



# *Dinámica del Tipo de Cambio: Una Aproximación desde la Teoría de la Micro Estructura del Mercado\**

*José Manuel Azañero Saona*

## **1. Introducción**

La teoría de la micro estructura de los mercados de activos financieros es el estudio del proceso y de los resultados de la negociación de títulos financieros, bajo explícitas reglas de negociación en sus sesiones diarias. La literatura de la micro estructura analiza cómo específicos mecanismos de negociación inciden en el proceso de formación de precios. Es decir, cómo la estructura de negociación de un mercado en particular modela las reglas del comportamiento de los precios.

Estos mecanismos pueden comprender un intermediario determinado, tal como un especialista de acciones bursátiles o un *saitori*<sup>1</sup>; emplea una localización centralizada tal como el mercado de futuros; o puede simplemente ser un boletín electrónico en el cual compradores y vendedores indican su interés en negociar.

La aparición de la teoría de la micro estructura del mercado surge debido a la información creciente detallada, y en algunos casos data en tiempo real de precios, órdenes de compra y/o venta; y otra información de mercado que permite la investigación empírica a un nivel antes no conocidos. Los modelos, considerados paradigmas, más estudiados son los modelos basados en el manejo de inventarios (*inventory-based model*) y los modelos basados en la información (*information-based model*) los cuales proveen la estructura teórica general utilizada en la teoría de la micro estructura del mercado.

En el marco de los modelos del primer paradigma (*inventory-based model*) se analiza el desarrollo de la negociación y/o transacción de activos financieros como un proceso de equilibrio (*matching*) en el cual el *market maker* administra sus cotizaciones para equilibrar oferta y demanda a lo largo del tiempo. Así, en los modelos basados en el manejo de inventarios un factor clave es la posición de inventario del *market-maker*.

Un paradigma alternativo, los modelos basados en la información *information-based model*, se analiza el proceso de negociación como un juego en el cual participan operadores con información asimétrica al observar el verdadero valor del activo. Un punto central en este enfoque es el problema del aprendizaje que afrontan los *market-makers*.

En esa línea, una aproximación de la micro estructura del mercado cambiario apunta, no al análisis de los fundamentos típicos de la macroeconomía como inflación y tasas de interés; sino que considera los efectos de la configuración del mercado, la asimetría de información, la heterogeneidad de participantes y la racionalidad confinada por obligaciones legales en la dinámica del tipo de cambio.

En contraposición a la metodología convencional, el objetivo de este enfoque radica en explicar directamente sobre cómo los participantes del mercado creen, documentan sus experiencias y solicitan sus puntos de vista en el trabajo del mercado cambiario.

---

\* Este documento refleja la opinión personal del autor y no coincide necesariamente con los puntos de vista del Banco Central de Reserva del Perú.

<sup>1</sup> / Es un empleado de órdenes (de compra y/o venta) de activos financieros.



En ese sentido el presente trabajo trata de explicar el comportamiento del tipo de cambio nominal sobre la base del marco teórico de los modelos de la teoría de la micro estructura de los mercados financieros. En particular, sobre la base de la información transmitida por el flujo de órdenes de compra y venta de los operadores en el mercado interbancario. Así, se plantea como hipótesis que el comportamiento del tipo de cambio nominal del mercado bancario (resultante de las operaciones entre la banca y el público) en el corto plazo, está asociado al cambio en el volumen negociado en el mercado interbancario, al ajuste en el diferencial de rentabilidades de activos financieros, y al efecto contagio de la región.

## 2. Antecedentes

### 2.1 Precios y mercados

De acuerdo con M. O'Hara la teoría económica tradicional presenta algunas carencias o implicancias en su explicación de la formación de precios de los activos financieros. En particular, la ausencia de una explicación sobre el rol de los mecanismos explícitos de negociación en estos mercados.

En ese sentido, se pregunta ¿qué determina un precio? En el paradigma estándar, es la intersección de oferta y demanda para un bien particular. Y, ciertamente, en equilibrio esto debe ser. Sin embargo, ¿cómo exactamente es alcanzado este equilibrio? ¿Qué hay en la economía que coordina los deseos de demandantes y ofertantes tal que un precio emerge y la negociación se realiza?.

Para los economistas, habría dos enfoques tradicionales que explican la formación de precios. El primer enfoque argumenta que es irrelevante saber cómo se forman los precios; resaltando el análisis de los precios de equilibrio. A partir que una parte importante del análisis económico comprende el análisis de equilibrio, lo relevante para muchos temas fueron las propiedades de los precios de equilibrio.

Esta aproximación de la formación de precios puede ser encontrada en la literatura de las expectativas racionales. Asimismo, un punto de vista similar se encuentra en los trabajos de Hicks, quien señala que habría dos tipos de equilibrio: uno temporal al cual a una fecha dada oferta es igual a demanda; y un equilibrio a lo largo del tiempo, en el cual una oferta y demanda estacionaria resultaría en precios realizados como aquellos esperados por prevalecer. Estos modelos tienen como ventaja su simplicidad y generalidad. Sin embargo, está implícito el supuesto que el mecanismo de comercialización (*trading*) no juega ningún rol en el resultado de equilibrio.

El segundo enfoque es el de la ficción del 'subastador walrasiano'. En esta aproximación, el proceso de formación de precios es considerado como la representación general del subastador walrasiano, quien agrega las demandas y ofertas de operadores para encontrar el precio del *market-clearing*.

En este esquema teórico, los precios de mercado se observan como provenientes de un *tatoom*; o una serie de subastas preliminares. No hay ninguna negociación permitida fuera del equilibrio y ningún tipo de incentivos son considerados; por lo que no hay posibilidad que los operadores puedan recontractar una vez que el verdadero precio es conocido.

El mecanismo por el cual esto ocurre comienza con cada operador (ofertante y demandante) comprometiendo su demanda o aún su función de demanda al subastador. El subastador anuncia un precio de negociación potencial, y luego los operadores determinan sus demandas óptimas a ese precio.

Ninguna negociación ocurre hasta que cada operador tiene la oportunidad para revisar su orden. Un nuevo precio potencial es sugerido, operadores nuevamente revisan las órdenes y el proceso continua hasta que no haya ninguna revisión adicional. El equilibrio prevalece donde cada operador establece su orden óptima al precio de equilibrio y a ese precio la cantidad ofertada es igual a la cantidad demandada.



En los mercados financieros, hay mercados que se asemejan al esquema walrasiano. Pero hay muchos otros mercados que difieren drásticamente con participantes de mercados específicos jugando roles distintos al pasivo del subastador.

Un enfoque teórico alternativo empezó con el trabajo de Demsetz. Este autor empezó con la simple observación que cualquier negociación contiene un costo. Este costo podría ser explícito, surgiendo p.e de cargos impuestos por un mercado particular, o podría ser implícito reflejando costos conectados con la inmediata ejecución de negociación. Estos costos implícitos, referidos al precio de 'immediatez', surgen debido –no como en la subasta walrasiana- a que toda negociación tiene una dimensión temporal.

En particular, mientras en el tiempo el número de vendedores podría igualar al número de compradores, en un punto particular del tiempo tal resultado no estaba garantizado.

Si el número de operadores que desean vender inmediatamente no iguala el número de quienes desean comprar inmediatamente, el desequilibrio en la negociación haría imposible encontrar un precio de market-clearing en un momento  $t$ .

Demsetz agregó que esta falta de equilibrio podría ser por el pago de un precio por immediatez. Específicamente, él arguyó que en cualquier punto en el tiempo hay dos fuentes de oferta y demanda en el mercado. En el lado de la demanda, hay una demanda proveniente de operadores quienes quieren comprar inmediatamente y otro proveniente de operadores quienes quieren comprar pero no sienten la necesidad para hacerlo en ese momento en particular.

El lado de la oferta del mercado es definido análogamente. Si hay un desequilibrio de operadores que quieren comprar ahora, luego algunos compradores tienen que esperar por vendedores o ellos pueden ofrecer un precio más alto para inducir a aquellos vendedores expectantes para transar ahora.

Similarmente, si hay un desequilibrio de vendedores expectantes a transar ahora, un precio más bajo debe ser ofrecido para inducir a más demandantes para transar ahora. Esto resulta en dos precios, no uno, caracterizando el equilibrio.

El precio dependió en si uno quería comprar o vender; y no simplemente por el deseo de transar.

## **2.2 La naturaleza del mercado**

El proceso de intercambio ocurre de muchas maneras. Compradores y vendedores pueden contactarse directamente. Los operadores pueden juntarse en un punto de establecimiento central o comunicarse a través de monitores de computadores. Un intermediario simple puede arreglar cada trading, o pueden haber numerosos individuos quienes se reúnen para determinar el precio. Cualquiera sea el procedimiento de determinación de precios, hay reglas explícitas o implícitas que gobiernan los mecanismos de trading y son estas reglas las que resultan en la formación y evolución de los precios de mercado.

Un ejemplo del esquema walrasiano antes señalado, se aproxima para explicar el comportamiento del mercado del oro en Londres, con una hora determinada de inicio, fin, montos de negociación etc. Sin embargo, ello no se aplica a un mercado como el cambiario. Pero ambos mecanismos de trading tienen en común algunos rasgos:

### **Quiénes participan en el trading**

Cualquier mecanismo de trading puede ser visto como un típico juego de negociación en el cual los participantes se encuentran en algún local y actúan de acuerdo a algunas reglas. Hay muchos participantes del mercado, aunque no todos los tipos de participantes son encontrados en cada mecanismo.



- (1) Clientes quienes comprometen órdenes para comprar y vender
- (2) *Brokers* quienes transmiten órdenes por clientes. *Brokers* que no transan por su propia cuenta. Sus clientes pueden ser operadores (*traders*) minoristas u otros participantes del mercado como *market makers* quienes desean disimular sus intenciones de negociación.
- (3) Los *market maker* quienes transan por su propia cuenta. En algunos mercados, los *market makers* facilitan órdenes de clientes y son conocidos como broker/market makers.
- (4) Especialistas o *market makers*; estos últimos cotizan precios para comprar o vender el activo.

Además de estas cuatro categorías, existe la combinación de varios de ellos. Existen intermediarios como los ‘operadores en bloque’, quienes combinan la función de broker y de *market maker*. En la medida que el *market-maker* toma una posición en el título, el *market maker* también tiene una función de *market maker*.

Asimismo, existen revendedores en mercado de futuros quienes se aproximan al rol de *market maker* pero no mantienen posición de *market maker* en el largo plazo. El ‘*saitori*’ o ‘*order clerk*’, en Tokio limpia el mercado, actuando por su propia cuenta el calce de órdenes. Los bancos que operan en los mercados cambiarios pueden actuar como *market makers* para sus clientes, pero como clientes en el mercado entre *makers*.

## Donde ocurre el trading

Tradicionalmente, la forma más común es el mercado, la cual es simplemente una localización central para la negociación. Tal localización central, sin embargo, no es claramente necesaria para que las operaciones ocurran. Bonos son negociados primariamente por computadoras y por teléfono; así como las monedas.

Las órdenes son enviadas a la negociación, y toda ejecución ocurre ahí. Así por ejemplo, las acciones son negociadas en N.Y, Madrid y Tokyo; futuros en Chicago y Osaka; opciones en San Francisco y Frankfurt.

Sin embargo, tal localización central no es necesaria para que ocurra la operación (p.e. los bonos se negocian primero por computadoras y teléfonos en sistemas computarizados como Instinet y Posit (negocia acciones para operadores institucionales en EUA); Globbex (para futuros).

## La tercera dimensión de toda negociación son las reglas de dicha negociación

Lo que determina la operación del mercado no es su localización sino las reglas por las cuales la negociación ocurre. La tercera dimensión del juego de la negociación y comprende responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede ser negociado?
- ¿Quién puede negociar?
- ¿Cuándo y cómo las órdenes pueden ser presentadas?
- ¿Quién puede ver o gestionar las órdenes?
- ¿Cómo las órdenes son procesadas?
- ¿Cómo los precios son puestos?.



### 3. Modelos Básicos en la Teoría de la Micro Estructura

#### 3.1 De los Mercados Financieros

Los paradigmas inventory-based e information-based proveen la estructura general teórica utilizada en la teoría de la micro estructura.

Estos modelos ven el proceso de negociación como un problema de *matching* en el cual el market maker debe utilizar precios para equilibrar oferta y demanda a lo largo del tiempo. En este modelo, un factor clave es la posición de inventario del market-maker (*market-maker inventory position*).

El punto central de los modelos de manejo de inventarios es la variación transitoria del precio del activo financiero alrededor de un retorno esperado fijo. El flujo de órdenes es también importante en este enfoque, aunque en este caso, este afecta los precios por su influencia en los inventarios de los dealers.

El mantenimiento de inventarios en estos modelos es costoso debido a que este expone al dealer a riesgo. La necesidad por compensar a los dealers por estos costos es lo que conduce al ajuste de precios.

Un modelo alternativo, son los modelos basados en la información. El propósito de estos modelos es explicar ajustes permanentes de precios debido a cambios en los retornos futuros esperados. El flujo de órdenes es lo que induce este ajuste de precios (el transmite información acerca de estos retornos futuros).

Los modelos basados en la información observan el proceso de negociación como un juego de operadores con información asimétrica acerca del verdadero valor del activo. Un punto central en este enfoque es el problema del aprendizaje que enfrentan los market-makers.

El paper principal de este enfoque es el de Bagehot (1971), en el cual se establece una nueva teoría para explicar los precios de mercado no sobre los costos de transacción, sino dándole mayor importancia a la información.

Los modelos basados en la información utilizan el análisis intuitivo de la teoría de selección adversa para demostrar cómo, aun en mercados competitivos sin costos de transacción explícitos los diferenciales de precios existieron.

Estos modelos, permiten el examen de la dinámica de los mercados y de aquí proveen luces en el proceso de ajuste de precios.

##### 3.1.1 Modelos basados en el Manejo de Inventario (INVENTORY MODELS)

Demsetz fue el primero en analizar el comportamiento de los mercados financieros desde una perspectiva micro, describiendo la naturaleza de los precios compra (bid) y venta (ask).

La perspectiva microeconómica alude a la caracterización del comportamiento del precio de los títulos financieros como provenientes de la conducta optimizadora de los agentes. Esta focalización permite dos beneficios importantes:

- 1) En la medida que los precios son típicamente determinados por una persona específica o mecanismo, el estudio de formación de precios se convierte en el estudio del comportamiento de este individuo o institución.
- 2) La micro focalización permitió que el comportamiento del mercado sea observado como la agrupación del comportamiento de operadores individuales. Ello con la consecuente habilidad para predecir cómo los precios cambiarían dado el cambio en aquellos problemas de decisión subyacentes.



A partir del artículo de Garman los investigadores se dirigen al entendimiento del surgimiento del precio del mercado dada la naturaleza del flujo de órdenes y del protocolo de liquidación del mercado (market clearing). Desde esta perspectiva existen tres paradigmas de modelos:

- 1) Modelo Garman, se centraliza en la naturaleza del flujo de órdenes
- 2) Modelos de Stoll; y, Ho y Stoll, quienes investigan explícitamente el problema de optimización del market maker.
- 3) Modelo de Cohen; Mesier; Schwartz & Nhithcom; analiza los efectos de varios proveedores de liquidez.

Punto central a cada uno de estos tres enfoques es la incertidumbre en el flujo de órdenes, las cuales pueden resultar un problema de inventario, para el especialista o *market maker* y problemas de ejecución para el operador.

### Modelo de Garman: Order arrival y Market making

Según la teoría estándar del precio de equilibrio, éste es aquel precio al cual la cantidad demandada iguala la cantidad ofrecida. Aunque, si por ejemplo compradores y vendedores llegan en puntos diferentes del tiempo; ¿a qué período las curvas de oferta y demanda se refieren? Similarmente si las órdenes para comprar o vender no están siempre equilibradas en un periodo determinado, ¿cómo el precio cambia para reflejar el flujo de órdenes?

