

Evaluación de Reglas de Tasa de Interés en un Modelo de Economía Pequeña y Abierta.*

Julián Pérez Amaya
Universidad de los Andes

3 de agosto de 2005

Resumen

Empleando un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para una economía pequeña y abierta con imperfecciones y rigideces en el sector no transable calibrado para Colombia, se estudia la conveniencia de que la autoridad monetaria fije como medida de inflación objetivo en su función de reacción la inflación total, la inflación doméstica o la inflación externa, en un contexto en el cual la fuente de las fluctuaciones proviene del sector externo y de choques en la productividad en cada uno de los sectores. Dada la existencia de una curva de Phillips aumentada por expectativas en el sector no transable, la política monetaria implica un *trade-off* entre la incertidumbre sobre la inflación y la variabilidad del producto. Se encuentra que este *trade-off* varía de acuerdo a la medida de inflación incluida en la función de reacción de la autoridad monetaria. Además, se encuentran los siguientes resultados: Una regla de tasa de interés que responde a la inflación no transable, es la más efectiva en reducir la variabilidad del producto, al costo de tener una inflación total más volátil que en los otros dos regímenes estudiados. En el caso de tener un régimen que responde a la inflación transable se genera más volatilidad en el producto con un nivel de volatilidad medio en la inflación. La política más efectiva para reducir la variabilidad de la inflación total, es aquella en que el banco central responde a la inflación total. Dado que este régimen genera una volatilidad media en el producto, puede ser considerado como el mejor régimen en términos de minimización de la variabilidad del producto y de la inflación total.

Código JEL: E31; E32; E52; F41

Palabras Clave: Inflación Objetivo; Economía Pequeña y Abierta; Modelos de Equilibrio General Estocástico y Dinámico; Colombia.

*Tesis para obtener el título de maestría en economía. El autor quiere agradecer a su asesor Franz Hamann, a Jesús Bejarano, Paulina Restrepo y Diego Rodríguez por sus valiosos comentarios y aportes.

1. Introducción

Los arreglos institucionales consignados en la Constitución de 1991 asignaron al Banco de la República como objetivo primordial guardar el poder adquisitivo del peso. Se consideró como la mejor manera de cumplir este objetivo encaminar la política monetaria hacia el objetivo del cumplimiento de una meta de inflación, con la consideración de otras variables objetivo que no sesgaran la política únicamente a objetivos nominales. Particularmente objetivos como el producto y variables externas como la tasa de cambio real.

Determinadas las variables objetivo de la política monetaria el paso lógico a seguir fue la escogencia de los instrumentos acordes para conseguir dichos objetivos. La política monetaria colombiana hasta el año 1999 utilizó como principal instrumento el seguimiento de los agregados monetarios. Sin embargo, cambios estructurales en el comportamiento de la demanda de dinero, como el acelerado ritmo de innovación financiera, hicieron del seguimiento de los agregados monetarios un instrumento poco robusto. Este hecho obligó a una redirección de la política monetaria. En efecto, se debía buscar un nuevo marco de política monetaria que sustituyera el régimen cambiario como el ancla nominal para la política monetaria. Tal como lo señala Bernanke-Mishkin (1997,[4]) muchos países ante el fracaso de sus regímenes cambiarios, tomaron como nuevo marco de política monetaria la *inflación objetivo*. Entre estos países se encuentra Colombia.

En el marco de política de *inflación objetivo*, la autoridad monetaria define como principal instrumento de política la tasa de interés de corto plazo. La adopción de la tasa de interés de corto plazo como principal instrumento monetario ha llevado al banco central a reorientar todos sus modelos para poder estudiar los mecanismos por los cuales la tasa de interés de corto plazo afecta las variables objetivo de la política (i.e inflación, producto). De la misma manera, se ha tenido que centrar en la manera más adecuada de incorporar a sus modelos la dinámica del instrumento monetario, es decir el modelaje de reglas explícitas (reglas de tasa de interés *a la Taylor*) en la que la tasa de interés de corto plazo pueda responder a los cambios de las variables que la autoridad monetaria considera como objetivos.

Una pregunta fundamental para el caso de las economías emergentes, como Colombia, tiene que ver con la forma como la autoridad monetaria debe responder ante movimientos en la inflación que provienen de choques externos. Calvo y Reinhart (2000,[6]) argumentan que en las economías emergentes, choques a la tasa de cambio se transmiten mucho más rápido al nivel general de precios, que en las economías industrializadas.¹ La evidencia empírica en Choudri y Hakura (2002) y Devereux and Yetman (2003) sustenta esta idea.

Un ejemplo concreto de cómo los choques externos afectan la inflación en Colombia, ocurrió entre el segundo semestre del 2002 y el primer semestre del 2003. En este período la depreciación nominal (30 %), causada principalmente por choques externos, afectó posteriormente la inflación² y

¹Este hecho puede inducir “Fear of Floating” en el Banco Central.

²La inflación de bienes transables pasó del 5 % a cerca del 10 % en un lapso de un año.

otras variables macroeconómicas, obligando al Banco Central a “responder” para alinear la inflación esperada con la meta. El aumento de la prima de riesgo colombiana (causada principalmente por la incertidumbre política en Brasil y el control de cambios en Venezuela) y la consecuente depreciación nominal constituyen un primer ejemplo claro de cómo choques externos se transmiten con relativa facilidad a la inflación. Otro episodio que sirve de ejemplo está relacionado con la corrección de la depreciación de finales del 2003 y la profundización de la apreciación nominal y real desde el segundo semestre del 2004 hasta la fecha. Colombia, al igual que la mayoría de las economías del mundo, ha vivido un proceso de apreciación nominal y real del peso en los últimos 2 años. De igual forma, la inflación proyectada ha descendido a tasas históricamente bajas. En cualquiera de los dos casos, el traspaso de los movimientos en la tasa de cambio a los precios, inducidos por factores externos, genera preguntas acerca de la naturaleza de la respuesta de la política monetaria.

Como el Banco de la República conduce la política monetaria bajo un esquema de *inflación objetivo*, un proceso de apreciación nominal que se transmite al IPC, induce al Banco a reducir las tasas de interés más de lo que lo haría en condiciones “normales”. Se entiende por condiciones normales aquellas que determinan la inflación en una economía cerrada, es decir las condiciones dadas por la demanda interna. Por el contrario, una mala pasada inducida por una depreciación nominal, puede inducir al Banco Central a subir tasas. Mover excesivamente la tasa de interés nominal de corto plazo es claramente indeseable desde el punto de vista de la autoridad monetaria. Más aún, muchas veces, el ajuste de tasas debe ser lo suficientemente fuerte para inducir a los inversionistas a “traer” o a “sacar” sus capitales del país.³

Dadas estas particularidades surgen dos inquietudes: ¿Cómo debe conducirse la política monetaria en las economías emergentes para ajustar los choques externos? Y ¿Qué tan importante es el ajuste de la tasa de cambio (nominal o real) como parte de esta regla de política?

En años recientes ha habido una vasta literatura sobre reglas de política monetaria⁴. Por ejemplo, Woodford (2003, [24]), en su libro de texto, emplea reglas simples de la forma⁵:

$$i_t = a(\pi_t - \bar{\pi}) + b(y_t - \bar{y}) + ci_{t-1}$$

en el contexto de modelos de equilibrio, y emplea como objetivo de política la minimización de una función de pérdida que depende de la volatilidad de la economía. Woodford encuentra que no existe mucha diferencia con procedimientos más sofisticados que optimizan sobre un conjunto de reglas de política. Los resultados de Williams (2003, [23]) soportan esta idea. Él emplea el FRB/US, el modelo oficial del Fed para política monetaria, para estudiar el impacto de reglas simples de suavización de tasas. Encuentra que estas reglas son casi tan buenas como las reglas óptimas. La

³Este puede ser una razón por la cual los Bancos Centrales típicamente emplean otros “instrumentos más efectivos” para mitigar los movimientos en la tasa de cambio nominal.

⁴Buena parte de esta literatura está condensada el libro “Monetary Policy Rules” de John B. Taylor (1999, [22])

⁵ i_t es la tasa de interés de corto plazo, π_t es la inflación, y_t es el producto total. Las variables con barras denotan, en el caso de la inflación la meta de inflación y en el caso del producto, el producto potencial. a, b, c son parámetros que describen la reacción del instrumento a variaciones en las diferentes variables.

conclusión general de esta literatura sobre reglas de política monetaria en economías cerradas es que la mejor regla de suavización de tasas es muy cercana a la regla óptima.

Es apenas natural preguntarse si los resultados anteriores se extienden al caso de economías abiertas. Ball (1999) estudia⁶ cómo cambian las reglas óptimas en un modelo semi-estructural adaptado al caso de una economía abierta.⁷ Evaluando la volatilidad de las principales variables macroeconómicas encuentra que las políticas óptimas no cambian mucho. En economías abiertas, las metas de inflación y las reglas de Taylor son sub-óptimas a menos que sean adaptadas para tener en cuenta que la política monetaria afecta la economía no sólo a través de los canales tradicionales de tasas de interés sino también a través de la tasa de cambio. Ball encuentra que la regla óptima debe: primero, utilizar como instrumento un Índice de Condiciones Monetarias (ICM); segundo, emplear una medida de “inflación de largo plazo”. Ésta última entendida como la inflación descontada del efecto de choques temporales a la tasa de cambio.

Svensson (2000, [21]) desconoce la idea de un ICM como instrumento de política, y se mantiene en el empleo de la tasa de interés nominal como instrumento. Él apela a los resultados en economías cerradas. En éstas, la regla de política depende de *cualquier cosa que afecte el pronóstico condicional de la inflación*. Como una economía abierta es afectada por choques externos (inflación y tasas externas, producción mundial, entre otros) éstos afectan el pronóstico de la inflación y por lo tanto se debe emplear toda la información relevante para ajustar el instrumento de tal forma que la inflación llegue a la meta. En su modelo se enfatizan tres aspectos importantes de la tasa de cambio: primero, la tasa de cambio es un canal adicional para la transmisión de la política monetaria (igual que en Ball); segundo, la tasa de cambio, como el precio de un activo, contiene información acerca del futuro y es una variable fundamentalmente determinada por expectativas; y por último, los choques externos se transmiten a través de la tasa de cambio.

Empleando este modelo Svensson evalúa las implicaciones de reglas de inflación doméstica (RID) versus reglas de inflación total (RIT) y las implicaciones de adoptar un régimen de *inflación objetivo* estricto versus *inflación objetivo* flexible⁸, las características de la política monetaria óptima, en particular la respuesta a la tasa de cambio.

Los resultados muestran que la RIT en un ambiente de *inflación objetivo* estricto (El producto no es una variable objetivo del Banco Central) implica que la autoridad monetaria debe responder ajustando la tasa de interés muy fuertemente para poder actuar sobre el canal directo de la tasa de cambio a horizontes cortos. Esto resulta en una excesiva variabilidad de la tasa de cambio real. Por el contrario, en un esquema de *inflación objetivo* flexible (el producto es una variable objetivo del BC) la respuesta a la RIT ayuda a estabilizar la inflación a horizontes más largos al igual que la tasa de cambio real y el resto de variables reales. Adicionalmente, dos resultados novedosos son:

⁶Ver el trabajo de Ball en el capítulo XX del libro de Taylor (1999).

⁷Esto es, la curva IS depende de la tasa de depreciación real y la curva de Phillips depende de la depreciación nominal, a través de los bienes importados.

⁸Un esquema de *inflación objetivo* estricto se refiere a que la autoridad monetaria sólo tiene como objetivo la inflación, mientras que el flexible incorpora también la brecha del producto.

primero, que la RIT se desvía considerablemente de la Regla de Taylor pues requiere respuestas considerables ante choques externos; segundo, que la respuesta óptima de la política monetaria ante choques positivos de demanda y negativos de oferta es muy parecida. En cualquier caso, la RIT domina a la RID porque induce menos volatilidad real.

Galí y Monacelli (2002, [10]) empleando un modelo de equilibrio general para una economía pequeña y abierta con precios rígidos, evalúan el impacto de tres tipos de política monetaria: RID, RIT y tasa de cambio fija. El impacto macroeconómico de estos regímenes es que implican diferentes grados de inestabilidad económica. Los regímenes pueden ser ordenados de acuerdo con la volatilidad de la tasa de cambio nominal y real que generan. Los autores muestran que una RIT puede ser vista como un híbrido entre una RID y un régimen de tasa de cambio fija. Como el IPC, base del cálculo de la inflación total, es visto como un compuesto de bienes importados y bienes domésticos, la RIT coincide con la RID cuando la economía tiende al caso límite de una economía cerrada. En el caso límite opuesto, cuando la economía tiende a ser perfectamente abierta, la RIT coincide con la fijación de la tasa de cambio. Galí y Monacelli calibran un modelo para los Estados Unidos y encuentran que la RID domina a la fijación de la tasa de cambio y a la RIT. La razón es que el exceso de estabilidad de la tasa de cambio real (inducido por estas políticas) combinado con las rigideces de precios, no permiten un ajuste de los precios relativos que sea lo suficientemente rápido como para restablecer el equilibrio ante la ocurrencia de choques (de productividad).

