

Indicador Combinado de Liquidez para la Deuda Pública Local Colombiana *

Diego Alejandro Martínez-Cruz **

dmarticr@banrep.gov.co

Banco de la República

Las opiniones contenidas en el presente documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. El autor es el único responsable por errores de contenido

RESUMEN

Este documento describe la evolución de las condiciones de liquidez del mercado de deuda pública colombiano a través de una batería de herramientas que capturan diferentes aspectos de la liquidez. Adicionalmente, se propone un indicador que combina estas herramientas, incorporando un conjunto amplio de información relativa a la liquidez del mercado y que facilita su monitoreo y análisis. Los resultados indican una mejora sostenida en las condiciones de la liquidez de este mercado a lo largo del periodo analizado, y se destacan algunos escenarios en los cuales la liquidez se ha deteriorado y que coinciden con periodos de estrés del mercado financiero colombiano.

Clasificación JEL: C43, E44, E65, H63.

Palabras Clave: liquidez de mercado, indicador combinado, análisis de componentes principales, deuda pública, TES.

* Una versión preliminar de este documento fue presentada como Tesis de Maestría en Economía en la Pontificia Universidad Javeriana. Se agradecen los comentarios y valiosas sugerencias de Pamela Cardozo, Sebastián Rojas, Fredy Gamboa y Carlos Quicazán.

** Profesional Especializado del Departamento de Análisis y Operaciones de Mercados.

Combined Liquidity Indicator for the Colombian Local Sovereign Debt*

Diego Alejandro Martínez-Cruz**

dmarticr@banrep.gov.co

Banco de la República

The opinions contained in this document are the sole responsibility of the author and do not commit *Banco de la República* or its Board of Directors. The author is solely responsible for content errors.

ABSTRACT

This document describes the evolution of the liquidity conditions of the Colombian public debt market, using a set of tools that capture several liquidity characteristics or dimensions. An indicator is proposed, which combines all these tools incorporating a broad set of information related to market liquidity, and facilitates its oversight and analysis. The results of this work indicate a sustained improvement in the liquidity conditions of this market throughout the analyzed period, but identify some scenarios in which liquidity has deteriorated that coincide with periods of stress in the Colombian financial market.

JEL classification: C43, E44, E65, H63.

Keywords: market liquidity, synthetic index, principal component analysis, sovereign local debt.

* A preliminary version of this document was presented as a master thesis in Economics at the Pontificia Universidad Javeriana. I thank the helpful comments and valuable suggestions from Pamela Cardozo, Sebastián Rojas, Fredy Gamboa, and Carlos Quicazán.

** Market Analysis and Operations Department' Specialist.

Tabla de Contenido

Sección 1. Introducción.....	4
Sección 2. Antecedentes.....	4
Sección 3. Marco Teórico y Metodología	7
1. Rigidez (<i>Tightness</i>).....	10
1.1 Estimador del <i>Bid-Ask Spread</i> (BAS) de Corwin y Schultz (2012).....	10
1.2 Estimador del Spread de Roll (1984).....	11
1.3 Conteo de Retornos Nulos.....	11
1.4 Frecuencia de negociación	12
2. Inmediatez (<i>Immediacy</i>).....	13
2.1 Rango de precios diario.....	13
2.2 Desviación estándar diaria de precios.....	13
2.3 Desviación estándar diaria de Corwin y Schultz (2012).....	14
3. Profundidad (<i>Depth</i>).....	14
3.1 Volumen Diario Negociado y Número de Operaciones.....	14
3.2 Tasa de Rotación (<i>Turnover Ratio</i>).....	15
4. Amplitud (<i>Breath</i>).....	16
4.1 Razón de Liquidez de Hui y Heubel (1984).....	16
4.2 Indicador de Iliquidez de Amihud (2002).....	16
4.3 Medida de Iliquidez de Brennan et al. (2013).....	17
5. Resiliencia (<i>Resiliency</i>).....	18
5.1 Coeficiente de Eficiencia de Mercado (MEC).....	18
6. Indicador Combinado y Resultados	18
Sección 4. Conclusiones.....	24
Sección 5. Anexo - Metodología para el cálculo de los ponderadores del indicador combinado	25
Referencias.....	27

Sección 1. Introducción

La literatura relacionada con el análisis de la liquidez en los mercados financieros ha crecido rápidamente durante los últimos años, al tiempo que este análisis se ha constituido como una parte fundamental en la toma de decisiones de los responsables de la política económica, particularmente en lo relacionado con la implementación de la política monetaria y la estabilidad del sistema financiero.

En línea con lo anterior, este documento analiza la evolución de la liquidez del mercado de deuda pública desde el enero del 2000 hasta mayo del 2021. Con este objetivo, se explora una amplia batería de herramientas que describen la estructura de la liquidez en este mercado, y que luego se combinan en un solo indicador que captura simultáneamente distintos aspectos de la liquidez del mercado. Este indicador combinado contribuye a la investigación y al monitoreo preciso y oportuno del mercado de deuda pública local para la toma de decisiones de política pública.

Este documento se compone de seis secciones, iniciando con esta introducción. La sección 2 presenta la revisión de la literatura relacionada con la liquidez de los mercados financieros. La sección 3 define la ruta técnica, describe los datos utilizados, las medidas de liquidez seleccionadas y el procedimiento para combinarlas en un solo indicador de liquidez de mercado, el cual es analizado al final de esa sección. Por último, la sección 4 presenta las conclusiones de este trabajo.

Sección 2. Antecedentes

La literatura relacionada con la liquidez de los mercados financieros es extensa, aunque relativamente reciente. Schäffler y Schmaltz (2009) recopilan trabajos teóricos y empíricos relacionados con este tema y señalan que la investigación empírica en este campo puede dividirse en tres categorías según la pregunta de investigación que se pretenda responder: *i)* ¿cómo medir la liquidez de un mercado?; *ii)* ¿cómo caracterizarla y qué factores la afectan?; y *iii)* ¿cómo la liquidez afecta la formación de precios?

Este trabajo se ubica en el primer grupo toda vez que busca, primero, identificar las herramientas más comunes para medir la evolución de las condiciones de la liquidez del mercado de deuda pública colombiano, y segundo, proponer un único indicador¹ que incorpore conjuntamente toda la información contenida en estas medidas. Al respecto, no existe un consenso en la literatura sobre la mejor herramienta para medir la liquidez y sus componentes, y los avances en este tema para el mercado de deuda pública colombiano son limitados.

Un mercado “líquido” es aquel donde se pueden realizar transacciones de manera ágil y a precios estables, de tal forma que la formación de las cotizaciones no se contamina con los posibles riesgos asociados a no encontrar contrapartes dispuestas a negociar a precios razonables. Así, la liquidez es la base para una adecuada formación de precios, no obstante, la atención de la academia sobre este punto es relativamente reciente. Por ejemplo, la mayoría

¹ Se sigue el trabajo de Broto y Lamas (2016) quienes proponen un indicador que incorpora simultáneamente varias características de la liquidez del mercado de deuda pública y corporativa de los EE.UU.

de los modelos de valoración de activos no incorporan costos transaccionales y la facilidad de transformar el dinero en activos y los activos en dinero, ignorando que en determinados escenarios (como por ejemplo escenarios de crisis) la liquidez del mercado se reduce o incluso puede llegar a desaparecer (Chordia et al., 2005). En particular, en estos escenarios la liquidez es lo más relevante para valorar bonos y determina casi exclusivamente los flujos de portafolio hacia los mercados de renta fija (Beber et al, 2009).

En el caso de economías emergentes, una limitada liquidez es un factor disuasorio de la inversión de portafolio por parte de inversionistas extranjeros institucionales (Chuhan, 1994) y existe evidencia de que la liquidez, junto con el riesgo de crédito, son factores críticos que determinan los diferenciales de rendimientos (Duffie et al, 2003, y Longstaff et al, 2005); al tiempo que mejores condiciones de liquidez están asociadas con menores costos del capital (Bekaert y Harvey, 2000).

Borio (2000) señala dos puntos claves para el impulso de la literatura sobre este tema: la relación de la liquidez con el desarrollo de los mercados financieros en el largo plazo y las crisis financieras de las últimas décadas que resaltaron la importancia de entender su rol en la transmisión de choques en la economía y en la identificación de vulnerabilidades del sistema financiero. En este último punto, el *Committee on the Global Financial System* (CGFS) destaca que mercados financieros más profundos y líquidos, particularmente de activos gubernamentales, son necesarios para asegurar un sistema financiero robusto y eficiente (BIS, 1999). De forma análoga, Sarr y Lybek (2002) señalan que mercados más líquidos tienen una mejor asignación de los recursos y son más eficientes con el uso de la información. Además, una mayor liquidez: *i*) favorece el uso de instrumentos monetarios indirectos² por parte de la autoridad monetaria y, en general, contribuye a la estabilidad del mecanismo de transmisión de la política monetaria; *ii*) le permite a las instituciones financieras afrontar descalces entre activos y pasivos, en moneda y en madurez, lo que fomenta una gestión más eficiente de sus portafolios en periodos de estrés y reduce la probabilidad de que el Banco Central funja como prestamista de última instancia con establecimientos de crédito solventes pero ilíquidos³; y *iii*) hace más atractiva la participación en los mercados financieros.

También se destaca la relación de la liquidez de los mercados con la política monetaria y fiscal. Por ejemplo, Chordia et al. (2005) encuentran para los EE.UU. que las medidas de expansión cuantitativa tuvieron un impacto positivo en la liquidez de los mercados accionario y de deuda en escenarios de crisis (aunque en el último caso el efecto no resultó ser estadísticamente significativo), y que los incrementos sorpresivos de la tasa de los fondos federales están relacionados con una reducción en la liquidez de estos mercados. Por su parte, Flemming y Remolona (1999) muestran cómo los anuncios de política monetaria afectan la liquidez del mercado (provocando ajustes en precios, volúmenes y *bid-ask spreads*). En este sentido, el BIS (2016) indicó que el periodo prolongado de tasas de interés cercanas a cero en los mercados internacionales alteró su dinámica, de tal forma que las condiciones de

² Como lo describen Alexander et al. (1996), los instrumentos indirectos son aquellos que actúan a través del mercado ajustando la demanda o la oferta de las reservas bancarias, tales como las operaciones de mercado abierto, los requerimientos de reserva y las facilidades de préstamo a los bancos. Por su parte, los instrumentos directos son todos aquellos donde el instrumento está relacionado una a uno con el objetivo de la política, siendo los más comunes los controles a las tasas de interés, los límites de crédito y los préstamos dirigidos.

³ La solvencia mide la relación entre el total de activos y pasivos de una entidad e indica, de forma general, si ésta cuenta con los recursos para atender sus obligaciones. No obstante, la solvencia no necesariamente implica liquidez, pues la garantía de una deuda puede ser un activo con poca liquidez, como por ejemplo activos fijos de alto valor.

liquidez podrían deteriorarse significativamente cuando se observaran las primeras señales de normalización de la política monetaria en economías desarrolladas.

El Fondo Monetario Internacional (IMF, 2015)⁴ señaló que las medidas no convencionales de expansión cuantitativa implementadas por bancos centrales de economías desarrolladas luego de la crisis de 2008 afectaron la liquidez de los mercados a través de tres canales. El primero corresponde al *fondeo de los bancos* el cual consiste en que las compras de activos de largo plazo por parte de los bancos centrales redujeron las restricciones de fondeo de los bancos comerciales, quienes a su vez transmiten las mejores condiciones de crédito al mercado mejorando la liquidez. El segundo canal es el del *funcionamiento del mercado*, donde las compras de activos afectan directamente la liquidez de los valores adquiridos al reducir las fricciones de búsqueda de contraparte para negociarlos. En este caso, la presencia de un comprador comprometido y solvente en el mercado reduce la prima de liquidez de estos valores, mejorando sus condiciones y las del mercado en general. Sin embargo, en caso de que los activos se vuelvan escasos como resultado de las compras del banco central, el efecto se invierte. Por ejemplo, existe evidencia de que las compras de títulos de deuda pública de alta calidad en los EE.UU. pudieron haber reducido el monto total de los valores colateralizables, y con ello la liquidez en los mercados de repos. El tercer canal corresponde al del *apetito por riesgo*, en el que la postura de política monetaria expansiva incrementa la demanda de activos de mayor riesgo, lo que conlleva a un incremento de los inventarios y una mayor propensión a negociar con otros participantes en el mercado.

Ante este escenario, se anticipa que los bancos centrales prestarán cada vez mayor atención a la liquidez de los mercados financieros en el cumplimiento de sus objetivos de política monetaria y de estabilidad financiera.

