

Un análisis bayesiano sobre la efectividad de las subastas entre el Banco de la República y los intermediarios de opciones cambiarias*

Alexander Bastidas M.**

–Introducción. –I. Juego de control de la volatilidad. –A. Supuestos. –B. Estructura del juego. –C. Interacción de los pagos. –II. Desarrollo del juego. –III. Conclusión. –Referencias bibliográficas.

Primera versión recibida el 9 de mayo de 2011; versión final aceptada el 22 de julio de 2011

Resumen: Mediante la utilización de un juego de señalización se ha analizado la política de subasta para el control de la volatilidad de la tasa de cambio, encontrándose un escenario restringido que defiende la subasta como la estrategia racional para el Banco de la República y los intermediarios de opciones cambiarias.

Palabras clave: Subastas, tasa de cambio, teoría de juegos.

Abstract: Using a signaling game has analyzed the auction policy to control the volatility of the exchange rate, finding a restricted scenario defending the auction as the rational strategy for the Bank of the Republic and options brokers exchange.

Key words: Auctions, exchange rate, game theory.

Résumé : Nous présentons un jeu de signalisation qui sert à l'analyse de la politique des enchères pour contrôler la volatilité du taux de change en Colombie. Les résultats montrent un scénario restreint qui justifie la vente aux enchères comme la stratégie la plus rationnelle pour la Banque Centrale de Colombie et pour les intermédiaires du marché des options de devises.

Mots clef : Enchères, taux de change, théorie des jeux.

Clasificación JEL: C72 y D82.

* El artículo hace parte de la investigación que realiza el grupo de microeconomía aplicada y teoría económica de la Universidad Nacional sede Medellín, Facultad de Ciencias Humanas y Económicas con recursos del DIME.

** Dirección electrónica: adbasti@unal.edu.co

Introducción

La política cambiaria es un tema no neutral por los efectos disímiles que ella produce entre los diferentes actores de la economía; en Colombia, el Banco de la República, *BR*, se hace cargo de ésta y a partir de 1999 decidió utilizar un régimen de flotación sucia bajo el cual, la tasa de cambio se va moviendo según el mercado del dólar estadounidense y el banco interviene si a corto plazo (20 días) se presentan grandes fluctuaciones (fluctuación definida a criterio del *BR* (2008)).

La intervención por parte del *BR* busca reducir la volatilidad de esta tasa y dejar que se mueva alrededor de una tendencia que refleje sus fundamentales. Una de las herramientas usadas por el *BR* para reducirla es la utilización de subastas de opciones.

Las opciones son instrumentos financieros que buscan reducir pérdidas a raíz de volatilidades en los precios de los productos, las tasas de interés, las tasas de cambio, etc. En el caso de las opciones cambiarias, en un período t se acuerda la tasa de cambio para $t+1$; en el período $t+1$ el comprador de la opción observa la tasa de cambio del mercado y la compara con la tasa que él pactó con el vendedor de la opción; si encuentra que la diferencia entre las dos tasas le produce beneficio procede a ejercer la opción, de lo contrario no está obligado a comprar o vender los dólares. El *BR* realiza subastas holandesas de opciones *PUT*

y *CALL*, las primeras otorgan el derecho a su comprador para venderle dólares al *BR*, y las segundas, el derecho a comprarle dólares al *BR*.

El *BR* subasta una cantidad determinada de dólares donde los intermediarios de opciones cambiarias, *IOC*, hacen sus pujas estableciendo una cantidad x y una prima (pesos por 1000 dólares) a la cual desean comprar o vender los dólares; el *BR* centraliza las pujas y selecciona aquellos intermediarios que definen la prima más baja (o alta según el caso) y posteriormente acuerda que todos paguen la misma prima (prima de corte).

Cuando el *BR* realiza la subasta cree que genera los incentivos para que los intermediarios de opciones cambiarias reviertan la volatilidad a corto plazo, a su vez estos últimos, en caso de participar de la subasta creen que pueden obtener unos beneficios de la compra o venta de dólares al *BR*.

El *BR* tiene una creencia acerca de la efectividad del mecanismo de subasta de opciones¹, y esto es así porque éste no tiene certeza sobre la voluntad de los *IOC* para participar de la subasta. Como resultado de la creencia, el *BR*, enfrenta el riesgo de alcanzar la efectividad de su política de control de volatilidad de la tasa de cambio.

