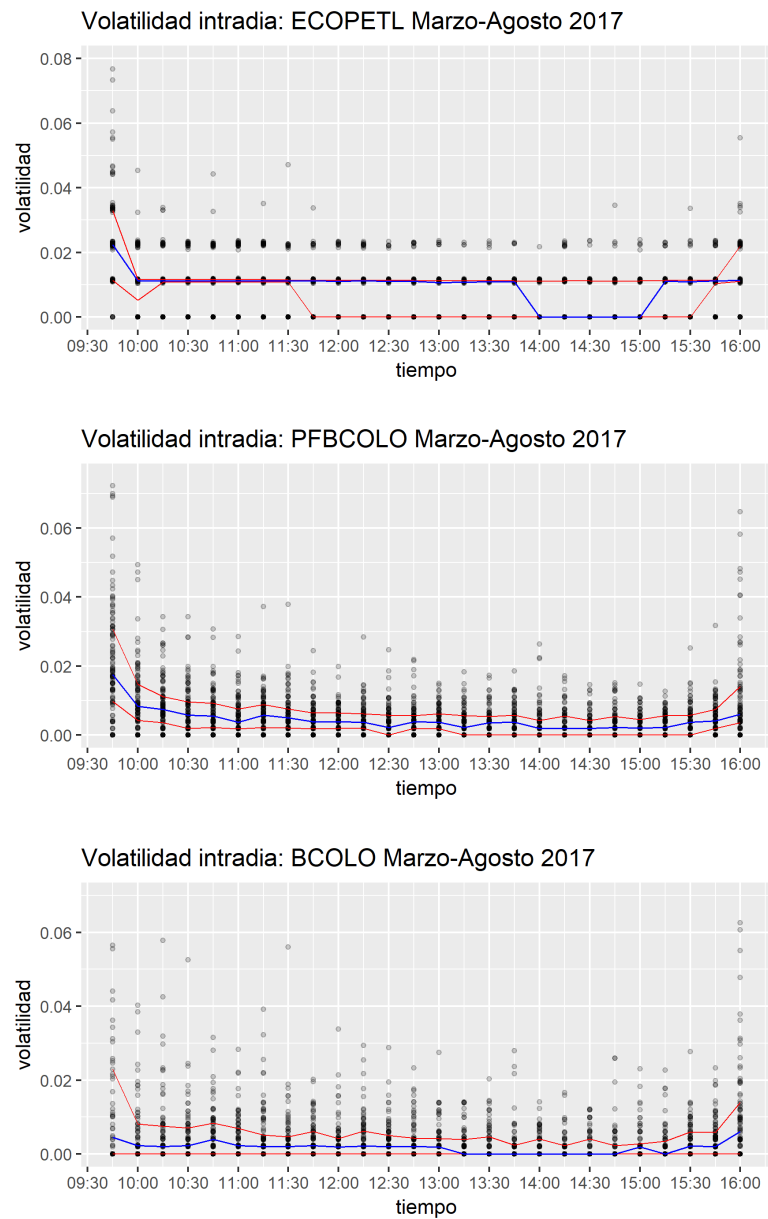


Figura 4.4: (Continúa...)

