

# FIJACIÓN DE PRECIOS EN UN MERCADO FINANCIERO: LA APLICACIÓN AL CASO COLOMBIANO

---

Cristina Arango Olaya\*  
[cr-arang@uniandes.edu.co](mailto:cr-arang@uniandes.edu.co)

## *Resumen:*

El presente documento analiza los efectos potenciales que tiene la creación de una nueva estructura de información sobre un mercado previamente establecido en términos de eficiencia y mecanismos de formación de precios. Específicamente, se estudia la relación entre el mercado de deuda pública interna (creado a principios de los noventa) y el de los Certificados de Depósito a Término (CDT). De la misma manera, la investigación busca explorar tres formas complementarias de metodología (modelo teórico, economía experimental y análisis estadístico), las cuales ilustran a su vez tres ángulos en que puede ser visto (y ampliado) el problema. Los resultados muestran que la creación del mercado de deuda pública interna ha generado eficiencia sobre el mercado de liquidez, en términos de fijación de precios.

*Palabras clave:* mercados financieros, economía experimental, información asimétrica.

*Clasificación JEL:* G10, C90, D82

---

\* Tesis de Magíster. Asesor: Alejandro Sánchez. Se agradece la valiosa colaboración y comentarios de Andrés Arias, Ximena Cadena, Natasha Avendaño, Andrés Mora, María Virginia Jordán, Juan Felipe Quintero, Michel Janna, Camila Aguilar, Hernán Maldonado, Hernán Vallejo y Javier Bonza. Como es usual, los errores y omisiones son responsabilidad exclusiva del autor.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MOTIVACIÓN .....</b>	<b>1</b>
2.1 SISTEMA FINANCIERO.....	3
2.1.1 Estructura de balance .....	4
2.2 DEUDA PÚBLICA INTERNA.....	5
2.3 MERCADO DE DEUDA PÚBLICA INTERNA.....	7
2.4 MERCADO DE CDT Y MERCADO DE DEUDA INTERNA.....	8
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>9</b>
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
4.1 MERCADOS EFICIENTES.....	10
4.2 MICROESTRUCTURA DE MERCADO.....	11
4.3 EVIDENCIA EMPÍRICA PARA COLOMBIA.....	13
<b>5. MODELO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
5.1 SUPUESTOS.....	15
5.2 MODELO DE VALORACIÓN DE LIQUIDEZ SIN SEÑAL INFORMATIVA .....	16
5.3 MODELO DE VALORACIÓN DE LIQUIDEZ CON SEÑAL INFORMATIVA.....	19
<b>6. ECONOMÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>23</b>
6.1 DISEÑO DEL JUEGO .....	24
6.1.1 Juego 1: Mercado continuo de bonos .....	24
6.1.2 Juego 2: Subasta con mercado continuo de bonos.....	25
6.2 ESTRUCTURA DEL JUEGO.....	25
6.2.1 Incentivos .....	26
<b>7. ANÁLISIS DEL JUEGO DE ECONOMÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>26</b>

7.1	JUEGO DE MERCADO CONTINUO .....	26
7.2	SUBASTA.....	27
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
8.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
8.1.1	<i>Datos.....</i>	<i>31</i>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>36</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>38</b>
11.1	ANEXO 1 – PRECIO DE LA LIQUIDEZ SIN SEÑAL INFORMATIVA.....	38
11.2	ANEXO 2 – ESTRUCTURA DE LA SEÑAL INFORMATIVA.....	39
11.3	ANEXO 3 - PRECIO DE LA LIQUIDEZ CON SEÑAL INFORMATIVA.....	42
11.4	ANEXO 4 - SIMULACIONES CON EL MODELO TEÓRICO .....	43
11.5	ANEXO 5 - INSTRUCCIONES JUEGO DE ECONOMÍA EXPERIMENTAL .....	45
11.5.1	<i>Mecánica del juego.....</i>	<i>45</i>
11.5.2	<i>Juego 1: mercado continuo de bonos .....</i>	<i>45</i>
11.5.3	<i>Juego 2: subasta y mercado continuo de bonos .....</i>	<i>46</i>
11.5.4	<i>Información asimétrica. ....</i>	<i>47</i>
11.5.5	<i>Formatos .....</i>	<i>47</i>
11.5.6	<i>Riqueza .....</i>	<i>48</i>
11.5.7	<i>Ejemplo: .....</i>	<i>49</i>
11.6	ANEXO 6 - RESULTADOS DE ECONOMÍA EXPERIMENTAL.....	53
11.7	ANEXO 5 - PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA .....	56

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento analiza los efectos potenciales que tiene la creación de una nueva estructura de información sobre un mercado previamente establecido en términos de eficiencia y mecanismos de formación de precios. Específicamente, se estudia la relación entre el mercado de deuda pública interna (creado a principios de los noventa) y el de los Certificados de Depósito a Término (CDT).

La investigación busca explorar tres formas complementarias de metodología, las cuales ilustran tres ángulos por medio de los cuales puede ser visto (y ampliado) el problema. La primera es un modelo teórico que pretende analizar el comportamiento de la tasa de interés bajo un entorno de información asimétrica. La segunda, es un juego de economía experimental que busca investigar las decisiones de los agentes y la dinámica de precios en dos estructuras de mercado similares a las del mercado de CDT y TES (bajo información asimétrica). Y la tercera analiza la relación entre los precios del mercado de CDTs y el de deuda pública interna mediante un análisis estadístico.

El documento se divide en ocho secciones, incluyendo esta introducción. La segunda es la motivación del trabajo, la tercera la hipótesis y la cuarta la revisión bibliográfica. La quinta, sexta y séptima componen la metodología del trabajo (modelo teórico, economía experimental y análisis estadístico respectivamente). Finalmente, la octava ofrece las conclusiones.

## 2. MOTIVACIÓN

Tradicionalmente el mecanismo de financiación de las inversiones de las empresas colombianas ha sido el sector financiero. En este sentido, la inserción del mercado de capitales doméstico en la economía es similar a los casos de Alemania o Japón, enfocado hacia el mercado bancario con instituciones multipropósito y con poca competencia con los mercados no intermediados<sup>1</sup>. Bajo estas condiciones, la mezcla de financiamiento de las entidades financieras constituía un factor determinante en la forma en que se fijaba el costo de financiamiento del resto de la economía. Así,

---

1. Ministerio de Hacienda, Banco Mundial, Fedesarrollo; *Misión de Estudios de Mercado de Capitales*; 1996.

las características de los pasivos de las entidades financieras definían en buena medida la forma en que la transmisión de liquidez<sup>2</sup> se realizaba al interior de la economía.

Concretamente, a comienzos de los noventa, los Certificados de Depósito a Término (CDT) se convirtieron en uno de los componentes más importantes en el financiamiento de los establecimientos de crédito. A medida que los CDT ganaron participación en el financiamiento del sistema, la DTF<sup>3</sup> se convirtió en la tasa de referencia de la economía.

Por otro lado, a comienzos de los noventa se crea el mercado de deuda pública interna como mecanismo de financiación del gobierno. De este modo, mientras que hasta ese momento el financiamiento del Gobierno Nacional Central se había dado en su mayoría a través de la emisión de papel moneda, créditos multilaterales, recursos de la seguridad social, excedentes de empresas públicas, etc.; la creación del mercado de deuda pública se dirigió hacia otro tipo de fuentes de financiación: los ahorradores.

En este contexto, el vehículo de financiación de deuda pública interna son los Títulos de Tesorería (TES). Estos bonos son emitidos por la Tesorería General de la Nación y contienen un menor riesgo crediticio interno, así como una alta liquidez en los mercados centralizados y OTC. A pesar de que las personas naturales no tienen acceso directo a este mercado, los recursos a los que accede el gobierno por medio de los TES corresponden a los recursos de los ahorradores que han depositado sus excedentes de liquidez en el sector financiero.

Teniendo en cuenta que los dos mercados se nutren directamente de los recursos de los ahorradores, a pesar de que el riesgo que reflejan las tasas de interés de los TES y los CDT es diferente, la creación del mercado de deuda pública interna ha representado un cambio en la **estructura del mercado** en el que se fija el precio de la liquidez (la tasa de interés).

- 
2. En este contexto la labor de transformación de plazos, tasas, riesgos, volúmenes, etc. realizada por los intermediarios se entiende como la transmisión de los excedentes de liquidez (de los ahorradores) hacia los usos de dicha liquidez (para los inversionistas). De esta manera, la tasa de interés fijada por el sector financiero –la cual incluye los costos relacionados a la actividad de transformación, puede ser entendida como el precio de la liquidez; es decir, el costo asociado a solventar las restricciones intertemporales de flujo de caja.
  3. La DTF se calcula con base en la tasa promedio ponderado de las captaciones de CDT a 90 días del sistema y en sí puede ser entendida como el retorno de una CDT en el mercado.

Una forma de analizar lo ocurrido, es en términos de eficiencia informacional. Así, entendiendo los precios como el vehículo que comunica la información sobre la oferta y demanda existentes en un determinado mercado, entre más y mejor sea la cantidad y flujo de información que éstos contengan, mejor será la asignación de recursos hecha por el mercado.

De esta manera, el objetivo de esta investigación es analizar el impacto que ha tenido la creación del mercado de TES sobre **el mercado** en el que se fija el precio de la liquidez en Colombia, entendiendo la tasa de interés como el costo de la liquidez y el mercado de la misma como un mercado con información asimétrica entre proveedores y demandantes de liquidez.

## 2.1 SISTEMA FINANCIERO

El sistema financiero colombiano se compone principalmente de los Bancos, las Corporaciones Financieras (CF) y las Compañías de Financiamiento Comercial (CFC). La participación de acuerdo al valor de los activos de los diferentes tipos de entidades financieras es la siguiente<sup>4</sup>: bancos 86.1%, CF's 9.4% y CFC's 4.46%<sup>5</sup>.

El sistema financiero colombiano ha enfrentado una transformación importante desde comienzos de la última década. Por medio de las leyes 45 y 35 de 1990 y 1993 respectivamente se inició la liberalización del sector financiero y se redefinió la estructura del mismo.

Al inicio de los años noventa el gobierno tenía una gran participación en el mercado financiero ya que era dueño del 44.7% del capital (Jaramillo, 1996). Esto fue el resultado de dos cosas: la política bancaria llevada hasta el momento, en donde se fomentaba la especialización y no se permitían bancos multifuncionales y de la crisis de los ochenta que obligó al gobierno a nacionalizar algunas instituciones y a liquidar otras. De esta manera, las actividades que no resultaban rentables para el sector privado eran asumidas por el Estado, surgiendo entidades como el Banco Ganadero, el Banco Cafetero, la Caja Agraria, entre otros.

---

4. A diciembre de 2002.

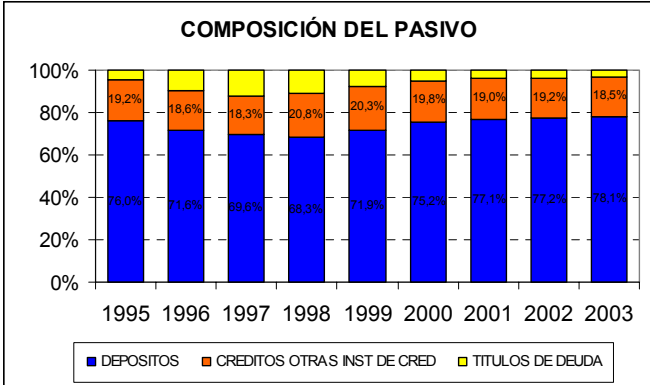
5. Incluye las Compañías de Financiamiento Comercial especializadas en Leasing.

A partir de 1990 se le permite a los inversionistas extranjeros ser dueños del 100% de las entidades financieras (antes únicamente podían aportar hasta el 49%) y se facilita la entrada y transformación de las mismas<sup>6</sup>. Adicionalmente se les da, a los diferentes intermediarios financieros, la facultad de asumir funciones que antes no les era posible realizar. A partir de ese momento los bancos pueden otorgar créditos a cualquier plazo (antes sólo podían hacerlo a mediano y largo plazo) y realizar inversiones en compañías no financieras. Los cambios anteriormente mencionados tenían como objetivo mejorar la eficiencia de la asignación de recursos y aumentar la competitividad del sector (Uribe, Vargas, 2002).

**2.1.1 Estructura de balance**

Las principales cuentas que componen el pasivo del sistema financiero son los depósitos, los créditos de otras instituciones de crédito y los títulos de deuda. Como se puede observar en la siguiente gráfica, el principal componente de los pasivos entre 1995 y 2003<sup>7</sup> son los depósitos (con una participación promedio del 73.9% durante esos años).

**Gráfico 1 –Pasivos del sistema financiero**



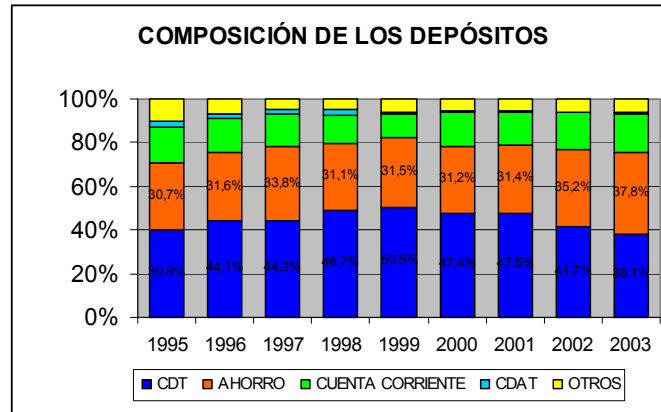
Fuente: Superintendencia Bancaria, cálculos del autor.

Los depósitos del sistema financiero están compuestos principalmente por cuentas corrientes, cuentas de ahorro, CDT y CDAT. La participación sobre los depósitos de las cuentas anteriormente mencionadas se observa en la siguiente gráfica.

---

6. Simplificando los procesos de liquidación fusión, entre otros.

**Gráfico 2 – Depósitos del sistema financiero**



Fuente: Superintendencia Bancaria, cálculos del autor.

Como se puede observar, el componente más importante del pasivo del sistema financiero en los últimos años es el de CDT (con una participación del 39% al 50%), lo que ha llevado a que la DTF se convierta en la tasa de referencia de la economía colombiana.

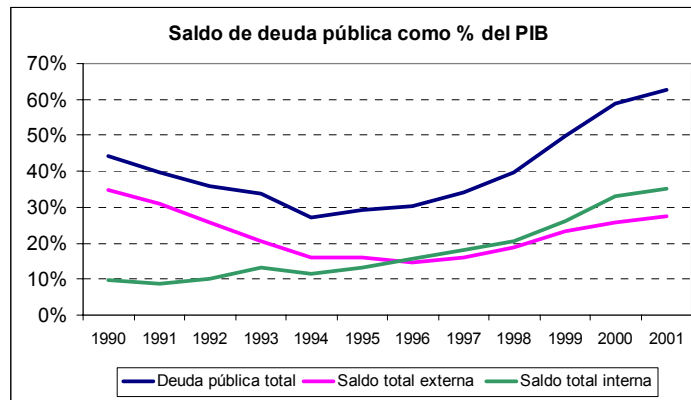
## 2.2 DEUDA PÚBLICA INTERNA.