Unas condiciones adecuadas de liquidez son necesarias en el caso de la política monetaria para el desarrollo de las operaciones de mercado abierto del Banco Central y para alinear las expectativas de los agentes a través de los precios de activos financieros. En el caso de la estabilidad del sistema financiero permiten monitorear e identificar oportunamente las vulnerabilidades del sistema a través de la evolución de los precios de los activos, toda vez que estos últimos reflejan las perspectivas de los agentes del mercado y su balance de riesgos (Borio 2000).

El BIS (2016) destaca que la liquidez del mercado de renta fija desempeña un rol primordial en la conducción de los objetivos del Banco Central, por lo que es prioritario su monitoreo permanente y el de los factores que la afectan en episodios de estrés. Además, McCauley y Remolona (2000) indican que la mayoría de los Gobiernos deben orientar políticas para fomentar la liquidez de sus mercados, y en el caso de economías emergentes esto ha conducido a un mayor desarrollo de sus mercados de deuda y mejores condiciones de financiamiento.

En síntesis, la literatura sugiere que el monitoreo y análisis de la liquidez del mercado, particularmente el de deuda pública, es esencial para la toma de decisiones por parte de los responsables de ejecutar la política económica.

⁴ Por sus siglas en inglés, *International Monetary Fund*.

Sección 3. Marco Teórico y Metodología

La liquidez se compone de varias dimensiones o características, como por ejemplo la profundidad del mercado o la capacidad de los precios de ajustarse rápidamente a su nivel de equilibrio, las cuales usualmente se miden a través de distintos indicadores. Sin embargo, no existe un consenso sobre una medida ideal para capturar cada una de ellas y no es común contar con herramientas que capturen simultáneamente varias dimensiones de la liquidez.

El presente trabajo recopila distintas medidas ampliamente utilizadas por el mercado para medir la liquidez de los mercados financieros, y que reflejan a su vez varias dimensiones de esta. Luego, como se indicó, se propone una herramienta que combinará todas estas herramientas. En este punto en particular, la OECD (2008) señala que un indicador de esta naturaleza tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Tabla 1. Ventajas y Desventajas del Indicador Compuesto

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> · Sintetizan realidades complejas y multidimensionales con el fin de apoyar la toma de decisiones. · Son más fáciles de interpretar que una batería de muchos indicadores por separado. · Permiten evaluar el progreso en el tiempo de la variable que buscan reflejar. · Reducen conjuntos de indicadores sin perder información, y permiten incluir más información sin afectar su dimensión. · Dan mayor visibilidad al factor que miden en el campo político. · Facilitan la comunicación con el público y promueven la rendición de cuentas. · Ayudan a construir/apoyar narrativas para públicos especializados y no especializados. · Permiten comparar dimensiones complejas con mayor eficacia. 	<ul style="list-style-type: none"> · Pueden dar mensajes de política incorrectos si están mal contruidos o mal interpretados. · Pueden inducir a conclusiones políticas simplistas. · Puede ser manipulados para apoyar una política deseada, si su construcción no es transparente y/o carece de principios estadísticos o conceptuales sólidos. · La selección de los indicadores que lo componen y sus ponderaciones pueden ser objeto de disputa política. · Pueden ocultar fallas graves en alguna(s) dimensión(es) e incrementar la dificultad de identificar acciones correctivas apropiadas, si su construcción no es transparente. · Pueden conducir a políticas inadecuadas si ignoran dimensiones difíciles de medir.

FUENTE: OECD (2008)

En la siguiente sección se describen distintas medidas de liquidez para el mercado de deuda colombiano entre enero del 2000 y mayo del 2021, que se combinarán siguiendo la metodología propuesta por Broto y Lamas (2016)⁵, dando como resultado un indicador combinado de liquidez para el mercado de deuda soberana local denominada en pesos y UVR para todo el periodo analizado.

La liquidez y los costos transaccionales son factores usualmente difíciles de medir (Bekaert et al, 2007) y es complicado agrupar las distintas características de la liquidez en un solo

⁵ Estos autores proponen un indicador combinado de liquidez para el mercado de deuda soberana y corporativa de los EE.UU. que incorpora simultáneamente la información relacionada con cada una de las dimensiones de la liquidez de mercado.

indicador (Amihud et al, 2006 y Tirole, 2011). Tal como indica Borio (2000), es más fácil reconocer la liquidez de mercado que definirla, pues contempla varias dimensiones o características que no siempre se pueden identificar con claridad y no es posible capturarlas a través de una sola herramienta (Amihud et al, 2006). Además, la liquidez es una variable no observable y, tal como se señaló, no existe un consenso en la literatura sobre cómo medir cada una de sus dimensiones. Más aun, la elección sobre qué variables analizar depende de la pregunta empírica, del tipo de activo que se esté estudiando y de la disponibilidad de información.

Siendo la liquidez la capacidad de comprar o vender un activo de manera rápida sin que tenga un efecto significativo sobre su precio, Sarr y Lybek (2002) señalan que esta tiende a exhibir cinco características (o dimensiones) principales:

- i) La rigidez (*tightness*), que se refiere a bajos costos transaccionales dentro de un mercado y típicamente se mide a través de las diferencias entre las posturas de compra y de venta.
- ii) La inmediatez (*immediacy*) o velocidad a la que se pueden ejecutar órdenes de compraventa, que refleja la eficiencia de negociar y liquidar las transacciones.
- iii) La profundidad (*depth*) que se caracteriza por la existencia de numerosas ordenes de transacción.
- iv) La amplitud (*breath*) que se traduce en que las órdenes de compraventa son numerosas y de gran volumen, aunque su impacto sobre el precio es limitado.
- v) La resiliencia (*resiliency*) que es la capacidad del mercado para retornar a sus precios de equilibrio o, equivalentemente, la velocidad con la que se disuelven choques temporales en los precios.

Pese a que no existe un consenso sobre qué herramienta utilizar para medir cada una de estas características ni la forma en las que podrían ser agregadas en un solo indicador, trabajos como los de Broto y Lamas (2016) y da Silva (2013) proponen herramientas que combinan la información de distintas medidas utilizadas comúnmente para capturar estas dimensiones, proponiendo instrumentos robustos para monitorear las condiciones de liquidez de los mercados financieros.

Para este trabajo se utilizan los registros de las transacciones diarias sobre títulos de deuda pública emitidos en el mercado local denominados tanto en pesos como en UVR (TES pesos y TES UVR, respectivamente), en el periodo comprendido entre enero del 2000⁶ y mayo del 2021, siendo la fuente de información el Departamento de Fiduciaria y Valores del Banco de la República (BR).

Como se señaló, cada uno de los indicadores de liquidez de mercado que se describen más adelante se combinarán en un solo indicador siguiendo la metodología de Broto y Lamas (2016)⁷. Debido a que las medidas de liquidez no son homogéneas, es necesario transformarlas antes de combinarlas. Estos autores señalan que una alternativa común es la normalización, pero este procedimiento ignora que las variables tienen distintas escalas y los resultados no son comparables, además sus resultados son sensibles a valores atípicos lo que

⁶ En el caso de los TES UVR, se cuenta con información a partir de septiembre del 2000.

⁷ Cabe señalar que Broto y Lamas (2016) combinan las siguientes medidas de liquidez: el estimador del BAS de Corwin y Schulz (2012), el rango diario de precios, el volumen negociado, el volumen diario negociado, la tasa de rotación (*turnover ratio*), el indicador de liquidez de Amihud (2002), la razón de liquidez de Hui y Heubel (1984) y el coeficiente de eficiencia de mercado (MEC, por sus siglas en inglés).

puede limitar su aporte informativo. Por lo anterior, proponen transformar cada índice por medio de su función de distribución acumulativa empírica.

Para ello, primero se ordenan los valores de cada medida tal que cada serie $x = (x_1, x_2, \dots, x_T)$ con T observaciones es transformada en una serie $x^* = (x_{[1]}, x_{[2]}, \dots, x_{[T]})$. El ordenamiento de x^* se realiza teniendo en cuenta si un incremento de x refleja mayor o menor liquidez. Si un aumento de x se interpreta como un deterioro de las condiciones de liquidez del mercado (como por ejemplo los indicadores de *spread* de precios), $x_{[1]}$ corresponderá al valor más bajo de la serie y $x_{[T]}$ al más alto.

En el caso contrario, es decir, si un aumento de x refleja mejores condiciones de liquidez (como por ejemplo el volumen de negociación), la serie se ordena entonces de mayor a menor siendo $x_{[1]}$ el valor más alto y $x_{[T]}$ el más bajo. Lo anterior asegura que, al combinar las series, estas tengan la misma “dirección” en relación con la lectura de las condiciones de la liquidez del mercado, de tal manera que un aumento pueda ser interpretado como un deterioro de la liquidez, y una disminución como una mejoría de esta.

Luego, denotando $r_{[t]}$ como la posición de $x_{[t]}$ dentro de la muestra ordenada (x^*), la medida de liquidez se ajusta como sigue:

$$z_t = \frac{r_{[t]}}{T} \text{ para } x_{[r_{[t]}} \leq x_t < x_{[r_{[t]}+1]}, r = 1, 2, \dots, T.$$

Lo anterior tiene dos implicaciones que destacan los autores. La primera es que la distancia entre dos puntos consecutivos dentro de la serie z_t es igual a $1/T$, lo cual provoca pérdida de información en las colas de la distribución, especialmente cuando la distancia entre los puntos de la serie original es amplia (esto, por otra parte, disuelve el efecto de datos atípicos). La segunda implicación, y en línea con lo anterior, es el mayor aporte informativo de los puntos ubicados alrededor de la media, lo que mejora la capacidad de detectar señales tempranas de cambio en los indicadores⁸.

A continuación, se describen las medidas según la característica de la liquidez que reflejan y se comparan con su versión ajustada. Tanto para los TES denominados en pesos como aquellos denominados en UVR, los cálculos se realizan con frecuencia diaria para cada referencia o título TES, y luego se promedian para cada día según su denominación (salvo aquellas medidas descritas en el numeral 3.1, que corresponden al monto total transado y al número total de operaciones realizadas cada día para lo cual solo se agregan). Por último, y para facilitar su lectura dado el extenso periodo de análisis, se presentan los resultados promediados mensualmente para TES pesos y para TES UVR.

⁸ A modo de ejemplo, suponga una serie diaria de montos negociados en billones de pesos para un intervalo de 10 días de la forma $x = (23, 12, 18, 50, 11, 19, 22, 15, 14, 21)$ siendo $T=10$, de manera que $r_{[t]} = (2, 9, 6, 1, 10, 5, 3, 7, 8, 4)$. Esto es, la posición de cada observación dentro de la serie ordenada x^* en donde $x_{[1]}$ es el valor más alto (50) y $x_{[10]}$ el más bajo (11), toda vez que un mayor volumen de negociación refleja mejores condiciones de liquidez. En este caso, la serie transformada resultaría de la forma $z_t = (0.2, 0.9, 0.6, 0.1, 1.0, 0.5, 0.3, 0.7, 0.8, 0.4)$. Este ejemplo permite identificar, primero, como la unidad de medida de x resulta irrelevante luego de la transformación, y segundo, cómo el aporte informativo de valores extremos de la serie se reduce en la serie transformada, pues la diferencia entre el valor máximo de la serie, 50, frente al siguiente valor más alto, 23, se reduce a $1/T = 0.1$ en $r_{[t]}$, diferencia contante para cada uno de los puntos consecutivos en la serie transformada.

1. Rigidez (*Tightness*)

1.1 Estimador del *Bid-Ask Spread* (BAS) de Corwin y Schultz (2012)

El BAS es la diferencia entre las posturas de compra y venta de un activo y refleja el costo de transarlo. Una menor brecha indica mayor liquidez porque es más fácil transar el activo toda vez que hay un mayor número de agentes del mercado dispuestos a comprarlo o venderlo a precios similares. Por el contrario, una brecha más alta refleja la dificultad de que coincidan las posturas de compra y venta, y su negociación es menos fluida.

Este estimador resulta útil cuando no se cuenta con la información específica de las posturas de compra y venta, toda vez que supone que los precios altos son operaciones iniciadas por el comprador y los precios bajos son operaciones iniciadas por el vendedor, por lo que su diferencia se interpreta como un BAS intrínseco. Estos autores derivan un estimador del BAS como función de los márgenes entre precios altos y bajos en intervalos de 1 y 2 días de la siguiente forma:

$$Spread = \frac{2(e^\alpha - 1)}{1 + e^\alpha}$$

Dónde: $\alpha = \frac{\sqrt{2\beta} - \sqrt{\beta}}{3 - 2\sqrt{2}} - \sqrt{\frac{\gamma}{3 - 2\sqrt{2}}}$, $\gamma = \left[\ln \left(\frac{H_{t,t+1}^o}{L_{t,t+1}^o} \right) \right]^2$ ($H_{t,t+1}^o$ es el precio más alto en un intervalo de 2 días hábiles (t y $t + 1$) y $L_{t,t+1}^o$ es el precio más bajo) y $\beta = E \left\{ \sum_{j=0}^1 \left[\ln \left(\frac{H_{t+j}^o}{L_{t+j}^o} \right) \right]^2 \right\}$ (H_{t+j}^o y L_{t+j}^o son los precios más alto y más bajo observados el día $t + j$, respectivamente).