Pero, cómo entender la creencia del *BR*, de manera que permita reflexionar sobre la efectividad de este instrumento de

1 La subasta se realiza en un entorno de volatilidad, es decir, el *BR* considera que esta situación genera riesgos para las operaciones cambiarias; de ahí que espera que con la venta de opciones se reduzca el riesgo de los agentes cambiarios, estimulándolos a participar de la subasta y del objetivo de control de la volatilidad.

control de la volatilidad, es el objetivo de este trabajo. Para tal fin, se utiliza un juego bayesiano, puesto que ayuda a modelar la interacción estratégica entre distintos agentes, en situaciones donde haya problemas de información.

Desde el punto de vista bayesiano, el problema de minimización de la volatilidad requiere la suposición de características o tipologías acerca de los *IOC*. El *BR* puede creer que en el mercado hay una proporción de estos que son pro objetivos y otra contra objetivos²; en otras palabras se necesita información a priori como condición para llevar a cabo la política de subastas.

La información a priori se origina por un tercer jugador llamado “la naturaleza”, que asigna la distribución de probabilidad que describe los tipos de *IOC* mencionados anteriormente. El *BR* con la implementación de las subastas observa las señales (estrategias de los *IOC*) a partir de las cuales, establece su inferencia sobre el tipo de jugador que enfrenta y la probabilidad de realizar pujas altas o bajas, determinándose el resultado de su política de manejo cambiario.

En la realización de este trabajo se emplea un marco analítico donde se define el juego

y posteriormente se recurre a un ejemplo que permita entender su desarrollo y el objetivo del trabajo.

I. Juego de control de la volatilidad

El juego es una n -tupla definida por $\gamma = \{N_i, S_{i \in N}, U_{i \in N}, \theta_{i \in N}, p\}$ donde $N = \{BR, IOC\}$ es el conjunto de jugadores; $S_{BR} = \{C, NC\}$ es el conjunto de estrategias puras para el *BR*, siendo *C* continuar subastando y *NC* no continuar subastando³; y $S_{IOC} = \{p_a, p_b\}$ son las estrategias de los *IOC* donde el primer elemento corresponde a realizar pujas altas y el segundo a pujas bajas; $U = \prod_{i \in N} S_i$ es la utilidad o pagos de los jugadores; $\theta = \{\theta_1, \theta_2\}$ es el conjunto que define los tipos de jugadores, contra objetivo y pro objetivo respectivamente; y p es la distribución de probabilidad ex ante sobre las clases de jugadores, la cual es determinada por la naturaleza y conocida por los dos jugadores.

A. Supuestos

- a. El *BR* desconoce el tipo de *IOC* que enfrenta al momento de elegir sus estrategias⁴.

-
- 2 Los adjetivos pro objetivo y contra objetivo se refieren a los tipos de *IOC* que se emplean en este trabajo; *IOC* pro objetivos son aquellos dispuestos a participar fácilmente de la subasta, porque buscan reducir su riesgo de operaciones cambiarias, a partir de la compra de opciones. Por el contrario, los contra objetivos no están dispuestos a participar con gran fuerza de la subasta.
 - 3 El *BR* inicialmente establece la subasta, de manera que los *IOC* puedan elegir sus estrategias, y una vez estos elijan, el *BR* define si continua subastando o no. Así que el juego va a analizar si sostener una política de subasta resulta en algo racional para ambos jugadores.
 - 4 El *BR* tiene información incompleta, desconoce los pagos que pueden recibir los *IOC* como resultado de la interacción estratégica. La información incompleta se justifica porque el *BR* aunque regula el mercado cambiario, no es quien determina cuánto se compra y se vende de dólares, estas son decisiones de los agentes cambiarios, incluyendo los *IOC*.

- b. El *BR* decide continuar subastando dependiendo de la elección de los *IOC*; recibe señal.
- c. Los *IOC* conocen su tipo y el mercado de divisas mejor que el *BR*.
- d. Las acciones de los *IOC* son tomadas como señales por parte del *BR*, emisores.