Una de las principales fuentes de financiación del gobierno es mediante deuda, tanto externa como interna. A lo largo de la última década la estructura de la deuda ha cambiado de manera importante. Durante la primera mitad de la década de los noventa la tendencia de la deuda fue decreciente (debido principalmente a la caída de la deuda externa), a partir de 1995 comienza un aumento en el nivel de la misma. Una explicación al decrecimiento de la deuda de los primeros años de la década y en especial al nivel tan bajo de ésta en 1995, son las privatizaciones que se llevaron a cabo durante el periodo en cuestión (Clavijo, 1998). Como se observa en el gráfico, mientras que la deuda externa cae, la deuda interna mantiene una tendencia creciente durante todo el periodo.

7. A febrero de 2003.



Gráfico 3 – Deuda pública

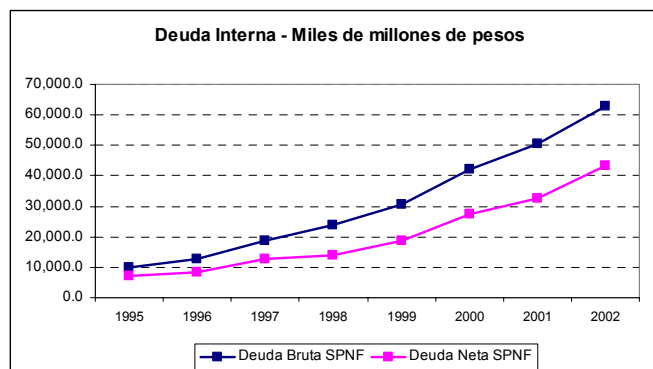


Fuente: Banco de la República

Entre 1995 y 2001 la deuda pública externa tuvo un crecimiento anual del 27.9% y la interna de 31.4%. A partir de 1996, la deuda pública interna se convierte en el componente principal del total de la deuda.

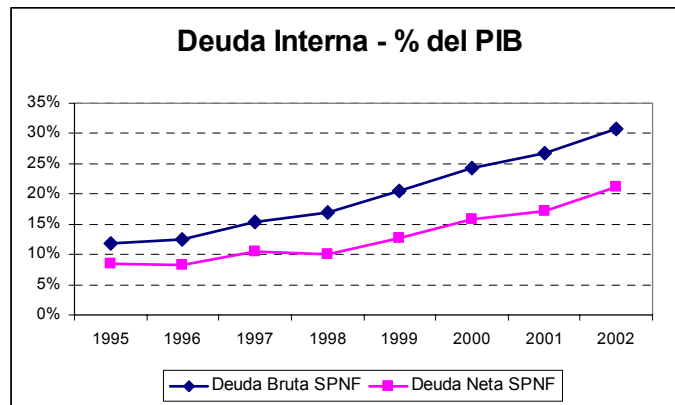
La composición de la deuda pública interna también ha cambiado durante la última década. A principios de la misma no había mayor diferencia entre la deuda bruta (que incluye las obligaciones entre entidades del sector público no financiero) y la deuda neta (Caballero, 2002). Lo anterior indica que al iniciar el decenio la deuda interna se componía básicamente de los préstamos que le hacían las mismas entidades estatales<sup>8</sup>. Al finalizar el periodo, no sólo la proporción de la deuda interna era mayor sino que esta se puede explicar en su mayoría por la deuda interna neta.

Gráfico 4 – Deuda pública interna



Fuente: Banco de la República.

Gráfico 5 – Deuda pública interna



Fuente: Banco de la República

El 97% de la deuda interna se constituye por bonos en el sector privado, el sector financiero y el mismo sector público, el 3% restante corresponde a las obligaciones con la banca comercial y pagarés a cargo del Gobierno Nacional (Caballero, 2002).

En el 2001 los TES B representaban en 85.5% de la emisión total de bonos del gobierno y constituían el 32.7% de la deuda pública total. Las entidades públicas poseían el 51% de los títulos colocados, el sistema financiero el 36% y el sector privado el 13% (Caballero, 2002).

### 2.3 MERCADO DE DEUDA PÚBLICA INTERNA

A principios de los noventa se crea el mercado de deuda pública interna como un nuevo mecanismo de financiación del gobierno. El vehículo de financiación de deuda pública interna son los TES; existen dos tipos de TES, los TES A que se utilizaron para sustituir la deuda adquirida en las Operaciones de Mercado Abierto (OMAS) y los TES B que son títulos negociables en el mercado secundario (Minhacienda, 2001). Los TES B se dividen según su rendimiento, en tasa fija y en tasa variable, y éstos a su vez en diferentes plazos. Los TES B tasa fija son emitidos para plazos de 90 y 180 días y 1, 2, 3, 5, 7 y 10 años y los TES B UVR son de 5, 7 y 10 años (Minhacienda, 2001). La denominación de los TES B puede ser en pesos, dólares (TRM) o en unidades de valor real constante (UVR).

---

8. Bonos emitidos por el gobierno y adquiridos por entidades públicas.

Una vez el Ministerio de Hacienda y Crédito Público autoriza las emisiones de títulos (cada una de las cuales puede contener bonos de los plazos anteriormente mencionados), el Banco de la República procede a realizar una subasta holandesa en la cual adjudica el monto predeterminado. Las instituciones financieras<sup>9</sup> que pueden participar en la subasta se denominan Creadores de Mercado o Aspirantes a Creadores de Mercado y son quienes se encargan de comprar, comercializar y realizar estudios de la deuda pública interna del país (Minhacienda, 2001). La condición de Creador de Mercado o Aspirante a Creador de Mercado la concede el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y se determina básicamente por requisitos de capital y calificación de riesgo. Uno de los aspectos más importantes del mercado de TES son los sistemas de negociación centralizados que se emplean para realizar las diferentes transacciones. Las entidades encargadas de administrar estos sistemas son la Bolsa de Valores de Colombia mediante el Mercado Electrónico Colombiano (MEC) y el Banco de la República mediante el Sistema Electrónico de Negociación (SEN) respectivamente (Minhacienda, 2001).

Las tasas de interés de los TES están libres del riesgo crediticio corporativo pero se ve afectada por la situación macroeconómica del país, específicamente el gasto público, el déficit fiscal y las fluctuaciones de política monetaria.

#### **2.4 MERCADO DE CDT Y MERCADO DE DEUDA INTERNA.**

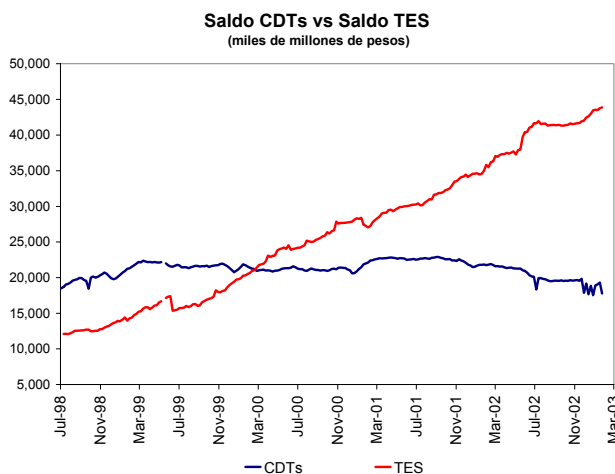
Durante la década de los noventa, tanto el mercado de CDT como el de deuda interna se consolidaron como referentes importantes de la economía colombiana. Es importante tener en cuenta que ambos mercados cumplen funciones diferentes en la economía (uno se emplea para financiar al gobierno y el otro a las entidades del sistema financiero) y la tasa de interés de ambos activos reflejan diferentes tipos de riesgo. Sin embargo, por ser mercados que utilizan la misma fuente de financiación (los ahorradores), la creación del mercado de deuda interna ha representado un cambio en la estructura en el mercado donde tradicionalmente se había fijado el precio de la liquidez en Colombia.

---

9. Bancos, Corporaciones Financieras y Sociedades Comisionistas de Bolsa.

A medida que se ha consolidado el mercado de deuda y las necesidades de financiación del Gobierno Nacional Central han crecido, el mercado ha ganado importancia y en stocks hoy en día supera al de CDT.

**Gráfico 6 – CDTs y TES**



Fuente: Banco de la República

### 3. HIPÓTESIS

Una forma de analizar el cambio en la estructura del mercado de CDT con la creación del mercado de deuda interna es por medio de las tasas de interés. De acuerdo a esto, la investigación plantea las siguientes hipótesis.

- 1) Los cambios en la estructura del sector financiero han determinado cambios en la forma en que se fijan las tasas de interés.
- 2) La creación del mercado de TES ha generado una mayor eficiencia en la forma en que se fija la DTF en la economía colombiana. Al contener más información, los precios son más informativos y por lo tanto más eficientes.

### 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

La revisión bibliográfica que se realiza a continuación se centra en:

- 1) Eficiencia de mercados financieros;

- 2) Microestructura de mercado y;
- 3) Algunos de los estudios más importantes sobre tasa de interés y el mercado de deuda interna colombiano.

De los tres temas mencionados anteriormente se tienen en cuenta aquellos estudios que se consideran más relevantes para la investigación.

#### 4.1 MERCADOS EFICIENTES.

*“Los mercados eficientes son aquellos en donde los precios siempre reflejan toda la información disponible y relevante, generando señales precisas para la asignación de recursos de la economía”* (Fama, 1970). Esta es la hipótesis de mercados eficientes (EMH) que sirvió como base para el desarrollo de las finanzas y la teoría neoclásica de los mercados hasta hoy. El centro de este argumento es que los mercados eficientes diseminan rápidamente toda la información nueva, la cual se refleja directamente en los precios. Es decir, en el marco de un mercado eficiente los precios son el mecanismo a través del cual se distribuye toda la información disponible. En su versión original Fama (1970) analiza un modelo teórico de mercados eficientes en que el precio de un activo se ajusta a tres subconjuntos de información diferentes. De esta manera estudia tanto a nivel teórico como empírico tres formas en que se puede representar la EMH<sup>10</sup>:

- Forma débil: los precios dependen únicamente de su comportamiento histórico. De esta manera, el conjunto de información son los precios históricos (en este caso la EMH se contrasta con una caminata aleatoria).
- Forma semi-fuerte: los precios reflejan toda la información pública disponible (i.e. los reportes anuales, eventos no anticipados, etc.)
- Forma fuerte: los precios reflejan toda la información tanto pública como privada (i.e. inversionistas con acceso monopolístico a cualquier información relevante para la formación de precios).

Al igual que en la teoría, la evidencia empírica la divide de acuerdo a los subconjuntos de información que se emplean en los trabajos: para la forma débil de EMH encuentra evidencia positiva para el corto plazo (utilizando datos diarios) aunque contradictoria para periodos más largos

de tiempo (una semana). Las pruebas de la forma semi-fuerte de EMH permiten concluir que para este caso la hipótesis se adecua a la realidad de los mercados financieros<sup>11</sup>. La forma fuerte de EMH es la más difícil de analizar empíricamente por la ausencia de datos al respecto, la única evidencia que hay es sobre el acceso privado a la información que tienen algunos “insiders” y especialistas y no muestra grandes desviaciones a la hipótesis de mercados eficientes.

#### **4.2 MICROESTRUCTURA DE MERCADO.**

A partir de la hipótesis de mercados eficientes surgen nuevas formas de analizar los mercados, entre ellas, la microestructura de mercado que estudia los efectos de la estructura del mercado y el comportamiento individual sobre el proceso de formación de precios en los diferentes entornos financieros (Calamia, 1999). Al igual que en el caso anterior, los precios son el instrumento que le permite a los agentes obtener la información necesaria para transar en un mercado, por este motivo entre más y mejor sea la información que contengan, más eficiente será el funcionamiento del mercado (el encuentro entre oferentes y demandantes). La mayoría de modelos de dinámica de precios dividen el movimiento temporal de los precios en un componente permanente y un componente transitorio (Calamia, 1999), de acuerdo a:

- El componente permanente es atribuido a la parte informativa de las variaciones y se ve afectada por el grado de información asimétrica del mercado. Las personas que realizan transacciones por este motivo por lo general están en lo correcto en esperar hacer ganancias.
- El componente transitorio se explica por las perturbaciones que se dan debido a las fricciones del mercado (Calamia, 1999). Esto es atribuido al ruido existente en los mercados financieros, en este caso las personas que realizan transacciones bajo este motivo no están en lo correcto al esperar ganancias o por lo menos no de manera sistemática.

En la teoría tradicional de microeconomía cada mercado tiene un precio tanto para compra como para venta del activo (donde se cruza oferta y demanda), lo cual no necesariamente se cumple en los mercados financieros. Por lo general un activo en el sistema financiero, tiene un precio de compra y uno de venta en el mismo momento del tiempo. Así, los estudios de microestructura de

---

10. Las definiciones que se utilizan son las empleadas por Fama (1991).

mercado se han dividido en tres grandes ramas que tratan de explicar la diferencia entre el precio de compra y venta de un activo:

- Modelos de costos de transacción: explican las diferencias entre los precios de compra y venta de un activo por motivos de los costos de transacción en que deben incurrir los intermediarios financieros para realizar la transacción.
- Modelos de control de inventarios: explican las diferencias entre los precios de compra y venta de un activo por el poder de mercado que tiene quien realiza la transacción. Los creadores de mercado utilizan los precios para balancear la oferta y la demanda de acuerdo al inventario de activos que manejan. Esto se puede lograr gracias a la incertidumbre que tienen los agentes sobre las órdenes<sup>12</sup> y volúmenes que se transan en el mercado (Calamia, 1999).
- Modelos de asimetrías de información: son modelos de selección adversa, donde existen dos tipos de agentes, informados y no informados (los agentes informados son aquellos que tienen información privada relevante sobre el mercado en que se transa, los no informados son los que disponen únicamente de información pública). Como el creador de mercado no puede separar los tipos de agentes, se producen distorsiones en los precios. Algunos de los modelos se han dedicado a explicar los componentes del margen entre los precios de compra y de venta en un entorno competitivo con agentes con información heterogénea mientras que otros modelan el comportamiento estratégico de los agentes debido a la información privada que poseen.

Uno de los primeros modelos de costos de transacción y del cual surgen otros estudios empíricos es el de Roll (1984), que muestra que existe una correlación serial negativa en los cambios en los precios<sup>13</sup>. En el modelo únicamente se incluyen costos de procesamiento de las órdenes<sup>14</sup> para las acciones en la NYSE (utilizando datos semanales).

Diamond y Verrecchia (1986) en un modelo de información asimétrica, emplean un mercado en el que se fijan precios de activos con agentes informados (que conocen el verdadero valor del activo) que participan en el mercado y agentes que no están informados (no conocen el verdadero valor del

---

11. El tipo de información que se incluye en las pruebas es: anuncios de las ganancias anuales y división de acciones, entre otros.