Es importante destacar que este indicador supone que los activos se negocian continuamente mientras el mercado se encuentra abierto, y que los precios no cambian mientras el mercado está cerrado. Para asegurar estos dos supuestos los autores proponen ajustes para las jornadas en las que se tiene sólo una negociación o ninguna, y para las variaciones que se puedan dar entre el precio de cierre de una fecha y el precio de apertura en la siguiente jornada de negociación. Para el caso de deuda pública local no se aplican estos ajustes por limitaciones de la base de datos.

Gráfico 1. BAS de Corwin y Schultz (2012)
TES Pesos – Promedio Mensual

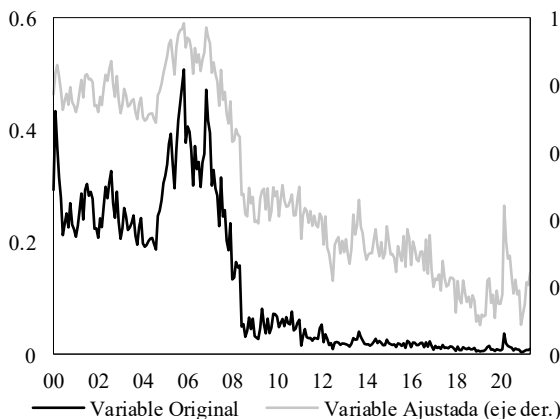
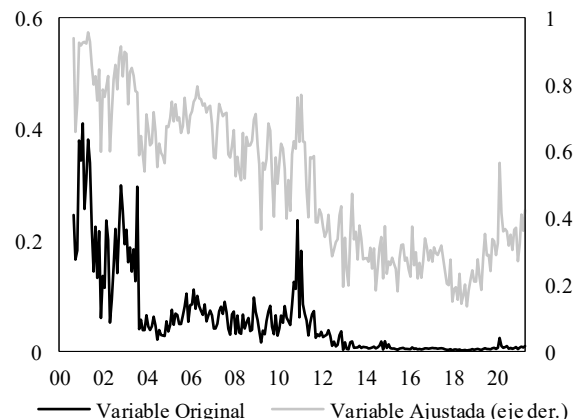


Gráfico 2. BAS de Corwin y Schultz (2012)
TES UVR – Promedio Mensual



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

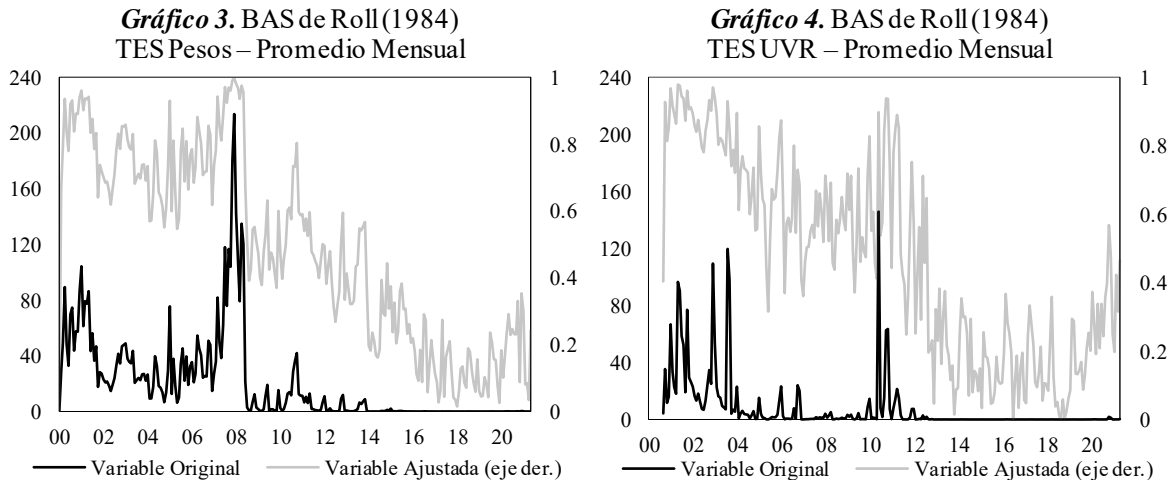
En los Gráficos 1 y 2 se presentan los resultados junto con sus versiones ajustadas para TES pesos y TES UVR, respectivamente.

1.2 Estimador del Spread de Roll (1984)

Corresponde a una versión del estimador de los costos transaccionales en función de los precios de los bonos de Roll (1984) presentado por Goyenko et al. (2009), tal como sigue:

$$Spread = \begin{cases} 2\sqrt{-cov(\Delta P_t, \Delta P_{t-1})} & \text{Si } cov(\cdot) < 0 \\ 0 & \text{Si } cov(\cdot) \geq 0 \end{cases}$$

Donde $\Delta P_t \equiv P_t - P_{t-1}$. En este caso la medida se construye con una ventana móvil de 21 días hábiles (Gráficos 3 y 4).



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

1.3 Conteo de Retornos Nulos

Lesmond et al. (1999) proponen una manera de medir los costos transaccionales a través de la incidencia de retornos iguales a cero. Suponen que los agentes no comercian un activo si el valor de una señal de información no compensa sus costos transaccionales, generando retornos nulos. En línea con lo anterior, se estiman los siguientes dos indicadores:

$$Ceros_1 = \frac{N^\circ \text{ de días con } r_t = 0 \text{ en } T}{T = 21 \text{ días hábiles}}$$

$$Ceros_2 = \frac{N^\circ \text{ de días con } r_t = 0 \text{ en } T \text{ donde el volumen transado es positivo}}{T = 21 \text{ días hábiles}}$$

Además, en el caso de $Ceros_1$ se supone retorno diario igual a cero si el TES no se negocia.

Gráfico 5. $Ceros_1$
TES Pesos – Promedio Mensual

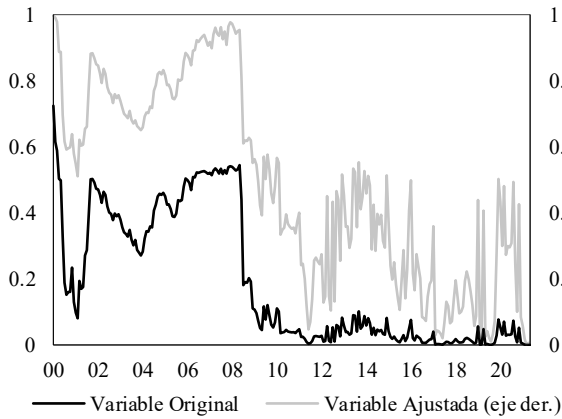


Gráfico 6. $Ceros_1$
TES UVR – Promedio Mensual

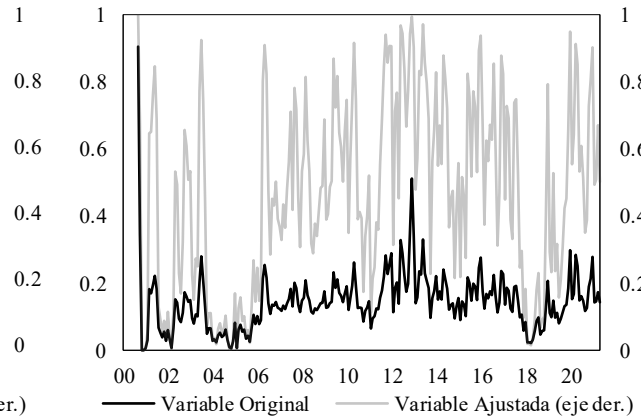


Gráfico 7. $Ceros_2$
TES Pesos – Promedio Mensual

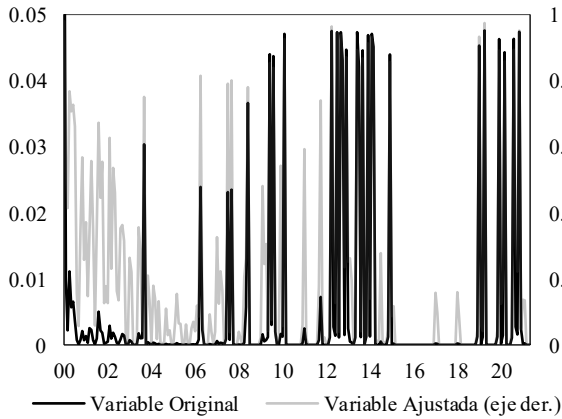
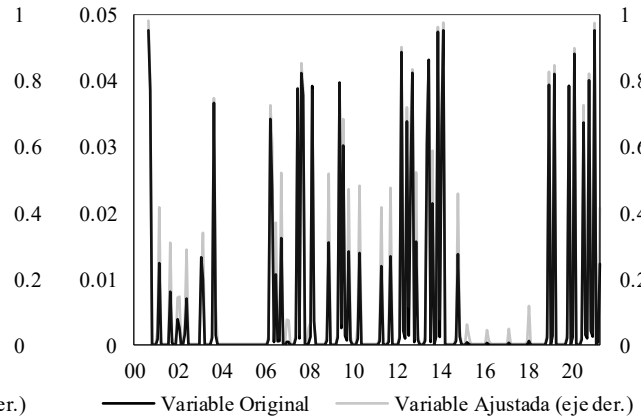


Gráfico 8. $Ceros_2$
TES UVR – Promedio Mensual



Fuente: BR. Cálculos del autor.

La marcada diferencia entre ambos indicadores se debe a que es poco usual observar retornos nulos cuando el mercado registra transacciones, por lo que $Ceros_1$ (Gráficos 5 y 6) refleja principalmente la frecuencia de días en que los TES no fueron negociados. Por su parte, $Ceros_2$ (Gráficos 7 y 8) no presenta un patrón claro de transición de las condiciones de la liquidez del mercado de deuda pública a lo largo del periodo analizado.

Bekaert et al. (2007) utilizan una versión de estos indicadores para medir la liquidez de mercados de renta variable de economías emergentes, destacando su utilidad para predecir retornos en comparación con otras alternativas como la tasa de rotación (*turnover ratio*).

1.4 Frecuencia de negociación

Una menor frecuencia de negociación puede estar relacionada, entre otros factores, con mayores costos transaccionales. Con base en lo anterior, se propone una medida que cuenta el número de sesiones en las que cada título no se negoció dentro de los últimos 21 días hábiles (y se divide por 21). Los resultados son similares a los obtenidos con $Ceros_1$ (Gráficos 9 y 10).

Gráfico 9. Frecuencia de Negociación
TES Pesos – Promedio Mensual

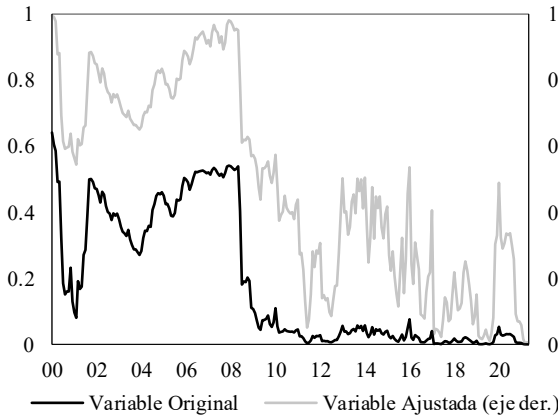
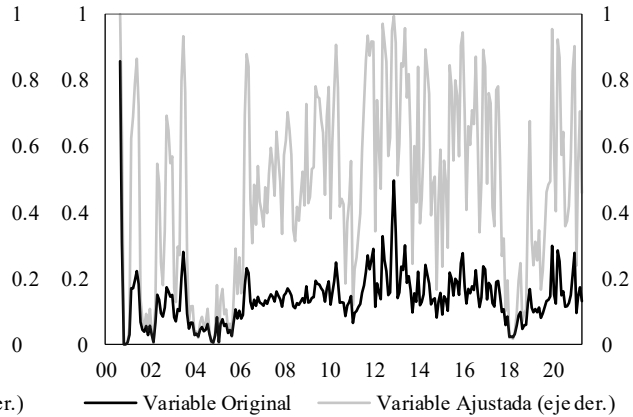


Gráfico 10. Frecuencia de Negociación
TES UVR – Promedio Mensual



Fuente: BR. Cálculos del autor.