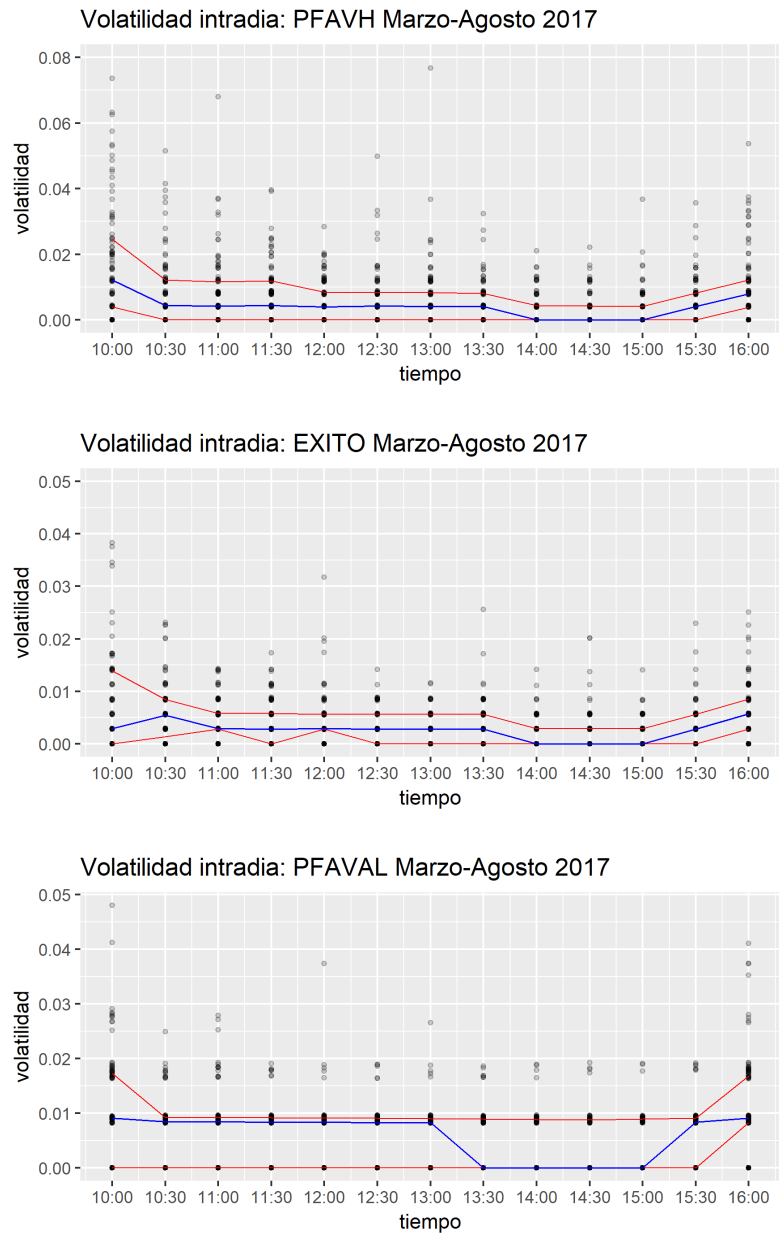


Figura 4.4: Representación de la volatilidad en intervalos (medida como la volatilidad basada en rangos y transformada a una escala diaria), a lo largo del día, para cada acción. Los puntos representan la volatilidad para cada intervalo de cada día, la saturación de color de los puntos aumenta a medida que más días en el mismo intervalo de tiempo presentan el mismo valor. Adicionalmente, las líneas rojas representan el primer y el tercer cuantil y la línea azul la mediana. En las gráficas no se alcanza a visualizar valores atípicos presentados al principio y al final del día, debido a que se hizo un enfoque en los valores alrededor de la mediana para una mejor visualización de los resultados.

4.2. Dimensiones no observables

4.2.1. Impacto en el precio

Para la estimación del impacto en el precio se hará un tratamiento de los datos adicional; si dos o más transacciones ocurren en el mismo tiempo (*timestamp*) y al mismo precio, dichas transacciones serán tratadas como una sola y se procede a sumar el volumen. Esto es necesario debido a que transacciones que cumplen las características enunciadas, suelen ser el resultado de una sola orden de compra o de venta que entro al libro de órdenes y que tuvo que ser completada por medio de varias órdenes limite pequeñas del mismo precio.

En el Cuadro 4.4 se expone el signo y la significancia estadística de los parámetros del impacto en el precio estimados con los dos métodos de estimación (Kyle, 1985) y (Glosten y Harris, 1988). Los resultados son presentados, para cada grupo de acciones por separado y para las seis acciones monitoreadas en conjunto.

Para el impacto en el precio se espera encontrar una relación positiva del volumen de las transacciones en el precio, es decir, se espera que los parámetros estimados sean positivos y estadísticamente significativos en la mayoría de los casos. En el Cuadro 4.4, se evidencia que para (Kyle, 1985) en promedio, un alto porcentaje de betas es positivo y aproximadamente la mitad son positivos y estadísticamente significativos a un nivel de 5 %, por otra parte, el método de (Glosten y Harris, 1988) el cual descompone los costos de transacción en varios componentes, obtiene un porcentaje bastante bajo de betas positivos y significativos a un nivel del 5 %.

