

Impacto del Mercado de Derivados en la Política Monetaria Colombiana

Esteban Gómez, Diego Vásquez y Camilo Zea *

21 de diciembre de 2004

Resumen

Los derivados son instrumentos financieros contingentes que completan los mercados financieros. Mediante su uso, los agentes y las firmas pueden aminorar el impacto sobre sus niveles de consumo, inversión y producción ante cambios en los precios relativos inducidos por una política monetaria activa. En este sentido, los derivados generan en ciertos casos una pérdida de efectividad de los canales tradicionales de transmisión de la política monetaria en el corto plazo, y en otros, promueven un aumento en la velocidad de transmisión. Usando un modelo de inversión para la firma, se verifica el impacto del uso de derivados de tasa de interés y tasa de cambio en la dilución de los canales de transmisión de la política monetaria colombiana. Los resultados sugieren que ésta ha perdido efectividad en el corto plazo. La recomendación natural que se desprende de esta conclusión sugiere un análisis urgente del impacto de los derivados sobre la velocidad de transmisión monetaria.

Clasificación JEL: E22; E52; G11.

Palabras clave: Derivados; Canales de Transmisión de Política Monetaria; Inversión.

*egomezgo@banrep.gov.co, dvasques@banrep.gov.co y czeagome@banrep.gov.co. Departamento de Estabilidad Financiera, Banco de la República. Las opiniones de los autores no representan las del Banco de la República ni de su Junta Directiva.

1. Introducción

La profundización de los mercados de instrumentos financieros derivados ha generado interrogantes sobre el impacto que éstos pueden tener sobre los precios de los mercados de bienes y capital. En particular, los derivados ofrecen posibilidades de cubrimiento ante choques económicos adversos y decisiones de política, por lo cual diluyen los canales de transmisión tradicionales de la política monetaria. Adicionalmente, su constante desarrollo ha permitido llenar vacíos en los mercados financieros, uniendo aquellos tradicionalmente fraccionados, logrando una transmisión más rápida de los cambios que la política monetaria induce a corto plazo en precios relativos. En síntesis, los derivados financieros pueden debilitar en ciertos casos los canales de transmisión de la política monetaria en el corto plazo, y en general, permiten una velocidad de transmisión mayor.

La literatura reciente cuenta con pocos trabajos que estudien el efecto diluyente sobre los canales de transmisión de la política monetaria que se genera por el uso de instrumentos derivados. Entre los más importantes, se resaltan Fender (2000b) para los EE.UU. y Vrolijk (1997) para el caso británico.

Este trabajo analiza el fenómeno descrito para el caso colombiano, con una metodología que supera en cuatro aspectos el análisis de los trabajos anteriores: 1) Se usan datos a nivel de empresa ¹, algo novedoso en la literatura que sólo cuenta con análisis a nivel agregado. 2) Se estima un modelo de inversión a partir del problema de optimización de una firma maximizadora de beneficios. 3) Se usa una técnica de estimación para modelos con datos de panel desbalanceado desarrollada por Biørn (1999a) para el caso de efectos aleatorios sobre el intercepto en una sola vía ². 4) Se propone una proxy de política diferente a la tasa de interés. En particular, este trabajo usa como indicador de estado de la política monetaria el índice de condiciones monetarias (ICM) construido por el Banco de la República, que evalúa la posición de la política monetaria con respecto a la demanda agregada, ponderando los impactos tanto de la tasa de interés como de la tasa de cambio.

En la segunda parte del documento se reseña la literatura sobre el impacto de los derivados en los canales de transmisión de la política monetaria.

¹La base de datos usada se construye a partir de información de las Superintendencias de Valores y Sociedades. Ambas presentan datos anuales a diciembre y cuentan con información para más de 15.000 empresas desde el año de 1995 hasta el año 2003.

²El caso de coeficientes aleatorios tipo Swamy (intercepto y pendientes diferentes para cada firma) considerado por Biørn (1999b), podría no ser fácilmente aplicable en este caso si se tiene en cuenta que la información constituye una muestra con pocos periodos de tiempo (9 años como máximo) en comparación al número de firmas (8.421 en total). Lo anterior genera, aún en el caso balanceado, problemas computacionales al momento de estimar para cada empresa el vector de parámetros asociado a las variables explicativas.

En la tercera parte, se describen las principales características y funciones de los derivados. En la cuarta se analiza la teoría del efecto del uso de derivados sobre la transmisión y estrategias monetarias. En la quinta se destacan los hechos estilizados del mercado de derivados colombiano y en la sexta parte, se describe el modelo teórico de inversión de la firma, con su estimación, datos usados y resultados del ejercicio empírico. Por último, en la séptima parte se extraen conclusiones e implicaciones para la política monetaria.

2. Literatura sobre el Impacto de los Derivados en los Canales de Transmisión de la Política Monetaria

Desde hace más de una década se ha venido gestando un acervo de literatura centrada alrededor de la idea que imperfecciones en los mercados financieros generadas por asimetrías de información, pueden causar o reforzar fluctuaciones económicas reales ³. En ese contexto, una política monetaria contractiva puede generar un costo adicional al típico costo de capital mencionado en la literatura keynesiana, lo cual a su vez puede redundar en una contracción del mercado de crédito.

Oliner y Rudebusch (1996) muestran que un choque monetario disminuye las reservas bancarias y por esa vía, los bancos reducen el crédito que pueden entregar a las firmas. Este fenómeno se conoce como el canal de crédito bancario de la política monetaria ⁴.

Fender (2000a), Bernanke, Gertler y Gilchrist (1998) y Bernanke y Gertler (1995) encuentran que una política monetaria contractiva afecta el flujo de caja corporativo, disminuyendo la habilidad de la firma para conseguir préstamos. Este último efecto se conoce en la literatura como efecto de hoja de balance, efecto riqueza, ó acelerador financiero.

Más recientemente, Froot et al. (1993) y Fender (2000a), muestran que si las asimetrías de información hacen más costoso el endeudamiento externo que los fondos generados internamente, se crean incentivos para que las firmas manejen su riesgo corporativo. Las empresas que dependen de los fondos generados internamente, necesitan que las fluctuaciones de sus flujos de caja sean lo menos drásticas posibles, y por tanto, tienen interés

³Ver, por ejemplo, Bernanke, Gertler y Gilchrist (1996)

⁴Para que el canal de crédito exista, una reducción en las reservas ocasionada por la política monetaria debe llevar a que se reduzca el volumen de créditos bancarios. Adicionalmente, se requiere que las firmas no puedan conseguir otras fuentes de financiamiento sin incurrir en un costo mayor, lo que da lugar a que las firmas deban disminuir sus niveles de inversión (Véase, entre otros, Oliner y Rudebusch, 1996, Romer y Romer, 1990 y Bernanke y Blinder, 1992).

en utilizar mecanismos que proporcionen esa estabilidad. Los mercados de derivados permiten que las empresas cuenten con instrumentos para enfrentar de forma eficiente dicho riesgo financiero ⁵. De esa forma, las firmas pueden inocularse a cambios en el manejo monetario disminuyendo el efecto real de la política monetaria.

Una empresa que puede acceder a instrumentos como forwards y swaps, que le permitan cubrirse contra el riesgo cambiario ó de tasa de interés, puede perder sensibilidad a cambios en el manejo monetario, lo que se refleja sobre la actividad económica real a través de sus decisiones de inversión. No obstante, existen trabajos teóricos que pretenden mostrar que el uso de derivados podría, en determinadas circunstancias, reforzar aún más la volatilidad de los mercados financieros ⁶, por lo que el actual enfoque del debate se ha tornado a la evidencia empírica.

Los trabajos empíricos que verifican la hipótesis anteriormente descrita son aún escasos, destacándose Fender (2000b) para el caso de los EE.UU. y Vrolijk (1997) para el Reino Unido. En el primero, los derivados son modelados de manera implícita, y se usan datos de la encuesta manufacturera norteamericana, con agrupaciones de empresas dependiendo del monto de sus activos. En el segundo, los derivados aparecen de manera explícita y se verifica su impacto sobre variables agregadas. Ambos trabajos usan la metodología de vectores auto regresivos (VAR), aunque los resultados son divergentes. Fender encuentra evidencia que la presencia del mercado de derivados ha tenido un impacto estructural sobre las decisiones de las firmas, en tanto que Vrolijk no encuentra evidencia que la implementación de estos instrumentos tenga efectos sobre los canales de transmisión monetarios Británicos, argumentando que este resultado puede derivarse del hecho que el mercado financiero inglés fuera suficientemente desarrollado previo a la aparición masiva de derivados, lo cual implica que el efecto marginal de éstos es pequeño.