Garman argumenta que el proceso de intercambio podría ser caracterizado por los flujos de órdenes para comprar y vender. Estas órdenes surgirían como la solución a un problema de optimización subyacente de un operador individual, aunque la caracterización explícita de tales problemas no sería importante. Lo que importaría es que las órdenes estarían supeditadas al mercado y a desequilibrios entre oferta y demanda que podrían surgir temporalmente.

En el modelo de Garman, hay un único monopolista *market-maker* quien establece los precios, recibe todas las órdenes y liquida todas las operaciones negociadas. El objetivo del *market maker* es maximizar ganancias esperadas por unidad de tiempo disminuyendo la probabilidad de bancarrotas o fallas.

La probabilidad de falla surge cuando el *market maker* está corto ya sea de inventarios o efectivo. La única decisión del *market-maker* es establecer un precio de compra ( $P_a$ ) al cual “el llenará” los deseos de compra de un título, y un precio de venta ( $P_b$ ) al cual él satisfecerá los deseos de venta de un título.

Las órdenes son por una unidad de activo financiero. El *market maker* tiene un horizonte infinito pero solamente selecciona un precio de compra y venta una vez, al inicio del periodo.

La incertidumbre en el modelo surge de la llegada de órdenes de compra y venta. Estas órdenes son representadas como procesos estocásticos independientes, donde las llegadas de órdenes de compra y venta son asumidas con una distribución normal, con funciones estacionarias de llegada  $I_a(p)$  y  $I_b(p)$ . Las órdenes de compra (o venta) siguen un proceso normal si el tiempo de espera entre llegadas de órdenes de compra (venta) están distribuidas exponencialmente.

Formalmente, siendo  $t$  el momento de la última orden de compra, la probabilidad de que llegue una orden de compra en el intervalo  $(t, t+Dt)$  es aproximadamente:  $I_a Dt$  para pequeños  $Dt$ .

Bajo el supuesto que las órdenes de compra ó venta sigan un proceso estocástico independiente, el flujo de compras y ventas al *market maker* no estará sincronizado. En la medida que el proceso de ambos es estacionario pero no idéntico, equilibrando su nivel de inventario y efectivo para evitar una corrida (y por consiguiente una alteración) no es un problema trivial para el *market-maker*. Esto esta ponderado por el supuesto que el *market-maker* sea incapaz de cambiar precios en medio de la corriente para evitar una inminente falla.



El modelo de Garman involucra varios supuestos estilizados. Al *market-maker* no le está permitido endeudarse en efectivo o en el título en cuestión dictaminándose que su posición en cualquier punto en el tiempo estará completamente determinada por la tasa de órdenes de arribo.

El nivel de demanda asociado con este proceso de órdenes es asumido exógeno al *market-maker*. Asimismo, como Garman hace notar, el arribo de órdenes con una distribución normal requiere que:

- 1) Exista un número grande de agentes en el mercado.
- 2) Cada agente actúa independientemente comprometiéndose con su orden.
- 3) Ningún agente puede generar un número infinito de órdenes en un periodo finito.
- 4) Ningún sub conjunto de agentes puede dominar la generación de órdenes.

Esta última restricción, no consideraría algunas órdenes manejadas por operadores que actúan sobre la base de información privada ó alguna estrategia sincronizada de órdenes (tales como seguro de portafolio) que son seguidas por un sub conjunto de agentes o operadores. Lo que se requiere es que el flujo de órdenes sea estocástico sin que sea informativo acerca del movimiento futuro del mercado o de los precios.

El modelo: a la fecha 0, el *market maker* posee  $I_c(0)$  unidades de efectivo y  $I_s(0)$  unidades del título financiero en cuestión (por ejemplo acciones).

Así, sean  $I_c(t)$  y  $I_s(t)$  las unidades de efectivo y títulos en el tiempo  $t$ .

Sean  $N_a(t)$  el número acumulado de acciones que se han vendido a operadores hasta el momento  $t$  (estas son las órdenes de compra ejecutadas) y sea  $N_b(t)$  el número acumulado de acciones que han sido compradas de operadores hasta el tiempo  $t$  (éstas son las órdenes de venta ejecutadas). Así, los inventarios son gobernados por:

$$I_c(t) = I_c(0) + p_a N_a(t) - p_b N_b(t)$$

$$I_s(t) = I_s(0) + N_b(t) - N_a(t)$$

Garman argumenta que se puede entender la posición del market maker analizando como la recomposición entre sus tenencias de activos financieros y efectivo. En particular, se define  $Q_k(t)$  como la probabilidad que  $I_c(t)=k$ ; y  $R_k(t)$  como la probabilidad que  $I_s(t)=k$ .

$Q_k(t)$  es básicamente la probabilidad que en  $t$  el market maker tenga exactamente  $k$  unidades de efectivo; o la probabilidad  $-R_k(t)$ -de tener el activo. Luego se considera cómo esta posición podría surgir. En el caso del activo, el market maker podría tener exactamente  $k$  unidades en el período  $t$ , debido a:

- i) El market maker posee exactamente  $k-1$  unidades de activo en  $(t-Dt)$  y en el instante siguiente una orden de venta de 1 unidad llega a él; ó
- ii) El market maker posee exactamente  $k+1$  unidades de activo y en el instante siguiente  $(t-Dt)$  una orden de compra de 1 unidad llega hacia él; ó
- iii) El market maker está teniendo una posición de  $k$  unidades en el período  $t$  y en el instante siguiente nada ocurre.

Para calcular la probabilidad que el market maker tenga  $k$  unidades de efectivo, Garman asume que se recibe una unidad de efectivo con una tasa  $I_a P_a$  y se paga a la tasa  $I_b P_b$ . Intuitivamente, esto corresponde a un influjo neto de efectivo resultante de la llegada de una orden para comprar un activo del *market maker* al precio  $P_a$  y contrariamente una salida de efectivo. Así, según las tres posiciones desarrolladas anteriormente se tendrá que:



- i) La probabilidad que el *market maker* tuviera  $k-1$  unidades de efectivo y en el intervalo  $(t-Dt)$  recibe un influjo de efectivo es:

$$Q_{k-1}(t-Dt)[I_a(P_a)P_aDt][(1-I_b(P_b)P_bDt)]$$

- ii) La probabilidad que el *market maker* tuviera  $k+1$  unidades de efectivo y en el intervalo  $(t-Dt)$  tuviera una salida de efectivo es:

$$Q_{k+1}(t-Dt)[I_b(P_b)P_bDt][(1-I_a(P_a)P_aDt)]$$

- iii) La probabilidad que el *market maker* tuviera  $k$  unidades de efectivo y en el intervalo  $(t-Dt)$  y en el momento siguiente nada ocurre es:

$$Q_k(t-Dt)[1-I_a(P_a)P_aDt][(1-I_b(P_b)P_bDt)]$$

La probabilidad que el *market maker* tenga exactamente  $k$  unidades de efectivo en  $t$  es la suma de estas 3 probabilidades:

$$Q_k(t) = Q_{k-1}(t-Dt)[I_a(P_a)P_aDt][(1-I_b(P_b)P_bDt)] + Q_{k+1}(t-Dt)[I_b(P_b)P_bDt][(1-I_a(P_a)P_aDt)] + Q_k(t-Dt)[1-I_a(P_a)P_aDt][(1-I_b(P_b)P_bDt)]$$

Para calcular la derivada respecto al tiempo de la probabilidad  $Q_k(t)$  se toma el límite de:  $\frac{Q_k(t) - Q_k(t - \Delta t)}{\Delta t}$  cuando  $\Delta t \rightarrow 0$ . Lo cual resulta en:

$$\frac{\partial Q_k(t)}{\partial t} = Q_{k-1}(t)[I_a(P_a)P_a] + Q_{k+1}(t)[I_b(P_b)P_b] - Q_k(t)[I_a(P_a)P_a + I_b(P_b)P_b]$$

Esta ecuación representa la dinámica de la posición de efectivo del *market maker*.

En la medida que las órdenes de compra venta llegan a lo largo del día, esta posición de cambio varía y es éste movimiento dinámico lo importante para el *market maker*. Debido a que él no puede aumentar su efectivo excepto a través de las operaciones de negociación, el tema central es si el *market maker* puede evitar que su posición de efectivo se haga cero y así se vaya a la bancarrota.

Garman muestra que la probabilidad de quedarse sin efectivo es:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Q_o(t) = \left[ \frac{I_a(P_b)P_b}{I_a(P_a)P_a} \right]^{I_c(0)/P} ; \text{ si } I_a(P_a)P_a > I_b(P_b)P_b \quad \text{Ec. *}$$

$$= 1 \quad \text{en otro caso.}$$

La probabilidad correspondiente de quedarse sin activo es:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Q_o(t) = \left[ \frac{I_a(P_a)}{I_b(P_b)} \right]^{I_s(0)} ; \text{ si } I_a(P_a) < I_b(P_b)$$

$$= 1 \quad \text{en otro caso.}$$





Donde  $I_a(P_a)$  es la probabilidad de quedarse sin activo;  $I_b(P_b)$  es la probabilidad de tener activo; y  $I_s(0)$  es la tenencia inicial. Como la ecuación (\*) es un ratio de corto de efectivo/largo de efectivo (cash out/cash in) . El nivel inicial de efectivo en el exponente debe ser normalizado para contabilizar el monto de la “apuesta”.

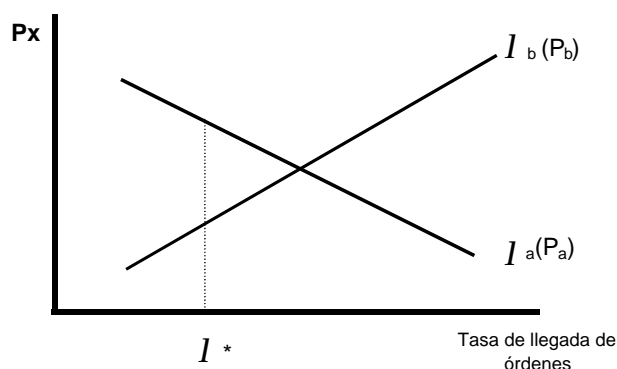
Se observa que para evitar alguna falla el market maker determina  $P_a$  y  $P_b$ ; tal que ellos satisfagan simultáneamente:

$$\begin{aligned} P_a I_a(P_a) &> P_b I_b(P_b) \\ I_b(P_b) &> I_a(P_a) \end{aligned}$$

Estas condiciones establecen que un market maker individualmente determina un precio más bajo cuando compra un activo y un precio más alto cuando él vende. Ello resulta en el desarrollo del spread, por lo que se deduce que el spread es una propiedad inherente de la estructura del mercado. El spread protege al market maker de cierta posibilidad de equivocarse.

Los determinantes de la magnitud del spread no son obvios. Garman asume que el market maker persigue una política de inventario zero-drift por lo que la estrategia de formación de precios tiene las siguientes propiedades:

El market maker establece los precios para equilibrar la tasa de llegada de las órdenes. Dado el objetivo del market maker, los precios exactos que él establece son aquellos a los cuales se maximiza la ganancia esperada.



Una propiedad importante de estos precios es que el market maker no establece un precio individual de liquidación ( $P^*$ ), sino que determina diferentes precios de compra-venta  $P_a$  y  $P_b$ . Ello permite al market maker extraer rentas más grandes mientras mantiene su política de inventario zero-drift.

Para centrar el problema intertemporal de inventario, Garman considera una segunda simplificación en la cual el supuesto de maximización de ganancia es levantado. En este caso, se asume que el market maker determina un precio  $P^*$  único que liquida el mercado.

En conclusión, la modelización de Garman sobre el proceso de market making es simple, mecánica y realista. Su modelo muestra también su fragilidad en el proceso de intercambio. Según Garman, el inventario determina la viabilidad del market maker, sin embargo, el inventario per se no juega un rol en el problema de decisión del market maker, debido a que se asume que el market maker puede establecer precios solo al inicio.

### 3.1.2 Modelos basados en el Manejo de Información

Una conclusión importante de los modelos de inventarios es que los costos de transacción determinan el diferencial en el precio de compra y venta (*diferencial de precios bid-ask*). Sin embargo, Bagehot (1971) trata de explicar que los precios de mercado no se basan en costos de transacción, sino en el rol de la información.

Los modelos basados en la información utilizaron herramientas de la teoría de selección adversa para demostrar cómo, aún en mercados competitivos sin costos de transacción explícitos, el diferencial existe.

Un aspecto importante de estos modelos, es que permiten el examen de la dinámica del mercado, dando herramientas teóricas para entender el proceso de ajuste de precios. Asimismo, estos modelos nos permiten analizar el comportamiento estratégico de los operadores informados y los desinformados.

Bagehot empieza señalando que existe una distinción en el mercado entre ganancias de mercado y ganancias de las sesiones de negociación entre operadores (*trading*).

El primer concepto, ganancia de mercado, alude a una situación en la cual cuando hay un aumento generalizado de precios, muchos inversionistas ganan; y cuando estos caen, muchos inversionistas pierden. Con el transcurso del tiempo los precios tienden a subir y bajar, uno esperaría que los inversionistas juegan un juego justo y reciben una rentabilidad neutral.

El segundo concepto, ganancias de las sesiones de operación, los costos de información harán que el inversionista promedio pierda dinero respecto a la rentabilidad el mercado en el tiempo.

Esta pérdida surge debido a la presencia de operadores en el mercado con mayor y mejor información a la que el *market-maker* conoce considerando quien está en el medio de toda negociación, conoce. Estos operadores informados compran cuando saben que el precio está muy bajo; y venden cuando saben que está muy alto. Asimismo, estos operadores informados tienen la alternativa de no negociar, a diferencia del *market-maker*, quien debe siempre cotizar para comprar y vender.

Consecuentemente, el *market-maker* sabe que cuando él está negociando con unos operadores informado, él siempre pierde. Para mantenerse solvente él debe ser capaz de compensar éstas pérdidas haciendo ganancias de los operadores desinformados. Estas ganancias surgen del diferencial compra y venta.

Sin lugar a dudas, costos de inventario de transacción son factores importantes, la noción que los costos de información afectan los precios, otorga una nueva e importante dirección a la investigación de la estructura de mercado.

#### Modelo de traders informados y traders desinformados (Modelo de Copeland y Galai)

Este análisis desarrolla un modelo no inter temporal del problema de formación de precios del *market-maker* dado que un porcentaje de operadores tiene mayor información.

El modelo tiene dos enfoques: El primero asume un *market maker* de riesgo neutral que determina los precios de compra y venta para maximizar sus ganancias. El segundo ve los precios compra-venta como opciones *call* y *put* provistas por el *market maker* a los operadores.

El modelo asume, un operador (*trader*) individual de riesgo neutral, quien negocia con una población de operadores. El precio  $-P-$  es obtenido de una función de densidad  $f(p)$  exógena al mercado.

Algunos operadores conocen el valor actual del título financiero y por ende están informados. Otros operadores conocen solamente el proceso general de precios y no el valor corriente del título; y de aquí que ellos estén desinformados (ó operadores por liquidez).



Como en los modelos de inventario, se supone que los operadores arriban al mercado de acuerdo a una función de probabilidad que es independiente del proceso de formación de precios.

Desde que algunos operadores conocen más acerca de  $P$ ; este supuesto ahora es inocuo, podría parecer que los operadores informados dependen de lo que ellos conocen acerca del título respecto a lo que el mercado piensa.

Copeland y Galai señalan que el flujo de órdenes del market maker puede incluir negociaciones basadas en la información. En particular, mientras operadores individuales son anónimos para el market maker, éste sabe que cualquier negociación proviene de un operador (trader) informado con probabilidad  $p_I$  y de un operador (trader) desinformado con probabilidad  $1 - p_I$ .