12. Instrucciones sobre venta y compra de los activos.

13. El estudio se realiza con datos semanales de New York Stock Exchange - NYSE.

activo y lo deben inferir con la información pública que disponen). Por medio del modelo analizan los efectos de las ventas en corto<sup>15</sup> sobre la velocidad de ajuste de precios de los activos (a información privada). Diamond y Verrecchia concluyen que al introducir nuevos tipos de activos al mercado, hay un cambio en la magnitud de ajuste de los precios.

Por otro lado también existen modelos que contemplan las tres fuentes de distorsiones en los precios de los activos. Huang y Stoll (1997) amplían el modelo de Roll (1986) incluyendo componentes de selección adversa y de inventarios para concluir que, aunque todos son significativos el más importante es el de costos de transacción. El estudio se realiza con datos diarios de acciones para 1992, únicamente utilizando la NYSE.

#### **4.3 EVIDENCIA EMPÍRICA PARA COLOMBIA.**

En Colombia se han realizado varios estudios sobre tasa de interés y deuda pública pero todos han empleando una metodología distinta a la llevada a cabo en el presente documento. De esta manera, no hay antecedentes claros sobre el enfoque que tiene la investigación. Sin embargo, resulta importante hacer un recuento sobre los estudios que se han realizado en Colombia ya que contribuyen y amplían el análisis realizado.

La tasa de interés ha sido analizada desde un enfoque macroeconómico en la mayoría de los casos y teniendo en cuenta a todo el sector financiero. Uribe y Vargas (2002) estudian los principales componentes de la transformación del sector financiero desde finales de la década de los ochenta y la década de los noventa. Argumentan que el cambio estructural se puede explicar por la liberalización llevada a cabo a principios de los noventa, la privatización de las entidades financieras que poseía el estado, los efectos del auge crediticio y la crisis financiera ocurrida en el periodo.

Por otro lado, Misas y Posada (1995) explican el nivel anual y las variaciones de la tasa de interés media<sup>16</sup> durante el periodo de 1958 a 1992. Por medio de pruebas econométricas concluyen que el comportamiento de la tasa de interés nominal se puede explicar por medio de la hipótesis de Fisher.

---

14. Como únicos costos de transacción.

15. Las ventas en corto son las ventas que se realizan sin la posesión del activo.

16. Media entre varias tasas del mercado, ponderadas por la importancia del crédito, depósito o colocación.



También plantean que la tasa de interés real interna ha dependido de la tasa real externa y oscilado en torno de la suma de ésta y una magnitud constante.

Julio (2001) realiza un análisis empírico sobre la relación entre la tasa de intervención del Banco de la República con las tasas de interés de mercado antes y después del abandono de la banda cambiaria en 1999. En el estudio incluye la tasa de intervención, la interbancaria, la DTF, la preferencial y la ordinaria. La investigación concluye que en el periodo antes de eliminar la banda, la volatilidad de las tasas es mayor (a excepción de la ordinaria) y que en ambos periodos hay relaciones estables de largo plazo entre las tasas. De todas maneras, hay evidencia que indica que después del abandono la relación entre las tasas es más fuerte. Resulta importante mencionar que el cambio en la varianza entre los periodos (antes y después de la eliminación de la banda) no es significativo para la DTF.

Los estudios sobre el mercado de deuda interna se han enfocado un análisis de la evolución de la deuda (tanto interna como externa) y no tanto en el mercado de los TES. Caballero (2002) analiza la estructura de la deuda interna y externa, el endeudamiento doméstico a través de los TES y las implicaciones del incremento en el crédito neto del sistema financiero al sector público para las instituciones financieras y para el sector público.

Correa (2000) analiza la relación entre la política de deuda pública y la política monetaria ente 1995 y 1999, desde la perspectiva de un banco central. La investigación le permite concluir que la acumulación continua de deuda pública es mala y que ha sido un obstáculo importante para adquirir estabilidad macroeconómica desde principios de los noventa. Por otro lado plantea que el bajo desarrollo del mercado de capitales colombiano hizo que la crisis de 1998-1999 fuera más costosa para el país, ya que redujo la efectividad de la política monetaria. Finalmente sugiere que se requiere un manejo transparente de la deuda interna y coordinado con la política monetaria.

## 5. MODELO TEÓRICO

El modelo que se presenta a continuación está basado en Diamond y Verrecchia (1986)<sup>17</sup> con el objetivo de ajustarlo a los mercados de liquidez de la economía colombiana<sup>18</sup>. El modelo pretende analizar el comportamiento de la tasa de interés en un entorno de información asimétrica. Bajo este esquema, la tasa de interés puede ser entendida como el precio de la liquidez. Dado que se pretende estudiar lo que ha sucedido con el mercado de CDT como consecuencia de la creación del mercado de deuda interna, el modelo se divide en dos partes:

- (a) En la primera se analizan las decisiones de dos tipos de agentes: bancos informados (que conocen el verdadero valor de la liquidez) y no informados (que deben inferir el valor de la liquidez de acuerdo a la información pública disponible). Bajo este esquema se estudia lo que sucede con la tasa de interés de acuerdo a las estrategias de los agentes.
- (b) En la segunda se incorpora una señal informativa al mercado. La señal informativa se puede interpretar como un mecanismo de transmisión de información de un nuevo mercado. Equivalentemente, los precios fijados continuamente en el mercado secundario de TES constituyen un mecanismo de transmisión de información paralelo al de los CDT.

En este contexto se realiza estática comparativa entre lo que ocurre con los precios antes y después de crear la señal informativa y así ver lo que sucede en términos de eficiencia informacional<sup>19</sup>.

### 5.1 SUPUESTOS

Los supuestos del modelo se presentan a continuación:

- 1) Competencia perfecta entre los bancos en los mercados diferentes al de la liquidez.
- 2) Neutralidad al riesgo.

---

17. Ver la revisión bibliográfica para detalles sobre el modelo de Diamond y Verrecchia (1986).

18. Las principales modificaciones que se le hicieron al modelo son:

- El activo que se maneja en ambos modelos es diferente. Diamond y Verrecchia usan un activo que se transa en bolsa, en el modelo desarrollado el activo que se emplea es la liquidez. Esto implica un cambio en los tipos de agentes que transan y algunas modificaciones en la estrategia de los jugadores (básicamente por la naturaleza del activo).
- Diamond y Verrecchia consideran ventas en corto del activo, hecho que no se realiza en el modelo desarrollado.
- Al modelo que se presenta se le introduce una señal informativa (Diamond y Verrecchia no lo hacen).

- 3) Choque de liquidez: los bancos no informados pueden recibir un choque de liquidez, lo que implica que les demandan grandes cantidades de dinero.
- 4) Si los bancos tienen exceso de liquidez y reciben un choque, el exceso les alcanza para cubrirlo.
- 5) Motivos de transacción:
  - El único motivo de transacción para los bancos informados es obtener ganancias (arbitrar) aprovechando su conocimiento del valor verdadero de la liquidez, ya que no reciben choques adicionales.
  - El único motivo de transacción para los bancos no informados es el choque de liquidez, ya que no tienen motivos para participar en el mercado y competir con los bancos que tienen información privada.

## 5.2 MODELO DE VALORACIÓN DE LIQUIDEZ SIN SEÑAL INFORMATIVA

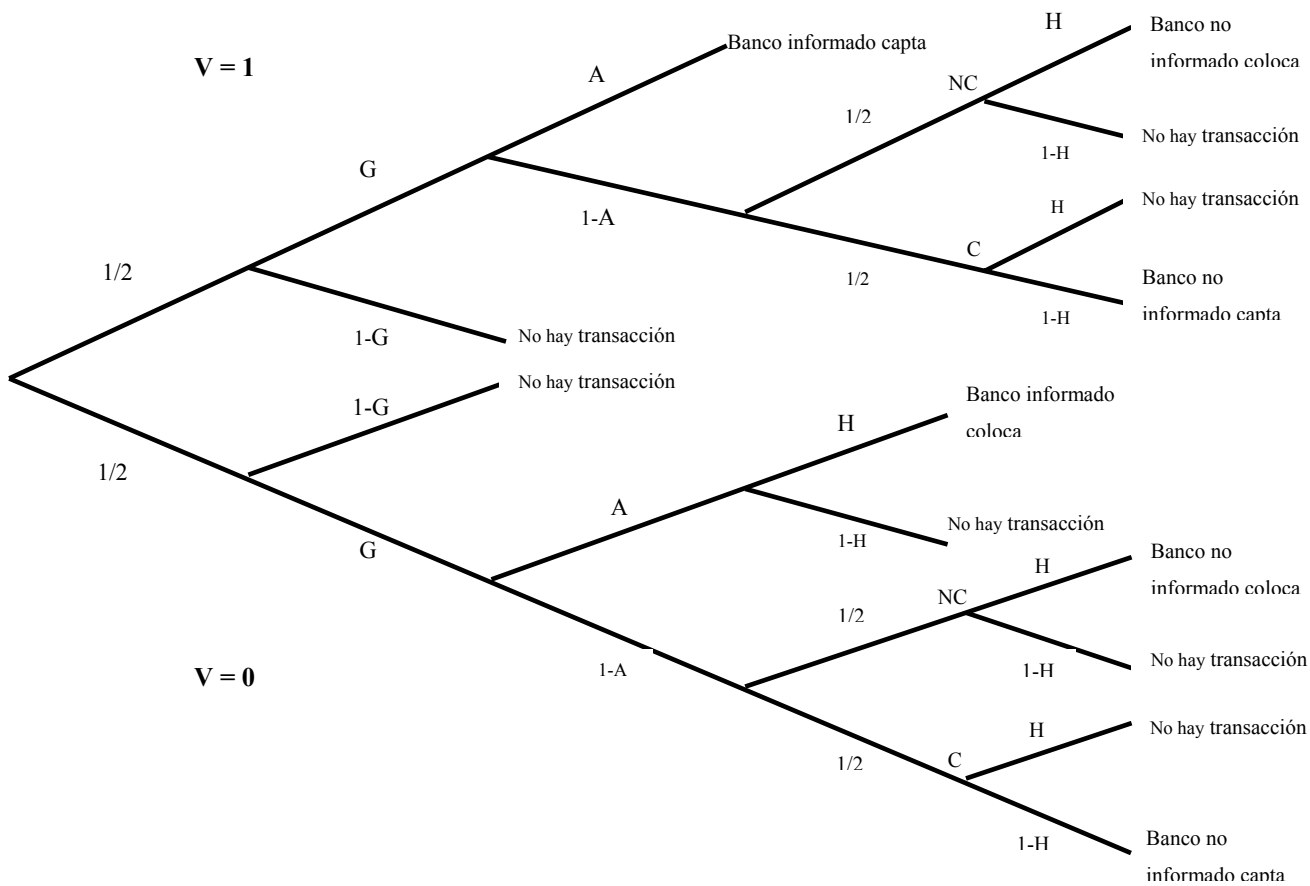
En esta primera parte se presentan la estrategia de cada uno de los tipos agentes ante las posibles situaciones y la solución de cada modelo<sup>20</sup>. En este contexto, la solución al modelo son los precios de acuerdo a las transacciones realizadas en cada estado de la naturaleza. De acuerdo a esto, las estrategias se presentan en el siguiente diagrama y las definiciones empleadas y los precios (y la forma de obtenerlos) en las tablas que lo siguen.

---

19 El problema también se puede analizar con un modelo microeconómico que determine las relaciones entre el mercado de deuda y el de liquidez.

20. Como se ha mencionado, la solución implica encontrar los precios de transacción.

**Diagrama 1 - Modelo de valoración de liquidez Sin señal informativa**



En los siguientes cuadros se presenta el resumen de la notación empleada en el diagrama anterior, las estrategias de los agentes para cada estado de la naturaleza, la probabilidad condicional dado el estado de la naturaleza y finalmente los precios del modelo (ver cuadros 1, 2, 3, 4 y 5).

**Cuadro 1 - Definición de Variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN
V	El valor de la liquidez que tiene una distribución de probabilidad Bernoulli, el valor es 1 con probabilidad $\frac{1}{2}$ o 0 con probabilidad $\frac{1}{2}$ .
G	La probabilidad de que un banco potencialmente quiera participar en el mercado, ya sea por el choque de liquidez o por la información.
A	La probabilidad de que un banco esté informado. A la vez representa la fracción de bancos informados respecto a los no informados.
H	La probabilidad de que el banco tenga dinero.
NC C	El choque de liquidez, que únicamente afecta a los bancos no informados. Cuando C el banco tiene el choque por lo que necesita captar dinero, NC colocan dinero ya que no tienen choque que satisfacer.

**Cuadro 2 - Estrategia de los bancos en cada una de las ramas del árbol cuando V = 1**

	ESTRATEGIA	PROBABILIDAD
Banco informado	Banco sabe que no va a tener choque de liquidez y que se está subvalorando la liquidez por lo que decide captar.	$\frac{1}{2} GA$
Banco no informado sin choque de liquidez y con dinero.	Al no tener choque y tener dinero, implica que tienen un exceso de liquidez, por lo que la decisión óptima del banco es colocar.	$\frac{1}{4} GH(1 - A)$
Banco no informado sin choque y sin dinero.	Al no tener choque y tampoco exceso de liquidez el banco no tiene motivos para realizar transacciones.	$\frac{1}{4} G(1 - A)(1 - H)$
Banco no informado con choque y con dinero.	Bajo el supuesto que el dinero le alcanza exactamente para cubrir el choque, el banco no realiza transacciones.	$\frac{1}{4} G(1 - A)H$
Banco no informado con choque y sin dinero.	Al no tener dinero, necesariamente debe captar para cubrir el choque.	$\frac{1}{4} G(1 - A)(1 - H)$

**Cuadro 3 - Estrategia de los bancos en cada una de las ramas del árbol cuando V = 0**

	ESTRATEGIA	PROBABILIDAD
Banco informado con dinero.	El banco sabe que la liquidez se está sobre valorando y además tiene exceso de liquidez, motivo por el cual decide colocar.	$\frac{1}{2} GAH$
Banco informado sin dinero.	El banco sabe que la liquidez se está sobre valorando pero como no tiene dinero prefiere no realizar transacciones.	$\frac{1}{2} A(1 - H)$

Banco no informado sin choque y con dinero.	Al no tener choque y tener exceso de liquidez, la decisión óptima del banco es colocar.	$\frac{1}{4} G(1 - A)H$
Banco no informado sin choque sin dinero.	Al no tener choque y tampoco exceso de liquidez el banco no tiene motivos para realizar transacciones.	$\frac{1}{4} G(1 - A)(1 - H)$
Banco no informado con choque y con dinero.	Bajo el supuesto que el exceso le alcanza exactamente para cubrir el choque, el banco no realiza transacciones.	$\frac{1}{4} G(1 - A)H$
Banco no informado con choque y sin dinero.	Al no tener dinero y recibir el choque, necesariamente debe captar para cubrirlo.	$\frac{1}{4} G(1 - A)(1 - H)$

**Cuadro 4 - Probabilidad condicional dado el estado de la naturaleza**

<b>Acción observada</b>	<b>Probabilidad condicional cuando el estado de la naturaleza es <math>V = 1</math></b>	<b>Probabilidad condicional cuando el estado de la naturaleza es <math>V = 0</math></b>
Capta	$GA + \frac{1}{2} G(1 - A)(1 - H)$	$\frac{1}{2} G(1 - A)(1 - H)$
Coloca	$\frac{1}{2} G(1 - A)H$	$GAH + \frac{1}{2} G(1 - A)H$
No hay transacción	$\frac{1}{2} G(1 - A)H + (1 - G) + \frac{1}{2} G(1 - A)(1 - H)$	$GA(1 - H) + \frac{1}{2} G(1 - A)H + (1 - G) + \frac{1}{2} (1 - A)(1 - H)G$

**Cuadro 5 - Precios de la liquidez<sup>21</sup>**

<b>PRECIOS</b>	<b>Valor condicional esperado de la liquidez cuando de acuerdo al estado de la naturaleza (precios)<sup>22</sup></b>
$P_{captación_1} = P(V = 1/A = \text{capta})$	$\frac{1 - H(1 - A) + A}{2(1 - H(1 - A))}$
$P_{colocación_1} = P(V = 1/A = \text{coloca})$	$\frac{1}{2} (1 - A)$
$P_{captación_0} = P(V = 0/A = \text{capta})$	$\frac{(1 - A)(1 - H)}{2((1 - A)(1 - H) + A)}$
$P_{colocación_0} = P(V = 0/A = \text{coloca})$	$\frac{1}{2} (1 + A)$

La solución del modelo permite concluir que los precios no sólo dependen de los excesos de liquidez de los bancos sino también de la proporción de bancos informados que haya en la economía.