3. Características y Funcionalidad de los Derivados

Como ya se dijo, los derivados permiten retirar artificialmente los riesgos implícitos en un activo financiero. Por esa vía, estos instrumentos completan los mercados financieros al asignar óptimamente el riesgo entre inversionistas, de acuerdo con sus preferencias. Por su parte, los beneficios

⁵Ver Von Hagen y Fender (1998) para una explicación detallada.

⁶Ver Morales (2001) y Van Der Nat (2000).

para el mercado se pueden agrupar en tres⁷: 1) Posibilidad de cobertura, 2) Apalancamiento, ya que aumenta el volumen de transacciones al tiempo que disminuye el costo de capital, y 3) Sustituibilidad entre activos.

De otro lado, los derivados también pueden generar inestabilidad, en el sentido en que: 1) Amplifican movimientos de precios cuando la cobertura es dinámica, 2) Pueden generar riesgo sistémico si los ajustes a cuentas de futuros (*margin calls*) no se hacen con un proveedor suficientemente colateralizado, y 3) Pueden inducir flujos de capitales adversos ante decisiones erradas de política económica.

En síntesis, los derivados pueden resultar disciplinantes para la política económica, aunque su efecto final sea ambiguo. A continuación, se presentan las principales funciones económicas de los derivados.

3.1. Función Económica de los Derivados

Fender y Von Hagen (1998) señalan varias funciones económicas de los derivados. La primera de ellas tiene que ver con la reducción en costos de transacción, que a su vez, permite un mejor aprovechamiento de la ventaja comparativa de los inversionistas. Por ejemplo, dos inversionistas pueden permutar sus pagos de intereses, permitiéndole a cada uno explotar la ventaja en costos del otro.

Una segunda función es aquella de permitir oportunidades de cobertura y diversificación a un menor costo. Por ese motivo, los portafolios pueden ser menos sensibles a choques de tasa de cambio o de tasa de interés, haciendo los retornos más estables en el tiempo.

Una tercera función tiene que ver con la mayor liquidez que se genera al separar los riesgos de un activo financiero. Por ejemplo, los derivados de crédito le permiten a los bancos explotar con mayor fuerza los mercados de crédito mismos, aminorando el efecto del racionamiento resultante de problemas de información asimétrica.

Una cuarta función es la de crear puentes entre mercados segmentados, generando sustituibilidad entre los activos que comprenden cada uno y por esa vía, formando oportunidades de arbitraje adicionales.

En resumen, los derivados completan los mercados financieros y permiten una mejor asignación de riesgo. Lo anterior ha permitido una ola de desintermediación financiera, generando mayor competencia y menores márgenes.

De tal manera los derivados podrían, potencialmente, generar tanto estabilidad como inestabilidad en los mercados, como efectivamente lo muestran

⁷Esta sección sigue de cerca a Vrolijk (1997) y a Fender y Von Hagen (1998), y se incluye con fines didácticos.

Fender y Von Hangen (1998). Al separar los riesgos de un activo financiero, se crean diferentes mercados para cada uno, de manera que la nueva información sobre un riesgo particular mueve su precio individual e impacta, aunque en menor medida, los precios de los demás riesgos. Los derivados también pueden generar inestabilidad al permitir a los *traders* tomar posiciones de mayor apalancamiento, debido a que pueden comprar y vender riesgos sin necesidad de adquirir el activo subyacente.

Sin embargo, la mayor liquidez y sustituibilidad permiten una mejor y más suave absorción de choques, lo cual implica mayor estabilidad. Igualmente, los derivados facilitan la asimilación de información de los precios *spot*, por la vía de mayores oportunidades de arbitraje entre los mismos y los precios *forward*, diluyendo el impacto de nueva información en el mercado.

A pesar de no existir evidencia empírica que señale que la aparición de derivados ha generado mayor volatilidad en los mercados en el mundo ⁸, esta pregunta no ha sido resuelta para el caso colombiano.

4. Implicaciones de la Existencia de Mercados de Derivados sobre la Política Monetaria

El efecto de los derivados sobre la política monetaria se puede dividir en dos esferas⁹: 1) Implicaciones sobre las estrategias de política y 2) efecto directo sobre los distintos mecanismos de transmisión monetarios.

En cualquier caso, es importante tener en cuenta que los derivados afectan la transmisión de política de varias formas (Vrolijk, 1997): 1) Los derivados están inherentemente ligados a sus mercados subyacentes, 2) generan nuevos tipos de activos financieros aumentando la información disponible acerca de los precios, y 3) pueden alterar sustancialmente la transmisión internacional de choques, al abaratar y facilitar el arbitraje. A continuación se desglosan las implicaciones sobre las estrategias y mecanismos de transmisión monetarios.

4.1. Implicaciones sobre las Estrategias de Política

La política monetaria es un conjunto de reglas que rigen la manipulación de un instrumento (e.g., la cantidad de dinero o el precio de un activo como la tasa de interés), con el fin de alterar variables objetivo de largo plazo. Para llegar a esa meta, se establece igualmente un objetivo sobre una variable en

⁸Fender y Von Hagen (1998) citan al IMF (1997), Cohen (1996) y Borrad et Al. (1995).

⁹Esta sección sigue de cerca a Vrolijk (1997), y se incluye con fines didácticos.

el mediano plazo, ya que aquellas variables de largo plazo no son observables (o lo son de manera imperfecta).

De acuerdo a lo anterior, un primer impacto de la disponibilidad de derivados en el mercado financiero para la política monetaria, es la mayor disponibilidad de precios de activos susceptibles de ser usados como instrumentos. Más aún, existe información implícita en los derivados que puede ser usada para mejorar la estrategia monetaria. Tal es el caso, en opciones valoradas con el modelo de Black y Scholes (1973), de la volatilidad implícita esperada por el mercado. De igual forma, de los volúmenes transados de opciones *put* y *call* es posible extraer información sobre las expectativas del mercado en términos del valor de los subyacentes. De esta manera, la política monetaria se enriquece con un panorama más claro sobre las expectativas del mercado (Vrolijk, 1997).

Un segundo impacto de los derivados en las estrategias de política se da en la discusión del instrumento monetario a utilizar. En el contexto de un rápido desarrollo de mercados derivados, se espera que la mayoría de choques provenga del sistema financiero. En tales circunstancias, Poole (1970), sugiere el uso del precio de un activo como instrumento (en vez de un agregado monetario) ¹⁰. Sin embargo, y teniendo en cuenta que la política monetaria opera en la parte corta de la curva a plazos de la tasa de interés, los derivados permiten que la mayor información que proveen al mercado se traduzca en una transmisión más veloz de los choques de la parte corta a la parte larga de la curva (Vrolijk, 1997 y Cottarelli y Kourelis, 1994) de tal forma que los cambios en la economía, independiente de si son reales o nominales, se traduzcan más velozmente a cambios en precios. Así, a medida que los instrumentos derivados se desarrollan y su aporte en información ayuda a los mercados a discernir con mayor facilidad qué choques son monetarios y cuales son reales, la decisión del instrumento monetario a usar se debe inclinar hacia la cantidad de dinero (Poole, 1970).

Por otra parte, la política asociada a la tasa de cambio se afecta aún más de cara al desarrollo de mercados derivados. En particular, las intervenciones esterilizadas para mantener un tipo de cambio fijo solo tienen efecto si los mercados domésticos e internacionales son sustitutos imperfectos. Sin embargo, un mercado financiero más profundo y sofisticado impide tal esterilización, haciendo imposible la coexistencia de un régimen de tasa de cambio fija y una política monetaria activa, en un contexto de libre movilidad de capitales.