Una vez que el operador llega al mercado, Copeland y Galai asumen que hay una probabilidad que un operador desinformado comprará ( $p_{bL}$ ); alguna probabilidad que él venderá ( $p_{sL}$ ); y alguna probabilidad que él no negociará ( $p_{NL}$ ). Se asume que el operador informado va hacer la negociación (ya sea comprar ó vender) que maximiza sus ganancias. Supone que los operadores tienen funciones de demanda elásticas y los operadores desinformados no son forzados a negociar. Esto significa que si una negociación ocurre, depende del diferencial compra-venta, tal que el establecimiento del precio para el *market-maker* debe tener en cuenta esta elasticidad.

Si el operador está informado, el *market maker* puede esperar perder:

$$\int_{P_a}^{\infty} (P - P_a) f(P) dP + \int_0^{P_b} (P_b - P) f(P) dP$$

$P_a$  y  $P_b$  son los precios venta (*ask*) y compra (*bid*); y  $P$  es el “verdadero” precio del título.

Contrariamente, si el operador está desinformado, entonces la ganancia esperada está dada por:

$$p_{PL} (P_a - P) + p_{SL} (P - P_b) + p_{NL} (0)$$

En la medida que el *market maker* no sabe cual operador está enfrentando, él perdería sus ganancias esperadas:

$$p_1 \left[ \int_{P_a}^{\infty} (P - P_a) f(P) dP + \int_0^{P_b} (P_b - P) f(P) dP \right] + p_2 [p_{bL} (P_a - P) + p_{sL} (P - P_b) + p_{NL} (0)]$$

Los precios óptimos compra (*bid*) y venta (*ask*), emergen de la maximización de este problema.

Este modelo recoge lo señalado por Bagehot, que el cálculo de las ganancias netas esperadas del *market-maker* influye en el tamaño y determinación del *diferencial de precios*.

El modelo permite saber que el cálculo de éstas ganancias y pérdidas requiere del conocimiento de las probabilidades de negociación de los operadores informados y desinformados, del comportamiento estocástico del título, y de la elasticidad de la demanda de los operadores.

### Modelos con información contenida en el trading (Modelo de Glosten–Milgron)

Estos se enfocan en el problema de que en un mercado competitivo las negociaciones de los agentes informados reflejará su información, ya sea vendiendo si ellos tienen malas noticias ó comprando si ellos tienen buenas noticias.



Si alguien quiere vender al *market-maker*, ello podría señalar que el operador sabe de malas noticias. Ello podría significar, sin embargo, que el operador está desinformado y simplemente necesita liquidez.

En la medida que el *market-maker* no puede saber acerca de quien se trata, él se protege ajustando sus expectativas acerca del valor del título, condicionando al tipo de negociación que ocurra. Como el *market-maker* recibe ofertas de negociación, por consiguiente, su expectativa del valor del activo cambia y así a su vez causa que su precio cambie.

Glosten –Milgron demuestran que en el tiempo la preponderancia de operadores informados en un lado del mercado resulta en el aprendizaje de la información de dichos operadores, y sus precios convergen al valor esperado del activo dada ésta información. Anteriormente, la exogeneidad del flujo de órdenes y la incertidumbre del valor del activo financiero explicaron la toma de decisión del *market maker* se concentrara en la determinación de precios para equilibrar el riesgo en el tiempo.

El modelo Glosten-Milgrom la habilidad de aprendizaje del *market-maker* indicó que el sendero del precio no era independiente de la información privada del verdadero valor del activo financiero. Este vínculo de la determinación de precios y los valores subyacentes del activo permitió que el proceso por el cual la información se traslada a precios podría ser localizada.

Los supuestos del modelo son: el *market-maker* y todos los participantes son neutrales al riesgo y actúan competitivamente. El activo financiero negociado tiene un valor eventual dado por la variable estocástica  $V$ . Las negociaciones comprenden una unidad de activo, y todas las negociaciones se dan a los precios compra y venta del *market-maker*. No hay costos de transacción, ni costos explícitos por la tenencia de inventarios o por mantenimiento de posiciones cortas. En el modelo, algunos operadores tienen información sobre  $V$ , tal que los operadores informados ganan sobre la base de su información a expensas de los operadores desinformados.

En el modelo, la negociación tiene lugar secuencialmente, con un operador negociando en cualquier punto en el tiempo. ¿Cómo los operadores llegan al mercado? Los operadores informados ganan al negociar si los precios no están en sus niveles de plena información, y así cualquier operador (*trader*) informado preferirá negociar tanto y tan seguido como pueda.

Se supone que los operadores son elegidos al negociar estocásticamente y una vez que son seleccionados, un operador podría negociar a lo más una unidad del activo. Si un operador desea negociar más adelante, el deberá retornar al pool de operadores y esperar ser seleccionado nuevamente.

El especialista, o *market-maker*, determina los precios tal que la ganancia esperada de cualquier negociación sea cero. La lógica para esta condición de ganancia cero es que la combinación de competencia con la neutralidad de riesgo dictaminaría que cualquier renta ganada en la negociación sería demandada afuera por un especialista competidor. Cada *market-maker* selecciona una estrategia de maximización de ganancia de sus ofertas y demandas de las funciones de oferta-demanda, así los *market-maker* realizan un juego (unos contra otros). En la medida que cada *market-maker* empieza con la misma creencia previa y si la información de la negociación es de conocimiento común, cada *market-maker* puede calcular cada precio óptimo de los otros *market-makers*.

Los precios son puestos al igual que la expectativa condicional del especialista del valor del activo dado el tipo de negociaciones que ocurran. En equilibrio precios bid y ask son “libres de rechazo” en el sentido que el *market-maker* cree que el precio será justo. De aquí, que el precio compra (bid) es el valor esperado del *market-maker* dado que el operador quiere vender y el precio venta (ask) es el valor esperado dado que el operador quiere comprar el activo.

La observación de los precios compra y venta como una expectativa condicional, permite que el ajuste de precios en el tiempo sea visto de la misma forma del *market-maker*. Consecuentemente para comprender el comportamiento de los precios compra y venta, se necesita analizar el problema de aprendizaje del *market-maker*.



Una versión simple del modelo, supone que los operadores informados que conocen el verdadero valor del stock, ya sea este en su nivel más bajo o alto denotado por  $\underline{V}$  ó  $\bar{V}$ . Sea  $S$ , el evento que un operador quiere vender el activo al *market-maker* y  $B$ , el evento que alguien quiere comprarle al *market-maker*.

El *market-maker* determina los precios compra y venta tal que:

$$a_1 = E(V/B_1) = \underline{V} \Pr\{V = \underline{V}/B_1\} + \bar{V} \Pr\{V = \bar{V}/B_1\}$$

$$b_1 = E(V/S_1) = \underline{V} \Pr\{V = \underline{V}/S_1\} + \bar{V} \Pr\{V = \bar{V}/S_1\}$$

De aquí que el precio venta (ask) en el periodo uno sea la expectativa condicional de  $V$  dado que un operador desea comprarle al *market-maker*, con el precio compra (bid) definido similarmente dado que el operador desea vender.

Para determinar el precio venta (*bid*), por ejemplo el *market-maker* calcula:

$\Pr\{V = \underline{V}/S_1\}$  y el correspondiente  $\Pr\{V = \bar{V}/S_1\}$ .

La primera probabilidad es dada por:

$$\Pr\{V = \underline{V}/S_1\} = \frac{\Pr\{V = \underline{V}\} \Pr\{S_1/V = \underline{V}\}}{\Pr\{V = \underline{V}\} \Pr\{S_1/V = \underline{V}\} + \Pr\{V = \bar{V}\} \Pr\{S_1/V = \bar{V}\}}$$

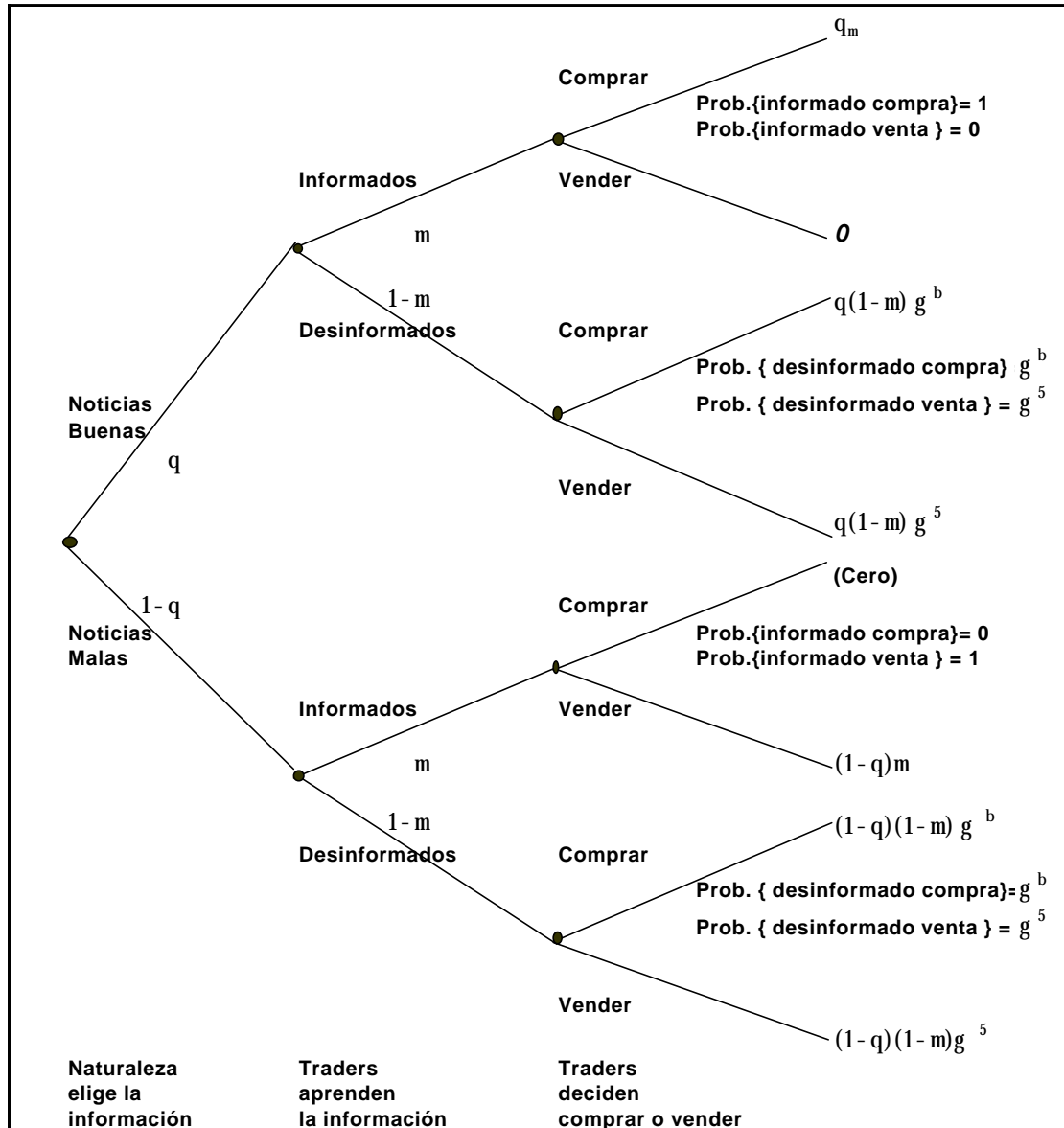
Una característica importante de estos precios es que ellos explícitamente dependen de la probabilidad de una venta (y de una compra). En los modelos previos, el supuesto hecho (implícito o explícito) es que compras y ventas son igualmente probables.

En este modelo, esto no es cierto. Si hay noticias buenas, habrá muchos compradores, si hay malas noticias habrá muchas órdenes de venta. Y no será el caso que los precios del *market-maker* se ajustarán para compensar este desequilibrio. En la medida que los precios no estén en niveles de equilibrio de plena información, el flujo de órdenes esperado diferirá dependiendo de la creencia del *market-maker* sobre el verdadero valor del activo.

En el límite, cuando todos están informados, compras y ventas serán igualmente probables. Por ejemplo en el modelo de Garman el *market-maker* últimamente falla debido a que se queda corto de activos o dinero. En este modelo, tal falla no puede ocurrir debido a que el *market-maker* tiene acceso ilimitado a cualquier activo. Si el flujo de órdenes es informativo será el caso que el *market-maker* puede aprender el verdadero valor más rápidamente, sugiriendo que grandes desequilibrios en activos o efectivo pueden no desarrollarse aún en periodos cortos.

En el diagrama siguiente, cada nivel de decisión corresponde a:

- (1) La naturaleza hace el primer movimiento y elige si la información será buena o mala.
- (2) El segundo nivel corresponde a la fracción de operadores que aprende de la información. Se asume que esta es simétrica con respecto a información buena y mala.
- (3) El tercer nivel corresponde a la decisión que cada operador hará dada la oportunidad de negociar. Aquí la diferencia entre operadores informados y desinformados entra directamente, ya que operadores informados no comprarán si ellos conocen noticias desfavorables (o venden si ellos conocen noticias favorables); mientras que operadores desinformados son considerados con la misma probabilidad de comprar o vender cualquiera sea la información existente.



Para saber si la probabilidad de una negociación particular ocurra (comprar o vender) esta puede ser calculada sumando los diferentes caminos de que una venta o compra pueda ocurrir.

Así, del diagrama, la probabilidad de observar una venta es:

$$(1 - m) g^s + (1 - q)m$$

mientras que la observancia de una compra es :

$$(1 - m) g^b + qm$$

Los resultados mostrados en el modelo Glosten-Milgrom son:

- (1) Como en el modelo de Copeland y Galai, un diferencial de precios aparece que es independiente de cualquier transacción exógena o costos de inventario.



El diferencial de precios surge debido al hecho de que algunos que desean comprar originan que el *market-maker* revise su expectativa del valor del activo hacia arriba y mueva sus cotizaciones en esa dirección. El deseo de algunos de vender origina una revisión en el sentido contrario.

El supuesto de competencia dictamina que los precios específicos puestos equilibran las ganancias netas esperadas del *market-maker*. G-M caracterizan los factores específicos que influyen en el diferencial de precios, y en particular demuestran cómo ello depende de la naturaleza de la información subyacente, el número de operadores informados y las elasticidades de los operadores.

- (2) Los precios de transacción forman un Martingale. El proceso estocástico de precios sigue un Martingale con respecto a la información del *market-maker*, si  $E(P_{t+1} / I_t) = P_t$ , donde  $I_t$  es el conjunto de información del *market maker* en el periodo  $t$ . Intuitivamente esto significa que un observador del mercado no puede predecir mejor el precio futuro que simplemente utilizando el precio corriente.

Esta propiedad es importante porque sugiere un vínculo entre la conducta del precio en el modelo y el concepto de eficiencia del mercado. Como es usualmente definido:

- ☐ Los precios son eficientes de la forma fuerte, si reflejan toda la información privada;
- ☐ Eficientes de la forma semi-fuerte si reflejan toda la información públicamente disponible; y
- ☐ Eficientes de la forma débil, si reflejan la información en sus propios valores pasados.

- (3) Bajo algunas condiciones la selección adversa inducida por información asimétrica puede causar que el mercado colapse o se cierre.

Tanto en el modelo Glosten-Milgrom y Copeland-Galai, el resultado central es que la información asimétrica induce a un diferencial de precios compra-venta.

Desde este punto de vista, surgen dos preguntas:

- i) ¿Cuán robusto es este resultado al ambiente de negociación? Es este el caso de que la presencia de operadores informados siempre induce a un diferencial de precios compra-venta?
- ii) ¿Puede otro fenómeno del mercado estar explicado por la presencia de información asimétrica?