### 5.3 MODELO DE VALORACIÓN DE LIQUIDEZ CON SEÑAL INFORMATIVA<sup>23</sup>.

En esta parte del modelo se incorpora una señal informativa que genera información pública a los agentes que componen la economía. Se introduce la señal al mercado debido a que la creación del

21. En el ANEXO 1 (precio de la liquidez sin señal informativa) se realiza el desarrollo matemático de los precios.

22. Se usó regla de Bayes para obtener los resultados de la tabla.

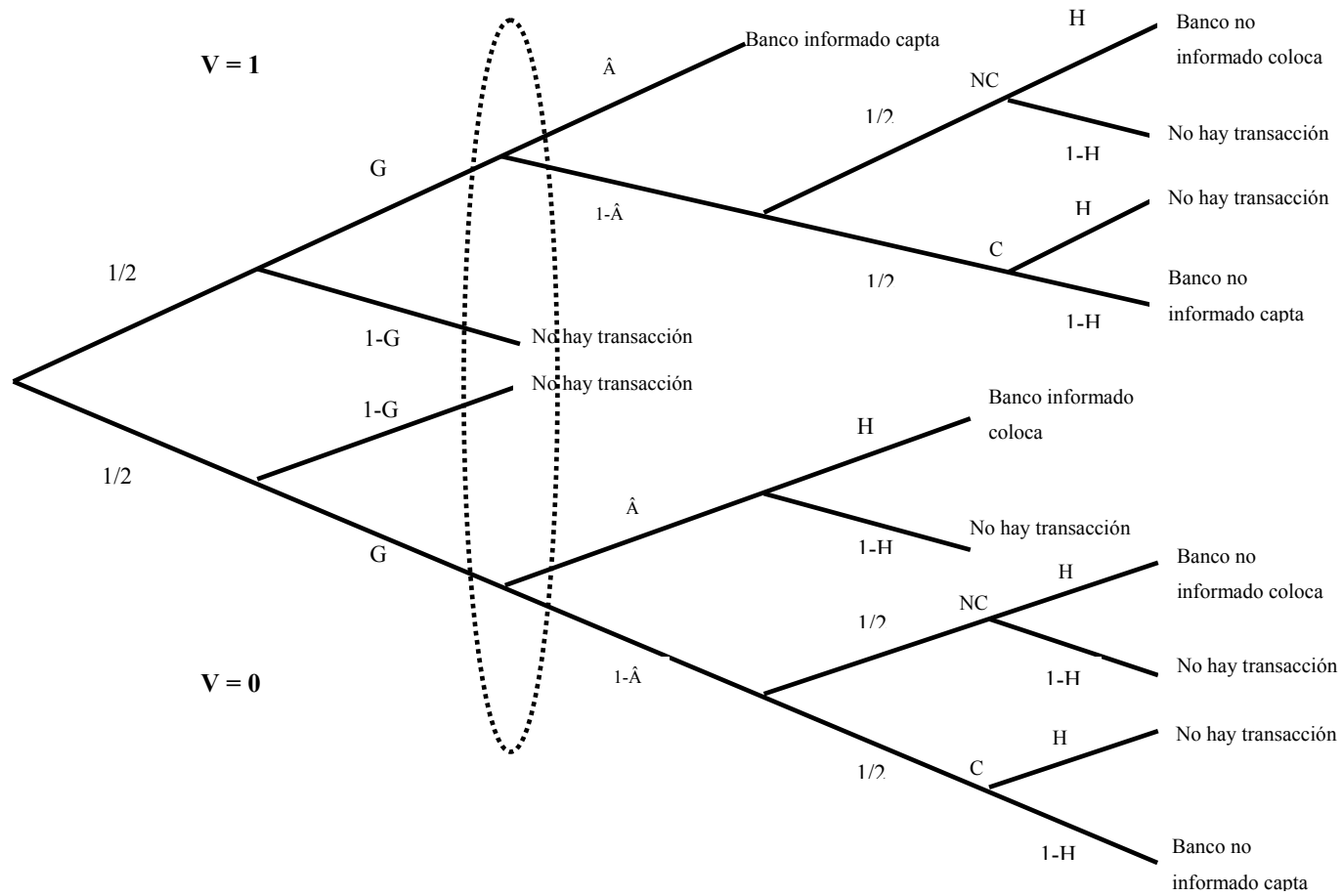
mercado de deuda pública interna se puede entender como un mecanismo de transmisión de información sobre el precio de la liquidez. La principal implicación de la creación de la señal es que hay un cambio en la proporción de agentes informados respecto a los no informados. La demostración del aumento en la proporción de agentes informados en la economía se presenta en el ANEXO 2 (Estructura de la señal informativa).

En el siguiente esquema se muestra la estrategia de los agentes en cada situación incluyendo la señal informativa pública.

---

23. La nomenclatura que se usa en este modelo es la misma que en el anterior.

**Diagrama 2 - Modelo de valoración de liquidez Con señal informativa**





**Cuadro 6 - Probabilidad condicional dado el estado de la naturaleza**

<b>Acción observada</b>	<b>Probabilidad condicional cuando el estado de la naturaleza es V = 1</b>	<b>Probabilidad condicional cuando el estado de la naturaleza es V = 0</b>
Capta	$G\hat{A} + \frac{1}{2} G(1 - \hat{A})(1 - H)$	$\frac{1}{2} G(1 - \hat{A})(1 - H)$
Coloca	$\frac{1}{2} G(1 - \hat{A})H$	$G\hat{A}H + \frac{1}{2} G(1 - \hat{A})H$
No hay transacción	$\frac{1}{2} G(1 - \hat{A})H + (1 - G) + \frac{1}{2} G(1 - \hat{A})(1 - H)$	$G\hat{A}(1 - H) + \frac{1}{2} G(1 - \hat{A})H + (1 - G) + \frac{1}{2} (1 - \hat{A})(1 - H)G$

**Cuadro 7 - Precio de la liquidez<sup>24</sup>**

<b>PRECIOS</b>	<b>Valor condicional esperado de la liquidez cuando de acuerdo al estado de la naturaleza (precios)<sup>25</sup></b>
$P_{\text{captación}_1} = P(V = 1/\hat{A} = \text{capta})$	$\frac{1 - H(1 - \hat{A}) + \hat{A}}{2(1 - H(1 - \hat{A}))}$
$P_{\text{colocación}_1} = P(V = 1/\hat{A} = \text{coloca})$	$\frac{1}{2} (1 - \hat{A})$
$P_{\text{captación}_0} = P(V = 0/\hat{A} = \text{capta})$	$\frac{(1 - \hat{A})(1 - H)}{2((1 - \hat{A})(1 - H) + \hat{A})}$
$P_{\text{colocación}_0} = P(V = 0/\hat{A} = \text{coloca})$	$\frac{1}{2} (1 + \hat{A})$

La única diferencia entre los precios de los dos modelos es la señal informativa, que se ve reflejada en la probabilidad de que los agentes estén informados. Debido a que en el segundo modelo hay más agentes informados que en el primero<sup>26</sup> y los precios dependen de este parámetro, los precios del segundo modelo reflejan más información.

De esta manera, una de las consecuencias de la introducción del mercado de TES puede ser interpretada como la creación de una señal informativa, que resulta en un mecanismo de transmisión de información de un mercado a otro<sup>27</sup>. En el ANEXO 4 (Simulaciones con el modelo teórico) se puede observar lo que ocurre con los precios y con el margen entre el precio de colocación y de

24. En el ANEXO 3 (Precio de la liquidez con señal informativa) se realiza el desarrollo matemático de los precios de la liquidez.

25. Se usó regla de Bayes para obtener los resultados de la tabla.

26. También se puede entender como una mejor difusión de la información privada en el mercado, o sea una mayor eficiencia de mercado en el sentido de Fama.

captación cuando la señal genera un aumento en la proporción de agentes informados en la economía. De acuerdo a los resultados del modelo, cuando hay más agentes informados en la economía el margen entre el precio de compra y de venta del activo se reduce, incrementando la eficiencia en el mercado.

En términos aplicados, el mercado de la liquidez en Colombia también tiene un precio de captación y uno de colocación. El mercado de depósitos se entiende como el de captación y el de crédito como el de colocación. De esta manera, una de las formas de mejorar la estructura del mercado de la liquidez es por medio de las captaciones del sistema financiero.

Se puede concluir que los precios del mercado de CDT mejoran en términos informacionales cuando surge este nuevo mercado. Así, que el mercado mejore en términos informacionales significa que la señal que se le está dando a los participantes del mismo, por medio de los precios, es mejor que la que se le estaba dando anteriormente ya que ahora se refleja más información.

## **6. ECONOMÍA EXPERIMENTAL**

Le economía experimental permite analizar, mediante experimentos con individuos, las decisiones de los agentes en diferentes entornos económicos. De esta manera, este instrumento permite analizar lo que sucede en un mercado cuando enfrenta cambios en su estructura. Por este motivo resulta bastante útil emplear esta herramienta para entender lo sucedido en el mercado de CDTs cuando surge el mercado de deuda pública interna.

El experimento que se presenta a continuación pretende analizar la evolución de los precios en dos estructuras de mercado diferentes. De esta manera, se simula lo que sucede con el precio de un activo en un entorno de información asimétrica bajo dos estructuras de mercado distintas. El análisis del juego se centra en cómo la estructura de mercado afecta la convergencia del precio al verdadero valor del bono en ambos entornos económicos.

---

27. En este caso del mercado de TES al de CDTs.

## 6.1 DISEÑO DEL JUEGO

El juego está dividido en dos partes, la primera simula un mercado continuo de transacciones de bonos y el segundo es igual al anterior excepto porque antes de comenzar las transacciones se realiza una subasta de bonos. El mercado continuo en ambos juegos tiene una duración de 7 minutos.

La estructura del pago de los bonos que se transan en el juego y la información que manejan los participantes es igual a la utilizada por Biais y Pouget (2000). En el experimento se transa un tipo de activo riesgoso (bono) que se liquida al final del juego. El valor del bono (o precio de liquidación) se elige de manera aleatoria (cada uno con probabilidad  $1/3$ ) y puede ser \$30, \$100 o \$250. Si el valor del bono es \$30, la mitad de los participantes del juego sabe (mediante una señal privada) que *no es \$100* y la otra mitad que *no es \$250*. La estructura de información es exactamente igual para los otros dos valores posibles del bono.

A diferencia de Biais y Pouget (2000) los participantes no pueden realizar transacciones en corto, lo que implica no pueden vender más bonos de los que se les entrega al inicio de cada juego ni gastar más dinero del que reciben en su dotación inicial. Es importante anotar que Biais y Pouget (2001) tampoco analizan el efecto sobre los precios de introducir una subasta en el juego. A continuación se presenta una breve descripción de las dos estructuras de mercado simuladas mediante los experimentos.

### 6.1.1 Juego 1: Mercado continuo de bonos

Al inicio del juego cada participante tiene una dotación inicial de \$20,000 pesos y 50 bonos. Las transacciones entre los participantes se realizan mediante órdenes de mercado hechas al director del juego que se efectúan en el momento en que otro de los participantes decide aceptarla. Las órdenes se escriben en el tablero y en el momento en que van siendo realizadas se les indica a los participantes para que no las sigan teniendo en cuenta. Una vez la transacción ha sido efectuada no puede ser cancelada, si por el contrario no ha habido contrapartida, ésta puede ser eliminada del tablero. Las órdenes anunciadas por los participantes contienen lo siguiente:

- a) Tipo de orden (compra o venta).

- b) Cantidad de bonos que está dispuesto a transar.
- c) Precio al que está dispuesto a realizar la transacción.

El mercado continuo de bonos termina en el momento en que se acaban los 7 minutos y no se realizan más transacciones a partir de ese momento.

### 6.1.2 Juego 2: Subasta con mercado continuo de bonos

La subasta que se realiza en el experimento es igual a la empleada por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público en la colocación primaria de bonos de deuda interna. Una vez entregada la señal privada a cada uno de los agentes, el director del juego procede a anunciar el cupo que está dispuesto a entregar en bonos a la economía y cada participante entrega su oferta (a sobre cerrado). Las demandas se ordenan de mayor a menor y el precio que se paga por los bonos es el ofrecido en el momento en que se llena el cupo. El cupo de la subasta corresponde a lo siguiente:

$$\text{Cupo} = \sum_{i=1}^{n/2} \text{dotación}_i - 20,000$$

De esta manera ninguno de los participantes podrá quedarse con todos los bonos emitidos. Una vez se ha terminado la subasta se realiza el mercado continuo por otros 7 minutos.

## 6.2 ESTRUCTURA DEL JUEGO

El juego se realizó con estudiantes de pregrado de la Universidad de Los Andes y la Universidad Javeriana, adicionalmente se realizó el experimento con funcionarios del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Los estudiantes pertenecían a las carreras de economía e ingeniería industrial. Cada uno de los participantes recibió con anterioridad el instructivo del juego y se exigió su lectura para el día del experimento. Antes de iniciar el juego se respondieron las preguntas que se consideraron pertinentes<sup>28</sup> y se realizó un ensayo del juego de mercado continuo.