¹⁰Más aún, la demanda de dinero se hace virtualmente imposible de estimar en presencia de múltiples instrumentos financieros. Por otra parte, ante la mayor sustituibilidad entre activos financieros y mayor liquidez provista por los derivados, hacen la definición de agregados extremadamente difusa (Savona y Macario, 1997), especialmente los amplios.

Finalmente, los Bancos Centrales pueden hacer uso de derivados para conducir su política monetaria. Por ejemplo, el uso de opciones sobre la tasa de cambio puede ayudar al BC a reducir la volatilidad en periodos de turbulencia (e.g., México y Colombia), o simplemente enviar señales de política a través de la devaluación implícita en los instrumentos.

4.2. Implicaciones sobre los Mecanismos de Transmisión Monetarios

Existen tres mecanismos de transmisión monetaria en la literatura: 1) Canal de tasa de interés, 2) canal crediticio, y 3) canal de tasa de cambio. Los dos primeros actúan domésticamente, mientras que el tercero impacta la política monetaria doméstica y foránea.

Los tres canales, a su vez, se manifiestan en diferentes formas. En el canal de tasa de interés se pueden distinguir los efectos sustitución, ingreso y riqueza. En el canal crediticio se observan, tanto el canal de crédito puro, como el efecto de hoja de balance. Por su parte, el canal de tasa de cambio se divide en los efectos sobre las exportaciones netas y sobre la paridad de tasas de interés. A continuación se describe cada uno.

4.2.1. Canal de Tasa de Interés

Un aumento en la tasa de interés genera un efecto de sustitución de ahorro por crédito en los agentes que buscan suavizar su consumo. En términos de decisiones de inversión a futuro, el efecto de un alza en los intereses es siempre negativo (aumenta el costo del capital) y de difícil cubrimiento. Sin embargo, podría existir la posibilidad de cubrir los impactos adversos del efecto sustitución (i.e. un agente podría generar un contrato en el cual se asegura la tasa de interés actual para futuras necesidades de fondeo). No obstante, esto se presenta más como una posibilidad teórica, pues en la práctica existen muchas variables desconocidas con respecto a las necesidades de crédito futuro (Vrolijk, 1997). Dadas esas incertidumbres y los costos de cubrimiento de este tipo de riesgos, los derivados sólo tienen un efecto marginal en reducir los efectos sustitución de subidas de la tasa de interés. La mayoría de los agentes se enfrentará entonces al mayor costo de capital de manera similar, con o sin derivados.

Por otra parte, se encuentra el efecto ingreso, que se da por el cambio en el ingreso o los flujos de caja asociados al cambio en la tasa de interés. El efecto que prima depende del perfil de tenencias de activos netos del agente en cuestión. Según Vrolijk (1997), en la posibilidad de cubrir el efecto ingreso de movimientos en la tasa de interés radica el mayor impacto, potencialmente, de los derivados sobre este canal de transmisión de la política monetaria.

Por su grado de aversión al riesgo, quienes compran este tipo de cobertura son aquellos agentes que tienen una propensión a consumir mayor que la de agentes no cubiertos, de manera que el impacto sobre variables reales de un cambio en la tasa de interés en presencia de derivados es sustancialmente menor. No obstante, el hecho que ya se ha mencionado con respecto a que los derivados permiten una transmisión más rápida de los choques, implica que los agentes no cubiertos se verán afectados con mayor prontitud. De esta forma, el efecto en términos reales de la disponibilidad de cobertura ante movimientos de la tasa de interés es ambiguo, dado que las fuerzas operan en sentido contrario.

Finalmente, los efectos riqueza se dan sobre el flujo descontado de ingresos futuros por dos vías, i.e., a través de la tasa de descuento o en los flujos de ingresos mismos.

Si bien la cobertura sobre tasas de interés es común, la cobertura sobre precios de activos ilíquidos como los hipotecarios no lo es tanto (Vrolijk, 1997). En su más reciente libro, Shiller (2003) sugiere que la cobertura contra tales choques debe provenir de la coordinación de flujos internacionales. En este sentido, el efecto riqueza tampoco es fácilmente evitado mediante el uso de derivados.

4.2.2. Canal Crediticio

El canal de crédito se compone a su vez de dos elementos, i.e., el efecto de crédito bancario y el efecto de hoja de balance ¹¹, y nace de fallas de información de los mercados, al igual que de costos en el cumplimiento de los contratos.

Como lo señala Vrolijk (1997), y teniendo en cuenta lo anterior, el efecto sobre el crédito bancario es especialmente fuerte si las firmas cuentan con los bancos como único medio de financiamiento. La política monetaria contractiva reduce las reservas bancarias y por esta vía, el crédito.

Las firmas grandes usualmente cuentan con acceso a mercados de capitales, ergo, el efecto de contracción al crédito no las impacta de manera tan fuerte. Sin embargo, las firmas pequeñas no cuentan con ese acceso y es específicamente para ellas que los mercados de derivados resultan de particular utilidad. En este sentido, los derivados disminuyen el impacto del canal crediticio de la política monetaria.

Por otra parte, el efecto de hoja de balance opera sobre el colateral de la firma, el cual disminuye ante incrementos en la tasa de interés. Por efecto de dicha caída, la firma se hace menos atractiva como sujeto de crédito. Vrolijk

¹¹Vrolijk resalta que Bernanke (1995) habla de la dificultad para distinguir entre los dos sub canales empíricamente.

(1997) señala que, contrario a lo que argumentan Bernanke y Gertler (1995), la innovación financiera, especialmente en derivados, permite a las firmas asegurar tasas de interés futuras y por esta vía mantener inalterado el valor del colateral, a pesar de enfrentar un mayor costo de capital al término de los contratos derivados. Por esta razón, la transmisión crediticia de la política monetaria se debilitaría igualmente.

4.2.3. Canal de Tasa de Cambio

Este canal se compone de dos partes, i.e., el efecto sobre exportaciones netas del país y el efecto sobre la paridad de tasa de interés.

La política monetaria afecta las exportaciones netas, primordialmente, a través de cambios en la tasa de cambio nominal. Sin embargo, existen instrumentos derivados para cubrir tales eventualidades, tanto para exportadores como importadores.

No obstante, cuando los cambios provienen de la tasa de cambio real, el cubrimiento es menos común. De esa forma, la política monetaria puede tener efectos reales a través de la tasa de cambio real, aunque este fenómeno sólo ocurre en el corto plazo.

El otro efecto, i.e., de paridad de tasa de interés, transmite, en palabras de Vrolijk (1997), "la política doméstica al exterior y la política exterior al interior". El efecto de los derivados acelera la transmisión, incrementa el arbitraje y agiliza los flujos de capital. En síntesis, la transmisión se hace más rápida, y el impacto real más temprano.

5. Hechos Estilizados del Mercado de Derivados en Colombia

A pesar de no tener un alto grado de desarrollo, el mercado de derivados colombiano ha mostrado una dinámica interesante en los últimos 5 años¹². Más aún, según el tipo de instrumento (i.e., de tasa de interés o de tasa de cambio), existen diferencias marcadas en términos del desarrollo dentro del mercado de derivados mismo.

El mercado menos desarrollado es el de tasa de interés local, el cual cuenta con pocos instrumentos. No existen, por ejemplo, los llamados "*forward rate agreements*", ni una gran cantidad de operaciones a futuro con títulos. Por otra parte, el mercado dispone de operaciones "simultáneas", o "*buy-sell backs*" que consisten en la venta "*spot*" de un título y su respectiva compra "*forward*", la cual, financieramente, equivale a una operación con pacto de

¹²Agradecemos a Ana Fernanda Maiguashca la elaboración de esta sección.