## Modelos según montos negociados

Desarrollado por Easley y O'Hara, comprende un modelo de negociaciones secuenciales, similar al de Glosten y Wilgrem. Se asume que los operadores negocian un activo con *market makers* competitivos y de riesgo neutral. El *market maker* cotiza el precio compra y venta, ajustando estas cotizaciones a lo largo del tiempo de acuerdo al número de operaciones que ocurren. Efectos de inventario no son relevantes, según este modelo, y las operaciones ocurren secuencialmente de acuerdo a una función de probabilidad.

En el modelo de Easley y O'Hara, un evento es definido como la ocurrencia de una señal  $s$  acerca del valor del activo. La probabilidad que dicha señal ocurra es  $\alpha$ ; y si ocurre se asume que ocurre antes que comience la sesión del día.

La señal puede tomar dos valores posibles: alto y bajo. Si una señal ocurre, un porcentaje  $m$  de los operadores recibe esta señal. Por supuesto, si ninguna señal ocurre, todos los operadores estarán desinformados. En la medida que el *market maker* no conoce si hay nueva información, él no puede conocer con certeza las consecuencias de que suceda una desinformación. Tal incertidumbre sobre la información se parece a una representación natural de cómo la información privada puede ocurrir en los mercados.



Las operaciones ocurren secuencialmente, cada operador individual, negocia según la probabilidad del tipo de operador que fuera en toda la población. El modelo permite diferentes tamaños de órdenes de compra venta; y en ese sentido un operador cuyo turno es negociar puede ya sea comprar una cantidad pequeña o grande ( $B_1$  y  $B_2$ ); ó vender una cantidad pequeña o grande ( $S_1$  y  $S_2$ ); ó simplemente no negociar.

Debido a la posibilidad de un equilibrio de ‘no operación’; algunos operadores informados transarán los montos grandes solo si operadores desinformados quieren negociar dichas sumas altas.

Si ellos no lo quieren, entonces un monto grande podría provenir de un operador informado y los precios de los *market makers* para estas grandes sumas serían valores de plena información (tanto para noticias buenas como malas).

Se asume que los operadores informados son neutrales al riesgo y que negocian para maximizar ganancias. Dado los diversos tamaños de las operaciones, entonces a mayor tamaño de las operaciones de los operadores informados mayores las ganancias. Consecuentemente, el tamaño de la operación lleva a un problema de selección, debido a que al mismo precio, el operador informado siempre prefiere negociar grandes cantidades.

Desde que los operadores desinformados no comparten el sesgo del tamaño, un *market maker* racional interpretará órdenes grandes como una señal de negociación basada en nueva información, ajustando por lo tanto sus precios.

La idea que el operador informado pueda elegir negociar en diferentes maneras introduce un elemento de estrategia en el comportamiento del *market maker*. En particular, la manera como el *market maker* establece los precios depende ahora en dónde él cree que el operador informado estará negociando. Sin embargo, la inversión del operador informado dependerá de los precios que el *market maker* establece. Esto requiere encontrar un punto fijo al cual, la suposición del *market maker* mirando la localización del operador informado sea correcta.

Easley y O’Hara demuestran que dos tipos de equilibrio son posibles. Los operadores informados podrían elegir negociar solamente grandes cantidades y de aquí ser separados de los operadores desinformados en montos pequeños. Alternativamente, operadores informados podrían elegir comprometerse tanto en órdenes grandes como pequeñas y así ser agrupado con los *market makers* desinformados.

Sin embargo, aún en el equilibrio separado algunos *market makers* desinformados deber ser activos en el segmento de operaciones de grandes sumas, sugiriendo que un equilibrio ‘semi separado’ es una construcción más común en muchas áreas de finanzas.

Para determinar las consecuencias que ocurren previamente el *market maker* resuelve su problema de determinación de precios asumiendo que todos los *market maker* informados negocian grandes cantidades.

Si los *market makers* informados están negociando suman grandes, la política de determinación de precios del *market maker* en el equilibrio separado tiene las siguientes propiedades:

- i. No existe spread para operaciones de pequeñas sumas. En la medida que los *market maker* informados no transan pequeñas sumas no hay razón para el *market maker* de protegerse a sí mismo de operaciones originadas en la información estableciendo un spread.
- ii. Los precios para operaciones de grandes sumas exhiben un spread. Estos precios están dados por:

$$b^* = V^* - \frac{s_v^2}{\bar{V} - \underline{V}} \left[ \frac{am}{X_s^2 (1 - am) + dam} \right] \quad \text{Ec. (i)}$$





$$a^* = V^* + \frac{s_v^2}{\bar{V} - \underline{V}} \left[ \frac{am}{X_s^2 (1 - am) + am (1 - d)} \right]$$

donde  $V^*$  es el valor esperado de  $V$  con  $Ve[V; \bar{V}]$ ;  $X$  es el porcentaje de *market maker* informados que transan;  $d$  es la probabilidad que  $V$  sea igual a  $\underline{V}$ ;  $s^2$  es la varianza de  $V$ ; y  $am$  representa la probabilidad de las operaciones de los *market makers* informados.

Para constituir un equilibrio a partir de la ecuación (i), se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$\frac{S^2}{S^1} \geq 1 + \frac{amd}{X_s^2 (1 - am)} \quad (\text{Ec. ii})$$

$$\frac{B^2}{B^1} \geq 1 + \frac{am (1 - d)}{X_s^2 (1 - am)} \quad (\text{Ec. ii})$$

donde  $S^2$  ( $B^2$ ) denota el monto más grande de venta (compra) y  $S^1$  ( $B^1$ ) es el monto más pequeño de venta (compra). Estas condiciones garantizan que las ganancias de los *market makers* informados es más grande cuanto más grande la cantidad al peor precio que negociar la cantidad más pequeña a un mejor precio.

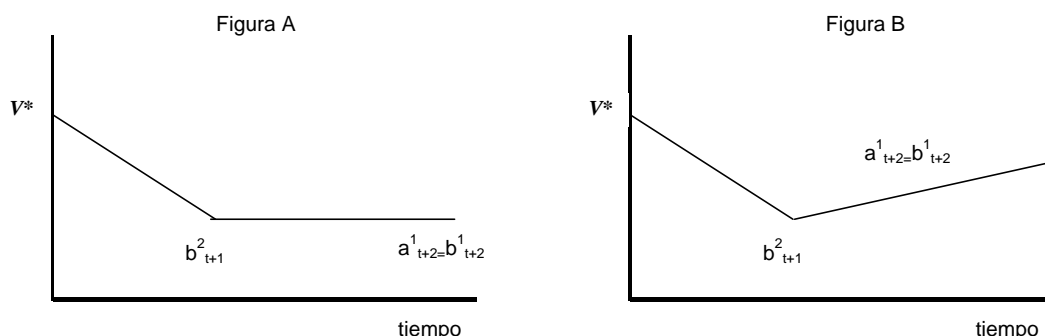
Si la cantidad es lo suficientemente grande o hay una pequeña amenaza de operar basado en la existencia de información, entonces el mercado estará en un equilibrio separado. En ambas condiciones, el lado izquierdo de la ecuación (Ec. ii) señala el tamaño relativo de las operaciones por sumas grandes y pequeñas. Y, ello refleja el simple hecho que negociando suficientes activos aún a precios bajos puede aún ser preferido si el monto es lo suficientemente grande.

El lado derecho de (Ec. ii) refleja los efectos de operaciones de los *market makers* informados en el precio. Si el *market maker* sabe que los montos más grandes son de operadores desinformados, entonces él puede quebrar el precio de estas operaciones con un pequeño *spread*. Si estas condiciones no se cumplen, entonces el mercado no puede estar en un equilibrio ‘separado’.

Los *spreads* pueden variar por el tamaño de las operaciones, e inclusive pueden ser ceros en algunos casos, revelando rasgos importantes del comportamiento de los precios del mercado. Un rasgo que revela es la inexistencia de un solo precio de mercado, el cual dependerá del tamaño del mercado. Otro hecho relevante es que la utilización de los *spreads* del mercado como medida de la bondad del mercado puede desvirtuar algunas conclusiones. En la medida que el tamaño del *spread* dependerá parcialmente en la naturaleza del equilibrio examinando solamente el *spread* del segmento del mercado con poco volumen de negociación no puede proveer un buen indicador del grado de información asimétrica o del costo de operación.

Una consecuencia adicional del análisis es que el grado al cual el *market maker* revisa sus creencias y su precio posterior a una operación también varía con el tamaño de la operación.

El proceso de revisión de este modelo implica una aproximación de actualización bayesiana. Debido a la incertidumbre dual en el modelo sobre la existencia y dirección de nueva información Easley y O'Hara demuestran que este proceso de revisión puede explicar no solamente la inmediata variación del precio asociado con las operaciones en bloque, sino también su enigmático comportamiento subsecuente del precio.



La figura A señala los precios del mercado cuando nueva información es conocida. Como se esperaba, el precio para la venta en bloque cae y el precio para la siguiente operación por montos pequeños es determinado al nuevo valor esperado del *market maker*, el cual es el precio del bloque.

En esta línea, el precio del activo es permanentemente más bajo siguiendo el negocio en bloque debido a que el *market maker* cree más probable que la nueva información son noticias malas.

Asimismo, ya que las operaciones por montos pequeños no originan la revisión de parte del *market maker*, el precio se fija a este nivel hasta que una nueva operación en bloque origine una revisión de sus expectativas.

La figura B describe la dinámica del precio cuando existe incertidumbre debido a nueva información. Nuevamente, la venta en bloque se negocia a precios más bajos pero el precio parcialmente se recupera si la próxima transacción es una operación por un monto pequeño.

Esta recuperación refleja la revisión del *market maker* de su creencia observando la información existente, y si la siguiente operación es una compra por una pequeña suma o una venta también por una suma pequeña el precio se recupera. Lo particularmente extraño acerca de este proceso es que tal recuperación es consistente con el comportamiento empírico observado<sup>2</sup>.

Esta incertidumbre introduce una nueva complejidad en el análisis de información asimétrica. Ahora, el efecto precio de una operación depende no solamente de las actuales operaciones sino también de las pasadas.

## 3.2 De los Mercados Cambiarios

Los modelos estándar de determinación del tipo de cambio distinguen los tipos de información que deberían influir en los movimientos del mismo. Sin embargo, la manera cómo ha sido asimilada la información de parte de los participantes del mercado ha recibido poca atención por aquellos modelos estándar.

Así, en muchos modelos de determinación del tipo de cambio, una contracción monetaria no anticipada en el país conduce a una apreciación de la moneda nacional respecto a la moneda extranjera. Sin embargo, estos modelos dicen poco respecto a cómo los participantes de este mercado aprenden de la contracción monetaria, o cómo el estado del mercado cambiario podría influir la reacción inmediata o de más largo plazo de los operadores individuales ante la noticia de tal contracción.

Como se vio en el capítulo anterior, del modelo de inventarios de Garman se desprenden tres conclusiones:

- 1) Los tipos de cambio compra y venta óptimos están en función decreciente a la posición de inventario de moneda extranjera del *market maker*. En la medida que el inventario del *market maker* aumenta reduce

<sup>2</sup> / Otros trabajos como Kraus y Stoll; y Dann, Mayes y Raab.



tanto su tipo de cambio compra y venta. Contrariamente, el *market maker* aumenta ambos tipos de cambio si el inventario de moneda extranjera disminuye.

- 2) El *market maker* tiene un nivel preferencial de su posición de inventarios de moneda extranjera.
- 3) Los tipos de cambio óptimos compra y venta exhiben un diferencial de precios positivo.

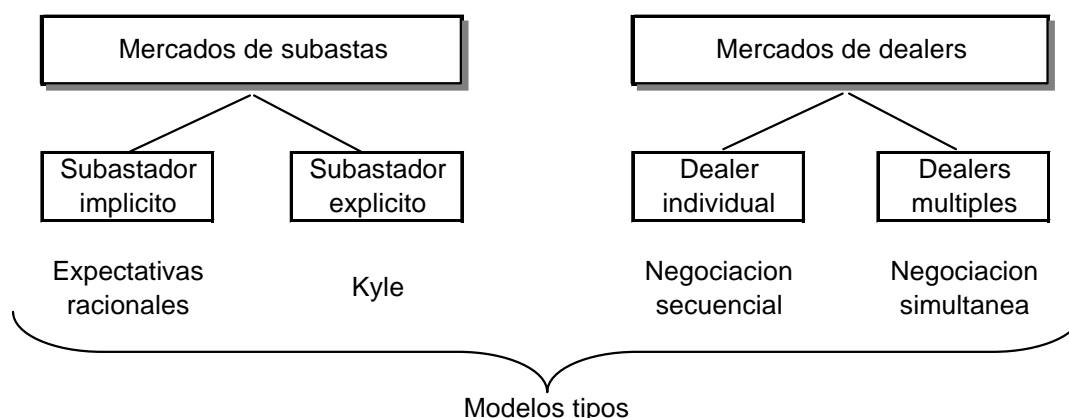
En los modelos basados en información, el tema se centraliza en cómo los tipos de cambio pueden ser afectados por el hecho que los operadores en el mercado pueden tener información diferente. En los modelos simples, la posición del *market maker* es puramente especulativa no hay costos por inventarios ni aversión al riesgo.

Un *market maker*, quien está en medio del *trading*, conoce que algunos operadores pueden tener mejor información que la que él tiene. Estos operadores informados, compran cuando ellos conocen que el precio está muy bajo y venden cuando ellos saben que el precio está alto.

Asimismo, los operadores informados tienen la opción de no operar, a diferencia del mercado, quien debe cotizar siempre sus precios de compra y venta. Los *market makers* saben que ellos perderán cuando operan con operadores informados hasta mantenerse solventes, tal que deban compensar estas pérdidas haciendo ganancias de los operadores desinformados. Estas ganancias surgen del diferencial de precios compra y venta.

Por su parte, en función de las distintas fuentes de determinación del mejor tipo de cambio o precio de la moneda extranjera, los modelos basados en la información del mercado, distinguen entre un mercado de operadores (*dealers market*), donde el mejor precio esta definido por la cotización del *dealer*; y un mercado de subastas, donde el mejor precio esta definido por órdenes de compra/venta comprometidas.

En este sentido, los *dealer markets* son denominados mercados conducidos por la cotización (*quote-driven markets*): mientras que mercados de subastas son denominados mercados conducidos por órdenes (*order-driven markets*).



### 3.2.1 Modelo de expectativas racionales

El *modelo de expectativas racionales*, si bien no es un modelo en estricto dentro del enfoque de microestructura, se considera como tal por su semejanza con el subastador Walrasiano. Es decir, con la presencia de un hipotético subastador quien colecciona las órdenes de compra/venta, establece los precios basados en estas órdenes y ejecuta las órdenes a los precios de liquidación.



### 3.2.2 El modelo de Kyle

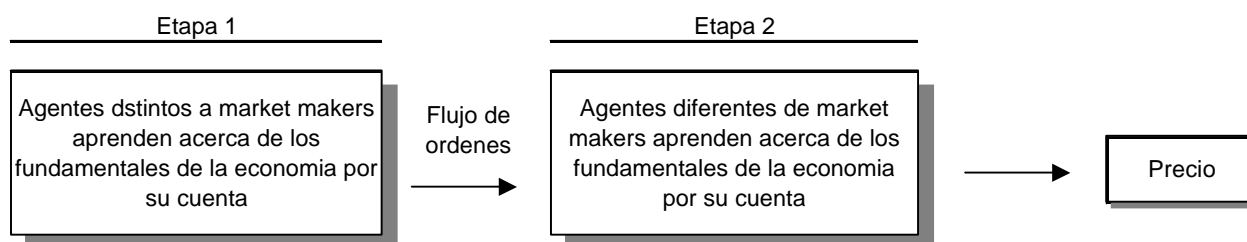
El **modelo de Kyle**, resalta el hecho de la presencia de un agente subastador no hipotético sino real. Es decir, Kyle incluye en su modelo un subastador con información privilegiada sobre el flujo de órdenes que utiliza dicha información para determinar el precio de liquidación del mercado. Adicionalmente al rol de subastador de este agente real, el modelo asume que el agente toma posiciones especulativas.