---

28. No se respondió ninguna pregunta que tuviera que ver con la manera en que debían jugar dada la señal recibida.

Los estudiantes se dividieron en grupos compuestos entre 7 y 15 personas para facilitar el desarrollo del juego. Para evitar filtraciones de información, los participantes fueron separados y no se les permitió hablar durante el experimento. Cada tipo de juego se realizó entre 1 y 3 veces.

### 6.2.1 Incentivos

El experimento valía por la nota de un quiz, tarea o bono en cada una de las clases en las que se realizó. La nota dependía de la riqueza con la que terminan los participantes al finalizar el juego (la nota de los estudiantes era relativa, el mejor sacaba 5 y decrecía de acuerdo al desempeño respecto al mejor). De esta manera los participantes tenían fuertes incentivos a jugar de la mejor manera y a equivocarse lo menos posible (sobre todo si se tiene en cuenta que un error puede significar grandes ganancias a otro de sus compañeros y por lo tanto una muy mala nota).

## 7. ANÁLISIS DEL JUEGO DE ECONOMÍA EXPERIMENTAL

A continuación se analizan las estrategias óptimas del juego de economía experimental descrito anteriormente, tanto en mercado continuo como para la subasta.

### 7.1 JUEGO DE MERCADO CONTINUO

Las estrategias de los participantes, dependen de la señal que reciben y de la actitud frente al riesgo de cada uno. La señal informativa reduce la incertidumbre sobre el verdadero valor del bono, definiendo el rango donde los participantes, con certeza, están dispuestos a comprar o a vender. La actitud frente al riesgo define el tipo de transacción (compra o venta) que está dispuesto a realizar el participante en el rango de precios donde la señal no le brinda la información suficiente para realizar la operación con total certeza.

A continuación se muestran las estrategias de los participantes de acuerdo a la señal informativa que reciben y a su actitud frente al riesgo (neutral o averso al riesgo):

- *Señal: no es 250*
  - Agente averso al riesgo:  
 $S = \{\text{compra } p \leq \$30; \text{ vende } p \geq \$100\}$

- Agentes neutrales al riesgo:
  - $S = \{\text{compra } p \leq \$65; \text{ vende } p \geq 65\}$
  - $S = \{\text{compra } p \leq \$30; \text{ compra } \$65 < p < \$100; \text{ vende } p \geq \$100; \text{ vende } \$30 < p < \$65\}$
  
- *Señal: no es 100*
  - Agentes aversos al riesgo:
    - $S = \{\text{compra } p \leq \$30; \text{ vende } p \geq \$250\}$
  - Agentes neutrales al riesgo:
    - $S = \{\text{compra } p \leq \$140; \text{ vende } p \geq \$140\}$
    - $S = \{\text{compra } p \leq \$30; \text{ compra } \$140 \leq p \leq \$250; \text{ vende } \$30 \leq p \leq \$140; p \geq \$250\}$
  
- *Señal: no es 30*
  - Agentes aversos al riesgo:
    - $S = \{\text{compra } p \leq \$100; \text{ vende } p \geq \$250\}$
  - Agentes neutrales al riesgo:
    - $S = \{\text{compra } p \leq \$175; \text{ vende } p \geq \$175\}$
    - $S = \{\text{compra } p \leq \$100; \text{ compra } \$175 \leq p \leq \$250; \text{ vende } p \geq \$250; \text{ vende } \$100 \leq p \leq \$175\}$

## 7.2 SUBASTA

El objetivo de la subasta es dar un precio inicial al juego que actúe como información pública adicional y reduzca la incertidumbre sobre el verdadero valor del bono (esta información puede ser interpretada como un precio de apertura del mercado continuo). La subasta reduce el espacio de acciones de los individuos, ya que los obliga a realizar compras únicamente. Por consiguiente, las estrategias también se reducen y el precio de la subasta revela las estrategias de los participantes de manera más rápida.

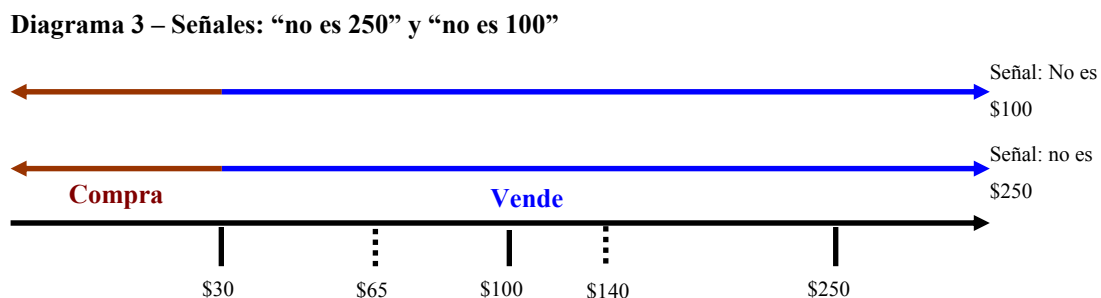
De acuerdo a la estructura de la subasta, los agentes a quienes se adjudican bonos son aquellas personas que ofrecen los mayores precios. Como el precio al que se les vende el bono es el mínimo

que queda dentro del cupo, la estrategia óptima de los participantes es comprar la mayor cantidad que puedan a un precio que les asegure ganancia o no pérdida en el peor de los casos. De esta manera, las estrategias óptimas de los participantes, de acuerdo a la señal informativa que reciben, son las siguientes.

- *Señal: no es 250*  
La estrategia de los participantes que les asegura no pérdida es  $S = \{\text{compra } p \leq \$30\}$
- *Señal: no es 100*  
La estrategia de los participantes que les asegura no pérdida es  $S = \{\text{compra } p \leq \$30\}$
- *Señal: no es 30*  
La estrategia de los participantes que les asegura no pérdida es  $S = \{\text{compra } p \leq \$100\}$

De acuerdo a las estrategias anteriores, el precio de la subasta debe quedar en los siguientes rangos, de acuerdo a los tipos<sup>29</sup> de participantes del juego, revelando el verdadero valor del bono.

Si las señales que hay en la economía son: “no es 250” y “no es 100” el precio de la subasta debe quedar en el rango (0,30]. Lo que le indica a los dos tipos de participantes que no hay nadie en la economía con la señal “no es \$30” y por lo tanto que el valor del bono es \$30. De esta manera los dos tipos de participantes tienen información perfecta sobre el verdadero valor del bono y sus estrategias se reducen a lo siguiente:

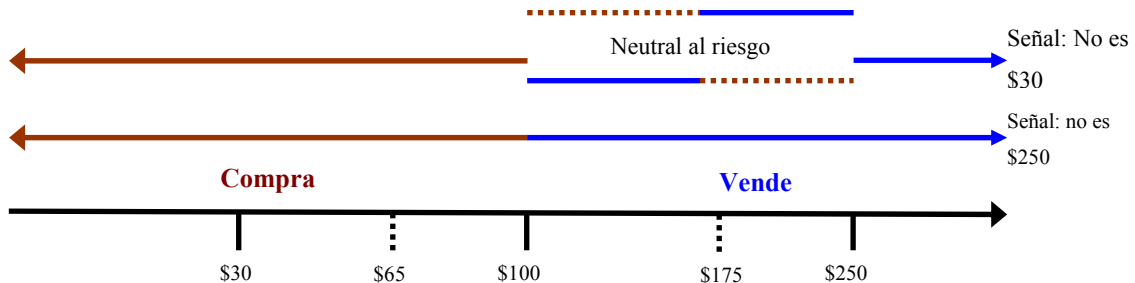


De acuerdo al gráfico anterior las únicas transacciones que se deberían realizar, deberían ser al precio del verdadero valor del bono (\$30), ya todos los participantes conocen el verdadero valor del activo.

29. Hay dos tipos de participantes en cada juego, que depende de las señales que haya en la economía.

- Si las señales que hay en la economía son: “no es 250” y “no es 30” el precio de la subasta debe quedar en el rango (0,100]. Este precio le indica a los participantes que tienen la señal “no es 250” que el verdadero valor del bono es \$100. Motivo por el cual sólo realizarán transacciones de acuerdo al siguiente gráfico:

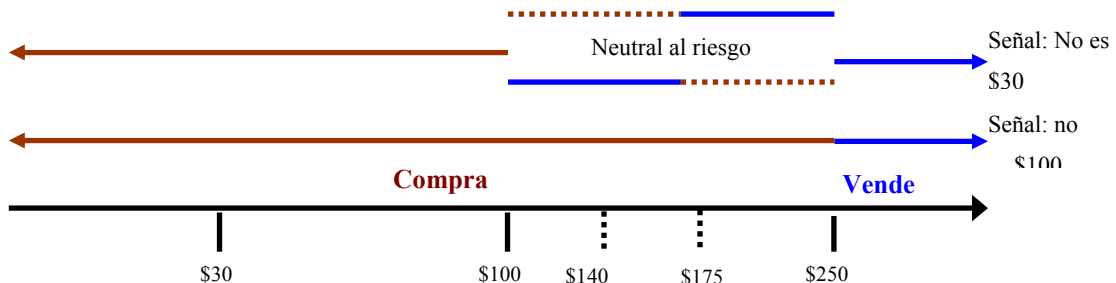
**Diagrama 4 – Señales: “no es 250” y “no es 30”**



De esta manera las únicas transacciones que se realizarán serán entre los individuos que no entraron en la subasta y tienen la señal “no es \$30” con los que tienen la señal “no es \$250” y con los que entraron en la subasta y tienen una actitud frente al riesgo opuesta<sup>30</sup> a quien realiza la oferta.

- Si las señales que hay en la economía son: “no es \$100” y “no es \$30” el precio de la subasta debe quedar en el rango (0,100]. Esto le indica a los participantes con la señal “no es \$100” que el verdadero precio de bono es \$250. De acuerdo a esto, únicamente se realizarán transacciones de la siguiente forma:

**Diagrama 5 – Señales: “no es 100” y “no es 30”**



30. En este caso, tener una actitud frente al riesgo opuesta significa que si es averso al riesgo el opuesto es neutral y viceversa.



Las transacciones que se realizarán serán aquellas entre los participantes que tienen la señal no es \$100 y los que tienen la señal no es \$30 pero no conocen el verdadero valor del bono. También se realizarán transacciones entre los que tienen la señal “no es 30” que compraron en la subasta y los que no obtuvieron bonos si tienen una actitud opuesta frente al riesgo.

## 8. RESULTADOS

En la siguiente tabla se presentan los resultados del juego de economía experimental. La tabla muestra el número de transacciones de cada juego, el grado de convergencia del precio de la última transacción frente al verdadero valor del bono, tanto en mercado continuo (M.C) como en subasta con mercado continuo (S con M.C), y una medida de volatilidad del precio (máximo menos mínimo).

**Cuadro 8 - Resultados economía experimental**

JUEGO	# DE PERSONAS	CONVERGENCIA M.C	MÁX – MÍN	# DE TRANSAC	CONVERGENCIA S CON M.C	# DE TRANSAC	MÁX – MÍN
1	12	100%	40	15	100%	6	50
2	8	52%	50	8	100%	11	20
3	8	21.4%	60	12	31.6%	12	35
4	11	95%	20	16	39%	13	15
5	8	63%	80	17	98%	16	30
6	11	32%	130	21	40%	20	10
7	13	29%	120	16	39%	15	7
8	13	28%	80	21	100%	13	10
9	7	40%	15	8	60%	9	50
10	7	40%	5	8	100%	0	N/A
11	7	29%	100	6	100%	0	N/A
12	6	100%	150	10	98%	1	N/A

Como se observa en la tabla anterior, en el 91.6% (11 de 12 juegos) de los juegos realizados el desempeño en términos de convergencia es mejor cuando se incluye la subasta que cuando únicamente hay mercado continuo. Cuando se converge en los dos tipos de juego, en subasta con mercado continuo la convergencia es en un menor número de transacciones, inclusive en algunos casos, la convergencia es mediante órdenes y no mediante transacciones<sup>31</sup> (juegos 11, 12 y 13). Ahora bien, cuando en ninguno de los dos tipos de juego se converge, el desempeño es mejor con

31. Las transacciones se realizan cuando una oferta tiene contrapartida, mientras que las órdenes únicamente quedan en el tablero y ningún participante acepta el negocio (comprar o vender).

subasta que sin ella. En el ANEXO 6 (Resultados de economía experimental) se observan las gráficas de todos los juegos realizados.

La economía experimental permite concluir que al incluir un tipo de estructura como el de la subasta, en un ambiente de información asimétrica, los precios reflejan más rápido la información sobre el verdadero valor del activo. De esta manera y teniendo en cuenta la definición de eficiencia del modelo teórico, al cerrarse la brecha de dispersión de los precios y por lo tanto la diferencia con el verdadero valor del bono, el mercado es más eficiente.

## **8.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

El análisis estadístico pretende corroborar los resultados obtenidos anteriormente y analizar la relación que hay entre los precios de ambos mercados (CDT y deuda pública interna). La prueba realizada es la de causalidad de Granger, que permite analizar si el valor corriente de la DTF puede ser explicada por sus valores pasados y por los valores pasados de tasa de interés de los TES.

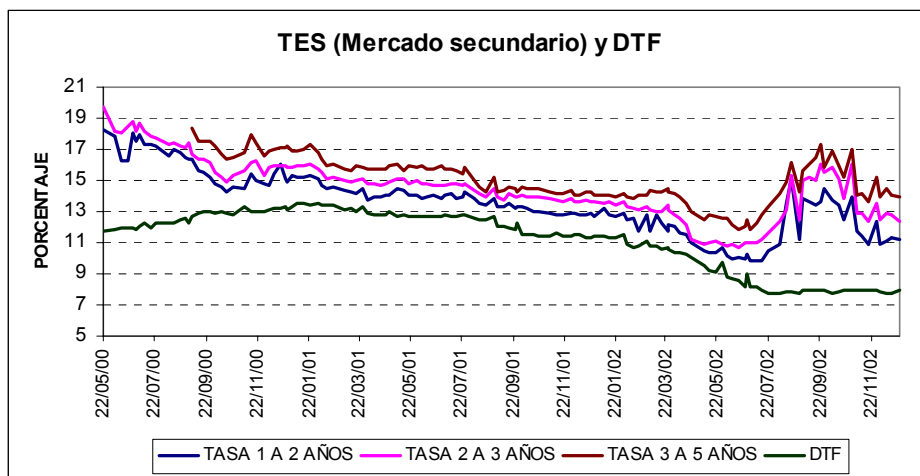
### **8.1.1 Datos**

- La DTF semanal durante el periodo comprendido entre mayo de 2000 y diciembre de 2002. La fuente de esos datos es el Banco de la República.
- La tasa de mercado de TES renta fija durante el periodo comprendido entre mayo de 2000 y diciembre de 2002. Dado que los datos son diarios y que no todos los títulos se transan diariamente, se realizó el siguiente procedimiento para sacar una tasa semanal. Primero se separan los títulos de acuerdo a los días al vencimiento obteniendo tres tipos de título (de 1 a 2 años, de 2 a 3 años y de 3 a 5 años). Luego se saca el promedio ponderado por monto transado semanal. De esta manera se obtiene una tasa semanal por tipo de título. La fuente de estos datos es el Banco de la República.
- La tasa de la curva de rendimiento del mercado secundario de TES, CETES entre mayo de 2000 y diciembre de 2002. Dado que la CETES es un indicador diario, se sacó el promedio simple para obtener datos semanales. La fuente de estos datos es la Bolsa de Valores de Colombia.