Al igual que Galí y Monacelli, McCallum y Nelson (2001,[15]) emplean un modelo de equilibrio de economía pequeña y abierta con precios rígidos en el cual suponen que las importaciones son bienes intermedios empleados para la producción de bienes finales. En este caso una depreciación real no sólo afecta el producto observado sino el producto potencial, entendido como el producto de equilibrio bajo precios flexibles.⁹ Se debe anotar que el mecanismo de transmisión de la tasa de cambio nominal a los precios es diferente en ambos modelos. En Galí y Monacelli los precios de los importados entran directamente en el IPC, y en consecuencia una depreciación (producida por un choque a la prima de riesgo) afecta la inflación directamente, no sólo vía la brecha del producto. Los resultados cuantitativos muestran que emplear una RIT es prácticamente equivalente a usar RID. La intuición es que como el canal de transmisión de la tasa de cambio está restringido al efecto sobre la brecha, y este efecto es pequeño, las ganancias de una regla frente a la otra son mínimas.

Batini, Harrison y Millard (2001, [2]) emplean un modelo mucho más sofisticado que los anteriores, pero no evalúan la conveniencia de las RID en comparación con RIT. Simplemente, en un modelo calibrado para el Reino Unido, encuentran que una regla que se enfoque en el pronóstico de la inflación genera economías más estables que otras reglas, como las de Taylor o las de Ball (es decir, una regla basada en el ICM). En resumen, los resultados reseñados para economías cerradas se mantienen.

⁹Para ellos la tasa de cambio real queda definida como el precio relativo de los bienes importados en términos de los bienes de consumo. Una mayor depreciación real reduce el producto potencial.

Por el contrario, Kollmann (2002, [13]) en un modelo muy similar, pero con reglas optimizadas que tienen en cuenta el bienestar de los individuos, muestra que las reglas óptimas deben responder agresivamente a la inflación generando alto grado de volatilidad nominal y real en la economía. El modelo, calibrado para las economías de Japón, Alemania y el Reino Unido, muestra que la fuente principal de la volatilidad real son choques a la productividad, mientras la fuente principal de volatilidad en los mercados cambiarios son choques externos (a la tasa de interés externa, inflación externa, entre otros).

Los resultados de Kollmann difieren de aquellos encontrados con anterioridad. Previamente, la literatura ha encontrado que cuando los precios rígidos son la única fuente de distorsiones en la economía (de tal forma que la economía de precios flexibles es la eficiente), y el traspaso (*pass-through*) es completo (suponiendo que la Paridad del Poder Adquisitivo se cumple) entonces la regla de política óptima es la RID. Esta política implica una combinación de regla de tasa de interés con tasa de cambio flexible. Sin embargo, la RID no es completamente óptima cuando existen otras distorsiones diferentes a los precios rígidos. En el caso del modelo de Kollmann, el traspaso incompleto hace que la política de estabilización de precios domésticos no sea del todo eficiente.

Todos los modelos de los trabajos descritos anteriormente suponían que todos los bienes son transables. Cuando existen bienes que no son transables internacionalmente, la política monetaria enfrenta una complicación adicional. En cierta forma, la introducción de bienes no transables puede explicar el por qué el traspaso de la tasa de cambio a los precios agregados sea incompleto. Kam y Lim (2001, [11]) introducen la dicotomía entre transables y no transables en un modelo de equilibrio con reglas de política monetaria. Ellos suponen que los precios son rígidos en el sector no transable y flexibles en el transable. Los bienes transables son bienes de consumo final. Ellos argumentan que hay dos mecanismos que se retroalimentan para amplificar y propagar los efectos de los choques sobre las variables reales. Primero, una mayor participación relativa de bienes no transables, implica que para alcanzar el equilibrio en el mercado de activos internacionales, la tasa de cambio real debe depreciarse significativamente más que cuando la economía es puramente transable. En consecuencia, la mayor parte del ajuste recae sobre la tasa de cambio nominal, haciéndola más volátil. Segundo, con precios rígidos, una mayor volatilidad nominal implica una mayor volatilidad real. Como resultado, una RIT implícitamente tiene en cuenta los movimientos en los precios debidos a movimientos en la tasa de cambio real.

Devereux, Lane y Xu (2004, [9]) estudian cómo debe responder la política monetaria bajo diferentes grados de *pass-through* empleando un modelo de gran escala aplicado a una economía pequeña y abierta. En esta economía hay bienes finales (transables y no transables) y bienes intermedios (transables y no transables). En este modelo, el traspaso de la tasa de cambio a los precios de los transables es incompleto. Adicionalmente el modelo tiene algunas fricciones financieras para capturar los efectos de las hojas de los balance (*balance sheet effect*). Al calibrar el modelo para Korea encuentran que, a diferencia de los resultados de Kam y Lim, entre más alto

sea el traspaso, la RID es preferible a una RIT en términos del bienestar. Con un traspaso alto, la RIT estabiliza la inflación pero a costa de mayor volatilidad en el sector real (por las rigideces de precios). La RID, por el contrario, asegura que la economía se comporte como una economía de precios flexibles, aumentando el bienestar.¹⁰ Sin embargo, cuando el traspaso es bajo, este *trade-off* desaparece y la RIT domina a la RID. En estas circunstancias, la autoridad monetaria puede tener como objetivo simultáneamente la inflación total y al mismo tiempo permitir una mayor volatilidad de la tasa de cambio nominal para estabilizar los efectos de choques externos.

Parrado (2004, [16]) emplea un modelo menos complejo que el anterior. En éste, todos los bienes son transables (diferenciados únicamente por su origen), pero el *pass-through* es incompleto, por las rigideces de precios. La regla de política responde a la tasa de cambio nominal (miedo a flotar). Al calibrar el modelo para Chile, Parrado encuentra que los efectos sobre la volatilidad de la economía y la política monetaria dependen de: la fuente de los choques, el régimen cambiario y el tipo de meta de inflación. Si la fuente principal de los choques es real, un régimen de tasa de cambio flexible domina a uno fijo. Lo contrario ocurre si la fuente de los choques es nominal. Una RID domina a una RIT (genera mayor estabilidad *para todos los choques*). Una estrategia de *inflación objetivo* flexible domina a una *inflación objetivo* estricta.

Hay una característica sobresaliente de esta literatura, que aún no se ha señalado. La mayoría de estudios que emplean medidas de bienestar para evaluar políticas alternativas, encuentran que las ganancias en bienestar de emplear la regla óptima en lugar de una regla simple son pequeñas¹¹. Por ejemplo, Carlstrom y Fuerst (1999, [7]) en un modelo de participación limitada (*limited participation*) muestran que la ganancia de moverse de una regla monetaria a una regla de tasa de interés es apenas un 0.02% del stock de capital de estado estacionario. En consecuencia, buena parte de la literatura se ha concentrado en responder la pregunta de ¿cómo minimizar la inestabilidad que pueden producir reglas sub-óptimas? Si el Banco Central emplea políticas sub-óptimas puede inducir inestabilidad macroeconómica innecesaria a través de indeterminación del equilibrio y equilibrios múltiples. Estos problemas se evitan cuando las reglas de políticas son óptimas. Otra posibilidad, es diseñar reglas que eviten al máximo la posibilidad de generar indeterminación y equilibrios múltiples. Los estudios de Zanna (2003, [25] y 2004, [26]) caracterizan las condiciones bajo las cuales, las reglas de Taylor pueden generar inestabilidad agregada (en el sentido de múltiples equilibrios). En su modelo, estas condiciones no sólo dependen del tipo de regla sino también

¹⁰Este resultado es idéntico al de Aoki (2001, [1]) en el contexto de una economía cerrada. En ese trabajo hay dos clases de bienes: con precios flexibles y rígidos. El muestra que es óptimo definir la inflación básica como aquella inflación de los bienes con precios rígidos.

¹¹La diferencia entre una regla de tasa de interés óptima y una regla de interés simple es la siguiente: en el caso de las reglas óptimas, la función de reacción de la autoridad monetaria (regla de tasa de interés) es la solución al problema de minimización de la función de pérdida de la autoridad monetaria restringido a las dinámicas de las variables objetivo. En este caso, la solución del problema es una función de reacción que es lineal en las variables objetivo de la autoridad monetaria. Por otro lado, en el caso de una regla simple, ésta no es el resultado de una optimización de la autoridad monetaria. Simplemente se toma una regla, lineal en los argumentos objetivo, conocida (por ejemplo, una regla de Taylor). A partir de la variación de los parámetros de esta regla lineal se busca la combinación de los parámetros que minimicen la función de pérdida de la autoridad monetaria.

del grado de apertura de la economía y del tipo de meta de inflación del Banco Central (RID o RIT). En particular, una RID activa y que sólo tiene como objetivo la inflación (estrictamente) garantiza la existencia de un equilibrio único. Por el contrario, reglas que sólo miran la inflación de transables generan (potencialmente) múltiples equilibrios independientemente de si son activas o pasivas. En adición a esto, Zanna encuentra que gobiernos con miedo a flotar y con RIT pueden inducir inestabilidad agregada en la economía.

Se ve como los resultados encontrados hasta ahora en la literatura son diversos. Éstos dependen fundamentalmente de la naturaleza del modelo y la calibración de sus parámetros al país de estudio. Para ilustrar el por qué de los resultados tan diversos, se pueden considerar dos casos extremos. El primero, una situación en la que la gran mayoría de los bienes son no transables y los precios son rígidos en ese sector. En este primer caso, los resultados obtenidos para la economía cerrada son los relevantes, pues la economía es esencialmente cerrada y la única fuente de distorsiones son los precios rígidos. No existiría un dilema entre RIT y RID. Otro caso extremo es aquel en el que la gran mayoría de los bienes son transables, sus precios son flexibles (determinados en el mercado internacional) y el traspaso es completo. En este caso, la inflación doméstica es exactamente la depreciación nominal. En este caso la política monetaria tiene poca influencia sobre la actividad real. Esto es apenas natural porque no existen rigideces ni otras distorsiones adicionales. De nuevo, no existiría un dilema entre RIT y RID.

Es claro, que para el caso de las economías emergentes, como Colombia, se encuentra en la mitad de estos dos casos extremos. Son economías dónde el sector transable ha adquirido una mayor importancia en los últimos años, aún si dada la estructura de la economía, el sector no transable es considerable.

Es evidente la necesidad de un modelo que capture algunos de los aspectos descritos anteriormente para poder responder a la pregunta de a qué inflación, doméstica o total, debe responder el Banco Central sin generar inestabilidad macroeconómica. El objetivo de este trabajo es a partir de una representación plausible de la economía colombiana que introduce ciertas características de una economía pequeña y abierta, estudiar las implicaciones macroeconómicas de que la autoridad monetaria fije como objetivo de su política monetaria, la inflación de los bienes no transables, la tasa de cambio nominal, o la inflación total.

Para este propósito, se presenta y se calibra para Colombia un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para una economía pequeña y abierta. A pesar de la simplicidad del modelo, se considera que éste es una herramienta útil para analizar el problema en cuestión e ilustrar la metodología propuesta. Vale la pena enfatizar que no es objetivo del trabajo determinar la optimalidad de la política monetaria. Simplemente, dado uno u otro régimen de inflación objetivo, se evalúa el impacto macroeconómico, medido como la volatilidad en la inflación total y en el producto.

Este trabajo consta de cinco secciones incluyendo esta introducción. En la sección 2 se presenta el modelo teórico, los participantes y se define el equilibrio. En la sección 3 se expone tanto la

forma de solución, como la calibración de los parámetros del modelo. En la sección 4 se presentan los resultados de los experimentos cuantitativos de los diferentes regímenes contemplados. Finalmente, en la sección 5 se hacen unas consideraciones finales acerca de los resultados, alcances y las limitaciones del análisis.

2. El Modelo

El modelo planteado se puede enmarcar en una familia reciente de modelos que se conoce como *New Open Economy Macroeconomics* (NOEM).¹² La particularidad de estos modelos, aparte que tratan economías pequeñas y abiertas, es que incluyen imperfecciones en los mercados que permiten la inclusión de rigideces de precios, por ejemplo. Esta característica es esencial pues en presencia de fricciones nominales, la política monetaria puede tener efectos reales en el corto plazo.

Este es un modelo de economía pequeña y abierta. Existen dos sectores, uno de bienes transables y otro de bienes no transables. La economía tiene tres tipos de firmas. Las firmas productoras de bienes transables, las firmas productoras de bienes no transables homogéneos y las firmas comercializadoras de bienes no transables heterogéneos. Las dos primeras enfrentan un mercado perfectamente competitivo y las terceras se encuentran en competencia monopolística. Las firmas comercializadoras compran a las firmas productoras de bienes no transables homogéneos un bien, lo diferencian a cero costo para luego venderlo a un precio diferenciado.

Los hogares son dueños de los tres tipos de firma. Además ofrecen su trabajo a los dos sectores productivos, se endeudan en el exterior, tienen bonos domésticos privados, reciben transferencias de suma fija del gobierno y demandan dinero para ahorrar costos de transacción. Por otra parte consumen bienes homogéneos transables y bienes heterogéneos no transables.