2. Inmediatez (*Immediacy*)

2.1 Rango de precios diario

La mayor diferencia entre el precio máximo y mínimo de un activo en una sesión de negociación puede estar relacionada con una menor velocidad a la cual se pueden efectuar transacciones o, equivalentemente, una mayor dispersión de los precios puede reflejar la menor capacidad del mercado para absorber nuevas órdenes de transacción. Este indicador se construye como la diferencia entre el precio más alto (H_t^o) y el precio más bajo (L_t^o) observados cada día para cada referencia (*Gráficos 11 y 12*).

Gráfico 11. Rango de Precios
TES Pesos – Promedio Mensual

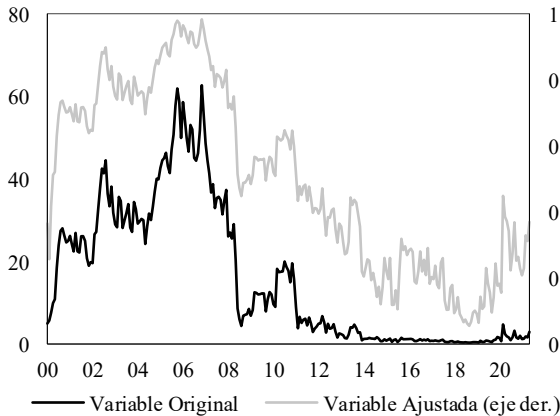
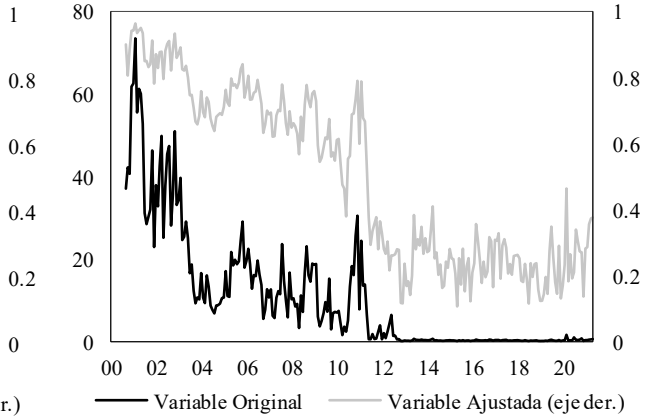


Gráfico 12. Rango de Precios
TES UVR – Promedio Mensual



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

2.2 Desviación estándar diaria de precios

De forma equivalente al indicador anterior, mayor dispersión de los precios puede relacionarse con menor inmediatez de ejecución de las transacciones en el mercado. Los resultados son similares a los del indicador anterior (*Gráficos 13 y 14*).

Gráfico 13. Desviación Estándar de Precios TES Pesos – Promedio Mensual

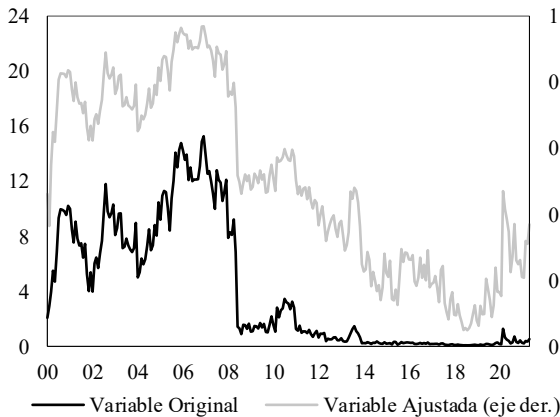
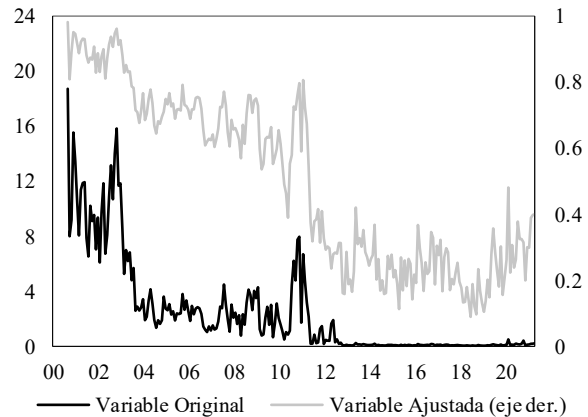


Gráfico 14. Desviación Estándar de Precios TES UVR – Promedio Mensual



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

2.3 Desviación estándar diaria de Corwin y Schultz (2012)

Estos autores proponen un estimador de la desviación de los precios de la forma:

$$\sigma_{HL} = \frac{\sqrt{\beta/2} - \sqrt{\beta}}{k_2(3-2\sqrt{2})} - \sqrt{\frac{\gamma}{k_2^2(3-2\sqrt{2})}} \text{ donde } k_2 = \sqrt{8/\pi} \text{ (y } \beta, \gamma \text{ descritos en 1.1, Gráficos 15 y 16).}$$

Gráfico 15. Desviación de Corwin y Schultz TES Pesos – Promedio Mensual

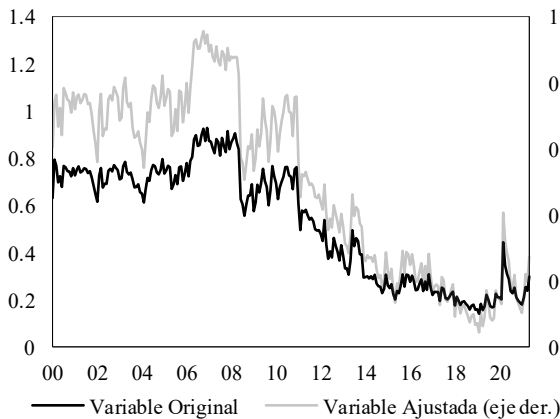
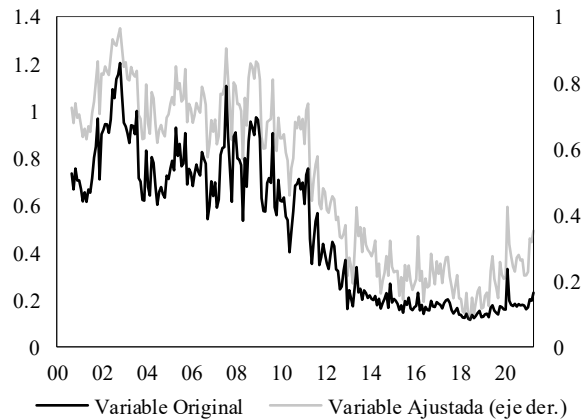


Gráfico 16. Desviación de Corwin y Schultz TES UVR – Promedio Mensual



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

3. Profundidad (Depth)

3.1 Volumen Diario Negociado y Número de Operaciones

Una de las formas más habituales y sencillas de medir la profundidad del mercado, y en consecuencia su liquidez, es a través del monto negociado total diario y el número de operaciones ejecutadas cada día (Gráficos 17, 18, 19 y 20).

Gráfico 17. Volumen Negociado (\$billones)
TES Pesos – Promedio Mensual

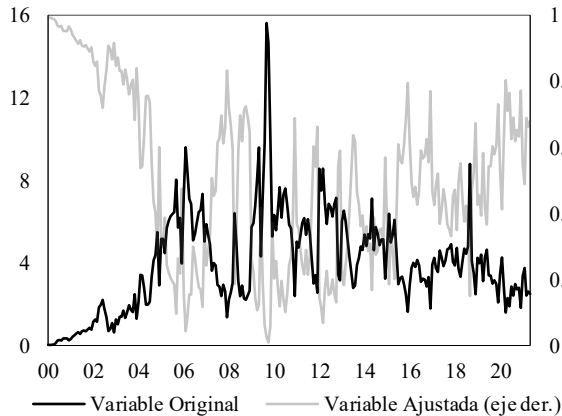
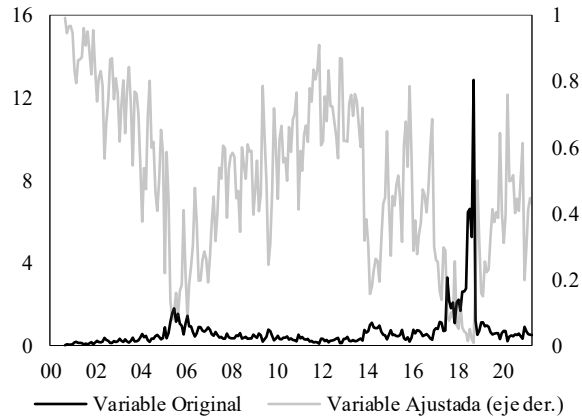


Gráfico 18. Volumen Negociado (\$billones)
TES UVR – Promedio Mensual



Fuente: BR. Cálculos del autor.

Gráfico 19. Número de Operaciones (miles)
TES Pesos – Promedio Mensual

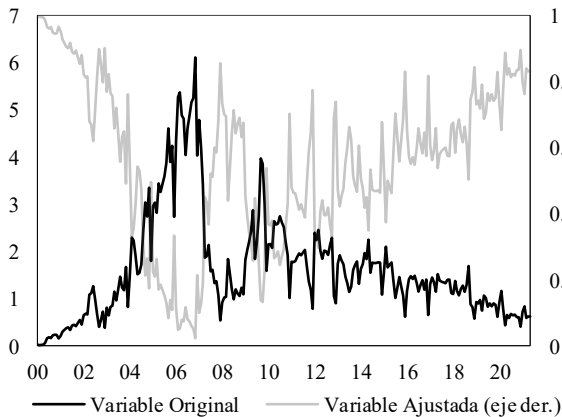
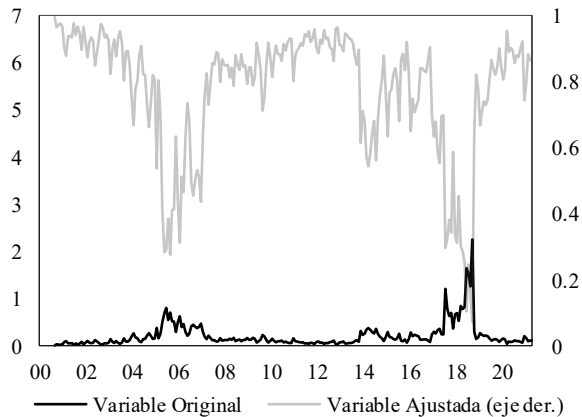


Gráfico 20. Número de Operaciones (miles)
TES UVR – Promedio Mensual



Fuente: BR. Cálculos del autor.

3.2 Tasa de Rotación (*Turnover Ratio*)

Corresponde al porcentaje transado de un título durante un periodo de tiempo determinado, relativo al monto disponible de ese título para negociar. La ventaja de este indicador frente al monto negociado es que incorpora el hecho de que emisiones más grandes tienden a ser más transadas. El indicador se construye como sigue:

$$\text{Turnover} = \text{Volúmen Transado en } t / \text{Saldo en Circulación en } t$$

Los resultados coinciden con las medidas de profundidad previamente descritas (*Gráficos 21 y 22*).

Gráfico 21. Turnover
TES Pesos – Promedio Mensual

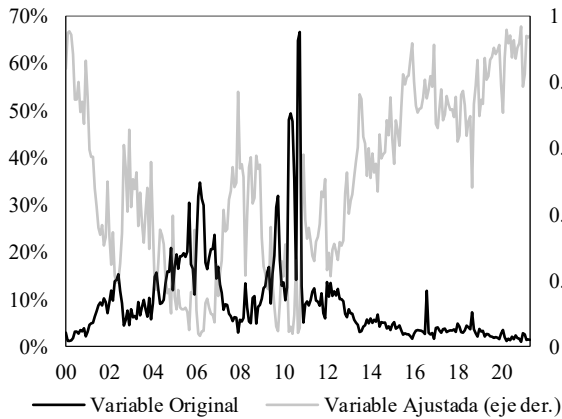
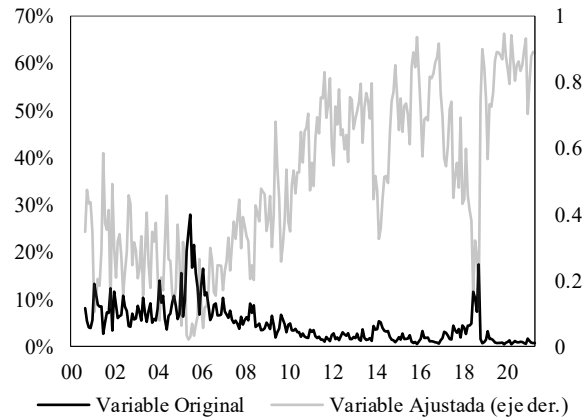


Gráfico 22. Turnover
TES UVR – Promedio Mensual



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

4. Amplitud (*Breath*)

4.1 Razón de Liquidez de Hui y Heubel (1984)

Este indicador combina la información de los montos transados con la volatilidad de los precios para determinar si el mercado es líquido o no. Se construye de la siguiente manera:

$$HH = \frac{\left(\frac{H_t^o - L_t^o}{L_t^o}\right)}{\text{Turnover}}, \text{ utilizando el Turnover descrito en el numeral anterior.}$$

Donde H_t^o y L_t^o son los precios más alto y más bajo registrados el día t . Entre mayor es este indicador, menor es la liquidez del bono porque implica un menor monto transado junto con una alta volatilidad de su precio (*Gráficos 23 y 24*).