La prueba de causalidad de Granger se realizó con las tasas de interés de los TES en mercado secundario para los plazos de 1 a 2 años, de 2 a 3 años y de 3 a 5 años y con la curva de

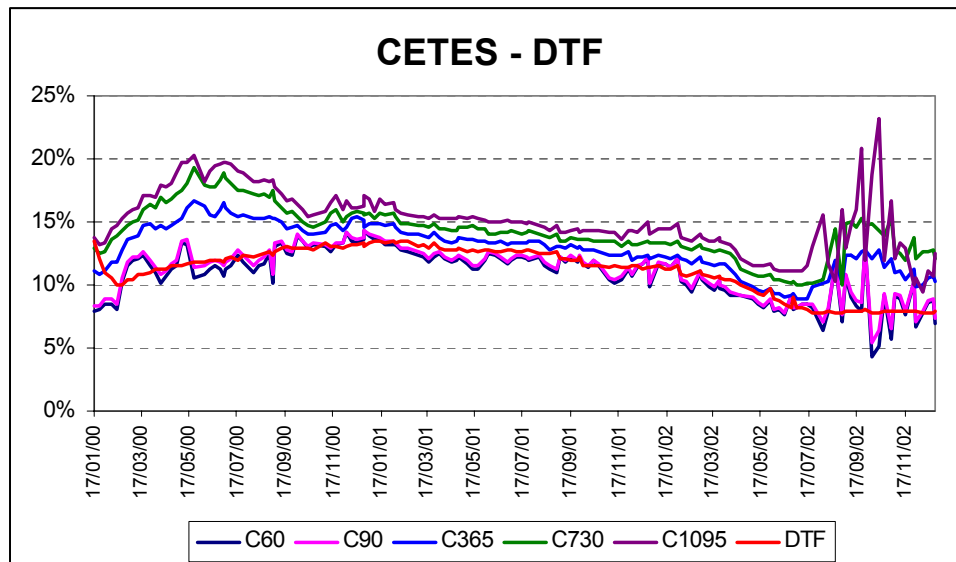
rendimiento del mercado secundario de TES para los plazos de 60 días, 90 días, 365 días, 730 días y 1095 días. Las gráficas de los datos empleados para la prueba de causalidad de Granger se presentan a continuación.

**Gráfico 7 – Tasas de interés de TES y DTF**



Fuente: Banco de la República, cálculos del autor

**Gráfico 8 – CETES y DTF**



Fuente: Bolsa de Valores de Colombia, cálculo del autor

Las correlaciones entre la DTF y las tasas de interés de mercado secundario y la DTF y la CETES para los diferentes plazos se presentan en los siguientes cuadros.

**Cuadro 9 - Correlación entre DTF y tasa de interés de TES**

	DTF
DTF	1.000
TES 1 A 2 AÑOS	0.722
TES 2 A 3 AÑOS	0.613
TES 3 A 5 AÑOS	0.543

**Cuadro 10 - Correlación entre DTF y CETES**

	DTF
DTF	1
CETES 60	0.806
CETES 90	0.827
CETES 365	0.732
CETES 730	0.544
CETES 1095	0.481

Como se puede observar, las correlaciones entre la DTF y las diferentes tasas del mercado secundario de TES son positivas y altas. A medida que el vencimiento de los títulos es más cercano al plazo de la DTF (90 días), la correlación se incrementa. La única correlación que no cumple con lo anterior es la de CETES 60 días, que está por debajo de la de 90 días pero resulta bastante intuitivo si se tiene en cuenta que la DTF se calcula con el promedio de los CDTs a 90 días.

Una vez observadas las correlaciones entre las variables resulta interesante ver cuál serie causa cuál en términos de Granger<sup>32</sup>. A continuación se presentan los resultados del ejercicio para las tasas de mercado secundario y para la CETES. Se emplean datos semanales de mayo 23 de 2000 a diciembre 16 de 2002<sup>33</sup>

---

32. Resulta importante mencionar que la prueba de causalidad de Granger supone linealidad ya que la métrica de comparación es el error cuadrático medio. Por este motivo el supuesto de normalidad y de distribuciones elípticas es aceptado en general. Otro enfoque que puede usarse para realizar el análisis es el de Componentes Principales.

33. La muestra de la tasa de los TES de 3 a 5 años comienza el 4 de Septiembre de 2000.

**Cuadro 11 - Causalidad de Granger (DTF – tasa de interés del TES) <sup>34</sup>**

Hipótesis Nula <sup>35</sup>	Estadístico F ( probabilidad)
DTF no causa TES 1 a 2 años (4)	3.793 (0.006)
TES 1 a 2 años no causa DTF (4)	2.354 (0.057)
DTF no causa TES 2 a 3 años (3)	0.431 (0.650)
TES 2 a 3 años no causa DTF (3)	2.409 (0.093)
DTF no causa TES 3 a 5 años (5)	3.29 (0.001)
TES 3 a 5 años no causa DTF (5)	1.995 (0.043)

Los resultados indican que la primera relación que se da entre las series es entre DTF y tasa de interés de TES de 2 a 3 años (de acuerdo al rezago óptimo) en donde son los TES los que causan la DTF y no al contrario. La relación de la DTF con las otras dos calificaciones de TES es ambigua ya que la causalidad es en ambos sentidos. Es importante mencionar que los resultados presentados anteriormente incluyen el periodo de la crisis de los TES de agosto de 2002. A continuación se presentan los resultados de prueba de Causalidad de Granger con la curva de rendimientos del mercado secundario de TES, CETES.

**Cuadro 12 - Causalidad de Granger (DTF-CETES)**

Hipótesis Nula	Estadístico F ( probabilidad)
DTF no causa CETES 60 (3)	1.94 (0.125)
CETES 60 no causa DTF (3)	1.79 (0.13)
DTF no causa CETES 90 (2)	0.219 (0.803)
CETES 90 no causa DTF (2)	2.862 (0.06)
DTF no causa CETES 365 (4)	2.852 (0.026)
CETES 365 no causa DTF (4)	14.43 (0.00)
DTF no causa CETES 730 (2)	1.064 (0.347)

34. El rezago óptimo se eligió de acuerdo a los errores ruido blanco y al criterio de información de akaike.

35. Rezago óptimo en paréntesis.

<b>CETES 730 no causa DTF (2)</b>	2.429 (0.091)
<b>DTF no causa CETES 1095 (2)</b>	2.044 (0.132)
<b>CETES 1095 no causa DTF (2)</b>	9.391 (0.00)

Los resultados indican que para el plazo de 90 días y para los plazos más largos (donde había una mayor liquidez en ese momento) es la CETES la que causa la DTF y no en el sentido inverso.

De esta manera, se puede observar que la relación existente entre los precios del mercado de deuda pública interna y el de CDT es de TES a DTF implicado que es en este sentido en el que se transmite la información.

## **9. CONCLUSIONES**

La investigación permite concluir que cuando se crea una señal informativa, que genera un cambio en la proporción de agentes informados de la economía, se afectan los precios del mercado. Dado que los precios reflejan una mayor información al mercado se puede decir que son más eficientes en términos informacionales.

Al entender el mercado de deuda pública interna como un mecanismo de transmisión de información hacia el mercado de CDT, se concluye que el precio de la liquidez de la economía colombiana (DTF) se está fijando de una manera más eficiente. Dado que la relación entre los precios de ambos mercados en primera instancia y en la mayoría de casos es del mercado de TES al de CDTs (en términos de causalidad de Granger) se puede inferir que la información se transmite en esta vía.

La economía experimental permite entender cómo es el mecanismo de transmisión de información entre los mercados que afectan el precio de la liquidez en Colombia. Esta herramienta permite concluir que al introducir un nuevo mercado (con las características del de deuda interna) el verdadero valor de la liquidez se descubre más rápido.

## 10. REFERENCIAS

- **Biais, B; Pouget, S.** (2000) "Microstructure, incentives, and price discovery of equilibrium in experimental financial markets. IDEI WP 103/00
- **Caballero, C (2002)** "Una nota sobre la evolución, la estructura de la deuda pública y su implementación en el sistema financiero colombiano". Borradores de Economía, Banco de la República.
- **Calamia, A;** (1999) "Market Microstructure: Theory and Empirics", LEM Working Paper, Sant'Anna School,
- **Cárdenas, M; Rojas, J.M;** (1996) "La microestructura del mercado bursátil colombiano". Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Fedesarrollo.
- **Clavijo, S.** (1998) "Política fiscal y estado en Colombia", Ediciones Uniandes.
- **Correa, P.** (2000) "Public debt, public debt markets and monetary policy in Colombia" Borradores de Economía, Banco de la República.
- **Diamond, D; Verrecchia, R** (1987). "Constraints of short selling and asset price adjustment to private information". Journal of Financial Economics pg 277-311.
- **Fama, E.** (1970), "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", Journal of Finance, May, 383-417
- **Huang, R; Stoll, H.** (1997) The Components of the Bid-Ask Spread: A General Approach Review of Financial Studies
- **Jaramillo, C.F; Lanceta, C; Caicedo E;** (1996). "El sector financiero colombiano desde 1990". Fedesarrollo.
- **Julio, J.M;** (2001) "Relación entre la tasa de intervención del Banco de la República y las tasas de mercado: Una exploración empírica", Borradores de Economía, Banco de la República.
- **Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2001)** "Títulos de Tesorería TES".
- **Misas, M; Posada, C:E** (1995) "La tasa de interés en Colombia" Borradores de Economía, Banco de la República.
- **Uribe, J.D; Vargas, H** (2002) "Financial reform, crisis and consolidation in Colombia". Borradores de Economía, Banco de la República.
- **Roll, R** (1984), "A simple implicit measure of the effective bid-ask spread in an efficient market", Journal of Finance, 39,1127-1139.

- **Superintendencia Bancaria (1990)**, “El sector financiero 1980-1990”.
- **Spulber, D. (1996)** “Market Microstructure and intermediation”, The Journal of Economic Perspective, Volume 10, Issue 3.
- **Zuleta, H. (1997)**. “Una visión general del sistema financiero colombiano” Borradores de Economía, Banco de la República.



## 11. ANEXOS

### 11.1 ANEXO 1 – PRECIO DE LA LIQUIDEZ SIN SEÑAL INFORMATIVA

En el presente anexo se realiza el desarrollo matemático (regla de Bayes) del modelo teórico. A continuación se muestran los precios en cada estado de la naturaleza.

$$\begin{aligned}
 P_1^{captación} &= P(v=1 | A = \text{capta}) = \frac{(1/2)[GA + 1/2G(1-A)(1-H)]}{(1/2)[GA + (1/2)G(1-A)(1-H) + (1/2)G(1-A)(1-H)]} \\
 &= \frac{A + 1/2(1-A)(1-H)}{A + (1-A)(1-H)} = \frac{A + (1/2) - (1/2)H - (1/2)A + (1/2)AH}{1-H+AH} = \frac{1/2[A+1-H+AH]}{1-H(1-A)} \\
 &= \frac{1-H(1-A)+A}{2[1-H(1-A)]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1^{colocación} &= P(v=1 | A = \text{coloca}) = \frac{(1/2)[(1/2)GH(1-A)]}{(1/2)[(1/2)GH(1-A) + GAH + (1/2)GH(1-A)]} \\
 &= \frac{(1/2)GH(1-A)}{GAH + GH(1-A)} = (1/2)(1-A)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_0^{captación} &= P(v=0 | A = \text{capta}) = \frac{(1/2)[1/2G(1-A)(1-H)]}{(1/2)[(1/2)G(1-A)(1-H) + GAH + (1/2)G(1-A)(1-H)]} \\
 &= \frac{(1-A)(1-H)}{2[(1-A)(1-H) + A]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_0^{colocación} &= P(v=0 | A = \text{coloca}) = \frac{(1/2)[GAH + (1/2)GH(1-A)]}{(1/2)[GAH + (1/2)GH(1-A) + (1/2)GH(1-A)]} \\
 &= \frac{(1/2)(1-A) + A}{A + (1/2)(1-A) + (1/2)(1-A)} = (1/2)(1+A)
 \end{aligned}$$

## 11.2 ANEXO 2 – ESTRUCTURA DE LA SEÑAL INFORMATIVA

En el mercado hay muchos tipos de señales que pueden afectar las decisiones de compra o venta de un activo, en la demostración que se presenta a continuación se muestra el caso en el que la señal es comprar TES o no hacerlo. De esta manera, si se supone una señal binaria definida de la siguiente forma:

$$\sigma_1 = \text{compra TES}$$

$$\sigma_2 = \text{no compra TES (subasta queda vacía)}$$

El conjunto de información  $F$  se define por:

$$A = \Pr(\text{ser informado})$$

$$1 - A = \Pr(\text{no ser informado})$$

Definiendo:

$$\mu_1 = \Pr(\sigma = \sigma_1 / F = \text{informado})$$

$$1 - \mu_1 = \Pr(\sigma = \sigma_2 / F = \text{informado})$$

$$\mu_2 = \Pr(\sigma = \sigma_1 / F = \text{no informado})$$

$$1 - \mu_2 = \Pr(\sigma = \sigma_2) / F = \text{no informado})$$

La probabilidad de que la señal sea compra es:

$$\Pr(\sigma = \sigma_1) = \Pr(F = \text{inf}) \times \Pr(\sigma = \sigma_1 / F = \text{inf}) + \Pr(F = \text{no inf}) \times \Pr(\sigma = \sigma_1 / F = \text{no inf})$$

Remplazando:

$$\Pr(\sigma = \sigma_1) = A\mu_1 + (1 - A)\mu_2$$

La probabilidad de que la señal sea no compra es:

$$\Pr(\sigma = \sigma_2) = \Pr(F = \text{inf}) \times \Pr(\sigma = \sigma_2 / F = \text{inf}) + \Pr(F = \text{no inf}) \times \Pr(\sigma = \sigma_2 / F = \text{no inf})$$

Remplazando:

$$\Pr(\sigma = \sigma_2) = A(1 - \mu_1) + (1 - A)(1 - \mu_2)$$

Definiendo por regla de Bayes la probabilidad de ser informado dado que la señal es comprar:

$$\hat{A} = \Pr(F = \text{inf} / \sigma = \sigma_1) = \frac{\Pr(F = \text{inf}) \times \Pr(\sigma = \sigma_1 / F = \text{inf})}{P(\sigma = \sigma_1)}$$

Remplazando:

$$\hat{A} = \frac{A\mu_1}{A\mu_1 + (1 - A)\mu_2}$$

De igual manera la probabilidad de no ser informado dado que la señal es comprar:

$$1 - \hat{A} = \Pr(F = \text{no inf} / \sigma = \sigma_1) = \frac{\Pr(F = \text{no inf}) \times \Pr(\sigma = \sigma_1 / F = \text{no inf})}{\Pr(\sigma = \sigma_1)}$$

Remplazando:

$$1 - \hat{A} = \frac{(1 - A)\mu_2}{A\mu_1 + (1 - A)\mu_2}$$

Condición para que  $\hat{A} > A$ , y de esta manera mostrar que la probabilidad de estar informado cambia al recibir una señal, en este caso de compra.

$$\hat{A} : \frac{A\mu_1}{A\mu_1 + (1 - A)\mu_2} > A$$

Despejando:

$$\mu_1 > A\mu_1 + \mu_2 - A\mu_2$$

$$(\mu_1 - A\mu_1) > (1 - A)\mu_2$$

$$\mu_1 > \mu_2$$

Si la probabilidad de comprar dado que el agente está informado es mayor a la probabilidad de comprar dado que no es informado, la distribución de agentes informados en la economía aumenta.