Finalmente el gobierno emite dinero, recolecta los costos de transacción pagados por los hogares y realiza transferencias de suma fija. Por otra parte como autoridad monetaria, sigue un esquema de inflación objetivo, usando la tasa de interés nominal como instrumento de la política monetaria.

2.1. Los Hogares

Los hogares son dueños de las firmas productoras de bienes homogéneos transables y no transables al igual que de las firmas comercializadoras de bienes no transables heterogéneos. Igualmente son consumidores. Su ingreso en el período t está dado por el salario nominal que obtienen al trabajar en las firmas productoras de bienes transables y no transables homogéneos, los beneficios de las firmas comercializadoras y las transferencias de suma fija obtenidas del gobierno en este mismo período. Aparte de su ingreso corriente también cuentan con un stock de saldos reales de dinero dado al principio del período, al igual que con un stock de bonos domésticos privados y

¹²Para ver una revisión detallada de este tipo de modelos, ver Lane (2000,[14])

deuda externa.¹³ El gasto está determinado por el consumo de bienes transables homogéneos, el consumo de bienes no transables heterogéneos, y por los costos de transacción que tienen que pagar los hogares. En el período t , los hogares también deciden el nivel de saldos reales de dinero, las tenencias de bonos privados domésticos y las tenencias de deuda externa para el período $t + 1$. Por lo tanto su restricción presupuestal en términos nominales va a estar dada por:

$$\begin{aligned} P_t^T c_t^T + P_t^N c_t^N + M_{t+1}^d &= P_t^T w_t^T (1 - l_t^N) + P_t^T w_t^N l_t^N + P_t^T \tau_t + M_t^d \\ -s_t F_t (1 + i_t') - B_{t+1} - P_t^T \Phi &+ B_t (1 + i_t) + s_t F_{t+1} + \Pi_t^N + \Pi_t^T + \Pi_t^C \end{aligned} \quad (1)$$

donde: c_t^T es el consumo real de bienes transables homogéneos, c_t^N es una canasta de consumo de bienes no transables heterogéneos que está dada por $c_t^N = \left[\int_0^1 c^N(z)_t^{\frac{\theta-1}{\theta}} dz \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}}$, donde $c^N(z)$ es el consumo del bien específico z proveniente de la firma comercializadora z , θ es la elasticidad del consumo de cada bien z con respecto al resto de la canasta. P_t^T es el precio de los bienes transables, P_t^N es el índice de precios de los bienes no transables heterogéneos, M_t^d es la demanda de dinero nominal, w_t^T es el salario real en el sector transable, w_t^N es el salario real en el sector no transable, l_t^N es el trabajo ofrecido en el sector no transable¹⁴, Π_t^T son los beneficios nominales de la firma productora de bienes transables, Π_t^N son los nominales de la firma productora de bienes no-transables homogéneos, Π_t^C son los beneficios nominales de las firmas comercializadoras de bienes no-transables heterogéneos. τ_t son las transferencias de suma fija del gobierno hacia los hogares, s_t es la tasa de cambio nominal (COP/USD), B_t son los bonos privados domésticos nominales, F_t es la deuda externa nominal, i_t' es la tasa de interés nominal que enfrentan los agentes en el exterior, i_t es la tasa de interés nominal interna y Φ es una función que determina los costos de transacción¹⁵ que se define como

$$\Phi \left(c_t^T, c_t^N, P_t^N, P_t^T, M_{t+1}^d \right) = \kappa \left(\frac{P_t^T c_t^T + P_t^N c_t^N}{M_{t+1}^d} \right)^a \quad (2)$$

De acuerdo a esta expresión, a medida que los hogares consumen más su costo de transacción aumenta y decrecen con los saldos nominales de dinero que destinan para el siguiente período.

La tasa de interés externa se define como

$$i_t' = i^* \epsilon_t^* + \psi \left(\exp^{(F_t - \bar{F})} - 1 \right) \quad (3)$$

donde i_t^* es la tasa de interés internacional libre de riesgo, \bar{F} el nivel de estado estacionario de

¹³Las variables stock están dadas al principio del período y los flujos se conocen al final, i.e. M_t es conocido al comienzo del período t , P_t^T se da al final del período $t - 1$ por lo tanto es conocido al comienzo del período t , por lo tanto las tenencias de saldos reales $m_t = \frac{M_t}{P_{t-1}^T}$, son conocidas al comienzo del período t .

¹⁴Como el individuo cuenta con una unidad de tiempo, entonces $1 - l_t^N$ es el tiempo que destina a trabajar en el sector transable.

¹⁵La motivación de la existencia de este costo de transacción, es la introducción del dinero en el modelo.

la deuda externa y ψ es un parámetro de escala, ϵ_t^* es el componente cíclico de la tasa de interés externa libre de riesgo que se asume exógeno al modelo¹⁶. Por medio de este componente cíclico se introducen los choques externos que enfrenta esta economía.

La existencia de una prima de riesgo que depende del nivel agregado de endeudamiento externo, permite por un lado, introducir la característica de que los mercados de capitales internacionales son imperfectos. Y por otro lado, permite evitar el problema que se presenta en los modelos de economía pequeña y abierta en lo que se refiere a cómo cerrar la economía. El clásico supuesto que se hace en macroeconomía internacional de que la tasa de descuento β es igual a la tasa de interés externa, puede llevar a que el estado estacionario del modelo dependa de las condiciones iniciales y que las dinámicas del consumo posean un componente de caminata aleatoria. Esta característica se conoce en la literatura como el problema de la raíz unitaria en los modelos de tiempo discreto. Tal como lo demuestra Schmitt-Grohé y Uribe (2002,[20]), una de las maneras de evitar este problema es con la introducción de una prima de riesgo creciente en el nivel agregado de endeudamiento .

También se supone que se satisface la paridad de poder adquisitivo (PPP), por lo tanto $P_t^T = s_t P_t^{T*}$. Esto quiere decir que el precio del bien transable es igual al precio del bien transable externo por la tasa de cambio. Se fija $P_t^{T*} = 1$ para todo t , por lo tanto $P_t^T = s_t$. Es así como en el modelo la tasa de depreciación es igual a la tasa de inflación de los bienes transables (traspaso completo), $\pi_t^T = d_t$.

Si se define $q_t^H = \frac{P_t^N}{P_t^T}$ como el precio relativo de los bienes no-transables heterogéneos sobre los bienes transables, y $\frac{P_{t-1}^T}{P_t^T} = \frac{1}{(1+\pi_t^T)}$, entonces la restricción presupuestal (1) al ser normalizada por P_t^T se puede reescribir como

$$\begin{aligned} c_t^T + q_t^H c_t^N + m_{t+1}^d &= w_t^T (1 - l_t^N) + w_t^N l_t^N + \tau_t + \frac{m_t^d}{(1 + \pi_t^T)} \\ -F_t (1 + i_t') - b_{t+1} - \Phi &+ \frac{b_t (1 + i_t)}{(1 + \pi_t^T)} + F_{t+1} + \frac{\Pi_t^N}{P_t^T} + \frac{\Pi_t^T}{P_t^T} + \frac{\Pi_t^C}{P_t^T} \end{aligned} \quad (4)$$

La función de utilidad para el agente está dada por la expresión:

$$u(c_t^T, c_t^N) = \frac{\left[(c_t^T)^\gamma (c_t^N)^{1-\gamma} \right]^{1-\frac{1}{\sigma}}}{1 - \frac{1}{\sigma}} - 1 \quad (5)$$

de donde se puede observar que el agente representativo de la economía genera utilidad únicamente del consumo de los bienes transables y no transables. Al no incorporar ocio en la función de utilidad, se está suponiendo que la oferta de trabajo es inelástica.¹⁷

¹⁶Para este proceso se supone que sigue un proceso AR(1) $\log(\epsilon_{t+1}^*) = \rho_{\epsilon^*} \log(\epsilon_t^*) + \eta_{\epsilon_{t+1}^*}$

¹⁷Dado que la oferta de trabajo es inelástica, la cantidad de trabajo va a estar determinada en su totalidad por la demanda, por lo cual no se hace ningún tipo de diferenciación entre la oferta y la demanda de trabajo en el planteamiento del modelo.

Por lo tanto el problema dinámico de un hogar representativo está dado por

$$\max_{\{c_t^T, c_t^N\}} E_t \left(\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t^T, c_t^N) \right)$$

sujeto a (2), (3) y (4). Donde β^t es un factor de descuento.

De acuerdo con lo anterior, la solución al problema de los hogares va a estar dada por las siguientes condiciones de primer orden:

$$u_{c_t^T}(c_t^T, c_t^N) - \lambda_t (1 + \phi_{c_t^T}) = 0 \quad (6)$$

$$u_{c_t^N}(c_t^T, c_t^N) - \lambda_t (q_t^H + \phi_{c_t^N}) = 0 \quad (7)$$

$$w_t^T = w_t^N \quad (8)$$

$$\beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{1 + \pi_{t+1}^T} \right) = \lambda_t (1 + \phi_{m_{t+1}^d}) \quad (9)$$

$$\beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1} (1 + i_{t+1})}{1 + \pi_{t+1}^T} \right) = \lambda_t \quad (10)$$

$$\beta E_t (\lambda_{t+1} (1 + i'_{t+1})) = \lambda_t \quad (11)$$

y la restricción presupuestal.

La forma funcional de la función de utilidad (ecuación 5) implica que el índice de precios total P_t , va a ser un compuesto del precio de los bienes transables P_t^T y de los bienes no transables P_t^N .

$$P_t = \left[\frac{(P_t^T)^\gamma (P_t^N)^{(1-\gamma)}}{\gamma^\gamma (1-\gamma)^{(1-\gamma)}} \right] \quad (12)$$

A partir del índice de precios total es posible obtener una definición de la inflación total π_t , en función de la inflación no transable π_t^N y de la inflación transable π_t^T

$$(1 + \pi_t) = (1 + \pi_t^T)^\gamma (1 + \pi_t^N)^{(1-\gamma)} \quad (13)$$

De esta relación, se puede ver que un choque externo que tenga efectos en la depreciación nominal (inflación de transables) se transmite a la inflación total directamente. El parámetro γ que define cuan abierta es la economía, va a determinar la importancia de este canal.

2.2. Las Firmas Productoras

El mercado al que se enfrentan estas firmas es competitivo. Los productores buscan maximizar sus beneficios escogiendo un nivel óptimo de trabajo, dados los salarios y una tecnología de pro-

ducción para cada sector. El stock de capital se asume constante e igual a uno para todo t en ambos sectores.

2.2.1. Sector Transable

La función de producción del sector transable está dada por $y_t^T = z_t k_t^{\alpha^T} (1 - l_t^N)^{1-\alpha^T}$ y se vende a un precio P_t^T . Por lo tanto dado que el capital es constante e igual a uno para todo t , el problema que enfrentan los productores del bien transable en términos nominales es

$$\max_{\{l_t^N\}} \Pi_t^T = P_t^T z_t (k)(1 - l_t^N)^{(1-\alpha^T)} - R_t^T k - W_t^T (1 - l_t^N) \quad (14)$$

donde z_t es el nivel de productividad¹⁸, $(1 - l_t^N)$ es la cantidad de trabajo demandada en el sector transable, R_t^T es el retorno al capital en el sector transable y $(1 - \alpha^T)$ es la participación del trabajo dentro de la función de producción. La condición de primer orden, en términos reales, de los productores de bienes transables es la siguiente:

$$(1 - \alpha^T) z_t (1 - l_t^N)^{-\alpha^T} = w_t^T \quad (15)$$

2.2.2. Sector No Transable

La función de producción del sector no-transable está dada por $y_t^N = A_t k_t^{\alpha^N} (l_t^N)^{1-\alpha^N}$ y se vende a un precio Q_t^N . Por lo tanto dado que el capital es constante e igual a uno para todo t , el problema que enfrentan los productores del bien no-transable homogéneo en términos nominales es

$$\max_{\{l_t^N\}} \Pi_t^N = Q_t^N A_t (k)(l_t^N)^{(1-\alpha^N)} - R_t^N k - P_t^T W_t^N l_t^N \quad (16)$$

donde A_t es el nivel de productividad¹⁹, l_t^N es la cantidad de trabajo demandada en el sector no-transable, R_t^N es el retorno al capital en el sector no-transable y $(1 - \alpha^N)$ es la participación del trabajo dentro de la función de producción. La condición de primer orden, en términos reales, de los productores de bienes no-transables es la siguiente:

$$q_t^F (1 - \alpha^N) A_t (l_t^N)^{-\alpha^N} = w_t^N$$

donde $q_t^F = \frac{Q_t^N}{P_t^T}$.