Debido a que el protocolo que gobierna las negociaciones está especificado en detalle en el modelo de Kyle, el establecimiento del precio del subastador de Kyle y las decisiones especulativas son plenamente establecidas. Así se produce un vínculo íntimo entre protocolo del *trading* y la determinación del precio del activo financiero.

En el modelo de Kyle, las cotizaciones de los *dealers* no definen el mejor tipo de cambio disponible. Mas bien, las órdenes de compra o venta son comprometidas al subastador del mercado antes que el precio es determinado.

Las características fundamentales de este modelo son:

- ♦ Los *market maker* son contadores de votaciones, no analista de fundamentales. Las votaciones que ellos contabilizan son los flujos de órdenes.
- ♦ Los *market maker* no pueden por separar órdenes informativas de órdenes desinformadas.
- ♦ Liquidez y eficiencia del mercado están profundamente relacionados.



El flujo de órdenes comunica información acerca de los fundamentales debido a que contiene las operaciones de quienes analizan u observan los fundamentales de la economía.

En resumen el modelo de Kyle comprende:

Jugadores	<ul style="list-style-type: none"><li>♦ Un market maker (neutral al riesgo)</li><li>♦ Un trader informado (neutral al riesgo y estratégico).</li><li>♦ Muchos traders desinformados (no estratégicos)</li></ul>
Información	<ul style="list-style-type: none"><li>♦ Retorno final <math>V</math> del activo financiero con distribución Normal(<math>0, \sigma^2_v</math>).</li><li>♦ Trader informado observa <math>V</math>.</li><li>♦ Trader informado no observa órdenes de traders desinformados.</li><li>♦ Market makers solamente observan órdenes totales, no el componente del trader individual.</li></ul>
Instituciones	<ul style="list-style-type: none"><li>♦ Período individual de negociación.</li><li>♦ Todas las negociaciones se liquidan a un único precio.</li><li>♦ Market maker establece precios tal que ganancia esperada es cero.</li></ul>

El equilibrio analizado por Kyle es una única ecuación lineal con la regla de establecimiento de precios del market maker en función de las demandas con los traders informados y con los traders desinformados.

$$P = I(D^I + D^U)$$



y una regla de negociación para la demanda con el trader informado:

$$D^I = bV$$

Con los parámetros  $b$  y  $I$  en función de las varianzas de las órdenes de traders informados y desinformados.

$$I = \frac{1}{2} \left( \frac{s_V^2}{s_U^2} \right)^{1/2}$$

$$b = \frac{1}{2} \left( \frac{s_U^2}{s_V^2} \right)^{1/2}$$

es decir, que las reglas de establecimiento de precios y de negociación dependen de dos parámetros: la varianza de las órdenes de negociación con los *traders* desinformados ( $\sigma_u$ ) y la varianza de los retornos ( $\sigma_v$ ).

Si el *trader* informado encogía de acuerdo con  $D^I = \beta V$ , entonces el flujo total de órdenes de compra/venta es:

$$D^I + D^U = \beta V + D^U$$

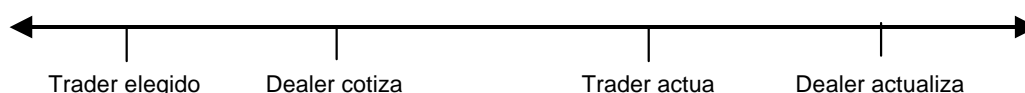
### 3.2.3 El modelo de negociación secuencial (sequential-trade model)

El *modelo de negociación secuencial* corresponde a una estructura de mercados de dealers. Un dealer optimizador determina el mejor precio antes que cualquier orden de compra/venta sea comprometida. Así, el protocolo de la negociación es mas al gusto del dealer. Asimismo, debido a que las órdenes son ejecutadas secuencialmente el modelo provee un esquema para analizar las órdenes individuales de manera similar al modelo de Glosten y Milgrom.

El modelo de negociación secuencial se resume en:

Jugadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Un dealer (neutral al riesgo)</li> <li>♦ Muchos traders informados (neutrales al riesgo y sin estrategia).</li> <li>♦ Muchos traders desinformados (sin estrategia)</li> </ul>
Información	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Retorno final <math>V</math> del activo financiero es ya sea <math>V^H</math> o <math>V^L</math>.</li> <li>♦ Todos los traders informados conocen el retorno si <math>V^H</math> o <math>V^L</math>.</li> <li>♦ Dealers conocen la probabilidad no condicional de <math>V^H(p)</math>.</li> <li>♦ Dealer saben que la probabilidad que el siguiente trader este informado es <math>q</math>.</li> <li>♦ Dealer observa la secuencia de las órdenes venideras.</li> </ul>
Instituciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Secuencia de periodos de negociación. 1 negociación máxima por periodo</li> <li>♦ Dealer participa en todas las negociaciones.</li> <li>♦ Tamaño de la negociación limitado a una unidad.</li> <li>♦ Trader potencial es elegido aleatoriamente cada periodo.</li> <li>♦ Dealer presenta precios bid y offer a trader potencial</li> <li>♦ Dealer establece precios tal que espera que la ganancia esperada sea cero.</li> </ul>

El tiempo tomado por una operación simple en el modelo de negociación secuencial es la siguiente:





### 3.2.4 El modelo de negociación simultánea (simultaneous-trade model)

El *modelo de negociación simultánea* reconoce que el rol de las instituciones es diferente para el caso de los mercados cambiarios. Los tres modelos presentados previamente adoptan una estructura de mercado centralizada, que contrasta claramente con los mercados cambiarios.

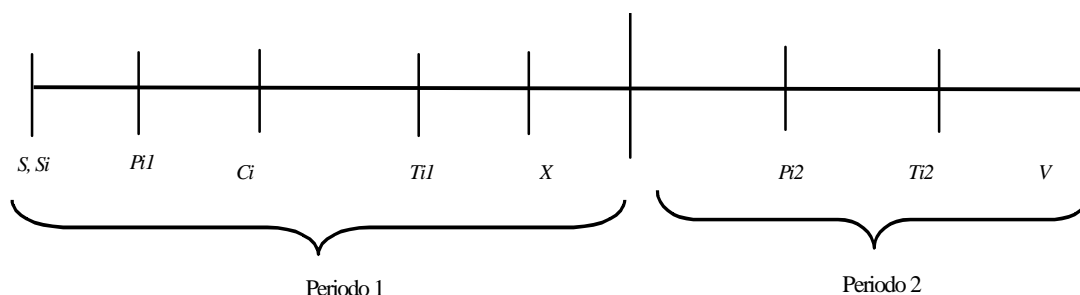
La descentralización y la estructura de múltiples *dealers* tomada como supuestos claves del modelo de negociación secuencial permiten una mejor caracterización de los mercados cambiarios.

Asimismo, este modelo tiene características consistentes con los resultados empíricos de los mercados cambiarios tal como la aversión al riesgo de los *dealers*<sup>3</sup>.

Jugadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Un continuo de clientes (adversos al riesgo y sin estrategia)</li> <li>♦ No dealers (adversos al riesgo y sin estrategia).</li> </ul>
Información	<ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Retorno final <math>V</math> del activo financiero tiene una distribución Normal.</li> <li>♦ Cada dealer recibe una señal <math>S</math> con distribución Normal.</li> <li>♦ Todos los dealers reciben una señal <math>S</math> con distribución Normal</li> <li>♦ Cada dealer <math>i</math> recibe órdenes de clientes que se agregan a <math>C</math> con distribución Normal.</li> <li>♦ Después de la negociación dealers observan una señal del flujo de órdenes entre dealers <math>X</math>.</li> </ul>
Instituciones	<p>Cotización</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ Cotización de dealers es simultánea, independiente y requerida</li> <li>♦ Cotizaciones están disponibles a todos los dealers.</li> <li>♦ Una cotización es un único precio al cual el dealer acuerda comprar y vender cualquier monto.</li> </ul> <p>Trading (negociación)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>♦ La negociación es simultánea e independiente.</li> <li>♦ La negociación con múltiples socios es posible.</li> </ul>

El modelo es un juego de 2 periodos con  $N$  dealers que asume que el activo financiero (la moneda extranjera) es un activo riesgoso. Cada dealer tiene una base grande de clientes de igual tamaño (hedge funds, especuladores, empresas corporativas, traders liquidity, etc.).

Asimismo, el modelo asume que todos los dealers y clientes tienen la misma función de utilidad definida sobre la riqueza nominal al final del periodo 2. El *timing* del modelo de negociación simultánea corresponde al siguiente esquema:



Donde:

$S$ : señal común recibida por todos los dealers.

$S_i$ : señal privada recibida por el dealer  $i$ .

<sup>3</sup> / Los modelos de negociación secuencial y de Kyle asumen que el dealer o subastador es neutral al riesgo.



$P_{i1}$  : cotización del dealer  $i$  en el periodo 1.

$C_i$  : orden neta del cliente recibida por el dealer  $i$ .

$T_{i1}$  : orden neta del dealer  $i$  transmitida a otro dealer en periodo 1.

$X$  : flujo neto de órdenes entre dealers.

$P_{i2}$  : cotización del dealer  $i$  en el periodo 2.

$T_{i2}$  : orden neta del dealer  $i$  transmitida a otro dealer en periodo 2.

$V$  : retornos sobre el activo riesgoso.

Antes de cotizar en el periodo 1, cada dealer indexado por  $i$  recibe una señal  $S_i$  y todos los dealers reciben la señal común  $S$ . Ambas señales están distribuidas respecto a  $V$  (la compensación –retorno– final sobre el activo – la moneda extranjera– riesgoso).

Luego de cotizar en el periodo 1, cada dealer recibe órdenes de sus propios clientes que agrega como  $C_i$ . Estas órdenes de los clientes tienen una distribución Normal. Se utiliza la convención que es positivo para compras netas de los clientes y negativo para las ventas netas.

Cabe indicar que, el flujo agregado de cada dealer  $C_i$  no es observado por los otros dealers (y es una fuente de información superior para el dealer  $i$ ). Las variables  $S_i$ ,  $S$  y  $C_i$  están distribuidas independientemente.

Asimismo, se asume que  $T_{it}$  denota el neto de las órdenes resultantes entre dealers colocadas por el dealer  $i$  en el periodo  $t$ .  $T'$  denota el neto de órdenes por venir de otros dealers recibida por el dealer  $i$ .

El trading realizado de manera independiente y simultanea genera un importante rol para  $T'$  como una inevitable perturbación (shock) para la posición del dealer  $i$  en el periodo  $t$  que debe ser transmitida al siguiente periodo.

Así se define el monto negociado entre dealers en cada periodo como:

$$T_{i1} = D_{i1} + C_i + E[T'_{i1} / \Omega_{T_{i1}}]$$

$$T_{i2} = D_{i2} + E[T'_{i2} / \Omega_{T_{i2}}] - D_{i1} + T_{i1} - E[T'_{i1} / \Omega_{T_{i1}}]$$

donde  $\mathbf{W}_{T_{i1}}$ ;  $\mathbf{W}_{T_{i2}}$  denotan el conjunto de información del dealer  $i$ , en el momento de los periodos de trading 1 y 2 respectivamente.

Cabe indicar que las compras (ventas) de clientes deben ser recompradas (revendidas) en el mercado entre dealers para establecer la posición deseada  $D_{i1}$ . Adicionalmente, para establecer  $D_{i1}$ , los dealers deben descomponer el valor esperado de las órdenes entre dealers recibidas  $T'$  en cada monto negociado por periodo.

En el periodo 2, la posición realizada del periodo 1 debe ser revertida por lo cual tiene los 3 componentes:  $D_{i1}$ ;  $T_{i1}'$  y  $E[T_{i1}' / \mathbf{W}_{T_{i1}}]$ . El termino  $T_{i1}' - E[T_{i1}' / \mathbf{W}_{T_{i1}}]$  es la siguiente orden no esperada (un shock de inventarios).

Finalmente, al cierre del periodo 1, dealers observan el flujo de órdenes del periodo entre dealers:  $X \equiv \sum_{i=1}^N T_{i1}$



La sumatoria de las negociaciones  $T_{il}$  mide la diferencia entre las órdenes de compra y venta (compras netas) debido a que  $T_{il}$  es negativo en el caso de una venta.

Como punto final sobre este modelo conviene destacar que el objetivo del mismo es capturar el efecto de diferentes niveles de transparencia a lo largo de los distintos tipos de negociación o trading: cliente-dealer y dealer-dealer. Debido a que las negociaciones al nivel cliente-banco son generalmente no observadas, ellas no son agregadas en el precio hasta que son reflejadas en la negociación entre dealers (la cual es observada).

## 4. Modelando la Micro Estructura del Mercado Cambiario

### 4.1 Antecedentes

A raíz de las últimas crisis financieras los modelos macro que explican el comportamiento de la variación mensual del tipo de cambio han sido cuestionados.

En ese contexto, se han esbozado por los menos dos alternativas para explicar los factores que explican el comportamiento del tipo de cambio. Una de estas alternativas incluye variables singulares y típicamente modeladas como burbujas especulativas. Una segunda alternativa se refiere a un factor de irracionalidad del comportamiento del tipo de cambio. Los tipos de cambio pueden ser determinado en parte por errores de expectativas evitables

De otro lado, ante estas 2 alternativas se encuentran los modelos de microestructura. Estos modelos dirigen su atención a nuevas variables, en particular y la más importante, la variable flujo de órdenes de compra venta. El flujo de órdenes, es la suma de las negociaciones firmadas entre los market makers en un período como una medida de la presión compradora/vendedora en el mercado cambiario. En el mercado interbancario, son los market maker quienes absorben este flujo de órdenes por lo cual son compensados.

Se resalta la importancia del flujo de órdenes en el sentido que es una variable que contiene información de la dinámica de los mercados cambiarios en períodos de corto plazo. Dinámica del tipo de cambio que los modelos de micro estructura explica por la determinación del flujo de órdenes en si mismo y por la síntesis de información contenida en él. En ese sentido, se propone como hipótesis que el flujo de órdenes de compra-venta y el tipo de cambio nominal están fuertemente correlacionados.

Sobre la base de los factores que explican el flujo de órdenes de compra-venta en si mismo y de la información sintetizada recogida por los operadores en el mercado cambiario se desarrolla y estima un modelo que incluye tanto determinantes macroeconómicos y determinantes de la micro estructura.

Desde un punto de vista macro, el flujo de órdenes no debería importar para la determinación del tipo de cambio: información macroeconómica es públicamente disponible. Más precisamente, el esquema típicamente asume que:

Cabe señalar, que el flujo de órdenes siendo un determinante micro de los tipos de cambio no excluye fundamentos macroeconómicos como un determinante subyacente. Básicamente, esta interpretación de flujo de órdenes como una proxy de fundamentos macroeconómicos es plausible en modelos de expectativas.

Una distinción central entre el enfoque de la micro estructura del tipo de cambio y el enfoque macroeconómico tradicional es el rol de la dinámica de negociación en la determinación del precio.





## 4.2 Enfoques

### Enfoque macroeconómico

Los modelos de tipo de cambio dentro de un enfoque macroeconómico son típicamente estimados en una frecuencia mensual. Estos toman la forma:

$$DP_t = f(Di, Dm, \dots) + e_t$$

Las variables explicativas en la función  $f(Di, Dm, \dots)$  incluyen los cambios en las tasas de interés nominal doméstica y extranjera  $i$ ; en la oferta  $m$ ; y otros determinantes macroeconómicos denotados por  $\epsilon$ . La lista precisa de determinantes depende del modelo. Meese y Rogoff (1983) enfocan tres modelos en particular: (1) modelo monetario con precios flexibles (2) modelo monetario con precios fijos (3) modelo de activos con precios fijos.