B. Estructura del juego⁵

De acuerdo a lo esperado por parte del *BR*, la realización de la subasta reduce la volatilidad de la tasa de cambio, si y sólo si los *IOC* compran la cantidad de opciones a subastar y las hacen efectivas. Los *IOC* pujan bajo si disponen de información a partir de la cual no resulta atractiva ejercer la opción; mientras que pujan alto si ocurre lo contrario.

Por la experiencia que el *BR* va tomando con la utilización de las subastas, obtiene una información a priori sobre los tipos de intermediarios de opciones cambiarias; de cierta forma se trata de una conjetura que el *BR* realiza. Posteriormente, el *BR* lleva a cabo un proceso de creencias, las cuales se actualizan con la información que va recibiendo, del ejercicio de las subastas; así que el *BR* se pregunta sobre la probabilidad de que los *IOC* elijan una de sus estrategias dado que pertenece a un tipo dado.

En síntesis, el *BR* según el tipo de *IOC* estima la probabilidad de que emita una señal, es decir de elegir puja alta o puja baja $p(p_j|\theta_i) = \alpha_k$ donde $j=a,b$; $i=1,2$; $k=1,2,3,4$. Para el proceso de esta estimación, se plantea los beneficios esperados que obtiene el *BR* según el tipo de intermediario cambiario y la señal o acción que éste haya realizado.

$$\text{Sea } \pi(S_{BR}|p_j) = \sum_k U_i(S_{BR}, \theta_i) \alpha_k$$

El valor esperado que obtiene el *BR* de elegir cada una de sus estrategias dada la acción del intermediario. Donde S_{BR} son las estrategias del *BR*; p_j es la señal o acción realizada por los *IOC* $j = p_a, p_b$, puja alta y puja baja, respectivamente; θ_i es el tipo de *IOC* previamente definidos; de tal manera que el pago del $BRU_i(S_{BR}, \theta_i)$ depende de su elección y del tipo de *IOC* que enfrente. Este pago es conocido quedando como incógnita α_k , la cual es estimada a partir del sistema de ecuaciones del valor esperado de las estrategias del *BR*⁶.

Los pagos tanto del *BR* como de los *IOC* se determinan de acuerdo con las preferencias de los jugadores, es decir, a mayor deseo por una estrategia el jugador le asigna un mayor pago, el cual es un número real. Esto significa que puede haber infinitos números que puedan asignarse a las estrategias; no obstante esto no es problema debido a que

5 Para el estudio de la modelación de juegos de señales se puede consultar los textos de Fudenberg (1991) con un tratamiento más avanzado y, para trabajos menos sofisticados se encuentra Gibbons (1992) y Monsalve - Arévalo (2005).

6 En este trabajo hay 4 ecuaciones, que dan lugar a la estimación de 4 probabilidades a posteriori como producto de las 2 estrategias de cada uno de los jugadores.

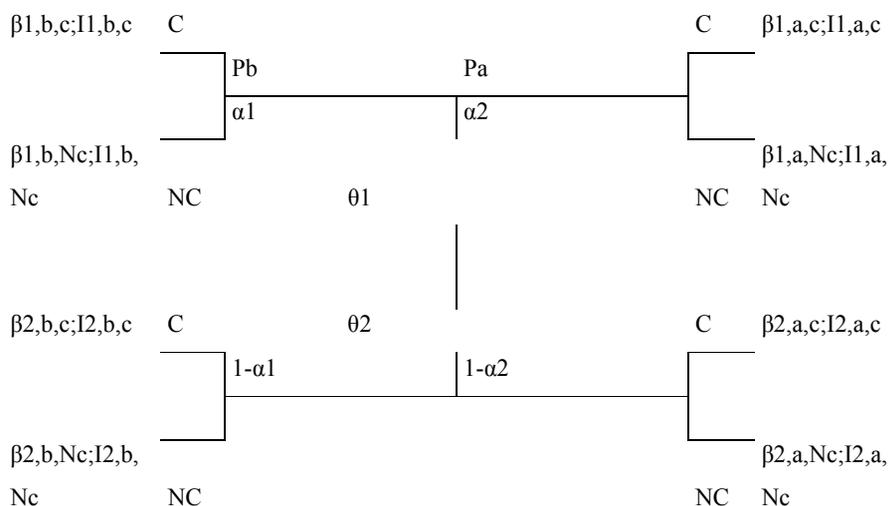
lo importante es la preservación del orden de las preferencias.