2.3. Las Firmas Comercializadoras de Bienes No Transables

Las firmas comercializadoras de bienes no transables compran un bien homogéneo a los productores de bienes no transables a un precio Q_t^N , y lo transforman en un bien de consumo no

¹⁸Para este proceso se supone que sigue un proceso AR(1) $\log(z_{t+1}) = \rho_z \log(z_t) + \eta_{z_{t+1}}$

¹⁹Para este proceso se supone que sigue un proceso AR(1) $\log(A_{t+1}) = \rho_A \log(A_t) + \eta_{A_{t+1}}$

transable diferenciado a cero costo adicional. Cada período, estas firmas enfrentan una probabilidad constante, $(1 - \varepsilon)$, de recibir una señal, que les indica que pueden reoptimizar su precio. Esta probabilidad se comporta como en Calvo (1983, [5]). Las otras ε comercializadoras siguen una regla de indexación hacia atrás. Esta probabilidad es independiente entre firmas y tiempo. Se supone que si una firma comercializadora no recibe la señal, entonces fija sus precios de acuerdo a:

$$P_t^r(z) = P_{t-1}^N(z)(1 + \pi_{t-1}^N) \quad (17)$$

donde P_{t-1}^N es el índice de precios de los bienes no-transables heterogéneos en el período anterior y π_{t-1}^N es la tasa de inflación de los bienes no transables heterogéneos en el período $t - 1$.

Con una probabilidad $(1 - \varepsilon)$ la comercializadora va a reoptimizar y escoger \tilde{P}_t . Si este es el caso, entonces el problema de la firma comercializadora es el siguiente:

Los beneficios esperados de una firma (z) en el período $t + j$ están dados por:

$$E_t \left(\Pi^C(z)_{t+j} \right) = E_t \left(c^N(z)_{t+j} (P^N(z)_{t+j} - P_{t+j}^N) \right) \quad (18)$$

Los beneficios reales de cada firma son $\Pi^C(z)_{t+j}/P_{t+j}^N$ entonces aquellos que pueden ajustar su precio en el período t van a escoger $P^N(z)_{t+j}$ tal que:

$$\max_{\{P^N(z)_t\}} E_t \sum_{j=0}^{\infty} (1 - \varepsilon) \varepsilon^j \Delta_{t+j} \frac{\Pi^C(z)_{t+j}}{P_{t+j}^N}$$

donde el factor de descuento es $\Delta_{t+j} = \beta^j$. Nótese que en el período t la firma escoge un precio de ahora en adelante, $P^N(z)_{t+j} = P^N(z)_t$ dada la incertidumbre acerca de futuros cambios de precios, en otras palabras, la firma realiza la maximización teniendo en cuenta que hoy pueden reoptimizar precios (con una probabilidad $(1 - \varepsilon)$) y que durante j períodos no los van a reoptimizar (con probabilidad ε^j).

Del problema de los hogares se puede demostrar que la demanda por el bien diferenciado no transable de consumo $c^N(z)_t$ depende del consumo total de no transables:

$$c^N(z)_{t+j} = \left(\frac{P^N(z)_{t+j}}{P_{t+j}^N} \right)^{-\theta} c_{t+j}^N \quad (19)$$

entonces el problema de maximización queda:

$$\max_{\{P^N(z)_t\}} E_t \sum_{j=0}^{\infty} (1 - \varepsilon) \varepsilon^j \Delta_{t+j} c_{t+j}^N \left[\left(\frac{P^N(z)_{t+j}}{P_{t+j}^N} \right)^{1-\theta} - q_{t+j}^N \left(\frac{P^N(z)_{t+j}}{P_{t+j}^N} \right)^{-\theta} \right]$$

donde $q_{t+j}^N = \frac{Q_{t+j}^N}{P_{t+j}^N}$.

Después de solucionar para $P^N(z)_t$, la solución queda:

$$\frac{\tilde{P}_t}{P_t^N} = \frac{\theta}{\theta - 1} E_t \left[\frac{\sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon^j \Delta_{t+j} c_{t+j}^N q_{t+j}^N \left(\frac{P_{t+j}^N}{P_t^N} \right)^\theta}{\sum_{j=0}^{\infty} \varepsilon^j \Delta_{t+j} c_{t+j}^N \left(\frac{P_{t+j}^N}{P_t^N} \right)^{\theta-1}} \right] \quad (20)$$

o lo que es lo mismo

$$\frac{\tilde{P}_t}{P_t^N} = \frac{\theta}{\theta - 1} E_t \left(\frac{\Theta_t}{\Psi_t} \right)$$

donde

$$\Theta_t = \Delta_t c_t^N q_t^N + \varepsilon E_t \left((1 + \pi_{t+1}^N)^\theta \Theta_{t+1} \right)$$

$$\Psi_t = \Delta_t c_t^N + \varepsilon E_t \left((1 + \pi_{t+1}^N)^{\theta-1} \Psi_{t+1} \right)$$

y \tilde{P}_t es el precio del bien $c^N(z)_t$ fijado por la firma comercializadora z en el caso en que decide reoptimizar. La forma funcional de la demanda por el bien no transable de consumo $c^N(z)_t$ implica que el índice de precios P_t^N es también un agregador CES, que está dado por:

$$P_t^N = \left[\varepsilon (p_t^r)^{1-\theta} + (1 - \varepsilon) (\tilde{P}_t)^{1-\theta} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} \quad (21)$$

Finalmente la dinámica de la inflación agregada de los bienes no transables heterogéneos está dada por:

$$(1 + \pi_t^N) = \left(\varepsilon (1 + \pi_{t-1}^N)^{(1-\theta)} + (1 - \varepsilon) \left(\frac{\tilde{P}_t}{P_t^N} \right)^{(1-\theta)} (1 + \pi_t^N)^{(1-\theta)} \right)^{\frac{1}{1-\theta}} \quad (22)$$

Esta característica del modelo en el sector no transable es la que permite introducir rigidez de precios en el modelo.

2.4. El Gobierno

El gobierno tiene una restricción presupuestal en términos reales dada por

$$m_{t+1}^s - \frac{m_t^s}{1 + \pi_t^t} + \phi = \tau_t \quad (23)$$

donde m^s es la oferta de saldos reales de dinero.

Por otra parte la autoridad monetaria tiene una función de reacción dada por una regla de tasa de interés simple que toma la siguiente forma:

$$i_t = \rho i_{t-1} + (1 - \rho) \left(\bar{i} + \rho_\pi (\pi_t - \bar{\pi}) + \rho_y \left(\frac{y_t}{y_{t-1}} - 1 \right) \right) \quad (24)$$

La autoridad monetaria reacciona a desviaciones de la inflación de una meta objetivo $\bar{\pi}$, y a las desviaciones de la tasa de crecimiento del producto total de su nivel de largo plazo²⁰. \bar{i} es la tasa de interés nominal de largo plazo de esta economía. En la literatura, esta tasa de interés es igualmente conocida como la tasa de interés neutral.

Los regímenes de inflación objetivo que se tratan están definidos precisamente sobre qué tipo de inflación la autoridad monetaria está incluyendo en la función de reacción (24). Como se mencionó anteriormente, son tres medidas las que pueden ser incluidas en la regla de tasa de interés: La inflación total, π , la inflación de bienes no transables heterogéneos, π^N y la inflación de transables (depreciación nominal) π^T .

2.5. El Equilibrio Competitivo

Para caracterizar el equilibrio competitivo se utilizan las siguientes definiciones:

Definición: Un sistema de precios es una secuencia positiva

$$\{w_t^N, w_t^T, R_t^N, R_t^T, Q_t^N, P_t^N, P_t^T, P_t^r, \tilde{P}_t, s_t, i_t, i'_t\}_{t=0}^{\infty}.$$

Definición: $\{A_t, z_t, P_t^{T*}, \epsilon_t^*\}_{t=0}^{\infty}$ se toman como secuencias exógenas. $m_0, b_0, F_0 > 0$ también se toman como dadas. Un equilibrio es un sistema de precios, una secuencia de consumo de bienes no-transables heterogéneos $\{c_t^N\}_{t=0}^{\infty}$, de consumo de bienes transables homogéneos $\{c_t^T\}_{t=0}^{\infty}$, de tiempo trabajado en el sector no-transable $\{l_t^N\}_{t=0}^{\infty}$, de saldos reales de dinero $\{m_t\}_{t=1}^{\infty}$, de bonos domésticos privados $\{b_t\}_{t=1}^{\infty}$ y deuda externa $\{F_t\}_{t=1}^{\infty}$ tal que:

1. Dado el sistema de precios y las transferencias de suma fija, el problema de control óptimo de los hogares se soluciona con $\{c_t^N\}_{t=0}^{\infty}$, $\{c_t^T\}_{t=0}^{\infty}$, $\{l_t^N\}_{t=0}^{\infty}$, $\{m_t^d = m_t^s = m_t\}_{t=1}^{\infty}$, $\{b_t = 0\}_{t=1}^{\infty}$ y un nivel de $\{F_t\}_{t=1}^{\infty}$ tal que $(1 + i_t) = (1 + i'_t)(1 + d_t)$ se satisfaga.
2. La restricción presupuestal del gobierno (23) y la regla de política (24) se satisfacen para todo t .
3. $A_t(l_t^N)^{(1-\alpha^N)} = c_t^N$.
4. $z_t(1 - l_t^N)^{(1-\alpha^T)} = c_t^T + F_t(1 + i'_t) - F_{t+1}$

²⁰La ultima expresión de esta ecuación se puede interpretar como la desviación de la tasa de crecimiento del producto del nivel de estado estacionario ya que dado que el modelo es estacionario, la tasa de crecimiento de estado estacionario es igual a cero.

3. Solución, calibración y propiedades del modelo

Una vez definido el modelo, se procede a realizar los experimentos para determinar las implicaciones de los diferentes regímenes de inflación en la variabilidad del producto y de la inflación total. Antes de pasar a los experimentos, se presenta una breve descripción de la forma como se soluciona el modelo, la calibración y las propiedades del modelo los choques exógenos que lo afectan.

3.1. Solución del Modelo

Formalmente, la definición del equilibrio competitivo, corresponde a un sistema dinámico, estocástico, no-lineal de primer orden. Para solucionar el modelo de una forma sencilla, se aproxima dicho sistema no-lineal con un sistema lineal alrededor del estado estacionario determinístico. Para encontrar los valores de estado estacionario de las variables se emplean métodos numéricos. Los métodos de aproximación se encuentran detalladamente descritos en King, Plosser y Rebelo (2001,[12]). La solución aproximada del modelo corresponde a encontrar dos matrices, \mathbf{M} y \mathbf{H} , las cuales caracterizan la dinámica de la economía alrededor del estado estacionario:

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}_t &= \mathbf{H}\mathbf{x}_t \\ \mathbf{x}_{t+1} &= \mathbf{M}\mathbf{x}_t + \mathbf{R}\eta_{t+1}\end{aligned}\tag{25}$$

donde \mathbf{Y} es un vector compuesto por variables no predeterminadas (como el consumo), \mathbf{x} es un vector de variables de estado endógenas y exógenas (como los stocks de deuda, o de saldos reales), \mathbf{H} caracteriza la función de política y \mathbf{M} la matriz de transición de los estados. η_{t+1} es un vector de innovaciones y \mathbf{R} es una matriz que determina la forma en que los choques afectan el sistema dinámico.

3.2. Calibración

A continuación se hace una explicación de la manera en que se calibró el modelo para recrear las características de la economía colombiana. Para la determinación del valor de ciertos parámetros, se hace uso de las relaciones de estado estacionario determinístico del modelo y de series de datos para Colombia que sean consistentes con el modelo. Para otros parámetros, se tomaron los valores típicamente utilizados en la literatura que trata las economías pequeñas y abiertas.

Para el parámetro (γ) (define la participación del consumo transable c_t^T y el consumo no transable c_t^N en la función de utilidad del agente) se encontró un valor de $\gamma = 0,3558$. Éste se calculó de la manera siguiente: combinando las condiciones de primer orden para el consumo transable y consumo no transable del problema de los hogares se puede llegar a la siguiente expresión:

$$\frac{c_t^T}{c_t^N} \frac{1 - \gamma}{\gamma} = q_t^H$$

De esta relación se puede encontrar el valor del parámetro γ consistente con el modelo y que se obtiene a partir de los datos para la economía colombiana. La relación $\frac{c_t^T}{c_t^N}$, se obtiene directamente de los datos para el consumo transable y no transable²¹; la variable q_t^H , se obtiene con el deflactor implícito de los bienes transables y no transables obtenidos a partir de las cuentas nacionales²²

Para la Elasticidad de Sustitución Intertemporal (σ) se fijó el valor en $\sigma = 0,2$, de tal manera que el coeficiente de aversión al riesgo $\frac{1}{\sigma}$ fuera igual a 5. El valor de este coeficiente es utilizado por Rebelo y Végh (1995, [17]) basado en estimaciones de Reinhart y Végh (1995) para Argentina.