Por otra parte, el Cuadro 4.5 compila las estadísticas descriptivas de la estimación del impacto en el precio realizada con los dos métodos, para cada una de las acciones. Se observa que las acciones ECOPETL y PFAVAL en comparación con las demás acciones presentan un nivel de impacto en el precio mucho menor. Comparando el Cuadro 4.5 con el Cuadro 4.3 se evidencia que estas acciones fueron también las que presentaron los mayores niveles de profundidad. Estos resultados son consistentes con (Cont et al., 2014) donde se reporta una relación inversa entre el impacto en el precio y la profundidad.

Cuadro 4.4: Esta tabla reporta el signo y las significancia estadística de los parámetros del impacto en el precio estimados por medio de los dos modelos; (Kyle, 1985) y (Glosten y Harris, 1988). Utilizando los flujos de ordenes intradiarios estimados por medio del algoritmo de (Lee y Ready, 1991).

		Total acciones	Acciones grupo A	Acciones grupo B
Kyle (1985)	% betas positivos	96.218 %	95.798 %	96.639 %
	% betas positivos y significativos (al 5 %)	50.840 %	54.622 %	47.059 %
	% betas negativos	3.782 %	4.202 %	3.361 %
Glosten and Harris (1988)	% betas positivos	72.549 %	70.588 %	74.510 %
	% betas positivos y significativos (al 5 %)	12.325 %	10.084 %	14.566 %
	% betas negativos	27.451 %	29.412 %	25.490 %

Cuadro 4.5: Estadísticas descriptivas (Media, Mediana y Desviación Estandar (DE)) de los parámetros del impacto en el precio estimados por medio de los dos modelos; (Kyle, 1985) y (Glosten y Harris, 1988), para cada una de las acciones.

Acción	Kyle 1985			Glosten and Harris (1988)		
	Media	Mediana	DS	Media	Mediana	DS
ECOPETL	0.0063	0.0051	0.0046	0.0003	0.0001	0.0016
PFBCOLO	2.5421	1.2655	4.2600	0.8851	0.1886	3.5030
BCOLO	1.9911	0.7529	3.4845	0.4937	0.1098	2.4478
PFAVH	0.3710	0.1882	0.9920	0.0981	0.0684	0.2571
EXITO	0.7269	0.2858	1.1568	0.2134	0.0530	0.6369
PFAVAL	0.0097	0.0071	0.0095	0.0009	0.0004	0.0030

Capítulo 5

Conclusiones

La calidad del mercado (*market quality*) está determinada por características que pueden ser medidas por medio de las dimensiones del mercado. En el presente estudio se hizo el monitoreo de las dimensiones observables del mercado; volumen, volatilidad, margen oferta-demanda (*bid-ask spread*) y la profundidad (*depth*), logrando representar el comportamiento intradiario de cada una de estas. Adicionalmente, se halló una estimación diaria del impacto en el precio (*price impact*).

Se encontró que en el principio de la jornada del mercado continuo las acciones monitoreadas presentan los mayores niveles de margen oferta-demanda, acompañados con los menores niveles de profundidad del día y niveles altos de volatilidad. Lo que indica que el inicio del mercado continuo es el momento del día con menor liquidez (medida como margen oferta-demanda y profundidad), y altos niveles de volatilidad de los precios. Mostrando en la primera parte del día una relación positiva (negativa) entre el margen oferta-demanda y la volatilidad (la profundidad).

Adicionalmente, se encontró que ECOPETL y PFAVAL fueron las acciones que en promedio presentaron una mejor calidad del mercado, tomando como referencia la característica de liquidez, debido a que mostraron; los mayores niveles de profundidad y los menores niveles de impacto en el precio. Evidenciando una relación negativa entre el impacto en el precio y la profundidad.

En cuanto al volumen, se encontró que las acciones con mayor volumen promedio tienen menor margen oferta-demanda promedio. Además al analizar el comportamiento intradiario para las dimensiones, se encuentra una similitud entre el com-

portamiento del volumen y de la volatilidad, la cual se hace más evidente cuando el mercado continuo se acerca a la hora de cierre, debido a que las dos dimensiones aumentan sus niveles. Indicando una relación positiva entre el volumen y la volatilidad.