Cambios en estas variables de información pública inciden en los precios sin ningún rol para el flujo de órdenes. Así, cualquier efecto incidental en precios por el flujo de órdenes que podría surgir es recogido por  $e_t$ . Estos modelos son lógicamente coherentes e intuitivos.

### Enfoque de micro estructura

Desde una perspectiva de los modelos de micro estructura, las ecuaciones de la determinación del tipo de cambio son derivados de un problema de optimización que afrontan los colocadores de precios en el mercado (los *dealer* que actúan como *market maker*).

La mayoría de estos modelos son variaciones de la siguiente especificación:

$$DP_t = g(Dx, DI, \dots) + n_t$$

Ahora  $DP_t$  es la tasa de variación del tipo de cambio entre dos operaciones, más que la variación mensual de los modelos macro. Las variables independientes en la función  $g(Dx, DI, \dots)$  incluyen el flujo de órdenes  $Dx$ , el cambio en la posición neta del *market maker* (o inventario)  $DI$  y otros determinantes micro denotados por  $n_t$ . El flujo de órdenes puede tomar valores positivos como negativos ya sea por compras (+) en la oferta del *market maker* o ventas en la demanda del *market maker* (-). Se utiliza la convención que un positivo  $Dx$  es una compra neta, haciendo que la relación teórica sea positiva<sup>4</sup> (compras netas de moneda extranjera hacen subir el tipo de cambio depreciación de la moneda doméstica). Es interesante notar que el residuo en este caso recoge cualquier cambio en el precio debido a determinantes en el modelo macro.

Los modelos de micro estructura predicen una relación positiva entre  $DP_t$  y  $Dx_t$  debido a que el flujo de órdenes de compra-venta comunica información no pública y una vez comunicada esta es reflejada en el precio. Así, por ejemplo, si un agente tiene mayor información acerca del valor de un activo, y esta ventaja de información induce al agente a negociar, entonces un *market maker* puede aprender de estas transacciones (compras indican buenas noticias acerca del valor del activo y viceversa).

Asimismo, en los modelos de micro estructura la relación entre  $DP_t$  y  $DI$  recoge el efecto en precios por el manejo de inventario. El efecto por el manejo de inventario surge cuando un *market maker* ajusta sus precios para controlar la fluctuación de su inventario respecto a un valor determinado. Por ejemplo, si un *market maker* tiene una posición más larga que la deseada, el puede matizar su demanda y ofrecer a la baja para inducir a la compra de los clientes.

<sup>4</sup> / Debido a que se toma la cotización directa (o americana) del tipo de cambio.



Para superar la división entre los enfoque micro y macro, se desarrolla un modelo con los componentes de ambos enfoques:

$$DP_t = f(Di, Dm, \dots) + g(Dx, DI, \dots) + h_t$$

### 4.3 Modelo de flujo de órdenes

Sobre la base del modelo de negociación simultanea con múltiples *dealers* se ha construido un modelo de flujo de órdenes con 3 periodos.

Se considera una economía de intercambio puro con  $T$  periodos y dos títulos financieros, uno de menor riesgo que el otro y uno con una compensación *-payoff-* positiva o negativa por la variación en el tipo de cambio. La compensación del período  $T$ , denotado como  $F$ , está compuesto por una serie de variaciones, tal que:

$$F = \sum_{t=1}^T r_t$$

Las variaciones tienen una distribución Normal  $(0, \sum r_t)$  i.i.d. y son observados antes de la sesión de operaciones de cada período. Las variaciones realizadas recogen el flujo de información pública macroeconómica disponible en el tiempo (p.e cambios en la tasa de interés o en la oferta monetaria).

### Visión general

Una fuente de variación del tipo de cambio reflejada a través del flujo de órdenes de compra-venta es el cambio de composición de portafolio de parte del público. La dinámica de la recomposición de portafolio contiene 2 factores importantes:

(a) La recomposición de cartera del público no es de conocimiento común en la medida que va ocurriendo. Al inicio de cada día, cambios en la composición del portafolio del público se manifiestan en órdenes en el mercado cambiario. La información sobre estas órdenes no es pública. Los *market makers* toman la posición opuesta a la de sus clientes –el público– luego negocian entre ellos durante el día para compartir el riesgo resultante de inventario. El mercado aprende acerca del portafolio inicial gracias a la observación de la actividad de negociación entre *market makers*. Al final del día, el riesgo de inventario de los *market makers* es compartido con el público.

(b) La magnitud de la recomposición de portafolio es tal que la liquidación del mercado se refleja en ajustes del tipo de cambio spot. La recomposición inicial del portafolio, una vez observada por el público al final de día, es lo suficientemente grande para mover el precio, para lo cual se asume que la demanda del público por títulos en moneda extranjera es menos que perfectamente elástica. Si la demanda del público es menor que perfectamente elástica, títulos de diferentes monedas son imperfectos sustitutos y un ajuste de precios será necesario para liquidar el mercado.

En este sentido, el modelo está dentro del espíritu del modelo de determinación de tipo de cambio por portafolio. Sin embargo, los modelos de portafolio son manejados por la oferta relativa de títulos financieros (monedas). La oferta de títulos financieros es constante en el modelo. Adicionalmente, el modelo identifica dos componentes distintivos en el lado de la demanda. El primero, es determinado por la innovación en la información pública (fundamentos macro estándar). El segundo, depende de la información no pública. Esta información no pública toma la forma de recomposición de portafolio.

El mercado cambiario está organizado como un mercado de *market makers* descentralizado con  $N$  *market makers*, indexados por  $i$ ; y un número de clientes (el público) indexados por  $z \in [0,1]$ . Los *market makers* y los clientes tiene una función de utilidad exponencial negativa definida sobre su nivel de riqueza  $W$  del período  $T$ .



Cada *market maker* determina la cotización y demanda especulativa, maximizando su función de utilidad. Esta tendrá la forma de una función negativa exponencial definida sobre su nivel de riqueza.

$$U(W) = -e^{-qW_{i3}}$$

En cada período  $t$ ,  $W_{it}$  denota la riqueza de fin de la ronda  $t$  para cada *market maker*  $i$ ; y se toma  $W_{i0}$  como convención que es la riqueza al final del período  $t-1$ .

Dentro de cada período (un día) hay tres rondas de negociaciones. En la primera ronda, los *market maker* negocian con el público. En el segundo, *market makers* negocian entre sí para compartir el riesgo de inventario. En el tercero, los *market makers* negocian nuevamente con el público para compartir aún más el riesgo de inventario. La sincronización dentro de cada período es:

Sincronización diaria:

### 1ª ronda en las operaciones de negociación del mercado cambiario

Al inicio de cada período  $t$ , todos los participantes del mercado observan  $r_t$ , el incremento del período a la compensación  $F$ . Sobre la base de este incremento y otra información observable, cada *market maker* simultánea e independientemente cotiza un precio a sus clientes por el cual se compromete a tomar una posición corta y larga por cualquier monto. A este precio de la 1ª ronda se le llama  $P_{it}$ . Luego, cada *market maker* recibe una orden de compra o venta por cliente  $c_{it}$  que es ejecutada a su precio cotizado  $P_{it}$ , donde  $c_{it} < 0$  denota una toma de posición neta corta del cliente (una posición neta larga del *market maker*  $i$ ). Cada una de las  $N$  realizaciones de las órdenes de cliente tiene una distribución normal  $(0, \sum c_1)$ , y son independiente entre los *market makers*. Estas negociaciones iniciales del público son asignadas a un *market maker* individual, resultante de una relación bilateral entre clientes y *market maker*.

Las órdenes de clientes también están distribuidas independientemente del incremento  $r_t$ , por información pública. Estas órdenes representan una recomposición de portafolio de parte del público, considerando que las realizaciones no son observables públicamente.

El retorno  $r_t$ , corresponde a las variación porcentual del tipo de cambio bancario. Es decir, a la variación del precio de la moneda extranjera en función a la información por parte de los clientes adversos al riesgo y sin estrategia. Estos clientes comprenden a las empresas no financieras y clientes como personas naturales.

Los volúmenes negociados del mercado spot representan la variable proxy del flujo de órdenes de compra o venta a pesar que estas en estricto son las realizadas efectivamente y no las propuestas de compra o venta.

### 2ª ronda en las operaciones de negociación del mercado cambiario

La 2ª ronda comprende la sesión de negociaciones entre *market makers* (mercado interbancario). Cada *market maker* simultánea e independientemente cotiza un precio a otros *market makers* por el cual acuerda comprar y vender a ese monto. La información de las cotizaciones entre *market makers* es observable y disponible a los otros *market makers* en el mercado. Las órdenes a un precio dado están repartidas entre las cotizaciones de los diversos *market makers*. Sea  $T_{i2}$  el volumen de la negociación neta iniciada por el *market maker*  $i$  en la 2ª ronda en el mercado interbancario. Al final de la 2ª ronda, todos los *market makers* observan el flujo neto de órdenes de este período:

$$\Delta x = \sum_{i=1}^N T_i$$



Cabe señalar que las perturbaciones a las negociaciones entre el público y los *market maker* no son observadas públicamente, pero las negociaciones entre *market makers* sí lo son. Asimismo, vale decir, que aunque el comportamiento del flujo de órdenes es público, no es el caso que estos sean observadas sin ruido. La inclusión de una variable de ruido no tiene impacto cualitativo en nuestra estimación, tal que se mantiene la especificación.

El volumen de operaciones de compra y venta en el mercado spot interbancario es una variable conocida parcialmente. En la medida que solamente se conoce el volumen transado efectivamente se utiliza un algoritmo para estimar la dirección de la operación entre bancos.

Respecto a la cotización marcada por los bancos podemos observar, como era de esperarse por arbitraje, la altísima correlación entre el tipo de cambio bancario que recoge las demandas netas de los agentes no financieros y el tipo de cambio interbancario o mercado de *dealers* (*market makers*).

### 3ª ronda en las operaciones de negociación del mercado cambiario

En la 3ª ronda, los *market makers* comparten el riesgo *overnight* con el público. A diferencia de la 1ª ronda, el motivo del público para negociar en la 3ª ronda es no estocástico y puramente especulativo. Al inicio de esta ronda, cada *market maker* simultánea e independientemente cotiza un precio  $P_{i3}$  al cual él acuerda comprar y vender cualquier monto. Estas cotizaciones son observables y disponibles para el público.

Cabe indicar que el número de clientes en el intervalo  $[0,1]$  es grande con relación al número de *market maker*, el cual implica que la capacidad de los *market makers* por asumir riesgo *over night* es pequeño respecto a la capacidad del público.

Se asume que los *market makers* establecen precios tales que el público voluntariamente absorbe los desequilibrios de inventario, y cada *market maker* termina sin ninguna variación de posición neta<sup>5</sup>. Estos precios de la 3ª ronda están condicionados al flujo de órdenes de compra-venta entre *market makers* de la 2ª ronda. El flujo de órdenes entre *market makers* les informa del tamaño del total de inventario que el público necesita absorber para alcanzar un stock de equilibrio.

El conocimiento de la magnitud del saldo de inventario que el público necesita absorber no es suficiente para determinar los precios de la 3ª ronda. Los *market makers* necesitan conocer la capacidad de tomar riesgos del público. Se asume que ésta es menos que infinita, es decir, dada una función de utilidad de tipo exponencial, la demanda total del público por el activo con riesgo en la 3ª ronda denotado  $c_3$  es una función lineal de su retorno esperado condicional a la información del público, tal que:

$$c_3 = \gamma [E[P_{3,t+1} / W_3] - P_{3,t}]$$

donde  $\gamma$  es el coeficiente que recoge la capacidad agregada del público de tomar riesgo; y  $W_3$  es la información pública en la fecha de negociación de la 3ª ronda.

### Equilibrio

Para determinar el equilibrio valga recordar que cada *market maker* determina la cotización del tipo de cambio y la demanda especulativa maximizando su función de utilidad. Esta se definió como la forma de una función negativa exponencial sobre su nivel de riqueza.

$$U(W) = -e^{-\eta W_{i3}}$$

<sup>5</sup> / Más adelante este supuesto es levantado.



En cada período  $t$ ,  $W_{it}$  denota la riqueza de fin de la ronda  $t$  para cada market maker  $i$ ; y se toma  $W_{i0}$  como la riqueza al final del período  $t-1$ .

El problema del market maker depende de cuatro variables, la cotización de tres precios  $P_{i1}$ ,  $P_{i2}$  y  $P_{i3}$  y el volumen negociado entre market makers  $T_{i2}$  (siendo la última un componente de  $Dx$ , el flujo de órdenes entre market makers).

Con esta notación el problema del market maker se define como:

$$\text{Max } E[U(W)] = E[-e^{-qW_{i3}} / \Omega_i]$$

$$\text{s.a } W_{i3} = W_{i0} + c_{i1}(P_{i1} - P'_{i2}) + (D_{i2} + E[T'_{i2}/W_{i2}](P_{i3} - P'_{i2}) - T'_{i2}(P_{i3} - P_{i2}))$$

$P_{it}$  es la cotización en la ronda  $t$  del market maker  $i$ ; y el supraíndice  $'$  señala la cotización entre market makers. El problema del market maker es definido sobre 4 variables:  $P_{i1}$ ;  $P_{i2}$ ;  $P_{i3}$  y el número de operaciones interbancaria consiguiente en la ronda 2ª,  $T_{i2}$ . Este número de operaciones interbancarias en la ronda 2ª tiene tres componentes:

$$T_{i2} = c_{i2} + D_{i2} + E[T'_{i2} / \Omega_{T_{i2}}]$$

Donde  $D_{i2}$  es la demanda especulativa del market maker  $i$  en la ronda 2ª; y  $E[T'_{i2} / \Omega_{T_{i2}}]$  es la cobertura esperada de órdenes futuras provenientes de otros market makers<sup>6</sup>.

Cabe resaltar que los tres últimos términos de  $W_{i3}$  capturan las ganancias ó pérdidas de las órdenes del público en la ronda 1ª  $c_{i1}$ ; la demanda especulativa en la ronda 2ª; y una posición de perturbación en la ronda 2ª por futuras órdenes interbancarias  $T'_{i2}$ .

El set de información  $\Omega_{T_{i2}}$  en cada nivel de decisión (3 cotizaciones y la consiguiente orden) es resumido como:

$$\Omega_{P_{i1}} = \left\{ \left\{ r_k \right\}_{k=1}^t, \left\{ \Delta x_k \right\}_{k=1}^{t-1} \right\}$$

$$\Omega_{P_{i2}} = \left\{ \Omega_{P_{i1}}, c_{i1} \right\}$$

$$\Omega_{T_{i2}} = \left\{ \Omega_{P_{i2}} \right\}$$

$$\Omega_{P_{i3}} = \left\{ \Omega_{P_{i2}}, \Delta x_t \right\}$$

Ningún arbitraje asegura que, dentro de una ronda dada, todos los market makers cotizan a un precio común. Dado que todos los market makers cotizan un precio común, este precio está necesariamente condicionado solamente a información común. Aunque  $r_t$  es información común al inicio de la 1ª ronda, el flujo de órdenes  $Dx_t$  no está observada hasta el final de la 2ª ronda. El precio para la 3ª ronda,  $P_3$ , por consiguiente refleja la información tanto en  $r_t$  y  $Dx_t$ .

<sup>6</sup> / En equilibrio  $E[T'_{i2}/W_{i2}]$  sería igual a 0.