Las funciones de producción para el sector transable y no transable son del tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala y con el stock de capital fijo; para obtener el valor de la participación del trabajo en cada uno de los sectores se utilizaron las condiciones de primer orden para el empleo en cada uno de los sectores.

$$\frac{(1 - \alpha^N) y_t^N}{l_t^N} = \frac{w_t}{q_t^F}$$

$$\frac{(1 - \alpha^T) y_t^T}{l_t^T} = w_t$$

donde el salario que está medido en términos de bienes transables $w_t = \frac{W_t}{P_t^T}$. El salario nominal W_t utilizado es un empalme de la serie de ingresos nominales mensuales de los ocupados de la Encuesta Nacional de Hogares (ENH) y de la Encuesta Continua de Hogares (ECH) para el período 1994-2004 (frecuencia trimestral). Los valores que se obtienen para estos parámetros son $1 - \alpha^T \approx 0,618$ y $1 - \alpha^N \approx 0,499$.

En cuanto a los coeficientes de autocorrelación de la productividad del sector transable y sector no transable (ρ_z, ρ_A) el proceso fue el siguiente: Se construyen los residuos de Solow (z_t) y (A_t) para los dos sectores consistente con las funciones de producción supuestas en el modelo (Normalizando el capital $k = 1$)

²¹A partir de las estadísticas de Cuentas Nacionales del DANE (PIB por el lado de la oferta), se puede agrupar las ramas de actividad en actividades transables (agropecuario, minería, industria) y no transables (electricidad gas y agua, construcción, comercio, transporte, establecimientos financieros, servicios sociales comunales y personales). Una vez definido el PIB transable y el PIB no transable, se usa la condición de equilibrio en mercado del sector no transable, para establecer que el consumo no transable es igual al PIB no transable. Así, el consumo transable es definido como la diferencia del consumo total de Cuentas Nacionales y la serie del PIB no transable construida. La muestra utilizada en la calibración comprende el período 1994-2004 (frecuencia trimestral).

²²El precio relativo q_t^H puede ser aproximada también como el valor del tipo de cambio real o también como la relación entre el IPC transable y el IPC no transable $\frac{IPC^N}{IPC^T}$. La fuente de estos datos es el DANE. Los resultados presentados son robustos a la selección de cualquiera de estas medidas.

Para encontrar los coeficientes de autocorrelación se estima un proceso AR(1) tanto para el $\log(z_t)$ y $\log(A_t)$

$$\log(z_t) = \rho_z \log(z_{t-1}) + (1 - \rho_z) \log(\bar{z}) + \eta_z$$

$$\log(A_t) = \rho_A \log(A_{t-1}) + (1 - \rho_A) \log(\bar{A}) + \eta_A$$

Utilizando un regresión lineal se encontraron los valores $\rho_z = 0,8143$ y $\rho_A = 0,8853$ y la desviación estándar de los shocks en cada sector $\sigma_{\eta_z} = 0,0497$ y $\sigma_{\eta_A} = 0,0391$,

Para hallar el coeficiente de autocorrelación del shock a la tasa de interés externa (ρ_{ϵ^*}) se construyó una serie del shock usando la serie de tasa de interés externa filtrada con H-P y se estimó el proceso AR(1):

$$\log(\epsilon_t^*) = \rho_{\epsilon^*} \log(\epsilon_{t-1}^*) + \eta_{\epsilon^*}$$

El valor del coeficiente de autocorrelación para este proceso es $\rho_{\epsilon^*} = 0,8492$ y la desviación estándar para el shock es $\sigma_{\eta_{\epsilon^*}} = 0,1069$

El valor de la deuda externa de estado estacionario (\bar{F}) se encontró ajustando la relación de la balanza comercial (TB) sobre el producto total (y_t). En este calculo se utiliza la definición de balanza comercial implicada por el modelo y la ecuación de acumulación de deuda externa.

$$y_t^T + F_{t+1} = c_t^T + (1 + i_t') F_t$$

$$TB_t = y_t^T - c_t^T$$

En el estado estacionario se tiene que

$$\frac{TB}{y} = \frac{i' F}{y}$$

La relación $\frac{TB}{y}$ para Colombia en promedio es de $\frac{TB}{y} = 0,1748\%$, (datos trimestrales para la muestra 1977-2003). Utilizando el valor de estado estacionario para la tasa de interés i' , fijado en 3% anual, y del producto y se encuentra que el valor de la deuda de estado estacionario que cumple la relación es $\bar{F} = 0,331$

Los valores de los parámetros de la función de costo de transacción ($\kappa = 0,0645$ y de $a = 1,858$) fueron tomados de las estimaciones realizadas en el trabajo de Restrepo (2005,[18])

En cuanto al valor del parámetro que determina la rigidez de precios ϵ se tomó el resultado de

la estimación para Colombia del trabajo de Bejarano (2004, [3]) El valor $\varepsilon = 0,75$ implica que los precios se ajustan cada cuatro trimestres.

El parámetro que determina el grado de competencia en el mercado de bienes no transables, (θ), se fijó en $\theta = 5$, de manera tal que el *markup* del mercado fuera igual al 25 %. $\frac{\theta}{\theta-1} = 0,25$.

El parámetro de escala, ψ , que determina la prima de riesgo en la ecuación de la tasa de interés (ecuación 3) se fijó en en 0.000742, de acuerdo al trabajo de Schmitt-Grohé y Uribe (2002,[20]).

Por último, la meta de inflación anual, $\bar{\pi}$, se fijo en 3%, coincidiendo con la meta de inflación de largo plazo del Banco de la República.

Los valores de los parámetros se resumen en el cuadro 1.

3.3. Respuesta del modelo ante los choques exógenos.

A continuación se presentan las propiedades del modelo cuando se enfrenta a los tres choques exógenos. A modo de ilustración se presenta un análisis detallado de la dinámica del modelo cuando se enfrenta a un choque de productividad en el sector transable. Este ejercicio es útil para ilustrar los diferentes mecanismos del modelo que determinan el modo de propagación de los choques. Para los otros dos choques restantes, se presentan los principales hechos de la respuesta del modelo.

Para este ejercicio, se fija en la función de reacción, el coeficiente de suavización de la tasa de interés, ρ , en 0.7; la respuesta a la inflación, ρ_π , en 1.5; y la respuesta al producto, ρ_y , en 0.5.

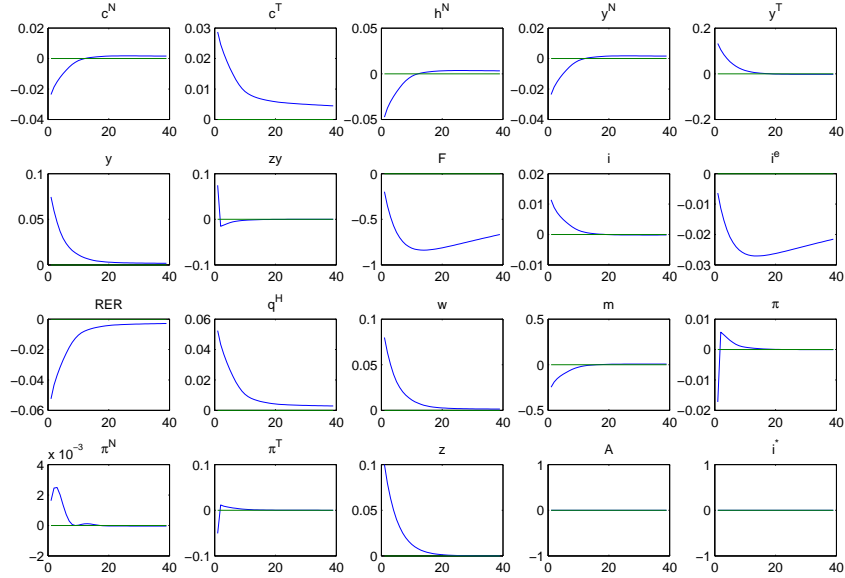
3.3.1. Choque en la productividad del sector transable

Un choque transitorio en la productividad del sector transable implica un aumento en el producto marginal del trabajo en este sector. Dadas las condiciones de primer orden del problema de maximización de la firma transable (ecuación (15)), este aumento en la productividad de este sector implica un aumento en el salario real de la economía (dado que la productividad del sector no transable se mantiene fija y hay perfecta movilidad de factores entre los dos sectores). El aumento en el salario real va a implicar un aumento en el costo de producción de los bienes no transables que se va a reflejar en un aumento del precio de los bienes no transables. De esta manera, el precio relativo de los bienes no transables va a aumentar. En la figura (1), se ilustran estos efectos en el caso en que la autoridad monetaria responde a la inflación total en su función de reacción; se observa el aumento en la relación q_t^H (precio relativo de los bienes no transables heterogéneos) y en la relación q_t^F . Esto indica que los precios de los bienes no transables respecto a los bienes transables son mayores; de igual forma se observa el aumento en w_t . Es importante destacar que las diferencias que se presentan entre las relaciones q_t^H y q_t^F se deben a las rigideces de precios que se incluyen en el sector no transable heterogéneo, por lo que se observa que en el momento del choque el aumento en los precios flexibles no transables P_t^N es mayor que el aumento en los precios rígidos no transables Q_t^N , situación representada en la dinámica de q_t^N ; si se asumiera que

Cuadro 1: Calibración de los parámetros

Descripción	Parámetro	Valor
Participación del consumo en la función de utilidad	γ	0,3558
Elasticidad de Sustitución Intertemporal	σ	0,2
Coefficiente de aversión al riesgo	$\frac{1}{\sigma}$	5
Participación del trabajo en la producción Transable	$1 - \alpha^T$	0,618
Participación del trabajo en la producción No Transable	$1 - \alpha^{NT}$	0,499
Autocorrelación de la productividad del sector transable	ρ_Z	0,8143
Autocorrelación de la productividad del sector no transable	ρ_A	0,8853
Autocorrelación del shock a la tasa de interés externa.	ρ_{ϵ^*}	0,8492
Tasa de interés externa	i'	0,0076
Desviación estándar shock al sector transable	σ_{η_z}	0,0497
Desviación estándar shock al sector no transable	σ_{η_A}	0,0391
Desviación estándar shock a la tasa de interés externa	$\sigma_{\eta_{\epsilon^*}}$	0,1069
Deuda externa de estado estacionario	\bar{F}	0,331
Elasticidad de la demanda por dinero ante cambios en el consumo	a	1,858
Coefficiente de la función de costos de transacción	κ	0,0645
Coefficiente de la prima de riesgo	ψ	0,000742
Probabilidad de ajustar el precio para el bien no transable heterogéneo	ε	0,75
Elasticidad de sustitución del consumo de cada bien (z)	θ	5
Meta de inflación	$\bar{\pi}$	0,03

Figura 1: Dinámica del modelo ante un choque de productividad en el sector transable.



los precios en el sector no transable son flexibles, la dinámica de q_t^H y q_t^F sería igual y la relación q_t^N no cambiaría ante el choque.

El aumento del precio del bien no transable aumenta la demanda interna por bienes transables y a su vez disminuye la demanda por bienes no transables. Este resultado se desprende del hecho que se supuso que los bienes no transables y los bienes transables son sustitutos. De las condiciones de primer orden del problema de optimización del agente representativo con respecto al consumo transable (ecuación (6)) y al consumo no transable (ecuación (7)), se puede observar que la tasa marginal de sustitución de los dos bienes es igual al inverso del precio relativo de los dos bienes. Así, el aumento del precio relativo, acarrea una mayor demanda de bienes transables, lo que implica una recomposición de la actividad productiva de la economía hacia el sector transable. Esto incrementa el empleo y la producción en este sector en detrimento del empleo y la producción del sector no transable. En la figura (1) se observan aumentos en el consumo, empleo y producción del sector transable, así como reducciones en el consumo, empleo y producción del sector no transable. Es importante anotar que el aumento en el consumo transable es menor que el aumento del producto transable, lo que implica mejoras en la cuenta corriente y por ende disminuciones en el nivel de la deuda. Dada la estructura del modelo, disminuciones en el nivel de deuda reducen la tasa de interés que los agentes enfrentan en el exterior.

La tasa de interés interna aumenta, pese a la caída de la inflación total, dado que el choque de productividad en el sector transable aumenta la tasa de crecimiento de la economía. El cambio

en la tasa de interés tiene efectos sobre la escogencia intertemporal de los agentes en el consumo de los bienes transables, de los bienes no transables, y en las tenencias de activos internos. Este constituye uno de los canales más importantes por el cuál se transmiten los efectos de la política monetaria a la economía.

La demanda por dinero depende del nivel de consumo agregado el cual está aumentando; dada la disminución en el nivel de precios transable y dado que la oferta de dinero es fija, el dinero disminuye.

La dinámica del modelo es similar cualitativamente para los tres regímenes de *inflación objetivo* contemplados en este trabajo. Sin embargo, existen diferencias cuantitativas en la respuesta del modelo. Por ejemplo, en el caso en que la autoridad monetaria responde a la inflación de los bienes transables, el cambio en la tasa de interés en este caso es menor que en el caso en que se responde a la inflación total, dado que el aumento de la productividad en el sector transable, implica una caída en la inflación de este sector. Este menor aumento en la tasa de interés, implica que los efectos en las variables reales sean menores en impacto que en el caso en que se responde a la inflación total. En el caso en que se incluye la inflación no transable en la función de reacción del BC, la tasa de interés aumenta más que en los otros dos casos, dado que la inflación en este sector ante el choque aumenta; los impactos en las variables reales son mayores.