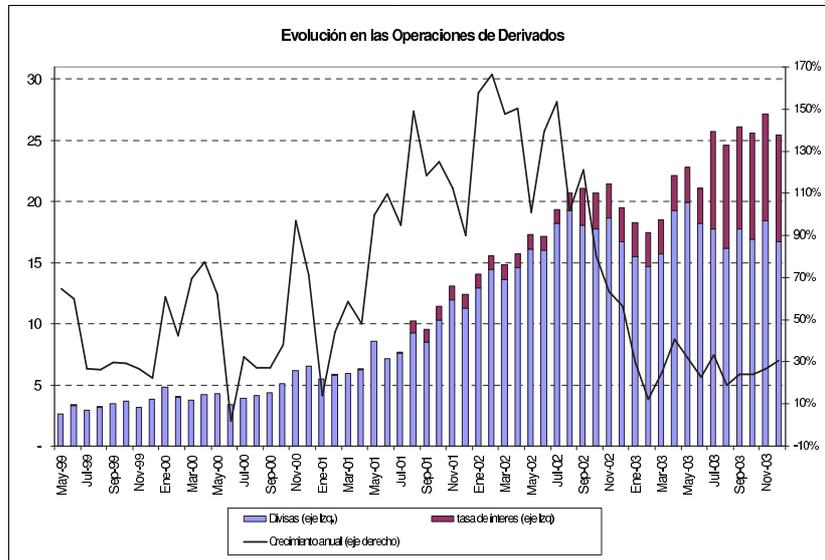
recompra (repo). El mercado de ese instrumento se ha venido desarrollando en los últimos años de la mano con el desarrollo del mercado de TES, los cuales son los principales subyacentes. Tomando el promedio mensual de negociaciones a través del Sistema Electrónico de Negociación del Banco de la República, éste pasó de \$3,3 billones en 2002 a \$6,5 billones en lo que va de 2004. Ahora bien, esta operación permite mantener posiciones a futuro en los títulos, pero también puede ser generada por las necesidades de liquidez de los agentes y no para generar una cierta exposición en el mercado de títulos.

Existen varias razones para la falta de desarrollo de este mercado, que se pueden resumir en la carencia de un entorno en el que el perfeccionamiento de este tipo de instrumentos sea viable y seguro. La ausencia de índices de referencia en el mercado de contado, la falta de liquidez y profundidad del mismo, así como los problemas en la regulación de los agentes del sistema financiero son algunos de los impedimentos al desarrollo de estos instrumentos. Actualmente, existen varios proyectos sobre los cuales se está avanzando para corregir los problemas de regulación existentes y para generar referencias líquidas en el mercado de contado de corto plazo que sirvan como índices subyacentes.

El mercado de derivados de tasa de cambio ha presentado una evolución bastante más favorable que el de tasa de interés local. El instrumento más líquido es el "forward" de tasa de cambio, que ha crecido notablemente en los últimos años, en particular a finales de la década de los 90 cuando se dieron ataques especulativos contra el régimen de banda cambiaria y finalmente se decidió dejar flotar la moneda. El monto promedio mensual transado en este mercado pasó de alrededor de US\$450 millones en 1997 a US\$2,770 millones en 2003. Así mismo, el plazo promedio ha aumentado, en ese mismo período, de 39 a 71 días. El mercado de futuros en bolsa existe y tiene movimiento, pero los volúmenes transados no son muy altos. El mercado de *swaps* y opciones, por su parte, existe ¹³, pero no es muy líquido y son instrumentos que se diseñan para las necesidades particulares de clientes especiales del sistema financiero y no vehículos por los que las entidades mantengan exposiciones o apuestas de manera sistemática.

¹³Este último en particular desde que el Banco de la República las utiliza como mecanismo de intervención.

Figura 1:



6. Ejercicios Empíricos

6.1. Metodología Empírica

La elección del modelo econométrico y su técnica de estimación responde a dos motivaciones. Primero, en la literatura internacional no se cuenta aún con un análisis del impacto de los mercados de derivados sobre los mecanismos de transmisión a nivel empresarial¹⁴. En ese sentido, una especificación del modelo a partir de datos de panel presenta no sólo una primera aproximación al problema desde una nueva perspectiva, sino que además permite usar una variable de decisión, en este caso la inversión, a nivel individual.

Segundo, debido a que la información constituye un panel desbalanceado, se utiliza toda la información disponible sin tener que eliminar datos o sacar firmas de la base para balancearla. Al tratar de obtener un panel balanceado con la información disponible se incurriría en sesgos de selección debido a que el conjunto de datos resultante probablemente estaría compuesto por firmas que, o bien tienen acceso irrestricto al sistema financiero doméstico o internacional, o cuentan con niveles de activos lo suficientemente altos como para suavizar los impactos contractivos de la política monetaria. Dicho sesgo de selección impide capturar las diferencias entre firmas que permiten la existencia del acelerador financiero.

¹⁴Fender (2000b) utiliza datos microeconómicos de la encuesta trimestral manufacturera de Estados Unidos, pero dado el tamaño de la muestra, las firmas se organizan en grupos dependiendo del monto de sus activos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el proceso de estimación se lleva a cabo con la metodología desarrollada por Biørn (1999a), a partir de la cual se obtiene el estimador de Mínimos Cuadrados Generalizados (G.L.S) de los parámetros de un modelo de ecuaciones simultáneas (o uniecuacional) aparentemente no relacionadas con el error, utilizando una especificación de efectos aleatorios individuales sobre el intercepto, bajo una estructura de datos de panel desbalanceado (ver Apéndice Econométrico B).

La especificación de efectos aleatorios individuales sobre el intercepto permite capturar la heterogeneidad de las empresas que conforman la muestra, explicada fundamentalmente por factores de tipo idiosincrático, tales como diferencias en su estructura organizacional, distintas posibilidades de acceso a los mercados crediticios y de capitales y, en general, eventos o circunstancias aleatorias (e.g. choque de productividad generado por la contratación de un gerente eficiente) inherentes a cada empresa, que se presentan por una sola vez durante el período de análisis y cuyos efectos generan una caracterización particular de cada firma. Adicionalmente, la teoría que adapta a una estructura de datos de panel no balanceado las pruebas sobre la presencia de efectos individuales tipo Breusch-Pagan (1980) y de selección entre efectos fijos o aleatorios tipo Hausmann y Taylor (1981), todavía no ha sido desarrollada en su totalidad.

6.2. Descripción de Variables y Datos

La base de datos utilizada en las estimaciones contiene datos de la Superintendencia de Valores y la Superintendencia de Sociedades. Ambas bases presentan información a diciembre y se cuenta con observaciones para más de 15.000 empresas desde el año de 1995 hasta el año 2003. Dado que la información no es homogénea en términos de los años que reporta cada firma (i.e. hay firmas que empiezan a reportar en años posteriores a 1995 o que dejan de reportar antes de finalizar la muestra tanto parcial como totalmente), se decidió utilizar un criterio de depuración arbitrario. Se tomaron sólo firmas que reportan información para todas las variables, como mínimo, durante cuatro años consecutivos a lo largo de la muestra. Lo anterior permite la obtención de 6 sub-paneles balanceados a partir de los cuales se generó la estimación global, con un total de 8.421 firmas y 49.862 observaciones.

Para estudiar el efecto de la política monetaria sobre las decisiones de inversión de las firmas en presencia de mercados de instrumentos derivados, se estima el modelo basado en la q de Tobin propuesto por Abel y Eberly (2002), en donde cada firma escoge su nivel de inversión a partir de las condiciones de primer orden de un modelo de optimización en el que eligen su stock de capital inicial para maximizar el valor presente esperado de sus

utilidades ¹⁵. En particular, la inversión óptima adopta la siguiente forma:

$$\frac{I_{i,t}}{K_{i,t}} = \alpha + \beta_1 q_{i,t} + \beta_2 \rho_{j,t} + \beta_3 r_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (6.1)$$

donde el subíndice i denota la i -ésima firma, j representa la industria a la que pertenece la firma y t es el momento en el tiempo. La inversión (I) se define como el cambio en propiedad planta y equipo, y K representa el valor de reposición del capital. Dicho valor de reposición se construye para cada firma utilizando el valor en libros del capital con la siguiente fórmula recursiva:

$$K_{i,t} = [K_{i,t-1}(1 - \delta_j) \frac{P_{k,t}}{P_{k,t-1}} + I_{i,t}], \quad (6.2)$$

en la cual el valor en libros de $K_{i,t-1}$ es utilizado para comenzar el procedimiento en el periodo t . La variable $P_{k,t}$ se define como el deflactor implícito de la inversión no residencial ¹⁶, mientras que δ_j representa la tasa de depreciación de la j -ésima industria ¹⁷.