Además del ordenamiento de las preferencias, es clave considerar la estrategia del otro jugador, es decir, lo que el otro decida influye en el pago. Bajo este orden de ideas, se asume que el *BR* diseñó las subastas de

opciones cambiarias porque cree que esta estrategia le aporta mayores pagos que no llevarla a cabo; a su vez, bajo esta creencia del *BR* se espera que los *IOC* respondan, o sea que la encuentran más atractiva y decidan hacer pujas altas. No obstante, el resultado final del pago dependerá de la naturaleza de *IOC*.

C. Interacción de los pagos

Gráfico 1



Los juegos de señales⁷ comúnmente se modelan a través de un esquema de tela-ña donde cada línea principal indica la

tipología del jugador; para este caso la parte superior corresponde a los intermediarios de opciones cambiarias contra objetivos;

7 El trabajo de Akerlof (1970) se considera pionero en la formulación de los juegos de señales. En su trabajo, el autor consideró los efectos que la incertidumbre tiene en las decisiones, valiéndose para ello del mercado de carros usados. Se considera que el comprador del carro presenta problemas de información, pero de acuerdo a las señales que envíe el vendedor, otorgar garantía o no por la compra, se puede hacer inferencia sobre la calidad del carro. A partir de este trabajo se han realizado diversas aplicaciones donde la incertidumbre sea un elemento central en la toma de decisiones.

y la parte inferior a los intermediarios pro objetivos. Los *IOC* son los jugadores emisores, es decir, realizan primero su acción y ésta es interpretada por parte del *BR*, infiriendo la clase de intermediario que enfrentan.

Los *IOC* deciden realizar pujas altas o bajas (en el sentido ya mencionado) y el *BR* decide continuar subastando o suspender las subastas. Los pagos del *BR* se representan mediante la letra β y los subíndices indican el tipo de jugador, la señal emitida y la acción del *BR*, respectivamente. La letra *I* representa los pagos de los *IOC* donde los subíndices se interpretan de forma análoga al caso del *BR*.

Para establecer la relación entre estos pagos se transforma la modelación en telaraña a una forma normal (bimatrix).

Bajo esta presentación se facilita la comparación entre los pagos, según el tipo de

intermediario cambiario. El *BR* ofrece una cantidad monetaria la cual será demandada por los *IOC*; si ésta se compra en su totalidad, el banco espera reducir la volatilidad. Pero, la demanda estará dada por una función $Q_d = f(p_j, \sigma_i)$ cuyos argumentos son la puja en la subasta y el riesgo (letra sigma) que cada uno de los *IOC* perciban. A mayor riesgo menor disposición a participar de la subasta, comprometiendo el objetivo del *BR*.

Para el *BR* es de esperar que ante decisiones de puja baja su pago por elegir *C* sea menor que en caso de la elección puja alta por parte de los intermediarios; además en caso de enfrentar a un *IOC* contra objetivo sus pagos son inferiores a los recibidos cuando éste es pro objetivo; de esta manera la estrategia *C* con *IOC* pro objetivos otorga mayores pagos a la estrategia *C* bajo *IOC* contra objetivos⁸.

	Pb	Pa
C	$\beta_{1,b,c}; I_{1,b,c}$	$\beta_{1,a,c}; I_{1,a,c}$
NC	$\beta_{1,b,Nc}; I_{1,b,Nc}$	$\beta_{1,a,Nc}; I_{1,a,Nc}$

$\theta 1$: contraobjetivo

	Pb	Pa
C	$\beta_{2,b,c}; I_{2,b,c}$	$\beta_{2,a,c}; I_{2,a,c}$
NC	$\beta_{2,b,Nc}; I_{2,b,Nc}$	$\beta_{2,a,Nc}; I_{2,a,Nc}$

$\theta 2$: proobjetivo

8 $\beta_{2,j,c} > \beta_{1,j,c}$ Si se observa la primera bimatrix, los pagos asociados a la estrategia *C* son menores a la misma estrategia de la segunda bimatrix.