3.3.2. Choque en la productividad del sector no transable y en la tasa de interés externa.

Cuando el choque al que se somete la economía es en el sector no transable, los mecanismos que operan son los mismos que en el caso en que el choque es en la productividad del sector no transable. El principal mecanismo de propagación del choque es igualmente el precio relativo de los dos bienes de la economía (tasa de cambio real). En este caso, las diferencias entre regímenes una vez más son cuantitativos.

Por otro lado, un choque a la tasa de interés externa afecta el modelo a través de dos canales: el primero es un efecto sustitución en el consumo intertemporal. Al combinar las condiciones de primer orden con respecto a los bonos internos (ecuación (10)) y a los activos externos (ecuación (11)) del problema de optimización del agente representativo se obtiene una ecuación de paridad de intereses de la forma: $(1 + i'_{t+1}) = (1 + \pi_{t+1}^T)(1 + i_{t+1})$. Así, un aumento en la tasa de interés externa i'_t , acarrea un aumento en la tasa de interés doméstica i_t , lo que a su vez afecta la elección intertemporal del agente representativo. Y el segundo, es un efecto ingreso en el valor de la deuda del país (dado que el país es un deudor neto). Un aumento en la tasa de interés externa incrementa el costo de la deuda externa del país. Estos dos efectos obligan a reducciones en el consumo agregado y a aumentos en la producción en el sector transable de forma tal que la balanza comercial mejore y el nivel de la deuda disminuya. Esta recomposición de la producción hacia el sector transable,

así como la caída en la demanda de los bienes no transables deprecian el tipo de cambio real²³. Se tiene un aumento en la producción transable y una disminución en la producción no transable cuyo efecto en la balanza comercial disminuye el nivel de la deuda externa. Las diferencias entre regímenes una vez más es puramente cuantitativa.

La caracterización de la respuesta del modelo a cada uno de los choques exógenos entre los diferentes regímenes de *inflación objetivo*, indica que si bien las dinámicas que gobiernan esta economía se mantienen entre los diferentes regímenes, existen diferencias cuantitativas. Estas diferencias cuantitativas de los efectos de los choques, son un claro indicio de que la variabilidad de las variables del modelo va a ser afectada por la medida de inflación incluida en la función de reacción de la autoridad monetaria y por la agresividad con la cual el BC responde a las desviaciones de los valores de largo plazo de las variables incluidas en su función de reacción. En la siguiente sección se aborda precisamente la relación que existe entre el régimen de *inflación objetivo* y la volatilidad de la inflación total y del producto.

4. Implicaciones de los diferentes regímenes de inflación objetivo en la variabilidad del producto y la inflación

En esta sección se presentan los resultados de diferentes experimentos sobre la postura de la autoridad monetaria. En particular, se hacen las fronteras de variabilidad. Esto consiste en variar los parámetros que describen la reacción de la autoridad a las desviaciones en la inflación y en la tasa de crecimiento de producto, y estudiar la volatilidad que estos cambios implican en la inflación total y en el producto. El ejercicio se realiza considerando tres regímenes diferentes de *inflación objetivo*: el primero, la autoridad monetaria fija como objetivo la inflación total; el segundo, la autoridad monetaria fija como objetivo la tasa de depreciación nominal (inflación de transables); y el tercero, el objetivo es la inflación de los bienes no transables.

Para poder realizar una comparación en los resultados de estos experimentos, es necesario caracterizar de algún modo el objetivo de la autoridad monetaria en cuanto a la conducta de la política monetaria. Siguiendo la tradición de la literatura que trata el tema de reglas de tasa de interés óptimas y eficientes, se define el problema del banco central de la siguiente forma:

$$\max_{i_t, y_t, \pi_t} L(i_t, y_t, \pi_t) = -\frac{1}{2} E_t \left(\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(k_o(i_t)^2 + (1 - k_1)(y_t)^2 + k_1(\pi_t)^2 \right) \mid \Gamma_t \right) \quad (26)$$

sujeto a las dinámicas de equilibrio de i_t, y_t, π_t y el conjunto de información para todos los agentes Γ_t .

La solución de este problema, tal como lo demuestra Clarida, Gali y Gertler (1999) es una regla

²³Este resultado es común en modelos de bienes transables y no transables de equilibrio general que utilizan estos mismos argumentos para explicar porque aumentos de la tasa de interés externa generan depreciaciones reales.

óptima de tasa de interés lineal en los argumentos objetivo de la autoridad monetaria. Dado que en este trabajo no se hace una solución formal del problema de la autoridad monetaria, y se impone la forma funcional de la regla de tasa de interés, las distintas variaciones de las reglas de tasa de interés no son óptimas, sino reglas de tasa de interés. Este hecho no le resta validez al modelo pues se ha encontrado en la literatura que las reglas de tasa de interés simples, como la que incluye este modelo, no presentan muchas pérdidas en términos de variabilidad frente a la regla óptima. Y tienen la ventaja de ser fácilmente implementables y creíbles. Ver Kam, Lim (2001)

Se debe notar que en la solución del problema de la autoridad monetaria, la minimización de la volatilidad de la inflación, el producto y la tasa de interés, es el objetivo. El valor de los coeficientes k_0 y k_1 determina el peso que le da el banco central a la volatilidad de la tasa de interés, el producto y a la inflación respectivamente. Al estudiar la volatilidad de estas tres variables entre los diferentes regímenes de inflación objetivo, se puede determinar qué tipo de respuesta puede ser mejor para la autoridad. Dada la naturaleza del experimento que se centra en variar la respuesta de la regla a la inflación y al producto, solamente se le prestará atención a la variabilidad del producto y de la inflación. Como el tipo de regla incluida en el modelo, tiene un parámetro, ρ , de suavización de la regla distinto de cero, se puede afirmar que de algún modo se está contemplando la minimización de la variabilidad de la tasa de interés en la función de reacción de la autoridad.

Para la realización de los diferentes experimentos, se asume que tanto el choque a la productividad del sector transable, como a la productividad del sector no transable, y el choque de la tasa de interés externa están presentes. Se procede a comparar las varianzas teóricas implicadas por el modelo de las variables objetivo.

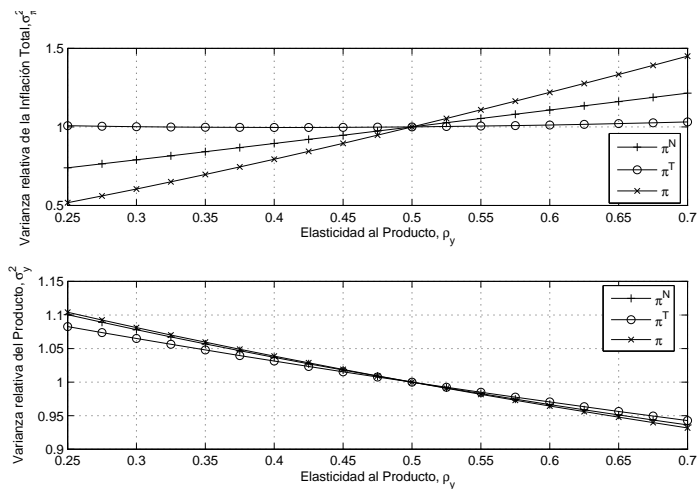
4.1. Análisis de variabilidad de la inflación y del producto dentro de los tres regímenes.

Se realiza una evaluación de las volatilidades de las variables objetivo, frente a diversas elasticidades de respuesta de la autoridad monetaria a sus variables objetivo entre los diferentes regímenes de medida de inflación objetivo. Para efectos de comparación, las varianzas obtenidas para un escenario en que el coeficiente de suavización de la tasa de interés, ρ , es 0.7, la respuesta a la inflación, ρ_π , es 1.5 y la respuesta al producto, ρ_y , es 0.5, son estandarizadas e igualadas a 1. Esta estandarización se realiza para los tres regímenes.

4.1.1. Se varía la elasticidad de la respuesta de la regla de tasa de interés al producto.

La elasticidad de la respuesta del instrumento de política al producto, ρ_y , se varía en el intervalo $[0.25, 0.7]$ mientras que la respuesta a la inflación ρ_π , se fija en 1.5. Con la determinación del rango de respuesta al producto, se está asumiendo implícitamente que los regímenes tratados no van a ser de inflación objetivo estricto dado que $\rho_y \neq 0$ en el intervalo de estudio. La varianzas implicadas

Figura 2: Varianza de la inflación y del producto ante diferentes elasticidades al producto ρ_y en la función de reacción



por el modelo de las variables objetivo (inflación total, producto) para los tres regímenes son graficadas como función de éste parámetro variando (figura 2).

El primer hecho que se debe resaltar es que es decisiva la medida de inflación a la cual el BC responde, pues el aumento de la respuesta al producto, implica aumentos de la variabilidad de la inflación que varían de acuerdo al régimen. En el caso en que el objetivo de la autoridad monetaria es la depreciación nominal (inflación de transables), se observa que el efecto de un aumento del parámetro ρ_y tiene efectos mínimos en la variabilidad de la inflación, mientras que para los dos otros regímenes, el aumento de la variabilidad de la inflación es considerable. Este resultado se debe a que en el sector transable se supuso que no existen rigideces de precios que puedan afectar el sector real. Así, es como una menor variabilidad del producto implicada por una elasticidad mayor a la respuesta del producto, no se transmite a las variables reales. Cuando la respuesta del BC es a la inflación total, una política más agresiva en la respuesta al producto induce un mayor aumento en la volatilidad de la inflación que en el régimen donde la inflación no transable es el objetivo. La explicación de este fenómeno es que al estar en un régimen RIT, la inflación no transable sea más volátil que un régimen que responde directamente a esta inflación. Y por la presencia de las rigideces de precios en este mercado, una mayor volatilidad nominal implica una mayor volatilidad en el sector no transable que por su importancia logra transmitirse a nivel agregado.

Por otro lado, como es de esperarse, la variabilidad del producto disminuye con el aumento de ρ_y . Este resultado se mantiene para las tres medidas de inflación contempladas. No se ven diferencias sustanciales de la sensibilidad de la incertidumbre del producto al valor de respuesta de acuerdo al régimen.

La existencia del *trade-off* entre la variabilidad de la inflación y del producto en este modelo se debe a la existencia de una curva de Phillips aumentada por expectativas en el sector no transable, implicada por la rigidez de precios en este mercado. Si la respuesta de la autoridad monetaria se centra en la depreciación nominal, donde no hay tales rigideces, las pérdidas en la mayor variabilidad de la inflación frente a una menor variabilidad del producto son menores.

Para ilustrar la idea del *trade-off* entre tener menos incertidumbre sobre la inflación contra una mayor volatilidad del producto, se grafica la relación entre la variabilidad del producto y de la variabilidad de la inflación para los diferentes valores de respuesta al producto. (figura 3). El *trade-off* entre estas variabilidades ante cambios en la respuesta de la autoridad depende del régimen de inflación que se esté tratando. En el caso en que el objetivo de la autoridad monetaria es la depreciación nominal (inflación de transables), no es clara la existencia de este *trade-off* en función del valor del parámetro de respuesta al producto, confirmando el resultado anteriormente indicado. En este caso, la autoridad monetaria obtiene una ganancia clara de responder agresivamente al producto en su función de reacción, pues no incurriría en generar una mayor incertidumbre sobre la inflación.

Sin embargo, para el caso en que la respuesta es a la inflación total o a la inflación de no transables, se puede ver como el *trade-off* entre las dos variabilidades es importante. Al definir una tasa de sacrificio de variabilidad²⁴ como el aumento de la variabilidad de la inflación que se debe “sacrificar” para obtener un nivel más bajo de incertidumbre sobre el producto, se ve que en el caso en que la respuesta del BC se centra en la inflación total, esta tasa es mayor que cuando la medida objetivo de la autoridad en la función de reacción es la inflación no transable. Este resultado se explica una vez más por que bajo un esquema de RIT, la variabilidad de la inflación no transable para el mismo valor de parámetros de respuesta, es más alto que cuando se tiene un esquema RID. Esta mayor variabilidad de esta inflación, implica una mayor volatilidad del producto por las fricciones en este mercado.

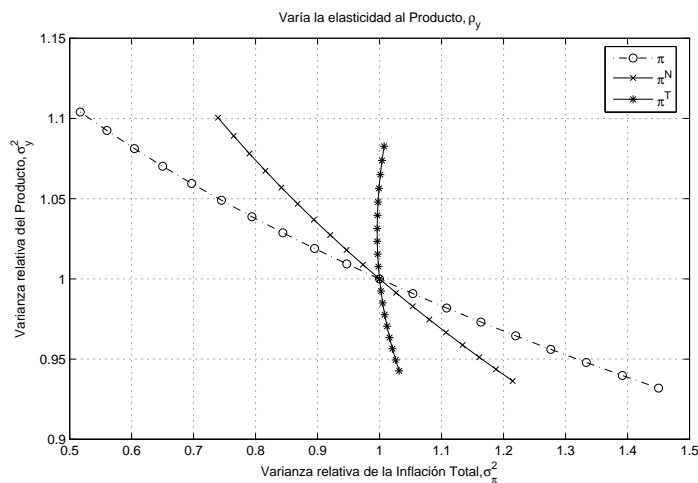
4.1.2. Se varía la elasticidad de la respuesta de la regla de tasa a la inflación.