La influencia de  $Dx$  en el tipo de cambio depende de si éste comunica alguna información relevante. Ello se muestra asumiendo que para cada *market maker* es óptimo negociar en la 2ª ronda de acuerdo la regla de negociación:

$$T_{i2} = \alpha c_{i1}$$

con un coeficiente  $\alpha$ . Así, cada *market makers* realiza sus operaciones en la 2ª ronda de manera proporcional a la orden del cliente que él recibe en la 1ª ronda. Ello implica que cuando los *market makers* observan el flujo de órdenes entre *market makers* al final de la 2ª ronda ( $\Delta x = \sum_i T_{i2}$ ) ellos pueden inferir la recomposición de

portafolio agregado de parte del público en la 1ª ronda (la suma de las  $N$  realizaciones de  $c_{i1}$ ). Los *market makers* asimismo al conocer la demanda del público ajustan los precios para inducir al público a reinternalizar esta recomposición de portafolio en la 3ª ronda. De aquí la relación entre el flujo de órdenes entre *market makers* y el subsecuente ajuste de precios.

## Relación de la formación de precios

Un cambio en el tipo de cambio entre el fin de período  $t-1$  y el fin de período  $t$  es:

$$DP_t = r_t + I Dx_t$$

donde  $r_t$  es la innovación en las compensaciones y  $I Dx_t$  es un término que recoge la recomposición de portafolio ( $I$  es una constante). Este último término refleja el ajuste de precios requerido para inducir la reinternalización de la recomposición del portafolio de la 1ª ronda.

Solo cabe resaltar que  $I Dx_t = I \sum_i \hat{a}_i T_{i2} = I \sum_i \hat{a}_i c_{i1}$ . La suma  $\sum_i \hat{a}_i c_{i1}$  es el resultado de la recomposición total de la 1ª ronda. La demanda pública en la 3ª ronda  $-c_3$  no es perfectamente elástica y  $I$  asegura que al precio de la 3ª ronda es  $c_3 + \sum_i \hat{a}_i c_{i1} = 0$ .

## Escenarios

La dinámica entre el tipo de cambio y el flujo de órdenes se aborda desde la perspectiva de tres hipótesis para explicar. Estas hipótesis dependen de la sincronización entre el flujo de órdenes y el ajuste del tipo de cambio por lo cual admite tres posibilidades, dependiendo de si el flujo de órdenes precede (hipótesis de ajuste del tipo de cambio por anticipación); es concurrente (hipótesis de ajuste del tipo de cambio por presión); ó contiene un rezago al ajuste de precios (hipótesis de ajuste del tipo de cambio por retroalimentación).

En la hipótesis de **Ajuste del tipo de cambio por Anticipación** (*Anticipation hypothesis*) propone el flujo de órdenes puede preceder al tipo de cambio debido a dos factores. En primer lugar, debido a que el tipo de cambio se ajusta después que las noticias anticipadas por el flujo de órdenes es comúnmente observada. En segundo lugar, el flujo de órdenes podría también preceder el ajuste del tipo de cambio después que el flujo de órdenes en sí mismo es comúnmente observado<sup>7</sup>.

La causalidad en este proceso no es muy clara. Asociado al primer factor, donde el tipo de cambio se ajusta después que las noticias anticipadas por el flujo de órdenes es observada no es relevante al mercado cambiario. El segundo factor, permite explicar el comportamiento del tipo de cambio. El flujo de órdenes en este mercado no es conocimiento común cuando se realiza. Consecuentemente, podría haber un rezago en el ajuste de precios (un rezago que no violaría la eficiencia del mercado). En este caso, causalidad va del flujo de órdenes al tipo de cambio, pero los efectos son retrasados.

<sup>7</sup> / Foster y Viswanathan 1990.



En la hipótesis de *Ajuste del tipo de cambio por presión del mercado (Pressure hypothesis)*, plantea que las dos principales variaciones corresponden a los modelos de información e inventarios antes señalados. En los modelos de información, la observación del flujo de órdenes provee información acerca de la compensación en el activo financiero<sup>8</sup>. En los modelos de inventario, el flujo de órdenes altera la prima de riesgo de equilibrio<sup>9</sup>.

En este proceso, la causalidad corre del flujo de órdenes al tipo de cambio, a pesar de la concurrencia de su realización. Esto no implica que el precio no pueda influir en el flujo de órdenes. Los precios explican el flujo de órdenes en modelos de micro estructura tanto por razones de demanda de pendiente negativa clásica y debido a que los agentes aprenden del precio.

Finalmente, la hipótesis de *Ajuste del tipo de cambio por Retroalimentación (Feedback hypothesis)*, señala que el flujo de órdenes rezaga el tipo de cambio debido a una negociación con retroalimentación. Una retroalimentación positiva comprende compras sistemáticas en respuesta a aumentos del tipo de cambio y ventas en respuesta a caídas del tipo de cambio.

En este esquema, la causalidad puede ir claramente en sentido contrario, es decir, del tipo de cambio al flujo de órdenes. Si la negociación de retroalimentación fuera positiva y significativa, entonces se esperaría que el flujo de órdenes en el período  $t$  esté relacionado de manera directa al cambio en el tipo de cambio en el período  $t-1$ . Con información diaria, esto corresponde a  $Dx_t$  siendo explicada, al menos en parte, por  $DP_{t-1}$ .

La manera de abordar estas hipótesis es a través de 2 tipos de modelos: los estadísticos y los estructurales. Todos estos modelos están designados para caracterizar el comportamiento conjunto del flujo de órdenes y el tipo de cambio. Para ello se puede utilizar un modelo de vectores autoregresivos (VAR) o un indicador de negociación (trade indicator approach).

Los modelos estadísticos tienen el beneficio de pocos requerimientos de data. Asimismo, estos modelos son más aplicados para diferentes tipos de mercados (dealer markets y auction markets). Los modelos estructurales están basados más explícitamente en decisiones económicas que los dealers afrontan. El modelo estándar es el denominado dealer-problem approach.

En el presente trabajo se utiliza el enfoque de vectores auto regresivos. El enfoque VAR fue aplicado a los mercados financieros por Hasbrouck y fue utilizado plenamente a los mercados cambiarios por Payne y Evans. Este enfoque no es utilizado por algún modelo de microestructura en particular, por ello la flexibilidad de su utilización.

Las conclusiones del modelo acerca de la información contenida de los flujos de órdenes provienen de dos fuentes. En primer lugar, el modelo identifica las negociaciones con información sobre la base de un análisis de impulso respuesta de precios al flujo de órdenes. Específicamente, un flujo de órdenes con información es aquel que induce a una respuesta positiva de largo plazo en el precio.

En segundo lugar, la descomposición de la varianza permite determinar que proporción de la información que afecta el precio es consecuencia del flujo de órdenes. Esta característica estadística representa la contribución general del flujo de órdenes en la determinación del precio.

Existen dos supuestos económicos importantes que subyacen en este enfoque:

- ◆ *Información pública está reflejada inmediatamente en precios.*

Este supuesto es equivalente a asumir que el mercado subyacente representa una eficiencia semi fuerte. Es decir, los precios conllevan toda la información que está disponible públicamente.

<sup>8</sup> / Modelo de Glosten y Milgrom (1985).

<sup>9</sup> / Modelo de Stoll (1978), y Ho y Stoll (1981).

- ♦ *Negociaciones preceden estrictamente la revisión de cotizaciones.*

En un modelo VAR, el flujo de órdenes puede afectar contemporáneamente los precios, pero la causalidad inversa no está permitida. Con el flujo de órdenes corriente en la ecuación de precios, se pueden interpretar los shocks en la ecuación de precios como efectos de información pública.

La especificación del modelo VAR es la siguiente:

$$\begin{aligned} r_t &= \sum_{i=1}^p \mathbf{a}_i r_{t-i} + \sum_{i=1}^p \mathbf{b}_i x_{t-i} + \mathbf{e}_{1t} \\ x_t &= \sum_{i=1}^p \mathbf{g}_i r_{t-i} + \sum_{i=1}^p \mathbf{d}_i x_{t-i} + \mathbf{e}_{2t} \end{aligned}$$

donde  $r_t$  denota el cambio porcentual del precio del activo financiero y  $x_t$  el flujo de órdenes.

La identificación además requiere las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned} E(\mathbf{e}_{1T}) &= E(\mathbf{e}_{2T}) = E(\mathbf{e}_{1T} \mathbf{e}_{2T}) = 0 \\ E(\mathbf{e}_{1T} \mathbf{e}_{1T}) &= E(\mathbf{e}_{1T} \mathbf{e}_{2T}) = E(\mathbf{e}_{2T} \mathbf{e}_{2T}) = 0 \quad " \quad T^1 S \end{aligned}$$

Invirtiendo el modelo VAR se obtiene el siguiente modelo vector de promedios móviles:

$$\begin{pmatrix} r_t \\ x_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a(L) & b(L) \\ c(L) & d(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{e}_{1t} \\ \mathbf{e}_{2t} \end{pmatrix}$$

Los coeficientes de los polinomios de rezagos en esta representación de promedios móviles son las funciones de impulso respuesta resultantes del modelo VAR. Así,  $b(L)$  captura el impacto de la información del flujo de órdenes en los precios. El coeficiente individual  $b_i$  mide el efecto de una unidad de shock en la variación del precio en el periodo  $i$ .

La sumatoria de todos estos efectos en diferentes horizontes temporales se tiene el impacto acumulado en el nivel de precios. En el marco de este enfoque, dichos efectos persistentes son identificados como información:

$$\sum_{i=0}^{\infty} b_i = \text{información contenida del flujo de órdenes}$$

La definición de información contenida de los flujos de órdenes como los efectos persistentes de los shocks comprende 2 elementos persistentes: (1) información sobre los futuros retornos, y (2) información sobre los efectos de portafolio.

## 5. Un Modelo de Micro Estructura para el Mercado Cambiario Peruano

El régimen del tipo de cambio en el Perú es de libre flotación desde inicios de la década de los noventa. Desde entonces ha registrado un comportamiento errático en el corto plazo explicado ex post por una serie de factores económicos y extra económicos.

El objetivo de modelar la determinación del tipo de cambio nominal en el corto plazo tiene implícita una crítica a los modelos macroeconómicos monetarios estándar de determinación del tipo de cambio para el Perú.





En ese sentido, se propone un enfoque diferente sustentado en la teoría de la micro estructura en general y en particular en la inclusión más amplia de la variable flujo de órdenes de compra o venta de moneda extranjera.

El modelo propuesto comprende la variable flujo de órdenes como variable tanto endógena como exógena. Asimismo, incluye la variable manejo de inventario de parte de los market makers como elemento clave en la determinación del tipo de cambio nominal en el corto plazo. La variable del manejo de inventarios se refiere al manejo de la posición de cambio en moneda extranjera de las entidades bancarias y las variables asociadas a esta (compras netas spot, ventas netas a futuro, la posición de cambio contable, etc). La consideración de cualquiera de estas variables ha sido tratada como variable exógena en el modelo.

Estos factores básicos son complementados con otros factores sobre la base del supuesto que sea una economía con alto grado de dolarización y abierta al sistema financiero internacional.

Estas variables se refieren al manejo de portafolio o tesorería entre activos de moneda domestica y moneda extranjera de parte de las empresas bancarias y/o de los agentes no financieros. El diferencial de tasas de interés entre la moneda nacional y moneda extranjera es la variable que permite esta aproximación como una variable exógeno.

Un segundo factor, o grupo de factores se refiere al efecto de los factores externos por los eventos tanto en otros mercados cambiarios como en los mercados de deuda externa. En este sentido, se ha introducido como variables exógenas al modelo el riesgo país, el efecto contagio a través de los mercados de deuda o mercados cambiarios.

Para el caso del mercado cambiario peruano se considero información diaria para el período del 3 de enero del 2000 al 30 de noviembre del 2002. Se trabajo con el *tipo de cambio venta* del mercado bancario según información reportada por los bancos –los *market makers*- a Reuters. Cabe mencionar, que esta información corresponde a una fracción del mercado intradiario y de las operaciones de algunos *market makers* quienes informan a Reuters. Información más detallada se debe obtener del sistema Datatec, sistema electrónico, por el cual actualmente los bancos cotizan sus tipos de cambio compra y venta.

Las variable que fueron trabajadas son las siguientes:

1. *TIPO DE CAMBIO (Y1)*: Es la variación porcentual diaria del tipo de cambio nominal. La fuente de esta variable es el tipo de cambio interbancario de reuters para los días tomados en cuenta. La data comprende desde enero del 2000 hasta fines de noviembre del 2002.
2. *FLUJO DE ÓRDENES DEL MERCADO INTERBANCARIO (Y2)*: Comprende el volumen negociado de compras/ventas netas del mercado cambiario interbancario. Si el valor es positivo corresponde a una compra neta si es negativo a una venta neta. Para determinar la dirección del flujo de órdenes se utilizo el Relative strength index elaborado por Bloomberg. El RSI construye un promedio móvil exponencial de las cotizaciones de las ultimas 14 sesiones de negociación en el mercado interbancario. Para valores por encima de 70 el mercado está sobrecomprado y para valores por debajo de 30 el índice indica que el mercado está sobrevendido. La fuente del índice es Bloomberg para el periodo tomado en cuenta. Para fines de la estimación, el flujo de órdenes es medido por la diferencia diaria en el volumen de las operaciones interbancarias de compra y venta. Cabe señalar que, en estricto esta variable debería recoger el volumen de las operaciones propuestas por compradores y el volumen de las operaciones propuestas por vendedores en el mercado interbancario. En el modelo a estimar se considera la diferencia en el volumen negociado por operaciones de compra y venta entre bancos en un día y el volumen negociado el día anterior en el mercado interbancario en una sesión normal entre las 9:00 am. y las 1:30 pm. (es decir, la variación diaria del volumen de operaciones interbancarias). Por lo tanto, el signo del flujo de órdenes va a depender tanto del volumen del mercado interbancario cuanto de la dirección del flujo de órdenes de dicho mercado.
3. *DIFERENCIAL DE TASAS DE INTERÉS INTERBANCARIA (i)*: El diferencial de tasas de interés en moneda nacional y moneda extranjera buscar recoger el efecto en el tipo de cambio por el manejo de portafolio de los agentes. Las tasas de interés tomadas en cuenta corresponden a las tasas de interés



interbancaria *overnight* diarias en moneda nacional y moneda extranjera. El signo esperado para de esta variable es negativo.