Respecto a la elección de *NC* por parte del *BR* se considera que es la mejor cuando los intermediarios son del tipo contra objetivo; es decir domina a la elección *NC* del tipo pro objetivo. De hecho, si los *IOC* eligen *pb* lo mejor para el banco es elegir *NC*, porque de hacer lo contrario incurre en un costo de oportunidad, ¿por qué elegir *NC* si los intermediarios pujan alto? En otras palabras si los *IOC* pujan alto y el banco no continúa subastando se genera un mayor costo de oportunidad, el banco incurre en una pérdida por no seguir con las subastas.

Los *IOC* contra objetivos obtienen unos beneficios más bajos que los pro objetivos en caso de que el *BR* elija su estrategia *C*; sin embargo, si deciden pujar bajo ésta le reporta menores pagos independiente de su tipología⁹. Si el *BR* elige *NC* los *IOC*

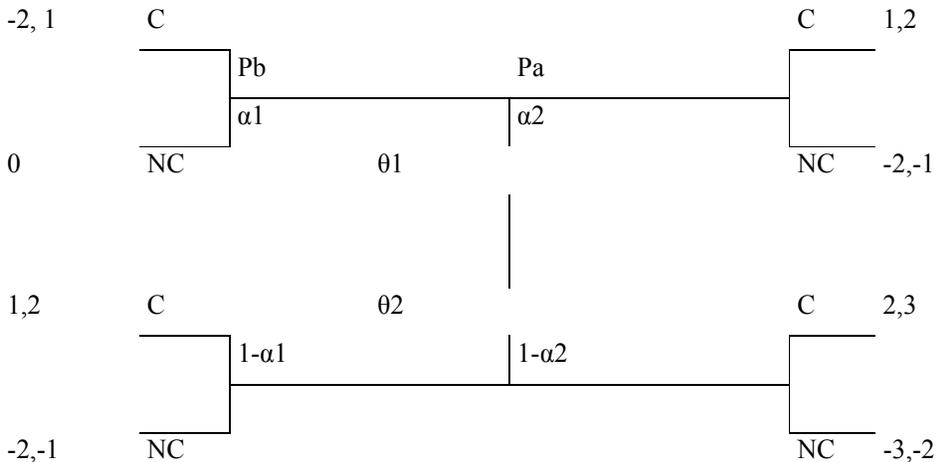
que hayan pujado alto encontrarán una reducción de sus pagos; mucho más acentuada para los pro objetivos. Si los *IOC* pujan alto encuentran atractiva la subasta y la decisión del *BR* de no realizarla produce en éstos una oportunidad perdida.

II. Desarrollo del juego

A partir de esta fase se procede a mostrar cómo se lleva a cabo el proceso de creencias por parte de los jugadores, buscando determinar las estrategias que reportan para ambos jugadores los mejores pagos.

El Gráfico 2 utiliza unos pagos arbitrarios, necesarios para su desarrollo; en el lado izquierdo el pago del *BR* es el segundo elemento de derecha a izquierda; en el caso derecho su pago es el primer elemento de izquierda a derecha.

Gráfico 2



9 La decisión de pujar bajo se explica por el hecho de no haber condiciones para beneficiarse de la subasta; las cuales resultan de la información que los *IOC* posean al momento del *BR* sugerir un esquema de subasta.

Se asume que la distribución de probabilidad determina 0.1 de *IOC* contra objetivo; lo cual resulta un supuesto conservador puesto que para que funcione la subasta, el *BR* debe considerar que los *IOC* de esta naturaleza son una proporción baja.