Se realiza el mismo ejercicio de la sección anterior, esta vez variando la elasticidad de la respuesta de la regla de tasa de interés, ρ_π , en el intervalo [1.5,2.1]. El rango se definió de tal manera que la regla de tasa de interés sea activa en la respuesta de la inflación ($\rho_\pi > 1$). Con esta característica se reducen las posibilidades de que la solución del modelo tenga múltiples equilibrios, lo que es indeseable desde el punto de vista de la autoridad monetaria pues estaría generando inestabilidad en la economía. La elasticidad al producto ρ_y se fija en 0.5. Los resultados para los tres regímenes se muestran en la figura 4.

El primer resultado es la existencia de una relación negativa entre el valor de la elasticidad de respuesta a la medida de inflación y la variabilidad de la inflación total. Se debe anotar que

²⁴En este caso la tasa de sacrificio está definida sobre la volatilidad del producto y de la inflación, y no sobre los niveles del producto y de la inflación como normalmente se encuentra en la literatura.

Figura 3: *Trade-off* entre la varianza del producto y de la inflación para diferentes valores de respuesta al producto.

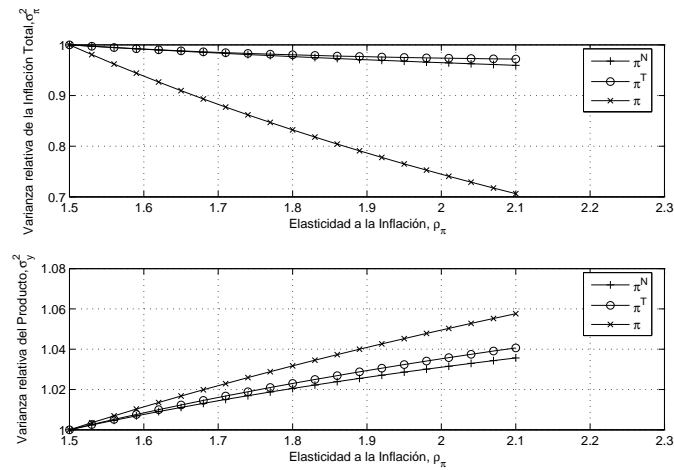


para el intervalo considerado en el ejercicio, un aumento del valor de este parámetro, tiene mucho más efecto cuando la medida incluida en la regla es la inflación total, que en los otros dos casos. Para lograr disminuciones significativas sobre la incertidumbre de la inflación total en estos dos regímenes, la autoridad monetaria debe aumentar significativamente el valor de ρ_π . Este resultado, indica que para que la política monetaria tenga efectos significativos en la reducción de la incertidumbre, sería más efectivo la RIT en la medida en que reacciona a la combinación de efectos que tiene la alta variabilidad de la inflación transables, y las rigideces de precios en el sector no transable.

El segundo resultado es la existencia de una relación positiva entre el valor de respuesta de la inflación y la variabilidad del producto para los tres casos contemplados. Como se puede apreciar en la figura (4), cuando la medida de inflación a la que se responde es la inflación total, el efecto de aumentar la respuesta a la inflación sobre la variabilidad del producto es mayor que en los otros dos casos.

En cuanto al *trade-off* entre tener menos incertidumbre sobre la inflación contra la mayor volatilidad del producto figura5, se mantiene el resultado en que el tipo de inflación objetivo en la respuesta de la autoridad determina la tasa de sacrificio. En el caso en que el objetivo de la autoridad monetaria es la inflación total la tasa de sacrificio es alta. En el caso en que la depreciación nominal (inflación de transables) es el objetivo del banco central, el resultado es el opuesto. La tasa de sacrificio es menor. No obstante, para lograr disminuciones considerables en la variabilidad de la inflación, es necesario que el parámetro de respuesta sea muy alto, implicando una mayor variabilidad del producto.

Figura 4: Varianza de la inflación y del producto ante diferentes elasticidades a la inflación ρ_π en la función de reacción



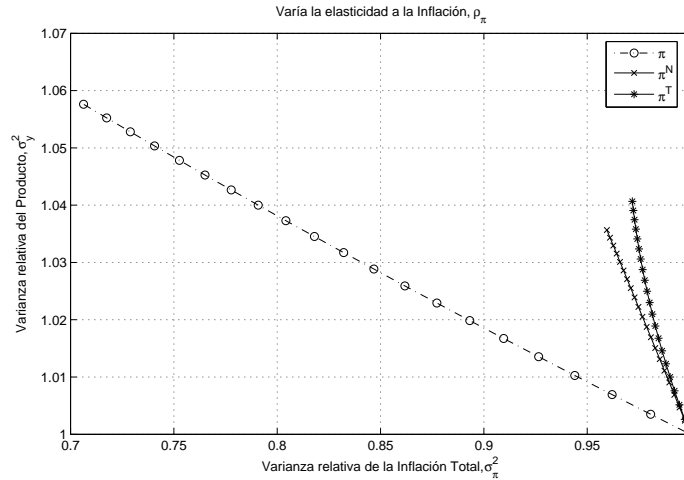
4.1.3. Se varía la elasticidad de respuesta del producto y de la inflación.

En este caso, el experimento consiste en variar simultáneamente tanto la elasticidad de respuesta de la regla a la inflación, como al producto. Se toman los mismos intervalos empleados en los ejercicios anteriores para los coeficientes ρ_y y ρ_π y se grafica la variabilidad de la inflación (figura 6) y del producto (figura 7), en los tres regímenes de objetivo, para las distintas combinaciones de los parámetros de respuesta.

Si se examinan los dos primeros paneles de la figura 6, se puede ver que las superficies son planas con una pendiente creciente en el valor del coeficiente ρ_y . Por otro lado, al examinar los dos primeros paneles de la figura 7, se puede observar igualmente que las superficies son planos con pendiente negativa en el coeficiente de respuesta al producto. Este hecho indica que bajo cualquiera estos dos esquemas de objetivo de inflación en la función de reacción, es imposible que exista una relación positiva entre la variabilidad del producto y de la inflación, manteniéndose los resultados encontrados anteriormente.

Para el caso en que la medida de inflación en la función de reacción es la depreciación nominal (inflación de transables), el resultado anterior no se mantiene. Dada la convexidad de la superficie de la varianza de la inflación (ultimo panel figura 6), se puede observar que la minimización de la variabilidad de la inflación se encuentra en un rango intermedio de respuesta al producto y no en el límite inferior del rango como era el caso para los otros dos regímenes. Así es como una menor varianza del producto (aumento en el coeficiente ρ_y) puede igualmente minimizar la varianza de la inflación en este régimen. Este hecho complementa el resultado encontrado anteriormente para el régimen que responde a la inflación transable, dónde no se veía la existencia clara del *trade-off*

Figura 5: *Trade-off* entre la varianza del producto y de la inflación para diferentes valores de respuesta a la inflación.



entre las variabilidades del producto y de la inflación. Para cierto rango de valores de los parámetros de respuesta puede existir una relación positiva entre estas dos variabilidades

4.2. Análisis de variabilidad entre regímenes.

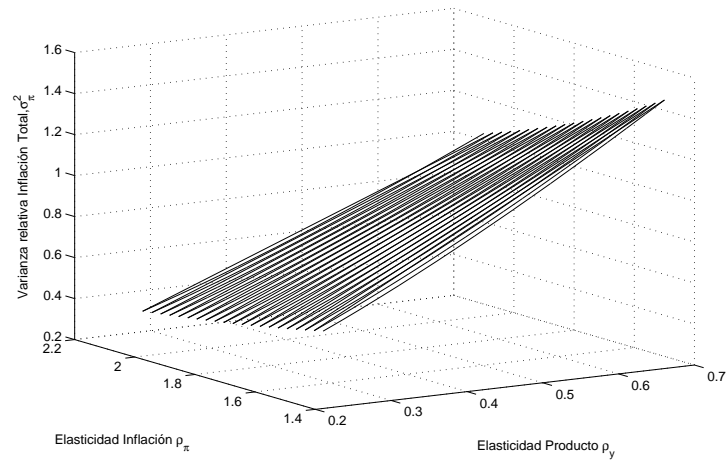
En la sección anterior, se presentaron algunas características de las relaciones entre la variabilidad del producto y de la inflación para cada uno de los tres regímenes de objetivo de inflación en la función de reacción de la autoridad monetaria. A continuación se presentan los resultados de la comparación de la volatilidad de la inflación y del producto de los tres regímenes para la calibración usada. Para los efectos de comparación, se toman las volatilidades del producto y de la inflación que implica el modelo para el mismo rango de respuesta a la inflación ρ_π y el producto ρ_y utilizados en los ejercicios anteriores²⁵.

Tal como se ve en la figura 8, el régimen que menor volatilidad induce en la inflación total, es el que responde a la inflación total. Este resultado no es sorprendente, en la medida en que al responder a la inflación total, la autoridad monetaria está reaccionando directamente sobre la variable, contemplando tanto los efectos directos de la inflación no transable, como los de la inflación transable.

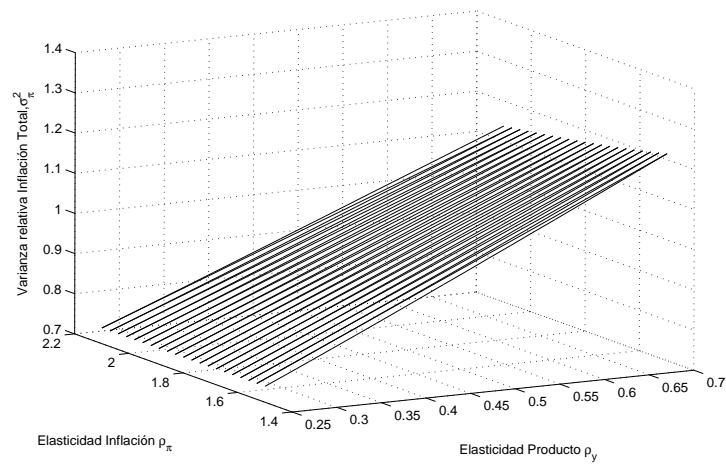
Si la autoridad monetaria fija como objetivo en la regla de tasa de interés la depreciación nominal (inflación de transables), se puede observar que la variabilidad que implica sobre la inflación total es mayor que en el régimen en que responde a la inflación total. Dado que en el sector de transables se supuso que no hay rigideces de precios, la volatilidad de esta inflación es alta. Si bien,

²⁵En este caso, los gráficos no están estandarizados. Las varianzas están en nivel.

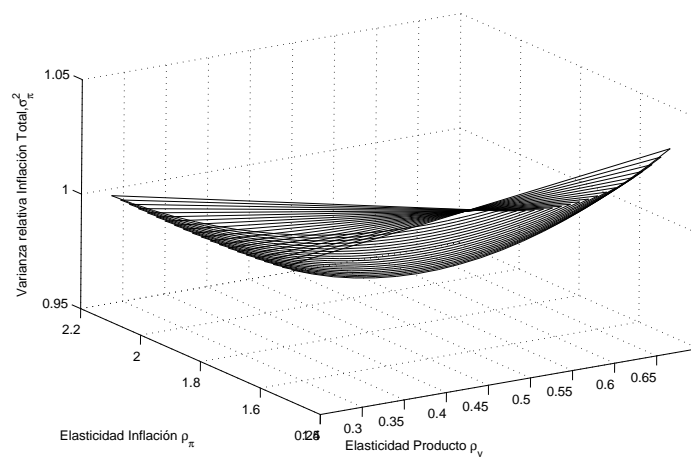
Figura 6: Varianza de la inflación para diferentes combinaciones de respuesta a la inflación y al producto en la función de reacción.