Como continuación de este estudio se buscará generar un observatorio del mercado intradiario, sistematizando el monitoreo y la estimación realizada para cualquier base de datos obtenida de Bloomberg.

Finalmente, se considera que la representación de las dimensiones del mercado local realizada en el presente trabajo, puede servir como insumo para trabajos futuros concernientes a *matching learning* en negociaciones de alta frecuencia en el mercado de renta variable de Colombia, debido a que para abordar problemas de optimización que se buscan solucionar por medio del *matching learning*, por ejemplo la optimización en la ejecución de transacciones, se necesita tener conocimiento del comportamiento intradiario de las dimensiones del mercado en el cual se requiere implementar.

Bibliografía

Diego Agudelo. Liquidez en los mercados accionarios colombianos: ¿cuánto hemos avanzado en los últimos 10 años? *Cuadernos de Administración*, 23(40):239–269, 2010.

Diego Agudelo. Medidas intradiarias de liquidez y de costos de transacción asociados en la bolsa de valores de colombia. *Cuadernos de Administración*, 24(742):13–37, 2011.

Torben Andersen, Tim Bollerslev, Francis Diebold, y Heiko Ebens. The distribution of realized stock return volatility. *Journal of Financial Economics*, 61(1):43–76, 2001.

Ole Barndorff-Nielsen, Peter Hansen, Asger Lunde, y Neil Shephard. Designing realised kernels to measure the ex-post variation of equity prices in the presence of noise. *Econometrica*, 76(6):1481–1536, 2008.

Alexander Butler, Gustavo Grullon, y James Weston. Stock market liquidity and the cost of issuing equity. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 40(2):331–348, 2005.

Bidisha Chakrabarty, Pamela Moultona, y Andriy Shkilkko. Short sales, long sales and the lee-ready trade classification algorithm revisited. *Journal of Financial Markets*, 15(4):467–491, 2012.

Tarun Chordia, Richard Roll, y Avanidhar Subrahmanyam. Market liquidity and trading activity. *The Journal of Finance*, 56(2):501–530, 2001.

- Rama Cont, Arseniy Kukanov, y Sasha Stoikov. The price impact of order book events. *Journal of Financial Econometrics*, 12(1):47–88, 2014.
- David Easley, Nicholas Kiefer, Maureen O’Hara, y Joseph Paperman. Liquidity, information, and infrequently traded stocks. *The Journal of Finance*, 51(4):1405–1436, 1996.
- Lawrence Glosten y Lawrence Harris. Estimating the components of the bid/ask spreads. *Journal of Financial Economics*, 21(1):123–142, 1988.
- Gur Huberman y Dominika Halka. Systematic liquidity. *Journal of Financial Research*, 24(2):161–178, 2001.
- Albert Kyle. Continuous auctions and insider trading. *Econometrica*, 53(6):1315–1335, 1985.
- Charles Lee, Belinda Mucklow, y Mark Ready. Spreads, depths and the impact of earnings information: An intraday analysis. *The Review of Financial Studies*, 6(2):345–374, 1993.
- Charles Lee y Mark Ready. Inferring trade direction from intraday data. *The Journal of Finance*, 46(2):733–746, 1991.
- Jinliang Li y Chunchi Wu. Daily return volatility, bid-ask spreads, and information flow: Analyzing the information content of volume. *The Journal of Business*, 79(5):2697–2739, 2006.
- Álvaro Cartea, Sebastian Jaimungal, y José Penalva. *ALGORITHMIC AND HIGH FREQUENCY TRADING*. Cambridge University Press, 2015.
- Michael Parkinson. The extreme value method for estimating the variance of the rate of returns. *The Journal of Business*, 53(1):61–65, 1980.
- Michael Piwowar y Li Wei. The sensitivity of effective spread estimates to trade-quote matching algorithms. *Electronic Markets*, 16(2):112–129, 2006.
- Yuxing Yan. A new method to estimate pin (probability of informed trading). *SSRN Electronic Journal*, 2009.

Lan Zhang, Per Mykland, y Yacine Aït-Sahalia. A tale of two time scales: Determining integrated volatility with noisy high-frequency data. *Journal of the American Statistical Association*, 100(472):1394–1411, 2005.