Los demás detalles del diagrama corresponden a lo ya mencionado en el Gráfico 1; así que el siguiente paso es obtener la probabilidad de que los *IOC* elijan una opción dado su tipo. Para tal fin se estiman las estrategias de comportamiento¹⁰:

a. Asociada a la elección de P_b

$$\pi(C|p_b) = -2\alpha_1 + 1 - \alpha_1 = 1 - 3\alpha_1$$

$$\pi(NC|p_b) = -2(1 - \alpha_1)$$

$$\pi(C|p_b) > \pi(NC|p_b)$$

$$1 - 3\alpha_1 > -2(1 - \alpha_1)$$

Si $\alpha_1 < \frac{3}{5}$ el *BR* elige *C*; de lo contrario elige *NC*.

b. Asociada a la elección de P_a

$$\pi(C|p_a) = \alpha_2 + 2(1 - \alpha_2) = 2 - \alpha_2$$

$$\pi(NC|p_a) = -2\alpha_2 - 3(1 - \alpha_2) = -3 + \alpha_2$$

$$\pi(C|p_a) > \pi(NC|p_a)$$

$$2 - \alpha_2 > -3 + \alpha_2$$

$$\alpha_2 < 2,5$$

Como una probabilidad pertenece al intervalo $[0, 1]$ el hallazgo anterior implica que no importa la creencia a posteriori del *BR*, siempre le conviene elegir *C* porque le reporta el mayor beneficio esperado.

A partir de las creencias a posteriori asociadas a cada elección realizada por los *IOC*, el *BR* dentro de la lógica de este juego plantea dos clases de estrategias:

A. Estrategia separadora, la cual consiste en que cada tipo de *IOC* envía una señal diferente; para el caso se consideran dos estrategias:

i. $p(p_b|\theta_1) = 1$

$$p(p_a|\theta_2) = 0$$

Esta creencia del *BR*, la cual es conocida por los *IOC* determina que el *BR* elija *NC* si los *IOC* hacen pujas bajas; y elijan *C* en el caso de pujas altas¹¹. La pregunta que surge para el *IOC* es si esta creencia racional para el *BR* es también para él. Para averiguarlo el *IOC*, quien conoce su tipo, evalúa si elige p_a siendo del tipo θ_1 y elige p_b siendo del tipo θ_2 .

En otras palabras, evalúa sus pagos desviándose de la creencia del *BR*; en caso de ser estos últimos más grandes que los recibidos por la estrategia racional del *BR* no habrá equilibrio separador.

En el ejemplo utilizado los *IOC* reciben 0 cuando eligen p_b porque el *BR* escoge *NC*; pero si estos se desvían y eligen p_a siendo del tipo θ_1 reciben 2, de esta manera conviene

10 Las estrategias de comportamiento son las distribuciones de probabilidad asociadas a las estrategias de los *IOC*.

11 Recordar las estrategias de comportamiento, las cuales determinan la estrategia racional del *BR*.

desviarse y esto determina que la creencia del *BR* no sea un equilibrio separador.

$$\text{ii. } p(p_b|\theta_2) = 0 \\ p(p_a|\theta_1) = 1$$

Realizando un análisis similar al caso anterior, los *IOC* indagan por sus pagos de desviarse de la creencia formulada por el *BR*, en este caso el desvío es elegir p_a para el tipo θ_2 y decidir por p_b para θ_1 . En caso de elegir p_a siendo del tipo opuesto al considerado por el *BR* los *IOC* reciben 3, cifra que supera a 2 que es la obtenida si el *BR* elige *C* debido a que los *IOC* del tipo θ_2 escogen p_b . Por consiguiente, basta con este desvío para concluir que no hay equilibrio separador.

B. Estrategia mancomunada, los *IOC* eligen la misma estrategia para cada uno de sus tipos. Dado que hay 2 tipos de *IOC* se analizan dos estrategias mancomunadas:

- i. Ambos tipos eligen p_b y se evalúan dos casos
 - a. Cuando $\alpha_1 < 3/5$ el *BR* le conviene elegir *C* y los *IOC* se preguntan si elegir p_b –como cree el *BR*– les reporta mayores beneficios. Si deciden elegir p_a , lo opuesto a la creencia del *BR*, el *BR* también decide por *C* de manera que ellos encuentren un pago de $2 > 1$ y $3 > 2$ y así la creencia del *BR* no resulta racional para los *IOC*.