Gráfico 23: HH
TES Pesos – Promedio Mensual

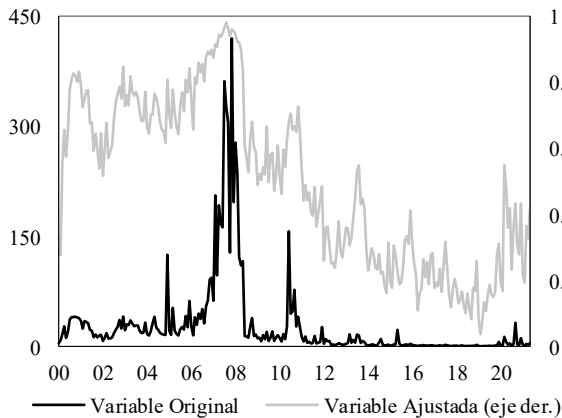
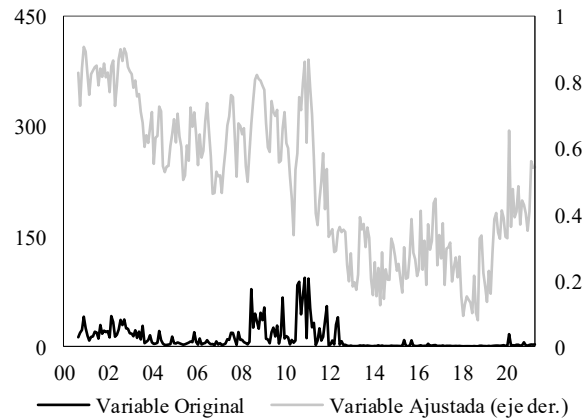


Gráfico 24: HH
TES UVR – Promedio Mensual



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

4.2 Indicador de Iliquidez de Amihud (2002)

Este indicador combina la información de volúmenes y precios identificando periodos de iliquidez del mercado como coyunturas en las que se presentan variaciones significativas de precios junto con volúmenes bajos de negociación.

$$Illiq = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D \frac{|r_i|}{Vol_i}$$

Dónde D es el número total de días hábiles dentro del intervalo móvil de tiempo (21), r_i es el retorno diario del activo en el día i y Vol_i es el volumen transado del activo ese mismo día. Su interpretación es equivalente a la de la razón HH (Gráficos 25 y 26).

Gráfico 25. Iliquidez de Amihud (2002)
TES Pesos – Promedio Mensual

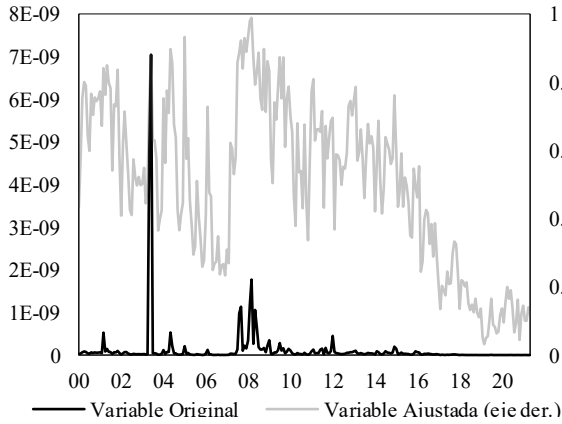
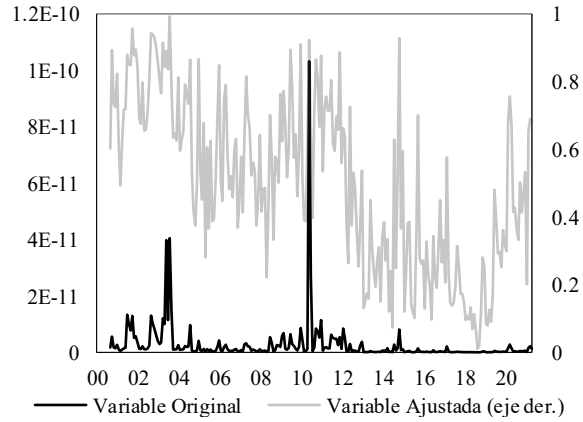


Gráfico 26. Iliquidez de Amihud (2002)
TES UVR – Promedio Mensual



FUENTE: BR. CÁLCULOS DEL AUTOR.

4.3 Medida de Iliquidez de Brennan et al. (2013)

Este indicador es una extensión del indicador de iliquidez de Amihud (2002) que incorpora la tasa de rotación:

$$BHS = \frac{1}{D_T} \sum_{i=1}^{D_T} \frac{|r_i|}{Turnover_i}$$

Los resultados son similares al caso anterior (Gráficos 27 y 28).

Gráfico 27. BHS
TES Pesos – Promedio Mensual

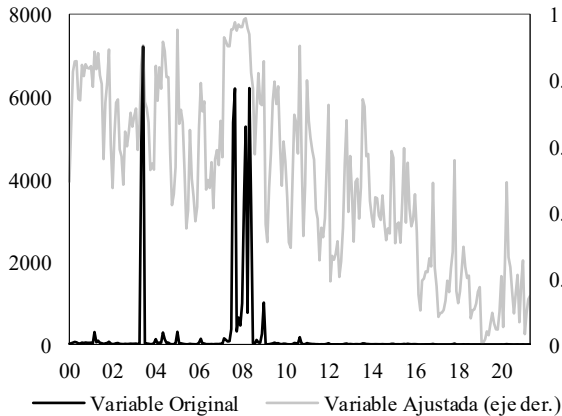
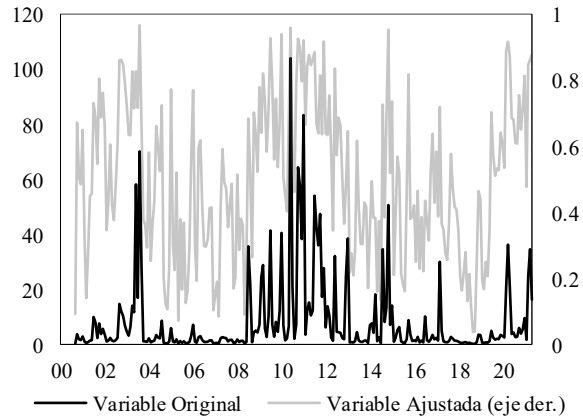


Gráfico 28. BHS
TES UVR – Promedio Mensual



Fuente: BR. Cálculos del autor.

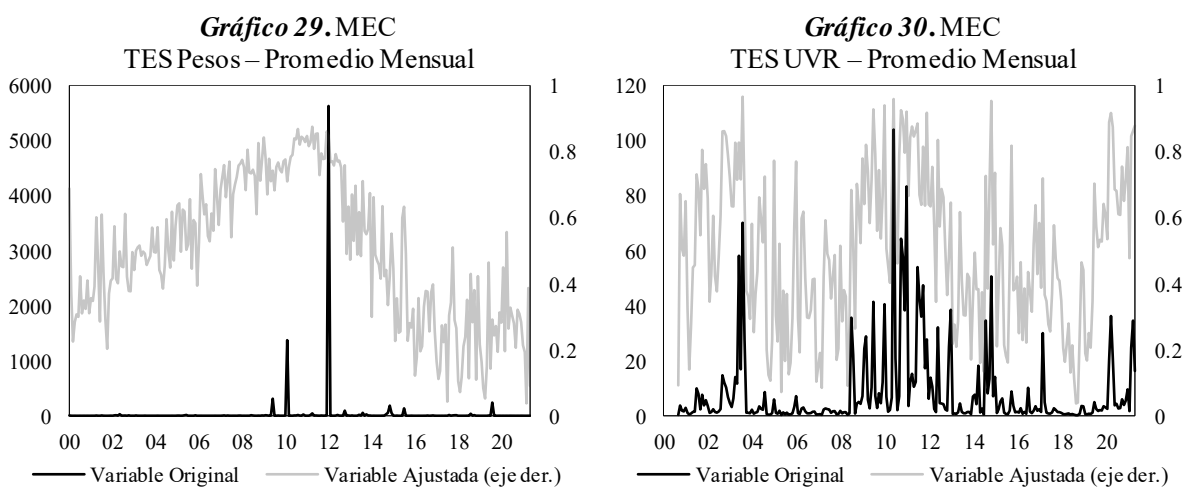
5. Resiliencia (*Resiliency*)

5.1 Coeficiente de Eficiencia de Mercado (MEC)⁹

Propuesto por Hasbrouck y Schwartz (1988), este indicador parte de la información de precios y calcula la razón entre las varianzas de los retornos a corto y largo plazo de los precios, como sigue:

$$MEC^* = \frac{Var(R_t)}{T \cdot Var(r_t)}$$

Dónde $Var(R_t)$ es la varianza de los retornos de largo plazo (semanales, que se aproximan con los retornos de los precios cada 5 días hábiles), $Var(r_t)$ es la varianza de los retornos de corto plazo (diarios) y T es el número de periodos cortos en uno largo (5 días hábiles). Las varianzas se calculan para ventanas móviles de 1 mes (21 días hábiles). Un MEC^* cercano a uno (1) refleja un mercado resiliente, mientras que desviaciones de 1 son señales de iliquidez del mercado. En línea con lo anterior, esta variable es ajustada de la forma $MEC = |1 - MEC^*|$ de manera que un incremento refleje un deterioro de la liquidez. Vale la pena destacar la presencia de valores atípicos muy por encima de 1 relacionados principalmente con títulos con baja frecuencia de negociación (*Gráficos 29 y 30*).



Fuente: BR. Cálculos del autor.

6. Indicador Combinado y Resultados

Según cada denominación (TES pesos o TES UVR), los indicadores previamente descritos se combinan utilizando la metodología de la OECD (2008) descrita en el *Anexo*. Este procedimiento parte del análisis de componentes principales (ACP) para reducir la dimensión del conjunto de información y representarlo óptimamente con un conjunto de datos más pequeño, y en este sentido facilitar la identificación de variables “latentes” o no observadas (Peña, 2002).

En su mayoría, las variables descritas anteriormente registran una correlación positiva y estadísticamente significativa tanto para los TES pesos como para los TES UVR (*Tabla 2*). Lo anterior explica que, si bien las ponderaciones calculadas para los 15 indicadores son

⁹ Por sus siglas en inglés, *Market Efficiency Coefficient*.

heterogéneas, son similares de tal manera que el indicador combinado se enriquece de todo el conjunto de información.

Tabla 2. Coeficientes de Correlación (TES Pesos negro, TES UVR a azul)

	Spread CS	Spread Roll	Ceros 1	Ceros 2	Frecuencia	Rango Precios	Dev. Precios	Dev. CS	Volúmen Neg.	Nº Operaciones	Turnover	Razón HH	Iliq Amihud	Razón BHS	MEC
RIGIDEZ (TIGHTNESS)	1														
Spread CS	0.763***														
Spread Roll	0.620***	1													
Ceros 1	0.788***	0.772***	1												
Ceros 2	0.0659***	0.0724***	0.250***	1											
Frecuencia	-0.0227	-0.0440**	0.306***	0.100***	1										
Rango Precios	0.802***	0.790***	0.975***	0.131***	0.825***	0.798***	0.777***	0.0235	0.787***						
Dev. Precios	0.696***	0.737***	-0.319***	-0.0374**	-0.316***	0.838***	0.836***	0.800***	0.0549***	0.809***	0.975***				
Dev. CS	0.707***	0.757***	-0.287***	-0.0293*	-0.283***	0.840***	0.822***	0.779***	0.0616***	0.796***	0.863***	0.874***			
Volúmen Neg.	0.804***	0.713***	-0.225***	-0.0157	-0.221***	0.177***	0.227***	0.201***	0.156***	0.196***	0.0663***	0.141***	0.0967***		
Nº Operaciones	0.270***	0.397***	0.171***	0.0489***	0.175***	-0.181***	-0.0872***	-0.148***	0.178***	-0.163***	-0.308***	-0.224***	-0.232***	0.862***	
Turnover	0.167***	0.284***	0.296***	0.0994***	0.293***	-0.472***	-0.452***	-0.445***	0.0411**	-0.458***	-0.614***	-0.536***	-0.560***	0.551***	0.753***
Razón HH	-0.426***	-0.474***	0.369***	0.0577***	0.368***	0.709***	0.780***	0.722***	0.0349*	0.735***	0.859***	0.897***	0.804***	0.207***	-0.122***
Iliq Amihud	0.624***	0.641***	-0.192***	-0.0119	-0.189***	0.413***	0.532***	0.399***	0.138***	0.411***	0.334***	0.374***	0.487***	0.0900***	-0.0336*
Razón BHS	0.522***	0.699***	-0.0528***	-0.00301	-0.0472***	0.825***	0.785***	0.675***	0.0860***	0.700***	0.603***	0.846***	0.693***	0.220***	-0.0410**
MEC	0.179***	0.338***	0.171***	0.0556***	0.169***	0.215***	0.328***	0.245***	0.0363**	0.249***	0.313***	0.305***	0.383***	-0.250***	-0.323***
	0.374***	0.535***	-0.0999***	-0.0237	-0.0938***	0.431***	0.449***	0.516***	0.255***	0.202***	-0.313***	0.396***	0.424***	0.199***	

Fuente: BR. Cálculos del autor. *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Estas correlaciones también explican los resultados del ACP. En la *Tabla 3* se destaca que los primeros 4 componentes principales (CP)¹⁰ explican aproximadamente el 86% de la variabilidad total del conjunto de información para los TES en pesos, y el 79% en el caso de los TES denominados en UVR.