Respecto a las variables independientes, $q_{i,t}$ corresponde a la "q de Tobin". Teóricamente, la q representa la relación entre el valor de mercado del capital y su valor en libros. No obstante, la valoración de los activos a precios de mercado es una tarea difícil y extensa, por lo cual no se cuenta con una serie que permita definir la q de Tobin de esta manera. Una alternativa para la medición de esta variable consiste en la utilización de una muestra con empresas para las cuales exista valoración en bolsa, como indicador del valor de mercado. Sin embargo, este enfoque incurre en un sesgo de selección dado el limitado número de firmas que actualmente cotizan en el mercado bursátil colombiano y teniendo en cuenta que éstas son generalmente firmas grandes, por lo cual son menos sensibles a movimientos en la política monetaria por el acceso que tienen a diferentes mecanismos de financiación.

De otro lado, la q también se define como el valor presente de los retornos marginales esperados del capital. Siguiendo a Abel y Eberly (2002), se puede mostrar que bajo el supuesto de una función de utilidad opera-

¹⁵La derivación del modelo, así como su fundamento teórico, se desarrolla en detalle en Abel, A.B. y J.C. Eberly (2002). "Investment and q with Fixed Costs: An Empirical Analysis".

¹⁶Se agradece a Gabriel Piraquive, del Departamento Nacional de Planeación, por el suministro de esta serie.

¹⁷Para el caso de la depreciación se cuenta con dos estimativos diferentes. Se tiene una tasa de 5% para depreciación de maquinaria y equipo y una de 6% para depreciación de capital agrícola. Por tanto, en la estimación se utilizó como tasa de depreciación 5% para el capital de todos los sectores existentes en la muestra, excepto los de Minería, Pesca y el sector Agropecuario, a los cuales se les aplicó una depreciación de 6% (cálculos y utilización de estas tasas de depreciación pueden encontrarse en: Barrios et. Al., 1993, Orozco, 1977, Harberguer, 1969 y Vásquez, 1998)

cional homogénea y lineal los retornos marginales y promedio son iguales, de tal forma que se puede calcular el valor de la q de Tobin utilizando el valor promedio de la utilidad operacional futura. Sin embargo, debido a la inexistencia de datos sobre retornos futuros, se usan los retornos promedio del pasado como *proxy*. En particular, se define la q como:

$$q_{i,t} = \frac{1}{2} \left[\frac{\pi_t}{K_t} + \frac{\pi_{t-1}}{K_{t-1}} \right], \quad (6.3)$$

donde $p_{i,t}$ representa la utilidad operacional de la firma i -ésima en el momento t , $\rho_{j,t}$ es el precio relativo del capital de la industria j , el cual se construye a partir de:

$$\rho_{j,t} = \frac{p_{k,t}}{PPI_{j,t}}, \quad (6.4)$$

donde $PPI_{j,t}$ es el índice de precios del productor de la industria j en el momento t , y r_t corresponde a la tasa de interés real que representa la variable de política bajo este enfoque.

Para efectos del presente trabajo, se llevan a cabo tres modificaciones al modelo original descrito. A continuación se justifican tales cambios.

6.2.1. Instrumento de política monetaria

Se utiliza el indicador de condiciones monetarias (ICM)¹⁸ como instrumento para capturar los efectos de política monetaria en todas sus dimensiones. Nótese que no se discrimina el efecto relativo a un canal de transmisión específico de la política; por el contrario, se intenta capturar el efecto de la política a través de todos y cada uno de sus canales de transmisión.

El (ICM) se define como la suma ponderada de cambios en la tasa de interés de corto plazo y la tasa de cambio, con respecto a los valores en un año base (1998 para Colombia). Así, este instrumento considera de forma conjunta los efectos de la tasa de cambio real y de la tasa de interés real sobre los mecanismos de transmisión, lo cual permite tomar decisiones de política más confiables respecto al grado de expansión o contracción de las condiciones monetarias y sus efectos sobre la demanda agregada.

De esta forma, no sólo se toma en cuenta el efecto que tiene la política monetaria vía tasa de interés, sino además, vía tasa de cambio. Esto con-

¹⁸El indicador de condiciones monetarias es calculado por Rocío Mora y se define como:

$$ICM_t^z = (r_{t-2} - r_{0-2}) + \frac{\hat{\beta}_q}{\hat{\beta}_r} (q_1 - q_0); \beta_r < 0 \quad (6.5)$$

En donde el ICM combina el efecto de la tasa de interés real rezagada dos periodos con el efecto relativo del cambio de la tasa de cambio real frente a un año base.

trasta con trabajos anteriores donde se usa como *proxy* de política la tasa de interés únicamente.

6.2.2. Variable \widehat{ICM}

Para capturar el efecto de los derivados se construye la variable \widehat{ICM} que permita identificar la significancia del efecto adicional de la política monetaria sobre la inversión, controlando por la existencia de un mercado de instrumentos derivados.

Para la construcción de esta variable se replica el ejercicio de estimación de los coeficientes asociados a la construcción del índice de condiciones monetarias original (ver Apéndice Econométrico A), incluyendo el monto notional de derivados del sector financiero como variable *proxy* de la profundización del mercado de derivados.

Debido a la no disponibilidad de datos sobre el monto de derivados contratados por cada firma, se acude al monto de derivados tomado por el sector financiero a nivel agregado. Si bien esta variable no representa la totalidad de los derivados que se transan en el mercado, refleja la tendencia del mismo en el tiempo. Igualmente, es importante anotar que la toma de derivados por parte del sistema financiero, genera "spill-overs" de cobertura a las firmas financiadas por éste, ya que esta financiación es menos volátil en cantidad y precio a la que se daría en ausencia de la cobertura. En este sentido, la *proxy* de derivados refleja dos dimensiones de la cobertura a través de estos instrumentos: 1) De forma directa, una aproximación a la tendencia de crecimiento del mercado de derivados colombiano y 2) Indirectamente, el efecto benéfico que tiene para las firmas que no tienen acceso a este tipo de instrumentos pero que se financian con el sistema financiero, en el sentido en que esta financiación es más estable y, probablemente, menos costosa.

Así, se estiman los nuevos valores de los coeficientes asociados a la tasa de interés y la tasa de cambio en la construcción del ICM, los cuales permiten capturar implícitamente el impacto del mercado de derivados. A partir de estos coeficientes se calcula de nuevo el índice de condiciones monetarias, de tal forma que la diferencia entre este nuevo índice y el original genera la variable que recoge el efecto propio de los derivados sobre las condiciones monetarias.

6.2.3. Variable dicótoma

Se incorpora una variable dicótoma que toma el valor de 1 en los años 1998 y 1999 que permite capturar el efecto de la crisis económica de estos años, la cual indudablemente tuvo repercusiones sustanciales sobre las decisiones y posibilidades de inversión de las firmas.

Cuadro 1:

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadística "t"
Intercepto	0.31980	0.02994	10.68
ICM(t-2)	-0.00191	0.00062	-3.07
ICMNET(t-2)	0.11912	0.00504	23.63
q de TOBIN	0.00006	0.00003	2.32
P RELAT	-0.10696	0.01406	-7.61
DUMMY	-0.09657	0.00587	-16.45

Así, el modelo estimado resulta de la siguiente forma:

$$\frac{I_{i,t}}{K_{i,t}} = \alpha + \beta_1 q_{i,t} + \beta_2 \rho_{j,t} + \beta_3 ICM_{t-2} + \beta_4 \widehat{ICM}_{t-2} + \beta_5 D_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (6.6)$$

donde ICM_{t-2} representa el índice de condiciones monetarias, rezagado dos períodos, \widehat{ICM}_{t-2} , es el efecto adicional sobre ICM causado por la inclusión de derivados y D_t es la variable dicótoma.

6.3. Resultados

Como puede observarse en los resultados presentados en el Cuadro 1, todas las variables muestran los signos esperados y son estadísticamente significativas al 95 %. Debido a que algunas de las variables utilizadas en la estimación se calculan a nivel de firma y otras son macroeconómicas (iguales para cada firma), se debe tener cuidado en la interpretación de los coeficientes. Por esta razón el análisis se centra en los signos y significancia de los coeficientes, a partir de los cuales se puede verificar la relación entre las variables que señala la teoría, lo cual constituye el interés principal del trabajo.