Para que la señal sea informativa debe estar ente  $\frac{1}{2}$  y 1, lo que necesariamente implica que  $\mu_1 > \mu_2$ .

### 11.3 ANEXO 3 - PRECIO DE LA LIQUIDEZ CON SEÑAL INFORMATIVA

En el presente anexo se realiza el desarrollo matemático (regla de Bayes) del modelo teórico. A continuación se muestran los precios en cada estado de la naturaleza.

$$\begin{aligned}
 P_1^{captación} &= P(v = 1 | \hat{A} = \text{capta}) = \frac{(1/2)[G\hat{A} + 1/2G(1 - \hat{A})(1 - H)]}{(1/2)[G\hat{A} + (1/2)G(1 - \hat{A})(1 - H) + (1/2)G(1 - \hat{A})(1 - H)]} \\
 &= \frac{\hat{A} + 1/2(1 - \hat{A})(1 - H)}{\hat{A} + (1 - \hat{A})(1 - H)} = \frac{\hat{A} + (1/2) - (1/2)H - (1/2)\hat{A} + (1/2)\hat{A}H}{1 - H + \hat{A}H} = \frac{1/2[\hat{A} + 1 - H + \hat{A}H]}{1 - H(1 - \hat{A})} \\
 &= \frac{1 - H(1 - \hat{A}) + \hat{A}}{2[1 - H(1 - \hat{A})]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1^{colocación} &= P(v = 1 | \hat{A} = \text{coloca}) = \frac{(1/2)[(1/2)GH(1 - \hat{A})]}{(1/2)[(1/2)GH(1 - \hat{A}) + G\hat{A}H + (1/2)GH(1 - \hat{A})]} \\
 &= \frac{(1/2)GH(1 - \hat{A})}{G\hat{A}H + GH(1 - \hat{A})} = (1/2)(1 - \hat{A})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_0^{captación} &= P(v = 0 | \hat{A} = \text{capta}) = \frac{(1/2)[1/2G(1 - \hat{A})(1 - H)]}{(1/2)[(1/2)G(1 - \hat{A})(1 - H) + G\hat{A}H + (1/2)G(1 - \hat{A})(1 - H)]} \\
 &= \frac{(1 - \hat{A})(1 - H)}{2[(1 - \hat{A})(1 - H) + \hat{A}]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_0^{colocación} &= P(v = 0 | \hat{A} = \text{coloca}) = \frac{(1/2)[G\hat{A}H + (1/2)GH(1 - \hat{A})]}{(1/2)[G\hat{A}H + (1/2)GH(1 - \hat{A}) + (1/2)GH(1 - \hat{A})]} \\
 &= \frac{(1/2)(1 - \hat{A}) + \hat{A}}{\hat{A} + (1/2)(1 - \hat{A}) + (1/2)(1 - \hat{A})} = (1/2)(1 + \hat{A})
 \end{aligned}$$

## 11.4 ANEXO 4 - SIMULACIONES CON EL MODELO TEÓRICO

En las siguientes tablas se simula lo que ocurre con los precios al incorporar diferentes valores a la probabilidad de estar informado. La tabla muestra los valores de los diferentes precios (dado el estado de la naturaleza) y el margen entre el precio de captación y de colocación.

### Sensibilidades del modelo

Probabilidad de estar informado A	Probabilidad de tener dinero H	Precio de colocación V=1	Precio de captación V=1	Precio de colocación V=0	Precio de captación V=0	Margen entre estrategias óptimas
0	0,5	0,500	0,500	0,5	0,5	0,000
0,1	0,5	0,450	0,591	0,55	0,41	0,041
0,2	0,5	0,400	0,667	0,60	0,33	0,067
0,3	0,5	0,350	0,731	0,65	0,27	0,081
0,4	0,5	0,300	0,786	0,70	0,21	0,086
0,5	0,5	0,250	0,833	0,75	0,17	0,083
0,6	0,5	0,200	0,875	0,80	0,13	0,075
0,7	0,5	0,150	0,912	0,85	0,09	0,062
0,8	0,5	0,100	0,944	0,90	0,06	0,044
0,9	0,5	0,050	0,974	0,95	0,03	0,024

En la siguiente tabla se realizan las mismas simulaciones que en la tabla anterior, con la diferencia de que se emplea el  $\hat{A}$  (donde  $\hat{A} > A$ ), lo cual permite comprar el margen de los precios de colocación y captación entre las dos simulaciones.

### Simulación modelo teórico con señal informativa

Probabilidad de estar informado A	Probabilidad de tener dinero H	Precio de colocación V=1	Precio de captación V=1	Precio de colocación V=0	Precio de captación V=0	Margen entre estrategias óptimas
0,1	0,5	0,450	0,591	0,55	0,41	0,04
0,2	0,5	0,400	0,667	0,60	0,33	0,07
0,3	0,5	0,350	0,731	0,65	0,27	0,08
0,4	0,5	0,300	0,786	0,70	0,21	0,09
0,5	0,5	0,250	0,833	0,75	0,17	<b>0,08</b>
0,6	0,5	0,200	0,875	0,80	0,13	<b>0,08</b>
0,7	0,5	0,150	0,912	0,85	0,09	<b>0,06</b>
0,8	0,5	0,100	0,944	0,90	0,06	<b>0,04</b>
0,9	0,5	0,050	0,974	0,95	0,03	<b>0,02</b>
1	0,5	0,000	1,000	1,00	0,00	<b>0,00</b>

Como se puede observar, cuando la señal informativa hace que la proporción de agentes informados en la economía sea mayor a  $\frac{1}{2}$ , el margen entre el precio de colocación y captación disminuye.

## 11.5 ANEXO 5 - INSTRUCCIONES JUEGO DE ECONOMÍA EXPERIMENTAL

Este juego hace parte de un experimento económico sobre la forma como funcionan los mercados de capitales en presencia de agentes racionales (como usted) e información asimétrica.

El objetivo del juego es ganar dinero en un mercado de bonos en el que usted tendrá la oportunidad de comprar y vender. Es importante que siga cuidadosamente las instrucciones que se encuentran a continuación, tome buenas decisiones y juegue honestamente.

### 11.5.1 Mecánica del juego

Se realizarán dos tipos de juego, cada uno de los cuales se jugará una vez. Antes de comenzar la sesión se responderán preguntas sobre la dinámica del juego.

Al inicio de cada juego usted recibe una dotación inicial: **\$20,000 pesos, 50 bonos y una señal informativa privada**<sup>36</sup>. Es importante que tenga en cuenta su restricción presupuestal antes de realizar cada transacción ya que, bajo ninguna circunstancia podrá vender más bonos de los que tiene ni comprar más de los que puede pagar. Las personas que realicen una transacción ilegal serán penalizadas mediante una reducción en su riqueza final.

El primer tipo de juego simula un mercado continuo de bonos que dura 7 minutos, el segundo es idéntico al primero excepto por que antes de iniciar las transacciones se realiza una subasta.

### 11.5.2 Juego 1: mercado continuo de bonos

Las transacciones de compra y venta se realizan mediante órdenes de mercado hechas por los participantes al director del juego. Las órdenes se escribirán en el tablero en la medida que los individuos las van anunciando. Cuando las órdenes son efectuadas (una orden de venta se efectúa cuando otro de los participantes decide comprar la cantidad de bonos al precio estipulado en la orden, viceversa para las

---

36. Que se explica más adelante.



órdenes de compra). El director del juego escribe el número de transacción en el tablero y los participantes que realizaron la transacción la deben escribir en el **Formato # 1**<sup>37</sup>. Una vez las ordenes han sido realizadas no se pueden cancelar. Si no ha habido contrapartida para la orden ésta puede ser eliminada del tablero.

Las ordenes anunciadas por los participantes deben contener lo siguiente:

- d) Tipo de orden (compra o venta)
- e) Cantidad de bonos que usted está dispuesto a transar.
- f) Precio al que usted está dispuesto a realizar la transacción.

El mercado continuo de bonos termina en el momento en que se acaban los 7 minutos y nadie podrá realizar más transacciones a partir de ese momento.

### 11.5.3 Juego 2: subasta y mercado continuo de bonos

Antes de iniciar el juego, los participantes reciben nuevamente la dotación inicial (**\$ 20,000 pesos y 50 bonos.**) y la **señal informativa privada**<sup>38</sup>.

El director del juego anuncia el monto máximo que se va a subastar (la cantidad de dinero que se va a entregar a la economía en bonos). Cada persona escribe en el **formato # 2**<sup>39</sup> la cantidad de bonos que está dispuesto a comprar y el precio que está dispuesto a pagar por cada uno. Las ofertas se realizan a sobre cerrado y es importante que sus compañeros no se enteren de los datos introducidos en el formato.

El director del juego ordenará las demandas de acuerdo a los precios, de mayor a menor. En el momento en que se llena el cupo establecido anteriormente, el **precio para todos** (precio de subasta) aquellos que alcanzaron a comprar los bonos es el más bajo de los ofrecidos que obtuvieron los títulos.

El director del juego le devuelve el **formato # 2** a cada uno de los participantes especificando lo siguiente:

- a) Si su transacción fue realizada (SÍ o No). Esta es información privada.

---

37. Posteriormente se aclarará la manera en la cual se debe llenar el formato número 1.

38. Que se explica más adelante.

39. Posteriormente se aclarará la manera en la cual se debe llenar el formato número 2.

- b) El precio al cual se realizaron las transacciones efectivamente realizadas (esta es información pública).

Con esta información los individuos que realizaron la compra de bonos introducen los datos en la primera fila del **formato # 1**, ronda número 4.

Al terminar la subasta se inicia nuevamente el *mercado continuo de bonos*.

#### **11.5.4 Información asimétrica.**

El valor real de los bonos no es conocido por los participantes del juego y puede ser: \$30, \$100 o \$250 con probabilidad 1/3 cada uno.

Al inicio de cada juego el director le entregará una tarjeta con información privada (**¡es importante que no se la muestre a los demás!**). Si el verdadero valor del bono es \$100, la mitad de los participantes sabe que el valor real del bono **no** es \$30 y la otra mitad sabe que el valor real del bono **no** es \$250. Lo mismo sucede para los otros dos posibles valores reales de los bonos.

La importancia de la señal privada radica en la disminución de la incertidumbre frente al valor real de los bonos que están a su disposición en la economía. Es importante que la tenga en cuenta a la hora de realizar sus ofertas.

#### **11.5.5 Formatos**

A cada participante se le entrega dos formatos adicionales al instructivo del juego:

- **Formato # 1:** es el formato que utilizará para escribir las transacciones efectivamente realizadas. El formato contiene 2 tablas divididas en 7 columnas que deberá ir llenando a medida que realiza las transacciones. La primera se utiliza para el juego de mercado continuo y la segunda para el juego de subasta con mercado continuo.

En la columna que dice **número de transacción** debe poner el número que el director del juego le pone (en el tablero) a la transacción que usted realiza. El resto de la tabla está dividida en dos grandes partes; **compra de bonos** y **venta de bonos**, cada una de las cuales se divide en **cantidad de bonos** (número de bonos que compró o vendió en la transacción), **precio** (precio al cual efectuó la transacción) y **valor** (cantidad de bonos multiplicado por el precio).

- **Formato # 2:** es el formato que utilizará para realizar las ofertas de compra de la subasta. En el formato encontrará una tabla dividida en tres partes: **precio al que está dispuesto a comprar** (precio que está dispuesto a pagar por los bonos), **cantidad de bonos dispuesto a comprar** (número de bonos que quiere obtener en la subasta) y **valor** (precio multiplicado por el número de bonos). Después de la tabla se encuentran cuatro casillas que serán diligenciadas por el director del juego: las primeras dos le informan al participante si la transacción fue realizada o no (Sí o No), la tercera informa el precio de la subasta (se llena sin importar si la transacción fue efectuada o no) y la cuarta informa el número de bonos que compró (en caso de que la transacción fuera realizada). Finalmente hay un espacio para que usted introduzca el monto efectivamente transado (# de bonos por el precio de la transacción) y lo usará para introducirlo en la primera fila del **formato #1** de la ronda 4 (y 5)

### 11.5.6 Riqueza

Al finalizar cada una de las rondas usted debe calcular su riqueza final, que equivale a la suma de:

- **Su efectivo inicial (\$20,000)**
- **Menos** el valor de los bonos que compró (la suma de todos los **valores**<sup>40</sup> de las compras)
- **Más** los valores de la venta de los bonos (la suma de todos los **valores**<sup>41</sup> de las ventas)
- **Más el valor final de su portafolio**

El valor final de su portafolio equivale al número de bonos que tiene al terminar el juego multiplicado por su valor real. Recuerde que el valor real de los bonos en cada una de las rondas se define

---

40. Calculado de acuerdo al formato # 1.

41. Calculado de acuerdo al formato # 1.

aleatoriamente (e independientemente del experimento anterior) y puede ser uno de los siguientes valores: \$30, \$100 o \$250.