Tabla 3. Eigenvalores Asociados al ACP

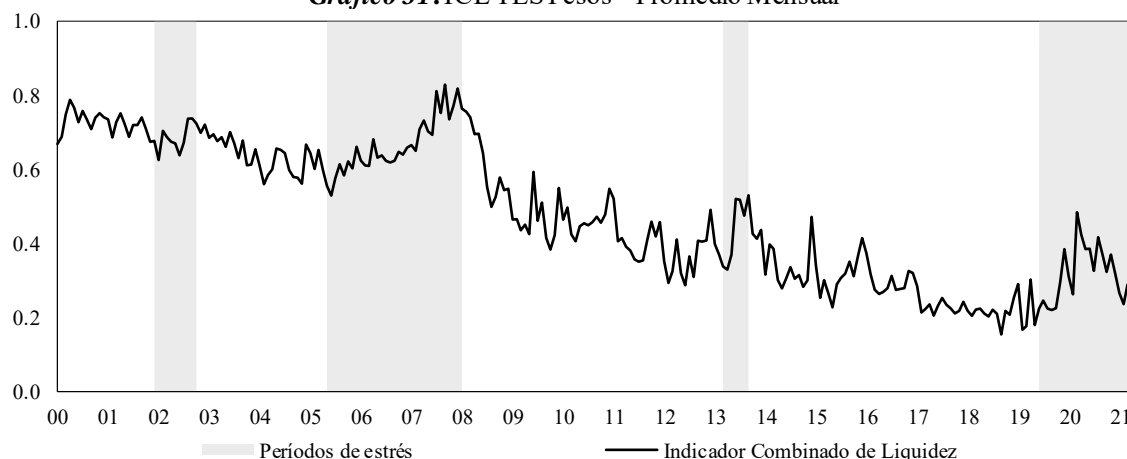
Componente	TES Pesos			TES UVR		
	Eigenvalor	% Varianza Total	% Varianza Acumulada	Eigenvalor	% Varianza Total	% Varianza Acumulada
1	8.11	54.1%	54.1%	6.35	42.3%	42.3%
2	2.56	17.1%	71.1%	3.06	20.4%	62.7%
3	1.21	8.1%	79.2%	1.32	8.8%	71.5%
4	0.97	6.5%	85.6%	1.08	7.2%	78.7%
5	0.66	4.4%	90.0%	0.92	6.1%	84.8%
6	0.41	2.7%	92.8%	0.75	5.0%	89.8%
7	0.29	1.9%	94.7%	0.47	3.1%	92.9%
8	0.22	1.5%	96.1%	0.41	2.7%	95.7%
9	0.17	1.2%	97.3%	0.19	1.3%	96.9%
10	0.13	0.9%	98.2%	0.17	1.1%	98.0%
11	0.10	0.7%	98.9%	0.14	0.9%	98.9%
12	0.09	0.6%	99.4%	0.09	0.6%	99.5%
13	0.06	0.4%	99.8%	0.06	0.4%	99.9%
14	0.02	0.1%	99.9%	0.01	0.1%	100.0%
15	0.01	0.1%	100.0%	0.00	0.0%	100.0%

Fuente: BR. Cálculos del autor.

¹⁰ Los cuales se utilizarán para definir las ponderaciones de todo el conjunto de información tal y como se describe en el *Anexo*.

En el *Gráfico 31* se presenta el Indicador Combinado de Liquidez (ICL) para el mercado de deuda pública colombiano (denominado en moneda local). Se observa que, en general, la liquidez de estos títulos ha mejorado de forma sostenida en el transcurso del periodo de análisis, aunque ha experimentado algunos periodos de deterioro y algunos de estos coinciden con escenarios de estrés en el mercado financiero colombiano, tal como se describe a continuación.

Gráfico 31. ICL TES Pesos – Promedio Mensual



Fuente: Cálculos del autor.

El primer incremento del indicador (o equivalentemente, deterioro de la liquidez) para destacar se observa alrededor del 2002, que aunque leve en comparación con otros escenarios, coincidió con un episodio adverso del mercado de TES caracterizado por desvalorizaciones importantes que provocaron pérdidas importantes del sistema financiero (que concentraba una buena proporción de sus inversiones en TES) y llevaron al Gobierno a suspender las subastas primarias de TES en el tercer trimestre de ese mismo año.

Lo anterior fue resultado de: *i*) la crisis en el mercado del crédito desde finales de los noventa y la posterior reducción de las tasas de interés por parte del BR para restaurar la liquidez en el mercado monetario (a partir del 2000), factores que generaron un escenario propicio para el crecimiento del mercado de deuda pública y la acumulación acelerada de TES por parte de inversionistas institucionales; y *ii*) un episodio de incertidumbre política en Brasil en 2002 que aumentó la percepción de riesgo hacia toda la región y redujo los flujos de inversión de portafolio, lo que se combinó con la incertidumbre sobre la situación fiscal en Colombia.

Sin embargo, como lo señalan Gómez et al. (2011), el impacto de este episodio en 2002 sobre la actividad económica en general fue muy acotado, toda vez que en ese momento el desarrollo del mercado de deuda pública era aún incipiente.

El segundo incremento se observa a partir de 2006 (hasta 2007) y coincidió con un escenario de alta volatilidad de los mercados internacionales, el incremento de las tasas de los Fondos Federales en los EE.UU. y con ello un menor apetito por activos de economías emergentes, factores que afectaron negativamente el desempeño de la deuda pública (Banco de la República, 2006). Como consecuencia, el sistema financiero registró pérdidas por cuenta de sus inversiones en TES y llevó a los bancos a sustituir estas inversiones por cartera de

crédito¹¹. Luego, con el propósito de contener el crecimiento del crédito¹² el BR implementó una política monetaria contractiva¹³ que redujo aún más el apetito por los TES.

Tal como lo señalan Gómez et al. (2011), la magnitud de la crisis de bonos de 2006, frente a 2002, fue significativamente mayor porque entre ambas fechas el monto en circulación de deuda pública local más que se duplicó, así como las tenencias de TES por parte del sector no financiero, particularmente los fondos de pensiones. Lo anterior explica el mayor deterioro del ICL en 2006 frente al del 2002.

El tercer incremento que se destaca tuvo lugar a mediados de 2013 y coincidió con los efectos de los anuncios por parte de la Fed relacionados con la necesidad de desmontar el programa de expansión cuantitativa (*tapering*). Específicamente, en mayo de 2013 la Fed indicó que el ritmo de sus compras de activos podría disminuir si se daba una recuperación sostenida del mercado laboral de ese país en un contexto de estabilidad de precios. Lo anterior generó incertidumbre en los mercados financieros internacionales sobre la continuidad de las amplias condiciones de liquidez y, en el caso de economías emergentes, de la continuidad de los flujos de inversión de portafolio y la posibilidad de fuertes salidas de capital extranjero de estas economías.

En el caso de los TES Pesos, lo anterior se compensó en gran medida por el incremento importante de la participación de inversionistas extranjeros en el mercado de deuda local, luego que *JP Morgan* anunciara el 19 de marzo de 2014 el incremento de la participación de Colombia en tres de sus principales índices de deuda emergente¹⁴.

A partir del segundo semestre del 2019 las condiciones de liquidez se deterioraron de forma sostenida alcanzando un pico del indicador alrededor de marzo del 2020. Lo anterior coincidió con la reducción de la participación de los inversionistas extranjeros en el mercado de contado de deuda pública local¹⁵, que a su vez pudo explicarse por diversos factores: i) el incremento en la percepción de riesgo a nivel global tras la intensificación de la guerra comercial entre EE.UU. y China¹⁶; ii) la mayor incertidumbre a nivel local sobre la *Ley de Financiamiento*¹⁷; iii) manifestaciones sociales tanto en Colombia como en los países de la región; iv) el anuncio de la disminución de la participación de Colombia dentro de los indicadores de *JPMorgan*¹⁸; y v) el mayor apetito por la deuda externa del país, lo cual según

¹¹ Según un reporte de la Contraloría General de la República (2007), en el 2006 los establecimientos de crédito “disminuyeron en 25% su participación en el portafolio de Títulos de Tesorería del Gobierno Nacional a favor de la cartera de crédito, que aumentó su participación en los activos en 26 puntos porcentuales”.

¹² A finales del 2006 el crédito para consumo alcanzó una tasa de crecimiento anual del 45%.

¹³ Entre abril de 2006 y diciembre de 2007 la tasa de interés de referencia pasó de 6,0% a 9,50%, y en mayo de 2007 se impuso un encaje marginal sobre los depósitos y exigibilidades de los bancos que fueran más líquidos (cuentas de ahorro, cuentas corrientes y los certificados de depósito a término con un plazo inferior o igual a 18 meses), el cual fue incrementado un mes después y se mantuvo por poco más de un año (Bustamante, 2011).

¹⁴ En ese momento, se señaló que la participación de Colombia en el índice *GBI-EM Global Diversified* pasaría de 3,2% a 8%, en el índice *GBI-EM Global* de 1,81% a 5,60% y en el índice *GBI-EM Global Diversified 15% IG* de 3,07% a 8,26%. Estos ajustes tuvieron lugar de forma gradual entre el 30 de mayo y el 30 de septiembre de ese mismo año.

¹⁵ Que llevó a estos agentes a registrar por primera vez ventas netas en TES para el acumulado del año (por \$1,1 billones, aproximadamente) y alcanzaron un máximo histórico de ventas mensuales en agosto de ese año (por \$3,4 billones, aproximadamente).

¹⁶ A principios de agosto del 2019, EE.UU. anunció sorpresivamente la imposición de aranceles adicionales de 10% sobre productos chinos valorados en USD\$300 mm. Pese a que inicialmente indicó que estos entrarían en vigor el 1 de septiembre, posteriormente señaló que se establecerían en dos etapas: el 1 de septiembre y el 15 de diciembre. Como resultado, el tipo de cambio chino alcanzó máximos desde el 2008 y se ubicó por encima de USD\$7. Posteriormente, a finales de ese mismo mes, el país asiático también impuso aranceles adicionales de 10% sobre bienes estadounidenses valorados en USD\$75 mm, a lo que el presidente Donald Trump respondió manifestando su intención de intensificar las sanciones comerciales a China.

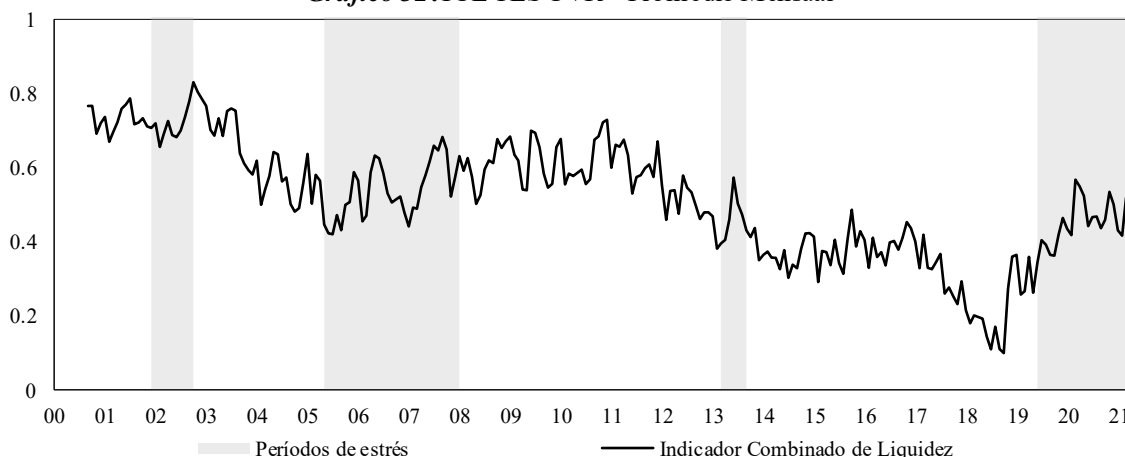
¹⁷ El 16 de octubre la Corte Constitucional declaró la inexecutable de la mayoría de la Ley de Financiamiento por vicios de trámite a partir del primero de enero de 2020.