- b. Si $\alpha_1 > 3/5$ el *BR* elige *NC* y para verificar si esto es racional para los *IOC* comparan los pagos asociados a *NC* si eligen puja baja frente a los obtenidos si se desviarán eligiendo puja alta, en cuyo caso están asociados a la estrategia *C* por parte del *BR*. Bajo *NC* reciben 0 y -2 cantidades inferiores a 2 y 3 que obtienen si se desvían; así que tampoco hay equilibrio separador.
 - ii. Ambos tipos eligen p_a y se evalúa un caso debido a que α_2 está por fuera del intervalo de probabilidades y ante esta elección la estrategia *C* domina a *NC*.
 - a. Tomando la proporción *a priori* $\alpha_1 = 0.1$ de *IOC* tipo θ_1 para realizar el contraste, se encuentra que bajo esta creencia el *BR* escoge *C* y los *IOC* si participan reciben menores pagos si se desvían porque obtienen $1 < 2$ y $2 < 3$. En este caso se halla el único equilibrio del juego.

Conclusión

Los supuestos de información del juego, considerando que los *IOC* presentan información imperfecta¹² permiten la contemplación del elemento sorpresa para los *IOC*, es decir, la posibilidad de errar en la predicción de la estrategia que el *BR* realice. De esta manera, se elimina la opción de anticipación que los *IOC* pueden tener acerca de las elecciones del *BR* y en

12 Conocen las estrategias del *BR*, pero desconocen cuál va a elegir, una vez estos elijan.

consecuencia la ineffectividad de la subasta si este supuesto se cumple.

Este trabajo modeló las creencias considerando que los *IOC* no cuentan con estrategias dominantes y para el *BR* su estrategia *C* domina estrictamente a *NC* en el caso de *IOC* pro objetivos. De ahí, que no hubiera sido posible encontrar una estrategia de comportamiento para el *BR*, y en consecuencia los *IOC* pro objetivos saben que si ellos eligen p_a el *BR* elegirá *C*; no obstante, el *BR* no conoce el tipo de *IOC* sino su distribución de probabilidad.

Esto condujo a que el único equilibrio encontrado se base en considerar que los dos tipos de *IOC* eligen p_a una posibilidad extraña para la justificación de las tipologías; si el intermediario es contra objetivo, ¿por qué elegir p_a ? amante al riesgo, quizás; contrario a los intermediarios pro objetivos los cuales encuentran la subasta atractiva para obtener beneficios. Así que, la subasta es un éxito para el *BR*, si los *IOC* que no prefieren las subastas deciden participar, lo cual se puede entender como una posibilidad limitada del *BR* para controlar la volatilidad.

Contrario a otros juegos de señalización donde el jugador emisor puede elegir una estrategia con la intención de engañar al

jugador receptor; la elección de p_a para un *IOC* contra objetivo no obedece a una conducta de riesgo moral, por el contrario esta elección depende de un estado de información presente al momento del *BR* emplear la subasta. La característica de contra objetivo radica en su aversión a la subasta que determina un grado de participación más bajo; de ahí que la sustentación del equilibrio encontrado resulte paradójica.

La subasta es racional siempre y cuando los *IOC* contra objetivos, en teoría menos dispuestos a pujar, resulten pujando alto, lo que hace del equilibrio encontrado un resultado restringido en su justificación; pero que apunta a sustentar la hipótesis de la ineffectividad de la subasta en el control de la volatilidad.

Sea la oportunidad para manifestar la importancia de la teoría de juegos en la reflexión de la política cambiaria y el avance a lograr mediante la modelación de otros escenarios, bajo los cuales cambien los supuestos de información de los jugadores, e incluso las reglas del juego, determinando así, la modelación de instituciones bajo las cuales se llegue a resultados más convincentes que determinen la subasta como estrategia racional y efectiva para el control de la volatilidad de la tasa de cambio.

Referencias bibliográficas

- AKERLOF, G. A. (1970). *The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism*. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 84, No. 3, pp. 488-500.
- BANCO DE LA REPÚBLICA (2008). *Mecanismos de Intervención del Banco de la República en el Mercado Cambiario*. Disponible En: www.banrep.gov.co/documentos/informes-economicos/pdf/e_mecintbcorep.pdf. Fecha de acceso: febrero 4 de 2011.
- FUDENBERG, D; TIROLE, J. (1991). *Game Theory*. MIT press.
- GIBBONS, R. (1992). *A Primer in Game Theory*. Prentice Hall.
- MONSALVE, S. y ARÉVALO J. (2005). *Un curso de teoría de juegos clásica*. Universidad Externado de Colombia.