Como puede apreciarse, consistente con la teoría, la q de Tobin adopta un signo positivo y por tanto una relación directa con la inversión. Dado lo anterior, aumentos en la utilidad promedio generan incentivos para invertir, posiblemente al aumentar los flujos de ingresos esperados de las firmas. Los incrementos en la utilidad operacional (obtenida a partir del promedio de dos años consecutivos y como proporción del acervo de capital de la firma) reflejan en parte el aumento en el retorno al capital y sirven por tanto como indicadores de la rentabilidad de la inversión.

El signo del parámetro asociado al precio relativo del capital es negativo, lo cual indica una relación negativa con la inversión, tal como lo sugiere la teoría. El precio del capital es una medida de su costo, y la relación

encontrada refuerza la noción de una demanda por capital con pendiente negativa con respecto a su precio.

Adicionalmente, la variable dicótoma afecta negativamente a la inversión. De esta forma, se verifica el impacto de la crisis sobre el sector real de la economía, al mostrar que efectivamente la inversión se contrae en los periodos de recesión generalizada. La época de la crisis no solo afectó la inversión a través de los retornos para las firmas sino que además generó una fuerte contracción en los mercados de crédito, afectando la oferta de recursos por parte de los intermediarios financieros.

El ICM afecta de manera inversa a la variable de inversión en el modelo. Es decir, cuando la política monetaria se hace más laxa (ICM más negativo), los niveles de inversión aumentan. Intuitivamente, esto se da debido a que condiciones monetarias más flexibles permiten mayor liquidez, proporcionando un ambiente favorable tanto para la actividad productiva como crediticia.

Por último, se observa un signo positivo del coeficiente asociado al impacto de los derivados. Esta variable es la de mayor relevancia en el trabajo debido a que establece la significancia del efecto adicional que tiene la política monetaria sobre las decisiones de las firmas una vez se tiene en cuenta la presencia en el mercado de dichos instrumentos de cobertura. El signo positivo, contrario al del ICM, evidencia la pérdida de poder de la política monetaria para afectar el sector real de la economía al diluirse parcialmente los canales de transmisión. Este resultado es interesante por cuanto evidencia que en un mercado de capitales poco profundo y poco desarrollado como el colombiano, la completitud parcial del mismo logra afectar los canales tradicionales de la política monetaria.

Queda una reflexión importante con respecto a este resultado. Como se señaló anteriormente, Vrolijk (1997) considera que la no existencia de evidencia a favor de un impacto de los derivados en los canales de transmisión de la política monetaria inglesa, se debe a la madurez y aparente completitud de dicho mercado aún antes de la aparición de instrumentos de cobertura, lo que hace que su efecto marginal sea despreciable.

Para Colombia se observa lo contrario. El impacto significativo sobre los canales de transmisión tradicionales, luego de la aparición de mercados de instrumentos derivados, puede obedecer a que éstos permiten cubrimiento de cara a fricciones y fisuras inherentes a un sistema financiero poco desarrollado.

7. Conclusiones

La profundización de los mercados de derivados ha generado interrogantes sobre el impacto potencial que éstos podrían tener sobre los precios de los mercados tradicionales de bienes y capital, a través de las posibilidades de cubrimiento que brindan a los agentes. Por este motivo, los derivados diluyen los canales tradicionales de la política monetaria y en algunos casos, promueven una transmisión más rápida de los cambios que la política monetaria induce a corto plazo en los precios relativos.

Este trabajo estudia el efecto diluyente de los derivados sobre los canales de transmisión de la política monetaria colombiana, con una metodología que supera en cuatro aspectos el análisis de los trabajos anteriores. 1) Se usan datos a nivel de empresa, 2) Se estima un modelo de inversión resultante de un problema de optimización de una firma maximizadora de beneficios, 3) Se usa una técnica de estimación del modelo econométrico basado en datos panel desbalanceados, por medio de Mínimos Cuadrados Generalizados y 4) Se usa como indicador de estado de la política monetaria el índice de condiciones monetarias (ICM) construido por el Banco de la República.

Los resultados coinciden con la predicción de la teoría. Adicionalmente, se aporta evidencia que indica la pérdida de poder de la política monetaria para afectar el sector real de la economía colombiana a corto plazo, al diluirse parcialmente los canales de transmisión por cuenta de la existencia de un mercado de instrumentos derivados. Lo anterior ocurre a pesar de la poca profundidad y desarrollo del mercado de capitales en general.

Vrolijk (1997) da luces que explican este fenómeno, a partir del caso británico. Si bien el profundo desarrollo del mercado financiero británico ha hecho que la aparición de instrumentos derivados sólo aporte marginalmente a su completitud, en el caso colombiano ofrece la evidencia contraria: el poco desarrollo del mercado financiero hace que la aparición de instrumentos de cobertura aporten en gran medida a la completitud del mercado.

No obstante, los resultados de este trabajo deben leerse con cautela. Si bien existe evidencia que indica el posible debilitamiento de los canales de transmisión monetarios en el caso colombiano, es importante estimar en qué medida se ha acelerado el mecanismo de transmisión. Esta es una pregunta que se deja como recomendación de política, para futura investigación.

Referencias

- Andrew B. y J.C. Eberly (2002). Investment and q with Fixed Costs: An Empirical Analysis.
- Baltagi, B. H. (1995). *Econometric Analysis of Panel Data*. Wiley & Sons, England. Primera Edición, pp. 149-158.
- Barrios A., Henao M. L., Posada C. E., Valderrama F. y D. Vásquez (1993). Empleo y Capital en Colombia: Nuevas Estimaciones (1950-1992). Archivos de Macroeconomía No 15, Unidad de Análisis Macroeconómico. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Colombia. Septiembre.
- Bernanke, B. y A.H. Blinder (1992). The Federal Funds Rate and the Channels of Monetary Transmission. *American Economic Review* 82, pp. 901-921.
- Bernanke, B. y M. Gertler (1995). Inside the Black Box: The Credit Channel of Monetary Transmission. *Journal of Economic Perspectives* 9 (4), pp. 27-48.
- Bernanke, B., M. Gertler y S. Gilchrist (1996). The Financial Accelerator and the Flight to Quality. *Review of Economics and Statistics*, vol. 78, pp. 27-48.
- Bernanke, B., M. Gertler y S. Gilchrist (1998). The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. NBER Working Paper No 6455, Cambridge, MA.
- Biørn, E. (1999a). Estimating Regression System From Unbalanced Panel Data: A Stepwise Maximum Likelihood Procedure. Memorandum No 20/99 Department of Economics University of Oslo. El documento original puede ser obtenido en versión pdf en la siguiente dirección <http://www.oekonomi.uio.no/memo/memopdf/memo2099.pdf>
- Biørn, E. (1999b). Random Coefficients in Regression Equation Systems: The Case with Unbalanced Panel Data. Memorandum No 27/99 Department of Economics University of Oslo. El documento original puede ser obtenido en versión pdf en la siguiente dirección <http://www.oekonomi.uio.no/memo/memopdf/memo2799.pdf>
- Black, F. y M. Scholes (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, vol. 81, pp. 637-654.
- Breusch, T.S., y A.R. Pagan (1980) The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specifications in *Econometrics Review in Economics Studies*, 47, pp. 239-253