### 11.5.7 Ejemplo:

Si su única transacción fue comprar un bono a un precio de \$200 y el valor real de los bonos es \$250, su riqueza final es:

Efectivo inicial (\$20,000) – valor de los bonos que compró ( $\$200 \times 1$ ) + valor de la venta de bonos (0)  
+ valor del portafolio ( $51^{42} \times \$250$ ) = \$32,250

---

42. Recuerde que usted tenía en su dotación inicial 50 bonos que en este caso no vendió.

# FORMATO 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

Género:

Femenino  .....Masculino

Carrera: \_\_\_\_\_

Materia: \_\_\_\_\_

## Juego 1: Ronda 1: mercado continuo

Número de transacción	COMPRA			VENTA		
	Cantidad de bonos	Precio	Valor	Cantidad de bonos	Precio	Valor

**Riqueza total:**

20.000 – total bonos comprados \_\_\_\_\_ + total bonos vendidos

\_\_\_\_\_ + número de bonos que tiene x verdadero valor del bono

\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

## Juego 2: subasta con mercado continuo de bonos

Número de transacción	COMPRA			VENTA		
	Cantidad de bonos	Precio	Valor	Cantidad de bonos	Precio	Valor
<b>Subasta</b>						

### Riqueza total:

20.000 – total valor bonos comprados \_\_\_\_\_ + total valor bonos vendidos

\_\_\_\_\_ + número de bonos que tiene x verdadero valor del bono

\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

## FORMATO 2

### Subasta ronda 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Precio al que está dispuesto a comprar	Número de bonos que quiere comprar	Valor

Transacción se realizó:

**SI**

**NO**

**Precio de transacción**

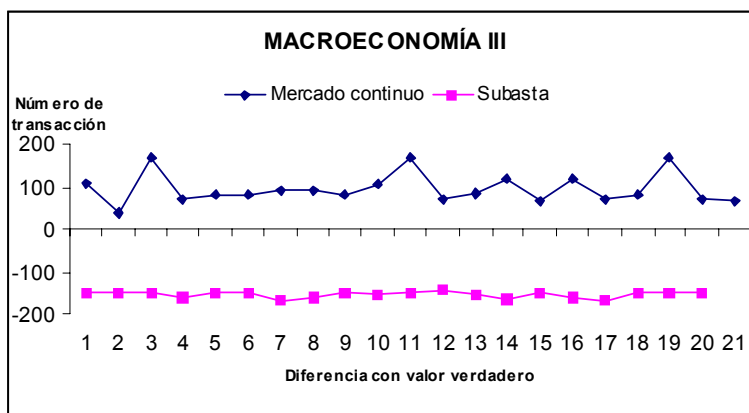
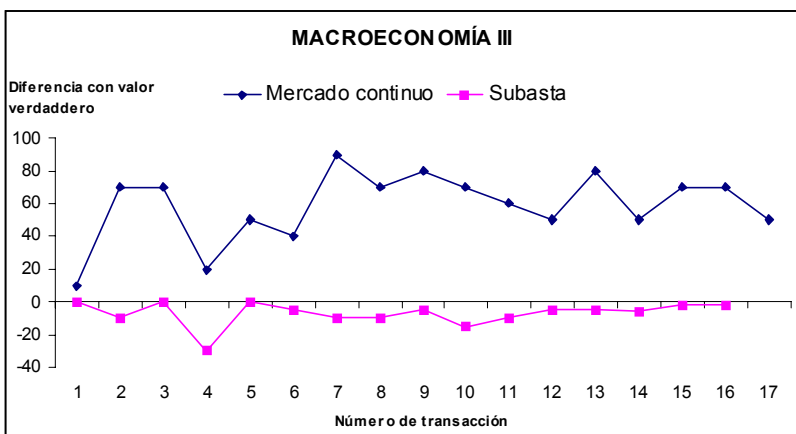
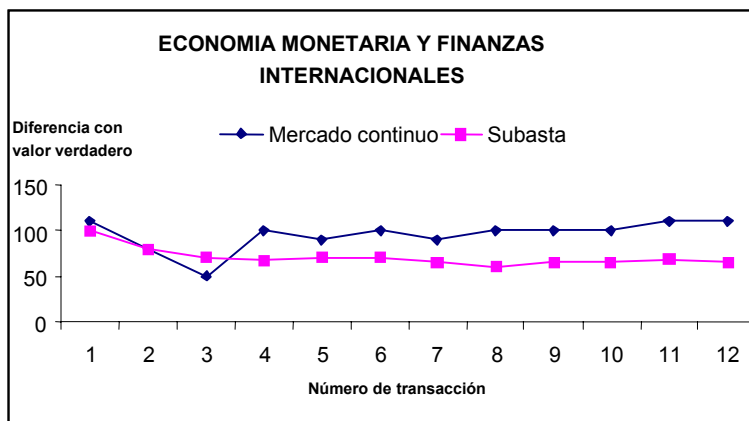
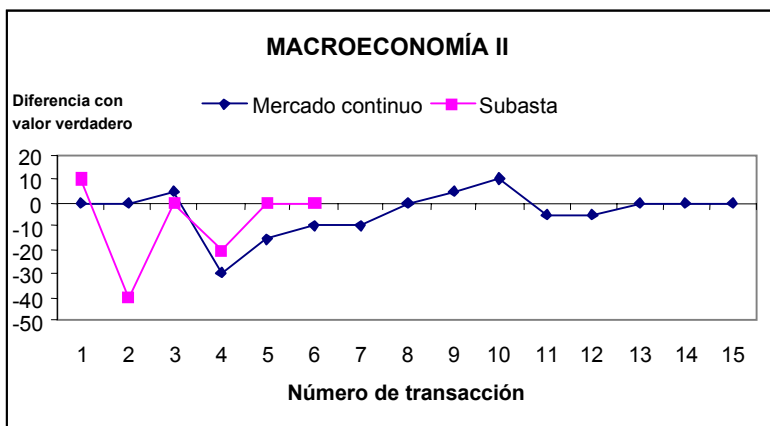
**Número de bonos**

Monto efectivamente transado (# de bonos \* precio de la transacción):

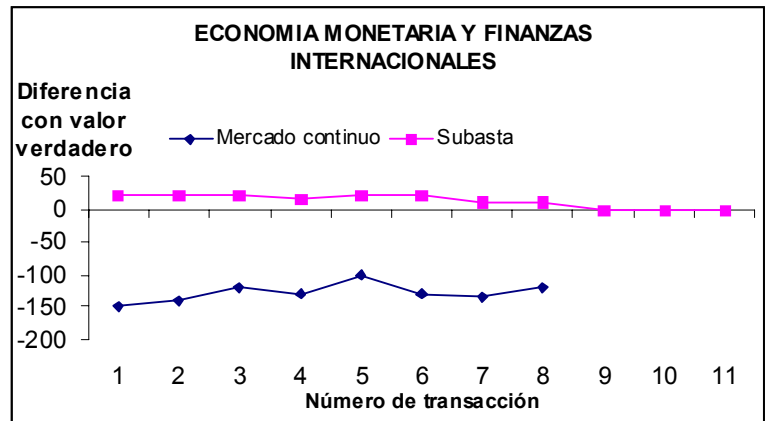
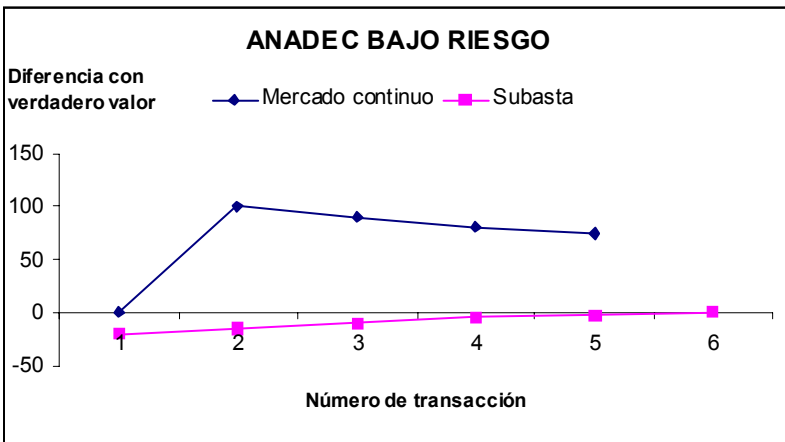
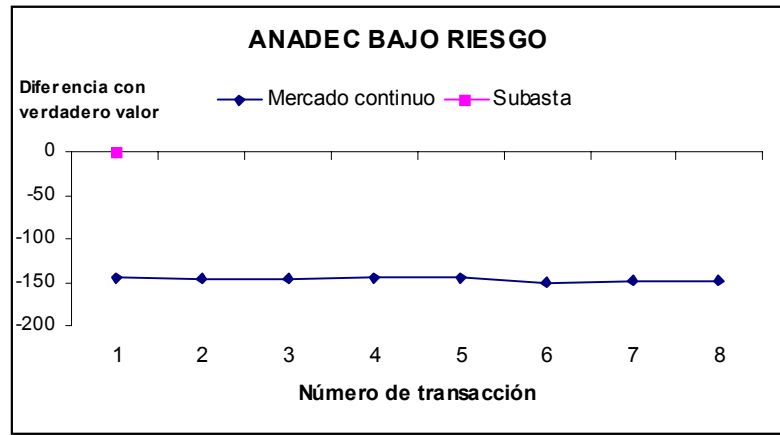
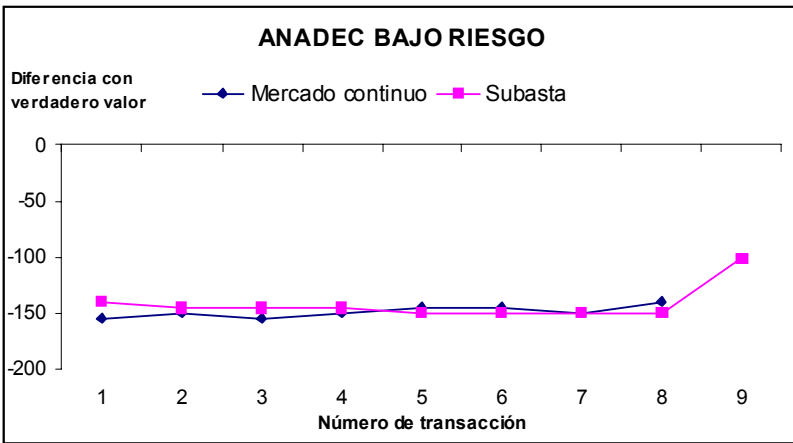
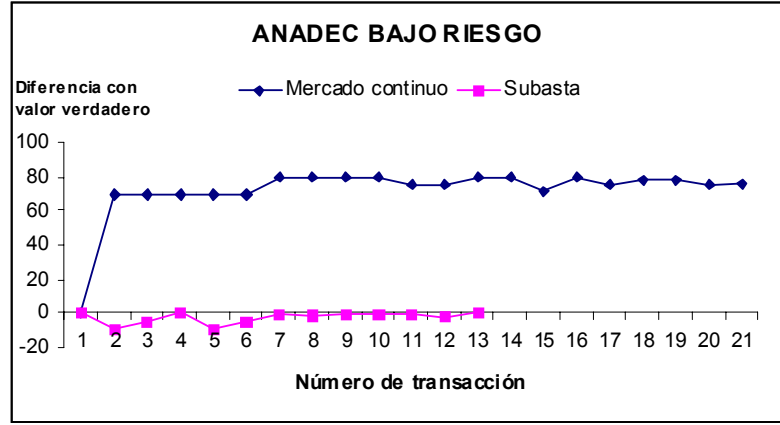
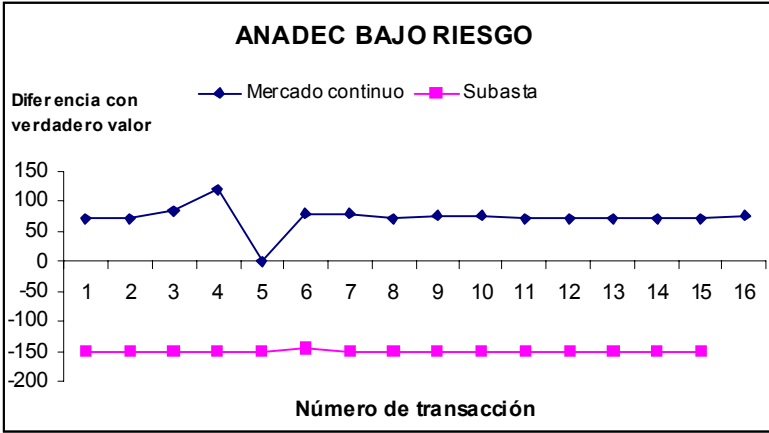
\_\_\_\_\_

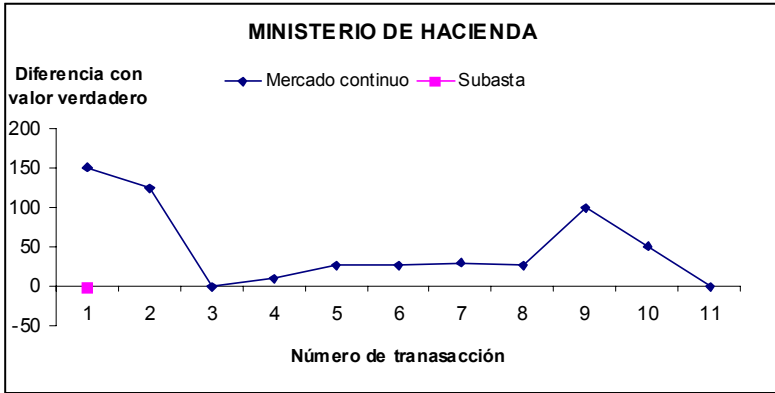
## 11.6 ANEXO 6 - RESULTADOS DE ECONOMÍA EXPERIMENTAL

En los siguientes gráficos se muestran los resultados de economía experimental en cada una de las clases donde se realizó el juego. Los gráficos muestran la evolución del precio en términos de la diferencia con el verdadero valor del bono para los dos tipos de juego (mercado continuo y subasta con mercado continuo).









## 11.7 ANEXO 5 - PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA

### Tasa de interés de TES

	ESTADISTICO	VALOR CRITICO 1%	VALOR CRITICO 5%	VALOR CRITICO 10%
TES 2	-3.588	-4.0320	-3.445	-3.147
TES 3	-2.305	-4.0293	-3.444	-3.146
TES 5	-2.819	-4.042	-3.450	-3.150
DTF	-2.453	-4.031	-3.445	-3.147

### Primeras diferencias sobre las tasas de interés

	ESTADISTICO	VALOR CRITICO 1%	VALOR CRITICO 5%	VALOR CRITICO 10%
TES 2	-5.27	-4.0320	-3.445	-3.147
TES 3	-7.057	-4.029	-3.444	-3.146
TES 5	-3.989	-4.040	-3.45	-3.15
DTF	-2.965	-4.3481	-2.883	-2.578

### CETES

	ESTADISTICO	VALOR CRITICO 1%	VALOR CRITICO 5%	VALOR CRITICO 10%
CETES 1095	-3.973	-4.0387	-3.448	-3.149
CETES 365	-3.479	-4.034	-3.446	-3.148
CETES 730	-3.610	-4.0361	-3.447	-3.148
CETES 90	-2.233	-4.035	-3.446	-3.148
CETES 60	-2.307	-4.035	-3.446	-3.148

### Primeras diferencias sobre CETES

	ESTADÍSTICO	VALOR CRITICO 1%	VALOR CRITICO 5%	VALOR CRITICO 10%
CETES 1095	-3.866	-4.0387	-3.448	-3.149
CETES 365	-8.857	-4.035	-3.446	-3.148
CETES 730	-5.322	-4.036	-3.447	-3.148
CETES 90	-7.541	-4.036	-3.447	-3.148
CETES 60	-7.719	-4.036	-3.447	-3.148