¹⁸ el 4 de septiembre de 2019, *JP Morgan* anunció la entrada de China en varios de sus indicadores a partir de febrero del 2020. En particular, para el índice *GBI-EM Global Diversified* señaló que su inclusión alcanzará una ponderación del 10% y su entrada sería gradual empezando

analistas del mercado reflejó el interés de los agentes del exterior de continuar invirtiendo en deuda pública colombiana pero sin asumir los riesgos relacionados con las variaciones de la tasa de cambio, la cual registró una alta volatilidad en ese periodo.

En marzo del 2020 el ICL alcanzó niveles no observados desde septiembre del 2013, ante un deterioro de la economía local por las consecuencias de la pandemia del Covid-19 y por el desplome de los precios del petróleo, luego que Arabia Saudita y Rusia amenazaran con aumentar su oferta de crudo ante la falta de un acuerdo sobre la producción. Lo anterior provocó fuertes desvalorizaciones de los títulos de deuda pública local¹⁹ y frenó la demanda por TES en el mercado de contado. Sin embargo, a partir de entonces la liquidez del mercado de TES pesos se ha venido recuperando.

Gráfico 32. ICL TES UVR – Promedio Mensual



Fuente: Cálculos del autor.

En el *Gráfico 32* se presenta el ICL para los TES UVR, y se observa que la liquidez de estos títulos también mejoró a lo largo del periodo analizado. Sin embargo, también da señales de un deterioro de la liquidez en 2002, entre 2006 y 2007 y en el periodo reciente. Además, se destaca su mejoría durante los años 2017 y 2018, en donde el dinamismo de estos activos aumentó considerablemente y se reflejó en las medidas de *profundidad*.

El comportamiento de la liquidez de los TES UVR también pudo verse influenciado por el Programa de Creadores de Mercado (PCM) del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP). En particular, desde 2006²⁰ las operaciones con TES UVR otorgaban un mayor puntaje dentro de la metodología para la medición de la labor y el desempeño de los participantes del programa. Lo anterior, junto con la distinción entre *aspirantes a creadores de mercado* y *creadores de mercado*, pudo haber promovido la participación de estos agentes en mercado de TES UVR. En particular, en el segundo semestre de 2018 se presentó un escenario de competencia entre entidades que podían pasar a clasificarse como *aspirantes*, por lo que se registraron niveles máximos históricos de negociación de TES UVR que obedecían a la rotación artificial de posiciones por parte de los participantes del programa

en un 1% en febrero del 2020 e iría aumentando en un punto porcentual cada mes hasta noviembre de 2020. Según la entidad, la inclusión provocaría una caída gradual de la ponderación de Colombia de 102 p.b. (siendo el segundo país con mayor reducción, después de Tailandia con una reducción de 105 p.b.).

¹⁹ Entre el 6 de marzo y el 3 de abril del 2020 las tasas de los TES en pesos presentaron valorizaciones de +87 p.b., +183 p.b. y +206 p.b. para los plazos a 2, 5 y 10 años, respectivamente.

²⁰ Resolución 4135 del 29 de diciembre de 2005.

para incrementar sus puntajes. Lo anterior provocó que el ICL alcanzara niveles mínimos históricos alrededor de octubre de ese año.

En diciembre del 2018, se ajustó el esquema²¹ de tal forma que, entre otras disposiciones, se eliminaron la distinción de *aspirantes a creadores de mercado* y la mayor ponderación que otorgaban las operaciones con TES UVR sobre los TES pesos dentro del esquema. En este escenario, el ICL registró una corrección importante.

Al descomponer los ICL por los componentes de la liquidez, se observa que, por ejemplo, la mejora en el indicador de TES Pesos posterior al 2008 se debió principalmente a una reducción de la *rigidez* y la *amplitud* en este mercado, y a partir de entonces la característica que ha adquirido mayor importancia para explicar la evolución de la liquidez ha sido la *profundidad* (Gráfico 33). En el caso de los TES UVR, las mejores condiciones de liquidez lo largo del periodo analizado han sido por avances en la *profundidad* e *inmediatez* de este mercado. Sin embargo, em ambos casos la *profundidad* y la *rigidez* son los factores que explican su más reciente deterioro (Gráfico 34).

Gráfico 33. ICL por Componentes - TES Pesos

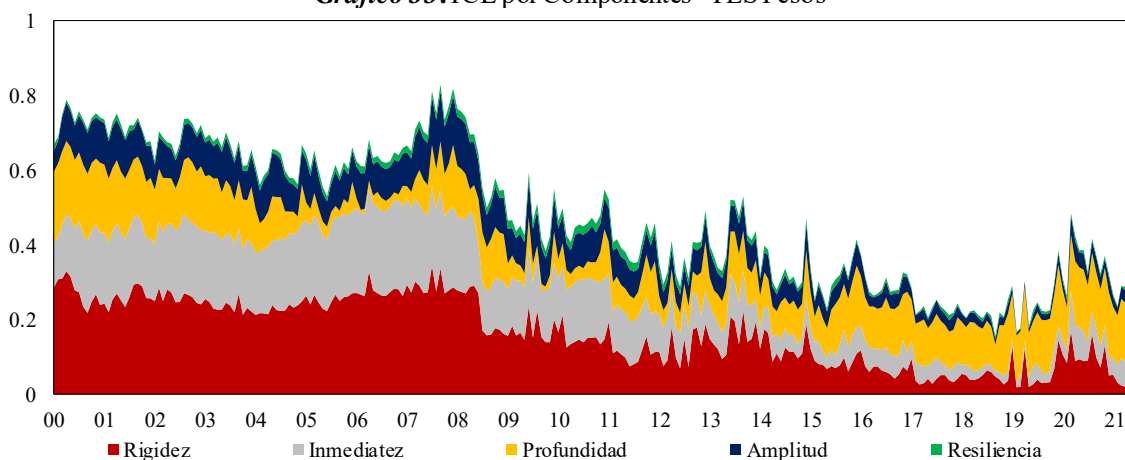
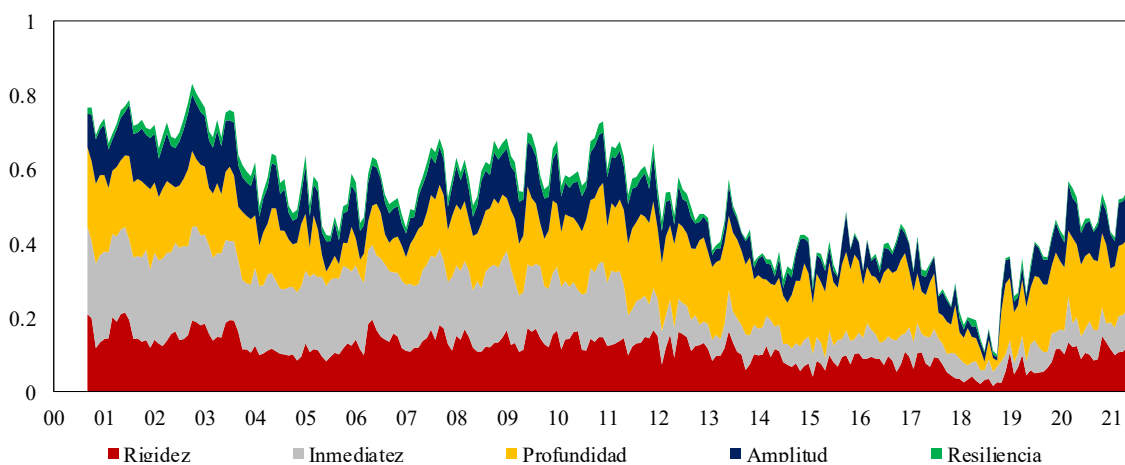


Gráfico 34. ICL por Componentes - TES UVR



Fuentes: Cálculos del autor.

²¹ Resolución 5112 del 21 de diciembre del 2018.

Sección 4. Conclusiones

El presente trabajo desarrolla un aporte al estudio de la liquidez del mercado de deuda pública colombiano, caracterizándolo a través de una batería de herramientas que buscan capturar las características de la liquidez más importantes, otorgando una aproximación holística de su evolución a lo largo del periodo analizado. En este sentido, se desarrolla un indicador combinado de liquidez orientado a fortalecer el monitoreo preciso y oportuno de las condiciones de liquidez en este mercado, que sirva de utilidad para los responsables de política económica.

En particular, el ICL para el mercado de TES sugiere una mejora sostenida de la liquidez a lo largo del periodo analizado, tanto para TES denominados en pesos como para los TES en UVR. Además, identifica escenarios de deterioro de la liquidez que coincidieron con periodos de estrés en los mercados financieros, particularmente en el plano local. Por otra parte, se destaca que el ritmo de mejoría de la liquidez de los TES UVR ha sido inferior al observado para los títulos a tasa fija.

En cuanto a las dimensiones o características de la liquidez, se encontró que el factor más relevante para determinar su evolución en el periodo reciente es la *profundidad* del mercado, seguida por la *rigidez*. De manera que el incremento del ICL a partir del 2019 se ha dado principalmente por una posible reducción del número y/o volumen de las operaciones, y mayores costos transaccionales.

Futuros trabajos podrían encaminarse a explorar la liquidez del mercado de deuda pública local a partir de datos intradía, como se observa en Pelizzon et al. (2013) quienes destacan la relevancia académica y práctica de explorar la liquidez de mercado con esta frecuencia.

Sección 5. Anexo - Metodología para el cálculo de los ponderadores del indicador combinado

A continuación, se describe la metodología de la OECD (2008) la cual, partiendo del ACP, primero balancea la información contenida en los primeros 4 componentes principales del conjunto de información (los cuales capturan aproximadamente el 80% de la variabilidad total del conjunto de datos), para luego generar los ponderadores que permitirán agregar todos los indicadores en los ICL (*Tablas 4 y 5*). Lo anterior se realiza como sigue:

- i. Se escala el porcentaje explicado de la varianza explicada por los primeros cuatro componentes principales (CP), para que su suma sea 100% (señalados en rojo en las *Tablas 4 y 5*). Así, para los TES en pesos, el porcentaje de la varianza explicada de los primeros cuatro componentes principales pasa de 54,1%, 17,1%, 8,1% y 6,5%, respectivamente (*Tabla 3*), a 63,1%, 19,9%, 9,4% y 7,5%, en su orden.
- ii. Se estiman los eigenvectores asociados a los primeros cuatro CP. Sus elementos se elevan al cuadrado y se selecciona aquel que resulte más alto para cada variable (señalados en azul en las *Tablas 4 y 5*).
- iii. Se calcula la suma de los elementos seleccionados en el literal anterior para cada CP (o lo que es lo mismo, para cada columna). Por ejemplo, el valor agregado del primer componente en el caso de los TES pesos es 0.80.
- iv. Luego se determina una ponderación parcial: se divide cada uno de los elementos seleccionados de cada variable, sobre la suma de los factores que hayan resultado ser los más altos para cada CP. En el caso de la primera variable para los TES en pesos, *Spread CS*, esto es igual a $0.09/0.80 = 0.12$.
- v. Se calcula el ponderador definitivo multiplicando las ponderaciones parciales por la proporción relativa de la varianza explicada por el CP correspondiente (aquel que resultó más alto en el paso 1 para cada variable). En el caso de la primera variable para los TES pesos, *Spread CS*, esto es equivalente a $0.12 \times 63,1\% = 7,4\%$.
- vi. Con estas ponderaciones se combinan las medidas de liquidez transformadas en el ICL, tanto para los TES pesos como para los TES UVR.