4. *EL TIPO DE CAMBIO DEL REAL DE BRASIL (X2)*: Debido al alto grado de correlación entre los mercados cambiarios de la región es que se tomó en cuenta esta variable. El comportamiento similar de la moneda doméstica y el real de Brasil se observa a través del análisis del coeficiente de correlación móvil. El signo esperado de esta variable es positivo.
5. *LA POSICIÓN DE CAMBIO CUBIERTA DE LA BANCA (X3)*: En teoría la posición de cambio cubierta corresponde a la diferencia entre activos y pasivos en moneda extranjera de la banca tomando en cuenta las obligaciones a futuro por operaciones con contratos *forwards*. De acuerdo a la teoría recoge el efecto por el manejo de inventario de los *dealers*. El signo esperado es negativo.
6. *CUENTA CORRIENTE DEL SISTEMA BANCARIO (X4)*: Corresponde a la cuenta corriente de los bancos en el banco central. Se estima que mayor cuenta corriente en poder de los bancos implicaría una mayor disponibilidad de liquidez para los bancos y una potencial demanda por moneda extranjera con su incidencia en una depreciación de la moneda.
7. *VARIABLE DUMMY (X5)*: Toma el valor de +1 en caso que el mercado se encuentra sobrecomprado y -1 en caso el mercado se encuentre sobrevendido. El valor de esta variable esta asociado al valor del *relative strength index*.
8. *FACTOR EXTERNO (X6)*: Esta variable intenta recoger las perturbaciones de mercados financieros externos en el mercado cambiario domestico. Desde el punto de vista de un inversionista internacional, su manejo de portafolio lo lleva a tomar posiciones ya sea en una divisa alternativa (p.e el real de Brasil) o un titulo financiero (p.e los bonos de los mercados emergentes. Como variable proxy se toma el spread del Emerging Market Bond Index<sup>10</sup>, es decir, el índice del diferencial de rendimientos de una canasta de bonos soberanos de mercados emergentes con bonos de riesgo cero. Se estima que el coeficiente de esta variable sea negativo.
9. *RIESGO PAIS (X7)*: De manera similar al factor externo, el riesgo país intenta recoger la percepción de los inversionistas del riesgo soberano por títulos financieros emitidos por el país. Se presume una relacion negativa con el comportamiento del tipo de cambio. La variable proxy en el modelo es el diferencial de rendimientos del bono PDI<sup>11</sup> de Peru y un bono del Tesoro de Estados Unidos de similar maduracion.
10. *VENTAS NETAS FORWARDS DE LOS BANCOS (X8)*: El mercado *forwards* en Perú se inició en 1997. Las ventas netas *forwards* corresponden a la diferencia entre las ventas de moneda extranjera a futuro (*forwards*) pactadas menos vencidas y las compras de moneda extranjera *forwards*. Se incluye en el modelo como consecuencia que en el mercado de *forwards*, existe un descalce entre las ventas de moneda extranjera a futuro de los bancos a las empresas no financieras respecto a las compras. Mayores ventas netas *forwards* se asocian a una depreciación del tipo de cambio.
11. *COMPRAS NETAS SPOT DE LOS BANCOS (X9)*: Corresponde al volumen de operaciones de compra y venta de moneda extranjera de las empresas no financieras a los bancos. Se estima que mayores compras netas spot se asocien a una depreciación del tipo de cambio.
12. *LIQUIDEZ INICIAL DEL SISTEMA (X10)*: Representa el grado de liquidez de las empresas y su potencial demanda por moneda extranjera. Se presume una relación positiva con el tipo de cambio.

---

<sup>10</sup> / Elaborado por el J.P Morgan.

<sup>11</sup> / Bono brady denominado past due interest.



## Resultados

El mejor modelo estimado es el siguiente:

$$DY I_t = \sum_{i=1}^3 a_i DY I_{t-i} + \sum_{i=1}^3 b_i DY 2_{t-i} + a_1 d(i - i^*)_t + a_2 DX 2 + a_3 dummy + e_{1t}$$

$$DY 2_t = \sum_{i=1}^p g_i DY I_{t-i} + \sum_{i=1}^p d_i DY 2_{t-i} + b_1 dX 3_{t-3} + b_2 X 9_{t-3} + b_3 dX 4_t + b_4 dummy + e_{2t}$$

De acuerdo al mejor resultado obtenido puede indicar que las variaciones porcentuales del tipo de cambio y las variaciones del flujo de órdenes son explicadas en poco mas de 40 por ciento por las propias variables rezagadas 3 días; por el diferencial de tasas de interés; por la variación de la posición de cambio rezagada 3 días; por el tipo de cambio del real de Brasil; por las compras netas spot; por la cuenta corriente de los bancos y por una variable dummy.

El rezago de las variaciones del flujo de órdenes explica significativamente su comportamiento actual. Sin embargo, su contribución al modelo es relativamente baja si lo comparamos con la contribución de las variaciones del tipo de cambio en el flujo de órdenes.

Por su parte, las variaciones del tipo de cambio son explicadas de manera significativa por las variaciones rezagadas del flujo de órdenes 2 días. Es decir, la variación entre el flujo de órdenes ocurrido hace dos días y el flujo de órdenes ocurrido hace 3 días. Se asocia significativamente con la variación del tipo de cambio.

Es importante destacar que el signo negativo del coeficiente indicaría que el cambio en la dirección del flujo de órdenes (de compra a venta o viceversa) afectaría en la variación del tipo de cambio en sentido negativo. Así, por ejemplo, un mayor flujo de órdenes indicaría una mayor oferta de moneda extranjera en el mercado y por lo tanto la expectativa de una menor variación del tipo de cambio para los próximos 2 días.

Asimismo, podemos señalar que el efecto de las variaciones del flujo de órdenes sobre las variaciones del tipo de cambio es permanente sobre los próximos 15 días<sup>12</sup>. Sin embargo el efecto de este es bastante bajo.

Igualmente, el impacto de un shock sobre la variación del tipo de cambio se sitúa entre -0,1 y 0,2 por ciento; y tiene una duración de alrededor de 15 días útiles. Cabe indicar, sin embargo, que los errores del flujo de órdenes y del tipo de cambio tienen un nivel de correlación de alrededor del 4 por ciento<sup>13</sup>.

Asimismo, un shock en la variación del flujo de órdenes por el equivalente a +/- 2 unidades de desviación estándar incide sobre el ajuste del tipo de cambio en alrededor de 0,05 por ciento<sup>14</sup> 3 y 4 días después. Por su parte, un shock de la magnitud antes señalada en el tipo de cambio sobre el flujo de órdenes tiene un impacto de alrededor de US\$ 10 millones.

De otro lado, podemos señalar que el coeficiente de la variación diaria del diferencial de tasas de interés tiene el signo esperado y es significativo en explicar la variación del tipo de cambio nominal. Sin embargo, respecto al flujo de órdenes esta variación no es significativa.

Respecto a un efecto externo o factor contagio del comportamiento de otros mercados cambiarios, se debe precisar que el coeficiente que recoge el comportamiento del real de Brasil es significativo y con el signo esperado. Una mayor depreciación de la moneda brasileña se asociara a una depreciación de la moneda domestica.

<sup>12</sup> / Debido a que se toman en cuenta solo días útiles esto correspondería a 3 semanas.

<sup>13</sup> / Ver anexo.

<sup>14</sup> / Ver anexo.



El coeficiente del volumen de compras netas spot tiene significancia estadística tanto para explicar el comportamiento del tipo de cambio cuanto del flujo de órdenes de compra o venta de moneda extranjera. El signo del coeficiente es el esperado: mayores compras netas spot se asocian con una mayor depreciación del tipo de cambio.

Respecto al coeficiente del flujo diario de la cuenta corriente de los bancos es significativo para explicar las variaciones del tipo de cambio. Sin embargo, el signo no es el esperado. Una posible explicación de este resultado es que los bancos observen un mayor retorno por su participación en el mercado de títulos financieros emitidos por el BCRP.

## 6. Conclusiones

La teoría de la microestructura es un nuevo paradigma de investigación del comportamiento de los mercados financieros. Su utilización para el análisis de los mercados financieros en el Perú se presenta como un reto en la medida de la mayor y mejor disponibilidad de data de alta frecuencia.

En el presente trabajo se presenta un modelo de micro estructura para el mercado cambiario peruano sustentado en la dinámica del tipo de cambio y el flujo de órdenes de compra y venta de moneda extranjera en el mercado interbancario. Esta última variable como un indicador de la información transmitida entre los distintos agentes económicos de los mercados cambiarios bancarios (entre agentes económicos no financieros y agentes financieros) y el mercado cambiario interbancario.

En esa misma línea se modela que el desarrollo del flujo de órdenes y del tipo de cambio están asociados al manejo de inventario (la posición de cambio cubierta de los bancos) de los bancos, a la recomposición de portafolios entre activos domésticos y externos; y al comportamiento de otros mercados financieros.

Se estima que uno de los alcances del trabajo es la utilización de data de alta frecuencia para explicar una de las variables más importantes de una economía. De otro lado, una de las limitaciones del trabajo es el acceso a información. Lo óptimo sería recoger el flujo de órdenes de compra y venta de manera directa por las propuestas realizadas por los *market makers* directamente y no por la realización de las órdenes de compra venta reflejada en el volumen negociado interbancario.



## 7. Bibliografía

**Andersen T.; Bollerslev T. and A. Das** (2001). "Testing for market microstructure effects in intraday volatility: a reassessment of the Tokyo forex experiment". *Journal of Finance*.

**Bagehot W.** (1971). "The only game in town". *Financial Analysts Journal*.

**Demsets H.** (1968). "The cost of transacting". *Quarterly Journal of Economics*.

**Dominguez. K.** (1999). "The market microstructure of central bank intervention". NBER.

**Evans M.; Lyons R.** (1999). "Order flow and exchange rate dynamics". *Journal of Political Economy*.

**Glosten L L. Y Milgrom P.** (1985) "Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed agents". *Journal of Financial Economics*.

**Garman M.** (1976). "Market microstructure". *Journal of Financial Economics*.

**Ho. T y Stoll H.** "The dynamics of dealer markets under competition". *Journal of Finance*.

**Kyle A.** (1989). "Informed speculation with imperfect competition". *Review of Economic Studies*.

**Lyons R.** (2001). "The micro structure approach to exchange rates". MIT Press.

**Lyons. R.** (1996) "Foreign exchange volume: sound and fury signifying nothing?". En *The microstructure of foreign exchange markets*, edited by J. Frankel et al. Chicago.

**O'Hara M.** (1995) "Market microstructure theory". Cambridge MA.



## Anexo 1

Date: 12/21/02 Time: 00:05

Sample(adjusted): 5 724

Included observations: 712

Excluded observations: 8 after adjusting endpoints

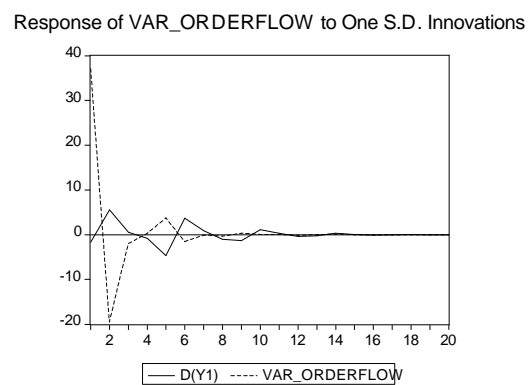
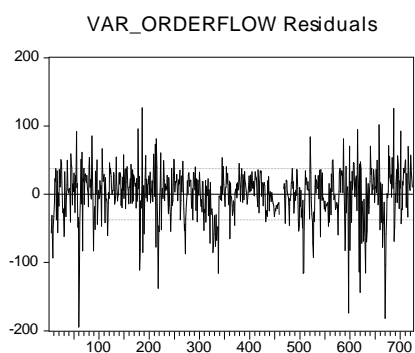
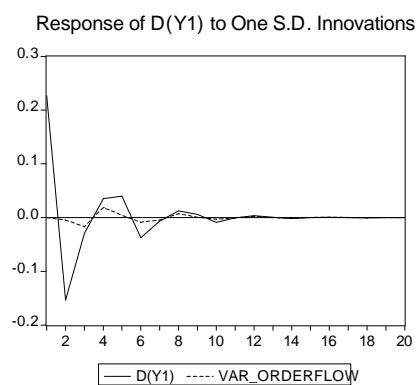
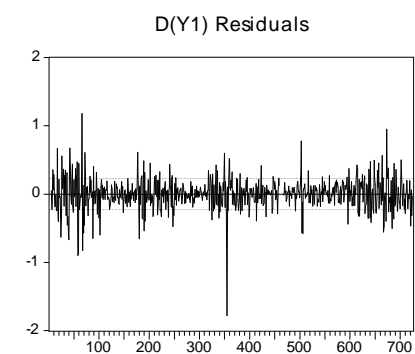
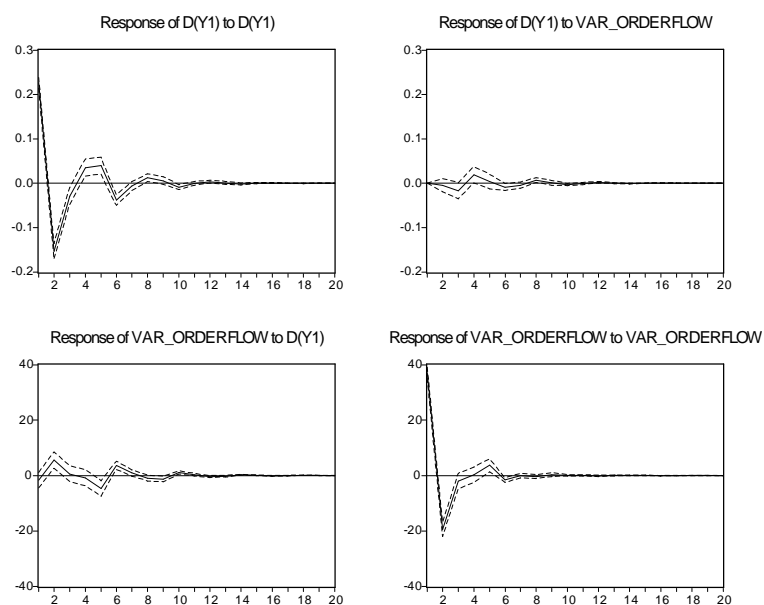
Standard errors &amp; t-statistics in parentheses

	D(Y1)	VAR_ORDERFLOW
D(Y1(-1))	-0.678763 (0.03513) (-19.3190)	20.64253 (5.75815) (3.58492)
D(Y1(-2))	-0.588066 (0.03729) (-15.7683)	27.05027 (6.11210) (4.42570)
D(Y1(-3))	-0.314445 (0.03558) (-8.83701)	25.27633 (5.83162) (4.33436)
VAR_ORDERFLOW(-1)	-0.000128 (0.00020) (-0.64763)	-0.523191 (0.03240) (-16.1463)
VAR_ORDERFLOW(-2)	-0.000611 (0.00021) (-2.92263)	-0.325275 (0.03424) (-9.50035)
VAR_ORDERFLOW(-3)	-0.000202 (0.00020) (-1.02638)	-0.177697 (0.03225) (-5.51060)
C	-0.020496 (0.01098) (-1.86739)	18.95856 (1.79884) (10.5393)
VAR_PCCU(-3)	-0.001058 (0.00047) (-2.25846)	0.169287 (0.07677) (2.20510)
D(I)	-0.026279 (0.00621) (-4.23263)	0.124846 (1.01754) (0.12269)
D(X2)	0.014082 (0.00487) (2.89235)	1.295574 (0.79792) (1.62368)
CNSPOT(-3)	0.000714 (0.00035) (2.05194)	0.147438 (0.05705) (2.58452)
D(CC_BNK)	0.000420 (0.00016) (2.67237)	-0.001238 (0.02579) (-0.04800)
DUMMY	-0.037204 (0.01214) (-3.06344)	33.44984 (1.99033) (16.8062)
R-squared	0.416767	0.421170
Adj. R-squared	0.406755	0.411233
Sum sq. resid	36.62961	983854.9
S.E. equation	0.228917	37.51690
Log likelihood	46.04650	-3584.576
Akaike AIC	46.08302	-3584.539
Schwarz SC	46.16642	-3584.456
Mean dependent	-0.000473	0.009831
S.D. dependent	0.297208	48.89397
Determinant Residual Covariance		70.94815
Log Likelihood		-3537.822
Akaike Information Criteria		-3537.749
Schwarz Criteria		-3537.583



## Anexo 2

Response to One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.





Variance Decomposition of D(Y1):			
Period	S.E.	D(Y1)	VAR_ORDERFLOW
1	0.226817	100.0000	0.000000
2	0.274054	99.96989	0.030105
3	0.276077	99.59300	0.406997
4	0.278988	99.14114	0.858857
Variance Decomposition of VAR_ORDERFLOW:			
Period	S.E.	D(Y1)	VAR_ORDERFLOW
1	37.17282	0.198338	99.80166
2	42.30951	1.872720	98.12728
3	42.36155	1.888018	98.11198
4	42.37095	1.926658	98.07334
Ordering: D(Y1)			
VAR_ORDERFL			
OW			