- Fender, I. (2000a). Corporate Hedging: The Impact of Financial Derivatives on the Broad Credit Channel of Monetary Policy. BIS Working Paper No 94, Basel.
- Fender, I. (2000b). The Impact of Corporate Risk Management on Monetary Policy Transmission: Some Empirical Evidence. BIS Working Paper No 95, Basel.
- root, K. A., D.S. Scharfstein y J.C. Stein (1993). Risk Management: Coordinating Corporate Investment and Financing Policies. *Journal of Finance* 48, pp. 1629-1658.
- Gertler, M. y S. Gilchrist (1994). Monetary Policy, Business Cycles, and the Behaviour of Small Manufacturing Firms. *Quarterly Journal of Economics*, pp. 309-340.
- Harberguer, A. (1969). La tasa de rendimiento del capital en Colombia. *Revista Planeación y Desarrollo*, Vol I (3), DNP.
- Hausman, J.A. y W.E. Taylor (1981). Panel Data and Unobservable Individual Effects, *Econometrika*, 49, pp. 1377-1398.
- Mora, R. (2000). El Índice de Condiciones Monetarias en Colombia. Borradores de Economía, Banco de la República, No 158.
- Oliner, S.D., y G.D. Rudebusch (1996). Is There a Broad Credit Channel for Monetary Policy? *Federal Reserve Bank of San Francisco, Economic Review* 1996(1), pp. 3-13.
- Orozco, R. (1977). Sources of agricultural Production and Productivity in Colombia Agriculture. Ph.D dissertation, Oklahoma State University.
- Poole, W. (1970). Optimal Choice of Monetary Policy Instruments in a Simple Stochastic Macro Model. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 84(2), pp. 197-216.
- Romer, C. y D. Romer (1990). New Evidence on the Monetary Transmisión Mechanism. *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 149-213.
- Shiller, R.J. (2003). *The New Financial Order: Risk in the 21st Century*. Princeton University Press, 2003.
- Sims, C.A. (1992). Interpreting the Macroeconomic Time Series Facts. *European Economic Review* 36, pp. 975-1011.
- Von Hagen, J. y I. Fender (1998): Central Bank Policy in a More Perfect Financial System. *Open Economies Reviews* 9, pp.493-531.
- Vásquez, D. (1998). Estimaciones de empleo y capital en los sectores de bienes transables y no transables 1950-1995. Mimeo, Banco de la República.

Vrolijk, Coenraad (1997). Derivatives Effect on Monetary Policy Transmission. IMF Working Paper WP/97/121, International Monetary Fund, Washington DC.

Apéndice Econométrico A.

Estimación de los coeficientes asociados al ICM.

I. Cálculo de los coeficientes tradicionales asociados al ICM:

Variable dependiente: GAP Método: Mínimos Cuadrados
 Fecha: 12 - 06 - 04 Hora: 14:54 Muestra: 1993:4 2003:4
 Observaciones Incluidas: 41

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadística "t"	Nivel de significancia
C	0.919	0.3110	2.9542	0.01
GAP1	1.029	0.0601	17.1289	0.00
TIR1	-0.126	0.0387	-3.2423	0.00
TCR7	0.030	0.0129	2.3233	0.03
R-cuadrado	0.906	Media de la var. Dep.	-1.79	
R cuadrado ajustado	0.898	Desv. Est. De la var dep	2.94	
Error est. de la regresion	0.939	Criterio de inf de Akaike	2.80	
Suma de cuad. Resid.	32.601	Criterio de inf de Schwarz	2.97	
Log de Verosimilitud	-53.477	Estadística F	118.27	
Estad. Durbin-Watson	2.478	Nivel de signif de la est F	0.0000	

A partir del cuadro se obtienen los estimadores de los coeficientes $\beta_r = -0,125$ y $\beta_q = 0,029$, con lo cual se genera un índice de condiciones monetarias de la forma;

$$ICM_t^z = (r_{t-2} - r_{0-2}) - \frac{0,029}{0,125}(q_t - q_0) \quad (A-1)$$

II. Cálculo de los coeficientes asociados al ICM incluyendo el mercado de derivados:

Variable dependiente: GAP Método: Mínimos Cuadrados
 Fecha: 09 - 27 - 04 Hora: 16:50 Muestra(ajustada): 1998:3 2003:4
 Observaciones Incluidas: 22 después de ajuste

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadística "t"	Nivel de significancia
C	-1.4979	0.6317	-2.3712	0.030
GAP1	0.6347	0.0861	7.3723	0.000
TIR2	-0.0943	0.0446	-2.1136	0.050
TCR7	0.0160	0.0122	1.3046	0.209
DERTOT1	0.0486	0.0271	1.7944	0.091
R-cuadrado	0.8862	Media de la var. Dep.	-4.0405	
R cuadrado ajustado	0.8594	Desv. Est. De la var dep	1.7576	
Error est. de la regresion	0.6590	Criterio de inf de Akaike	2.2006	
Suma de cuad. Resid.	7.3836	Criterio de inf de Schwarz	2.4486	
Log de Verosimilitud	-19.2070	Estadística F	33.089	
Estad. Durbin-Watson	2.7663	Nivel de signif de la est F	0.0000	

A partir del cuadro se obtienen los estimadores de los coeficientes $\beta_r =$

$-0,094$ y $\beta_q = 0,016$, con lo cual se genera un índice de condiciones monetarias de la forma;

$$ICM_t^z = (r_{t-2} - r_{0-2}) - \frac{0,016}{0,094}(q_t - q_0) \quad (\text{A-2})$$

Apéndice Econométrico B.

Estimación G.L.S a partir de una estructura de datos de panel des balanceado, con efectos aleatorios sobre el intercepto.

El modelo econométrico de una sola ecuación utilizado en este documento constituye un caso particular del sistema "g" de ecuaciones simultáneas tipo "SUR" considerado originalmente por Biørn (1999a).

Dado lo anterior, el proceso de estimación se lleva a cabo con base en una estructura de información conformada por "N" firmas o individuos indexados por $i = 1, 2, \dots, N$. Cada individuo "i" es observado al menos una vez y como máximo "P" períodos, por tanto, "NP" denota el número de firmas observadas en "P" períodos con $P = 1, 2, \dots, P$, no necesariamente consecutivos ni los mismos períodos. Se define a "n" como el número total de observaciones, de tal forma que $N = \sum_{p=1}^P N_p$ y $n = \sum_{p=1}^P N_p P$. El número acumulado de firmas observadas hasta p veces es $M_p = N_1 + N_2 + \dots + N_p$ y por tanto $M_1 = N_1, M_2 = N_2$ y $M_p = N$. A partir de lo anterior se definen los siguientes subconjuntos de firmas observadas hasta P veces denotados por I_p , de tal forma que $I_1 = [1, 2, \dots, M_1], I_2 = [1, 2, \dots, M_2], \dots, I_p = [1, 2, \dots, M_p]$. I_1 corresponde a un corte transversal $I_1 \in I_2, I_3, \dots, I_p$ constituyen sub-paneles balanceados con $2, 3, \dots, P$ observaciones de cada individuo respectivamente ¹⁹.

Teniendo en cuenta la estructura descrita de la información es posible formular la t -ésima ecuación muestral para la i -ésima firma teniendo en cuenta H variables explicativas, incluido el intercepto de la siguiente forma:

$$y_{it} = x_{it}\beta + \alpha_i + u_{it} \quad (\text{B-1})$$

con $i \in I_p, t = 1, 2, \dots, p, p = 1, 2, \dots, P$ y y_{it} constituye la variable dependiente (aleatoria) y x_{it} es un vector ($1 \times H$) no estocástico que contiene la t -ésima observación de cada una de las variables explicativas para la i -ésima firma incluido un 1 para el intercepto. El efecto latente (aleatorio no observado) específico a cada individuo corresponde a α_i y u_{it} el término de perturbación estocástica que explica los cambios en y_{it} que no provienen de variaciones en las variables contenidas en x_{it} . β es el vector ($H \times 1$) de parámetros por estimar asociados a las variables explicativas, incluido el intercepto, dichos parámetros son comunes entre firmas.