Tabla 4. Asignación de Ponderaciones para TES Pesos

		Valor Primeros 4 componentes principales				Valor Componentes al Cuadrado				Ponderación Parcial	Ponderación Final
		1	2	3	4	1	2	3	4		
RIGIDEZ (<i>TIGHTNESS</i>)	Spread CS	0.31	0.05	-0.16	0.03	0.09	0.00	0.03	0.00	0.12	7.4%
	Spread Roll	0.32	0.09	0.03	-0.10	0.10	0.01	0.00	0.01	0.12	7.9%
	Ceros 1	0.31	0.09	-0.07	0.24	0.10	0.01	0.01	0.06	0.12	7.6%
	Ceros 2	0.03	0.17	0.34	0.88	0.00	0.03	0.12	0.77	1.00	7.5%
	Frecuencia	0.32	0.07	-0.11	0.09	0.10	0.01	0.01	0.01	0.12	7.8%
INMEDIATEZ (<i>IMMEDIACY</i>)	RangoPrecios	0.32	-0.04	-0.23	0.03	0.11	0.00	0.05	0.00	0.13	8.2%
	Desv.Precios	0.33	0.02	-0.20	0.02	0.11	0.00	0.04	0.00	0.14	8.5%
	Desv. CS	0.33	-0.01	-0.04	-0.02	0.11	0.00	0.00	0.00	0.13	8.3%
PROFUNDIDAD (<i>DEPTH</i>)	VólumenNeg.	0.04	0.59	-0.06	-0.09	0.00	0.35	0.00	0.01	0.41	8.1%
	N°Operaciones	-0.09	0.57	0.06	-0.08	0.01	0.33	0.00	0.01	0.38	7.6%
	Turnover	-0.21	0.43	-0.01	-0.10	0.05	0.18	0.00	0.01	0.21	4.2%
AMPLITUD (<i>BREATH</i>)	Razón HH	0.30	0.07	-0.14	-0.07	0.09	0.00	0.02	0.00	0.12	7.3%
	Illiq. Amihud	0.20	0.06	0.63	-0.25	0.04	0.00	0.39	0.06	0.55	5.2%
	Razón BHS	0.28	0.12	0.35	-0.22	0.08	0.01	0.12	0.05	0.17	1.6%
RESILIENCIA (<i>RESILIENCY</i>)	MEC	0.14	-0.24	0.45	-0.09	0.02	0.06	0.20	0.01	0.28	2.7%
Varianza Total Explicada*		63.1%	19.9%	9.4%	7.5%	Σ	0.80	0.87	0.72	0.77	

Tabla 5. Asignación de Ponderaciones para TES UVR

		Valor Primeros 4 componentes principales				Valor Componentes al Cuadrado				Ponderación Parcial	Ponderación Final
		1	2	3	4	1	2	3	4		
RIGIDEZ (<i>TIGHTNESS</i>)	Spread CS	0.32	-0.02	0.11	0.08	0.10	0.00	0.01	0.01	0.13	6.9%
	Spread Roll	0.34	0.04	-0.01	-0.08	0.12	0.00	0.00	0.01	0.15	8.1%
	Ceros 1	-0.12	0.41	0.51	-0.02	0.02	0.17	0.26	0.00	0.42	4.7%
	Ceros 2	-0.02	0.13	0.39	0.10	0.00	0.02	0.15	0.01	0.24	2.7%
	Frecuencia	-0.12	0.40	0.46	-0.03	0.01	0.16	0.21	0.00	0.34	3.8%
INMEDIATEZ (<i>IMMEDIACY</i>)	RangoPrecios	0.36	-0.11	0.14	0.12	0.13	0.01	0.02	0.01	0.17	9.0%
	Desv.Precios	0.37	-0.05	0.10	0.14	0.14	0.00	0.01	0.02	0.18	9.5%
	Desv. CS	0.36	-0.03	0.14	0.07	0.13	0.00	0.02	0.00	0.16	8.7%
PROFUNDIDAD (<i>DEPTH</i>)	VólumenNeg.	0.16	0.39	-0.29	0.37	0.02	0.15	0.08	0.13	0.32	8.2%
	N°Operaciones	0.11	0.45	-0.25	0.33	0.01	0.20	0.06	0.11	0.42	10.9%
	Turnover	-0.21	0.35	-0.34	0.12	0.04	0.13	0.12	0.01	0.26	6.7%
AMPLITUD (<i>BREATH</i>)	Razón HH	0.34	0.05	0.01	0.16	0.11	0.00	0.00	0.03	0.15	7.9%
	Illiq. Amihud	0.30	0.20	-0.10	-0.48	0.09	0.04	0.01	0.23	0.35	3.2%
	Razón BHS	0.14	0.32	-0.18	-0.65	0.02	0.10	0.03	0.42	0.65	5.9%
RESILIENCIA (<i>RESILIENCY</i>)	MEC	0.23	0.05	0.05	-0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.07	3.7%
Varianza Total Explicada*		53.8%	25.9%	11.1%	9.2%	Σ	0.78	0.48	0.63	0.65	

Fuente: BR. Cálculos del autor. * Proporcional a la varianza de los primeros 4 CP suponiendo que capturan el 100% de la varianza.

Referencias

- Alexander, W. E., Balino, T. J., & Enoch, C. (1996). Adopting indirect instruments of monetary policy. *Finance and Development-English Edition*, 33(1), 14-17.
- Amihud, Y. (2002). Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects. *Journal of financial markets*, 5(1), 31-56.
- Amihud, Y., Mendelson, H., & Pedersen, L. H. (2006). Liquidity and asset prices. *Foundations and Trends® in Finance*, 1(4), 269-364.
- Banco de la República (2006). *Reporte de Estabilidad Financiera*, septiembre.
- Banco de la República (2017). *Reporte de Mercados Financieros*, primer trimestre de 2017, mayo.
- Bank for International Settlements (BIS) (1999). How Should We Design Deep and Liquid Markets? The Case of Government Securities. Basel, Switzerland.
- Bank for International Settlements (BIS) (2014). Market-making and proprietary trading: industry trends, drivers and policy implications. *CGFS Papers*, Bank for International Settlements, number 52.
- Bank for International Settlements (BIS) (2016). Fixed income market liquidity. *CGFS Papers*, Bank for International Settlements, number 55.
- Beber, A., Brandt, M. W., & Kavajecz, K. A. (2009). Flight-to-quality or flight-to-liquidity? Evidence from the euro-area bond market. *Review of Financial Studies*, 22(3), 925-957.
- Bekaert, G., & Harvey, C. R. (2000). Foreign speculators and emerging equity markets. *The Journal of Finance*, 55(2), 565-613.
- Bekaert, G., Harvey, C. R., & Lundblad, C. (2007). Liquidity and expected returns: Lessons from emerging markets. *Review of Financial studies*, 20(6), 1783-1831.
- Borio, C. (2000). III. Special feature: Market liquidity and stress: selected issues and policy implications. *BIS Quarterly Review*.
- Brennan, M., Huh, S. W., & Subrahmanyam, A. (2013). An analysis of the Amihud illiquidity premium. *Review of Asset Pricing Studies*, 3(1), 133-176.
- Broto, C., & Lamas, M. (2016). Measuring market liquidity in US fixed income markets: A new synthetic indicator. *The Spanish Review of Financial Economics*, 14(1), 15-22.
- Bustamante, C. (2011). Política monetaria contracíclica y encaje bancario. *Borradores de Economía*. No. 646. Banco de la República.
- Cabrera, W., Hurtado, J., Morales, M., & Rojas, J. S. (2014). A Composite Indicator of Systemic Stress (CISS) for Colombia. *Borradores de Economía*. No. 919. Banco de la República.
- Chordia, T., Roll, R., & Subrahmanyam, A. (2000). Commonality in liquidity. *Journal of financial economics*, 56(1), 3-28.
- Chordia, T., Roll, R., & Subrahmanyam, A. (2001). Market liquidity and trading activity. *The Journal of Finance*, 56(2), 501-530.
- Chordia, T., Roll, R., & Subrahmanyam, A. (2002). Order imbalance, liquidity, and market returns. *Journal of Financial economics*, 65(1), 111-130.
- Chordia, T., Sarkar, A., & Subrahmanyam, A. (2005). An empirical analysis of stock and bond market liquidity. *Review of Financial Studies*, 18(1), 85-129.
- Chordia, T., Subrahmanyam, A., & Anshuman, V. R. (2001). Trading activity and expected stock returns. *Journal of Financial Economics*, 59(1), 3-32.

- Chuhan, P. (1994). *Are institutional investors an important source of portfolio investment in emerging markets?* (Vol. 1243). World Bank Publications.
- Contraloría General de la República (2007). *La Situación de la Deuda Pública Colombiana 2006*. Consultado en:
<https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/780217/Situaci%C3%B3n+de+la+Deuda+P%C3%ABblica+2006.pdf/17a45917-c131-4dd2-912f-015274bcccc4?version=1.0>
- Corporación Financiera del Valle S.A. (2003). La crisis de los TES: un año después, *Informe Mensual de Deuda Pública*, septiembre.
- Corwin, S. A., & Schultz, P. (2012). A simple way to estimate bid-ask spreads from daily high and low prices. *The Journal of Finance*, 67(2), 719-760.
- Cruz, D. A. M., Gutiérrez, J. F. M., & Moreno, J. S. R. (2015). Evolución de la relación entre bonos locales y externos del gobierno colombiano frente a choques de riesgo. *Borradores de Economía*. No. 919. Banco de la República.
- Da Silva, P. P. (2013). Modelling and forecasting liquidity using Principal Component Analysis and Dynamic Factor Models An illiquidity Composite Indicator Proposal. *CMVM Working Papers*. No. 03/2013. Comissão do Mercado de Valores Mobiliários (CMVM) - Portuguese Securities Commission.
- Duffie, D., Pedersen, L. H., & Singleton, K. J. (2003). Modeling sovereign yield spreads: A case study of Russian debt. *The Journal of Finance*, 58(1), 119-159.
- Feldhütter, P. (2012). The same bond at different prices: identifying search frictions and selling pressures. *Review of Financial Studies*, 25(4), 1155-1206.
- Fleming, M. J., & Remolona, E. M. (1999). Price formation and liquidity in the US Treasury market: The response to public information. *The journal of Finance*, 54(5), 1901-1915.
- Gómez, E., Murcia, A., & Zamudio, N. (2011). Financial conditions index: Early and leading indicator for Colombia. *Ensayos sobre Política Económica*, 29(66), 174-221.
- Goyenko, R. Y., Holden, C. W., & Trzcinka, C. A. (2009). Do liquidity measures measure liquidity?. *Journal of financial Economics*, 92(2), 153-181.
- Hasbrouck, J., & Schwartz, R. A. (1988). Liquidity and execution costs in equity markets. *The journal of portfolio management*, 14(3), 10-16.
- Hui, B., & Heubel, B. (1984). *Comparative liquidity advantages among major US stock markets* (Vol. 84081). Data Resources inc.
- IMF (International Monetary Fund) (2015). Global Financial Stability Report – Vulnerabilities, Legacies, and Policy Challenges: Risks Rotating to Emerging Markets. *World Economic and Financial Surveys*, October, IMF, Washington DC.
- Jones, C. M., Kaul, G., & Lipson, M. L. (1994). Transactions, volume, and volatility. *The Review of Financial Studies*, 7(4), 631-651.
- Korajczyk, R. A., & Sadka, R. (2008). Pricing the commonality across alternative measures of liquidity. *Journal of Financial Economics*, 87(1), 45-72.
- Lesmond, D. A., Ogden, J. P., & Trzcinka, C. A. (1999). A new estimate of transaction costs. *Review of Financial Studies*, 12(5), 1113-1141.
- Longstaff, F. A., Mithal, S., & Neis, E. (2005). Corporate yield spreads: Default risk or liquidity? New evidence from the credit default swap market. *The Journal of Finance*, 60(5), 2213-2253.

- Lou, X., & Shu, T. (2016). Price impact or trading volume: Why is the Amihud (2002) illiquidity measure priced?.
- McCauley, R., & Remolona, E. (2000). IV. Special feature: Size and liquidity of government bond markets. *BIS Quarterly Review*.
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2008). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and User guide. *OECD publishing*, 2008.
- Pelizzon, L., Subrahmanyam, M. G., Tomio, D., & Uno, J. (2013). The microstructure of the European sovereign bond market: A study of the Euro-zone crisis. *University of Venice, mimeo*.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes* (Vol. 24). Madrid: McGraw-Hill.
- Roll, R. (1984). A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an efficient market. *The Journal of Finance*, 39(4), 1127-1139.
- Sarr, A., Lybek, T., 2002. Measuring liquidity in financial markets. *IMF working paper*, 02/232.
- Schäffler, C., & Schmaltz, C. (2009). *Market liquidity: an introduction for practitioners* (No. 131). Working paper series//Frankfurt School of Finance & Management.
- Tirole, J. (2011). Illiquidity and all its friends. *Journal of Economic Literature*, 49(2), 287-325.
- Viñas, J. F., Martín, C. G., & Escribano, A. I. (2009). ¿Se puede medir la negociación informada?: una revisión de la metodología basada en las covarianzas de las series de precios. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 15(2), 201-222.