Los supuestos fundamentales acerca de las condiciones de ortogonalidad de las componentes estocásticas del modelo son:

$$E[\alpha_i] = 0, \quad E[\alpha_i, \alpha'_s] = \delta_{ij}, \quad E[u_{it}] = 0, \quad E[u_{it}, u_{js}] = \delta_{ij} \delta_{ts} \sum_u$$

¹⁹En el caso de una muestra con estructura de datos de panel balanceado, por ejemplo con P observaciones, se tiene un solo subconjunto I_p no vacío.

con δ 's son los respectivos delta Kroneckers, se supone que x_{it} , α_i y U_{it} son no correlacionados. En el caso de un modelo de una sola ecuación las matrices \sum_{α} y \sum_u corresponden a los escalares σ_{α} y σ_u respectivamente. La perturbación estocástica compuesta se define a partir de $\epsilon_{it} = \alpha_i + u_{it}$ con

$$E[\epsilon_{it}] = 0, \quad E[\epsilon_{it}, \epsilon_{js}] = 0$$

La media individual específica de las ϵ 's para el individuo i se definen a partir de:

$$\bar{\epsilon}_i = \begin{cases} \epsilon & \text{para } i \in I_1, \\ 1/2 \sum_{t=1}^2 \epsilon_{it} & \text{para } i \in I_2 \\ \vdots \\ 1/p \sum_{t=1}^p \epsilon_{it} & \text{para } i \in I_p \end{cases}$$

La media global es:

$$\bar{\epsilon} = \sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} \sum_{t=1}^p \epsilon_{it} = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} p \bar{\epsilon}_i.$$

Las matrices de varianza covarianza de las componentes de error del modelo quedan definidas por:

$$\sum_u = \frac{W_{\epsilon\epsilon}}{n - N}, \quad \sum_{\alpha} = \frac{B_{\epsilon\epsilon} - \frac{N-1}{n-N} W_{\epsilon\epsilon}}{n - \frac{\sum_{p=1}^P N_p p^2}{n}}$$

donde $W_{\epsilon\epsilon} = \sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} \sum_{t=1}^p (\epsilon_{it} - \bar{\epsilon}_i)(\epsilon_{it} - \bar{\epsilon}_i)'$, $B_{\epsilon\epsilon} = \sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} (\epsilon_i - \bar{\epsilon})(\epsilon_i - \bar{\epsilon})'$ Que constituyen las co-variaciones al interior de cada individuo y entre individuos respectivamente, siendo $T_{\epsilon\epsilon} = W_{\epsilon\epsilon} + B_{\epsilon\epsilon}$ la variación total.

Las mismas categorías de variación y covariación se obtienen para los sub paneles balanceados observados hasta p veces para obtener los estimadores:

$$\begin{aligned} \sum_{u(p)} &= \frac{W_{\epsilon\epsilon}}{N_p(p-1)} \\ \widehat{\sum}_{\alpha(p)} &= \frac{1}{p} \left(\frac{B_{\epsilon\epsilon(p)}}{N_p - 1} - \frac{W_{\epsilon\epsilon(p)}}{N_p(p-1)} \right) \\ \widehat{\sum}_{(p)} &= \widehat{\sum}_{u(p)} + \widehat{\sum}_{\alpha(p)} = \frac{B_{\epsilon\epsilon}}{N_p - 1} \end{aligned}$$

Para llevar a cabo la estimación G.L.S por grupos, la cual constituye la base fundamental de la estimación G.L.S agregada se definen los siguientes arreglos matriciales:

$$Y_{i(p)} = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ \vdots \\ y_{ip} \end{bmatrix} \quad X_{i(p)} = \begin{bmatrix} X_{i1} \\ \vdots \\ X_{ip} \end{bmatrix} \quad \epsilon_{i(p)} = \begin{bmatrix} \epsilon_{i1} \\ \vdots \\ \epsilon_{ip} \end{bmatrix}$$

para $i \in I_p$, $p = 1, 2, \dots, P$.

Donde por ejemplo, $X_{i(p)} = [x_{i1}, \dots, x_{iH}]$ es un vector $(1 \times H)$ que contiene la primera observación de cada una de las H variables explicativas.

En notación matricial compacta para el conjunto de observaciones, el modelo para el individuo se puede re escribir de la siguiente forma:

$$Y_{i(p)} = X_{i(p)}\beta + (e_p \otimes \alpha_i) = X_{i(p)}\beta + \epsilon_{i(p)}$$

donde e_p es un vector $(p \times 1)$ de unos. Para la ecuación anterior se supone:

$$E[\epsilon_{i(p)}] = 0, \quad E[\epsilon_{i(p)}\epsilon'_{i(p)}] = I_p \otimes \sum_u + E_p \otimes \sum_\alpha = \Omega_{\epsilon(p)}$$

con I_p una matriz p dimensional identidad, $E_p = e_p e'_p$ una matriz $(p \times p)$ con todos sus elementos iguales a uno y $\Omega_{\epsilon(p)}$ la matriz $(p \times p)$ de varianza covarianza del término de error compuesto que puede re-escribirse como:

$$\Omega_{\epsilon(p)} = B_p \otimes \sum_u^{-1} + A_p \otimes (\sum_u + p \sum_\alpha)^{-1}$$

Donde $A_p = (1/p)E_p$ y $B_p = I_p - (1/p)E_p$ son matrices simétricas, idempotentes y con columnas ortogonales.

Teniendo en cuenta que $\Omega_{\epsilon(p)}$ no constituye una matriz Identidad escalar, el estimador tipo *Aiken* de Mínimos Cuadrados Generalizados en dos etapas para β que utiliza todo el conjunto de información conformado por los subgrupos se define por medio de:

$$\hat{\beta}_{GLS} = \left(\sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \Omega_{\epsilon(p)}^{-1} X_{i(p)} \right)^{-1} \left(\sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \Omega_{\epsilon(p)}^{-1} Y_{i(p)} \right)$$

Teniendo en cuenta que

$$\Omega_{\epsilon(p)}^{-1} = \left(B_p \otimes \sum_u^{-1} \right) + \left(A_p \otimes (\sum_u + p \sum_\alpha) \right) = \left(B_p \otimes \sum_u^{-1} \right) + \left(A_p \otimes \sum_{(p)} \right)$$

$\hat{\beta}_{GLS}$ puede re-escribirse de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\widehat{\beta}_{GLS} &= \left(\sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \left(B_p \otimes \sum_u^{-1} \right) X_{i(p)} + \sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \left(A_p \otimes \sum_{(p)}^{-1} \right) X_{i(p)} \right)^{-1} \\ &\quad \times \left(\sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \left(B_p \otimes \sum_u^{-1} \right) Y_{i(p)} + \sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \left(A_p \otimes \sum_{(p)}^{-1} \right) Y_{i(p)} \right)\end{aligned}$$

El estimador de la matriz de varianza covarianza del vector de parámetros estimados $\widehat{\beta}_{GLS}$ es:

$$\begin{aligned}V(\widehat{\beta}_{GLS}) &= \left(\sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \Omega_{\epsilon i(p)}^{-1} X_{i(p)} \right)^{-1} \\ &= \left(\sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \left(B_p \otimes \sum_u^{-1} \right) X_{i(p)} + \sum_{p=1}^P \sum_{i \in I_p} X'_{i(p)} \left(A_p \otimes \sum_u^{-1} \right) X_{i(p)} \right)\end{aligned}$$

Los estimadores de $\widehat{\sum}_u^{-1}$, $\widehat{\sum}_{(p)}^{-1}$, $(\widehat{\beta}_{GLS})$ y $V(\widehat{\beta}_{GLS})$ se obtienen a partir del siguiente algoritmo:

1. Obtener la estimación consistente de los primeros residuales $\epsilon_{it} = Y_{it} - X_{it}\widehat{\beta}_{GLS}$, con $\widehat{\beta}_{GLS}$ obtenido a partir de una regresión con todas las observaciones de Y_{it} y X_{it} .
2. Sustituir ϵ_{it} por $\widehat{\epsilon}_{it}$ y obtener los estimadores $\widehat{W}_{\widehat{\epsilon}\widehat{\epsilon}}$ y $\widehat{\beta}_{\widehat{\epsilon}\widehat{\epsilon}}$.
3. Sustituir $W_{\epsilon\epsilon}$ y $\beta_{\epsilon\epsilon}$ por $\widehat{W}_{\widehat{\epsilon}\widehat{\epsilon}}$ y $\widehat{\beta}_{\widehat{\epsilon}\widehat{\epsilon}}$ y obtener los estimadores $\widehat{\sum}_u^{-1}$, $\widehat{\sum}_\alpha^{-1}$ y $\widehat{\sum}_{(p)}^{-1}$ de las matrices \sum_u^{-1} , \sum_α^{-1} y $\sum_{(p)}^{-1}$.
4. Sustituir \sum_u^{-1} , \sum_α^{-1} y $\sum_{(p)}^{-1}$ por $\widehat{\sum}_u^{-1}$, $\widehat{\sum}_\alpha^{-1}$ y $\widehat{\sum}_{(p)}^{-1}$ y obtener $\widehat{\beta}_{GLS}$ y $V(\widehat{\beta}_{GLS})$.