(a) Respuesta a la inflación total

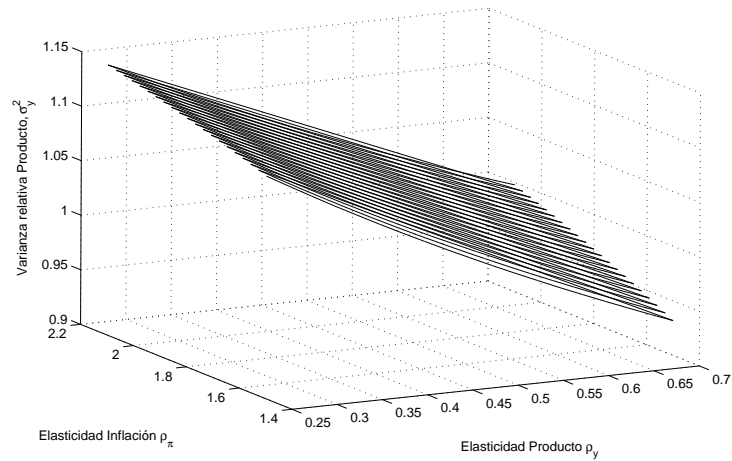


(b) Respuesta a la inflación de no transables

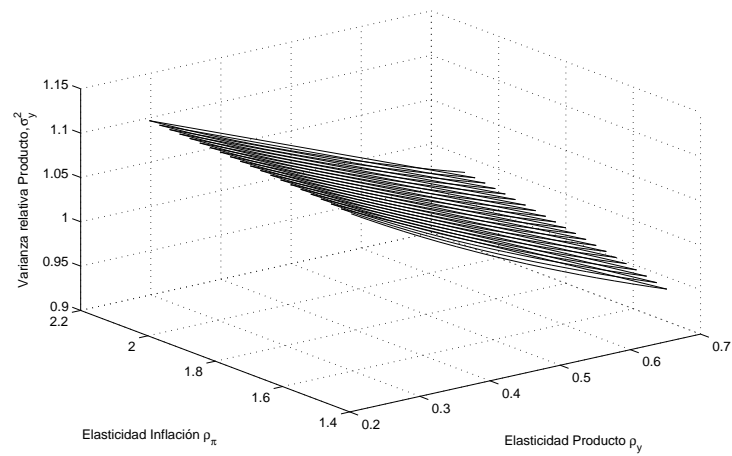


(c) Respuesta a la depreciación nominal (Inflación transables)

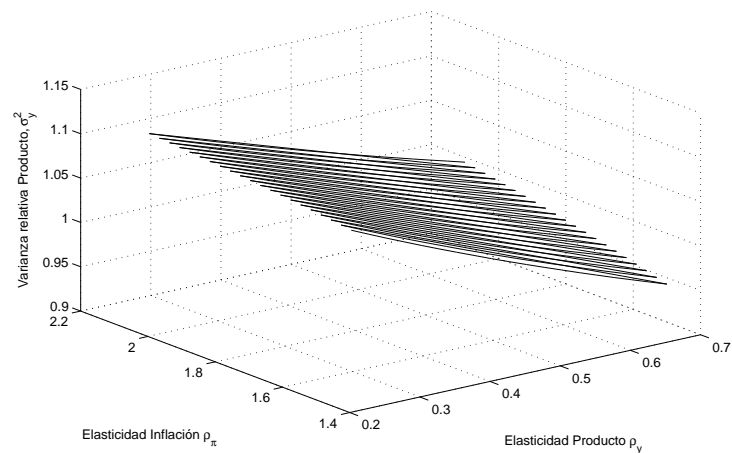
Figura 7: Varianza del producto para diferentes combinaciones de respuesta a la inflación y al producto en la función de reacción.



(a) Respuesta a la inflación total

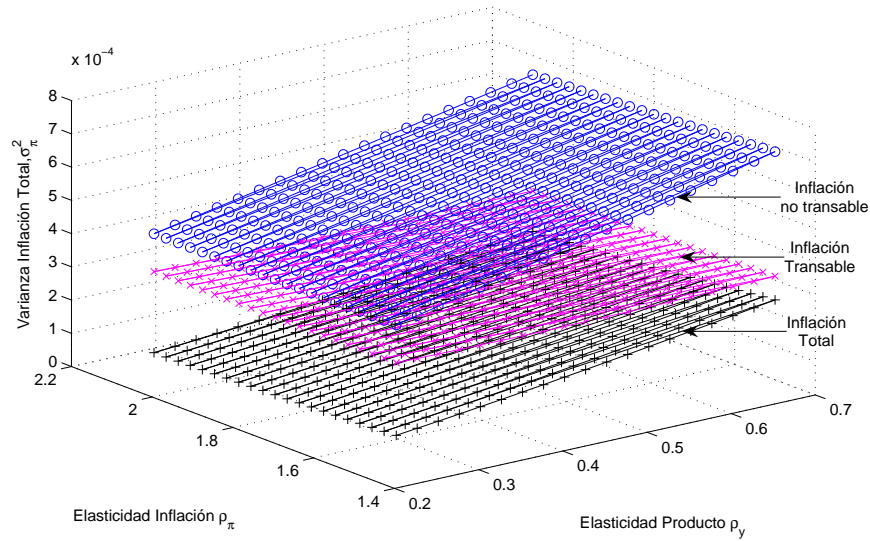


(b) Respuesta a la inflación no transable



(c) Respuesta a la depreciación nominal (Inflación transable)

Figura 8: Varianza de la inflación para cada uno de los tres regímenes.



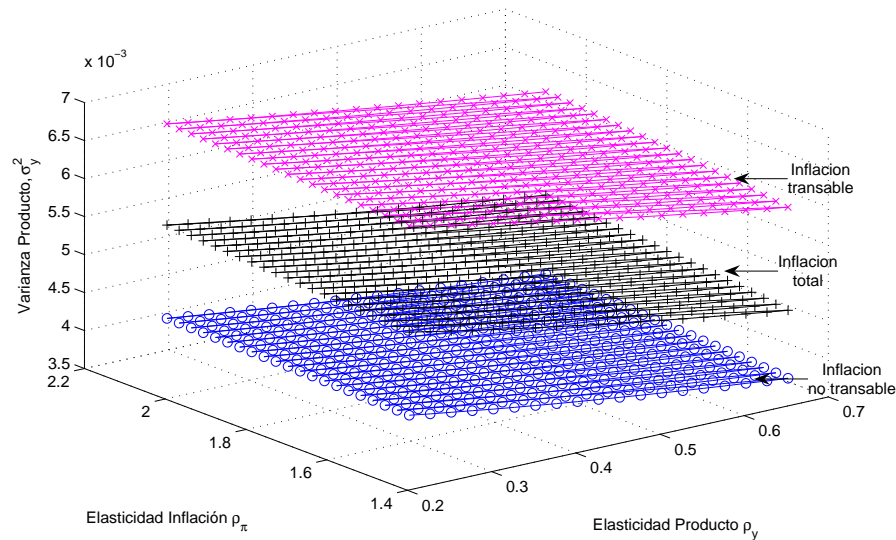
la autoridad monetaria al responder a esta inflación podría reducir su variabilidad, los efectos no son tan significativos en la inflación total pues el peso de esta canasta sobre la inflación total es solamente del 36 % (parámetro γ).

El régimen que más causa incertidumbre sobre la inflación total, es el que responde a la inflación de no transables. Los bienes no transables representan cerca del 64 % de la canasta total, por lo que se esperaría que la respuesta sobre esta medida tuviera efectos significativos sobre la variabilidad de la inflación total. Sin embargo, al estar omitiendo la incertidumbre que causa la alta variabilidad de la tasa de cambio (amplificada por el supuesto de *pass-through* perfecto), se obtiene una mayor volatilidad en la inflación total.

En cuanto a la incertidumbre del producto (figura 9) se encuentra que cuando la autoridad monetaria centra su respuesta en la inflación de transables, se genera mucha más volatilidad en comparación con los otros dos regímenes. Dada la alta variabilidad de la inflación de transables, pues los precios en este sector son flexibles, la variabilidad de la tasa de interés va a ser igualmente alta, transmitiendo una volatilidad mayor en las variables reales. Igualmente, bajo este régimen, la inflación no transable va a tener una mayor volatilidad que si la autoridad monetaria fija el objetivo en la inflación no transable pues no se ejerce control directo sobre esta. Esta mayor volatilidad de la inflación no transable se transmite a la variabilidad del sector real por las imperfecciones de este sector.

Dadas las características de la economía, existen dos mecanismos que se retroalimentan para amplificar y propagar los efectos de los choques sobre las variables reales. Primero, una mayor par-

Figura 9: Varianza del producto para cada uno de los tres regímenes.



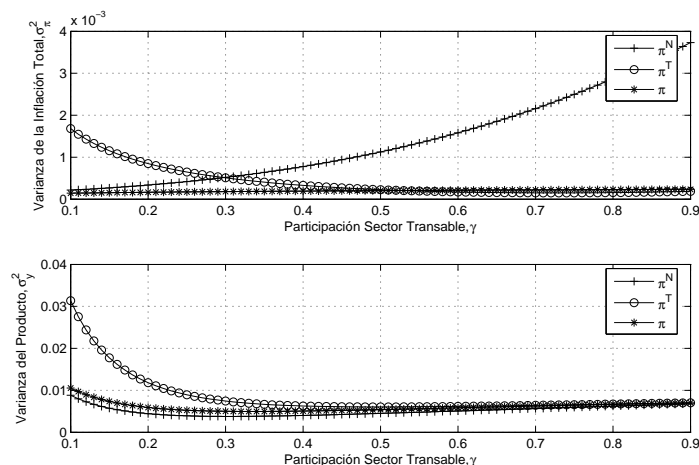
participación relativa de bienes no transables, implica que para alcanzar el equilibrio en el mercado de activos internacionales, la tasa de cambio real debe depreciarse significativamente más que cuando la economía es puramente transable. En consecuencia, la mayor parte del ajuste recae sobre la tasa de cambio nominal, haciéndola más volátil. Segundo, con precios rígidos, una mayor volatilidad nominal implica una mayor volatilidad real. Es así como un régimen de inflación transable, impide de algún modo que la tasa de depreciación nominal se ajuste rápidamente para absorber el choque externo. Esto implica un mayor ajuste en la tasa de cambio real, lo que conlleva a una mayor variabilidad del producto.

La respuesta a la inflación total, sitúa la variabilidad del producto entre los dos casos anteriores. Dado que la RIT, puede acentuar a la vez la volatilidad de los dos componentes de la inflación, se tiene una menor variabilidad en la inflación del sector no transable, causando una menor variabilidad en el producto.

4.3. Análisis de sensibilidad en el grado de apertura de la economía.

Uno de los supuestos fundamentales del modelo, es que el *pass-through* es perfecto. En esta medida, es el peso de los bienes transables en la canasta de consumo (parámetro γ), el que va a determinar el efecto directo que tiene la depreciación nominal en la inflación total. Con la parametrización del modelo, se tiene que el efecto de la depreciación en la inflación total es del 36%. Este efecto se puede considerar como muy alto pues las diferentes estimaciones realizadas

Figura 10: Varianza del producto y de la inflación total como función del grado de apertura de la economía



sobre el *pass-through* para Colombia²⁶ han mostrado que el efecto es mucho menor.

Para considerar diferentes magnitudes del efecto de la depreciación en la inflación total, se realiza un ejercicio de sensibilidad sobre este parámetro. Se fija en la función de reacción, el coeficiente de suavización de la tasa de interés, ρ , en 0.7; la respuesta a la inflación, ρ_π , en 1.5; y la respuesta al producto, ρ_y , en 0.5. Se varía el parámetro γ en el intervalo $[0.1, 0.9]$. Los resultados de este ejercicio se ilustran en la figura 10.

Se puede observar que para valores del parámetro en que los efectos del *pass-through* sería menor que el contemplado en la parametrización del modelo (intervalo $[0.1, 0.3]$), los resultados del efecto del tipo de régimen sobre la variabilidad de la inflación cambian. El régimen que fija como medida de inflación en la función de reacción la depreciación nominal (inflación transable) es la que más genera volatilidad en la inflación total. Este resultado se explica por el hecho que dado que el peso de la inflación de transables es mucho menor que el peso de la inflación no transable en la inflación total, la reducción de la volatilidad de la inflación de transables no tiene efecto significativo en la incertidumbre de la inflación total. Si bien existen rigideces en el mercado de los bienes no transables que reducen naturalmente la volatilidad de los precios en este mercado, ésta va a ser importante pues al controlar la variabilidad de la inflación transable, el ajuste de los precios relativos va a recaer principalmente sobre los precios del sector no transable.

Un resultado importante es que para los diferentes valores de apertura de la economía, el régimen que responde a la inflación total es el que minimiza la volatilidad de ésta. Este resultado

²⁶En el trabajo de Rincón, Caicedo y Rodríguez (2005,[19]), se encuentra que el *pass-through* a nivel de la industria no es perfecto. En el Modelo de Mecanismo de Transmisión (2003,[8]), el efecto de la depreciación en la inflación total es bajo.

confirma lo encontrado anteriormente.

En cuanto a la volatilidad del producto, se encuentra que para valores de γ que implicarían un menor efecto de *pass-through* que el contemplado en la parametrización de este modelo, los resultados encontrados se mantienen. El régimen que minimiza la volatilidad real, es el que responde a la inflación de los bienes no transables; un régimen que responde a la depreciación nominal, es el que más incertidumbre genera sobre el producto.

Estos resultados se mantienen para las diferentes combinaciones de los valores de los parámetros de respuesta en la regla de tasa de interés en los rangos anteriormente estudiados.

4.4. ¿Qué inflación debería tomar la autoridad monetaria en su función de reacción?

Los resultados anteriormente encontrados dan indicios de cuál debe ser el mejor régimen de inflación objetivo para una economía con las características de la economía colombiana. Lógicamente, el régimen eficiente para la autoridad monetaria, va a depender directamente de las preferencias del BC en cuanto al peso que se le da en la función objetivo (ecuación (26)) a la variabilidad de la inflación y del producto.

En el caso en que la autoridad monetaria le da más importancia a la variabilidad de la inflación que a la del producto, ($k_1 > 0,5$) en la ecuación (26), el mejor régimen es el que responde a la inflación total (RIT). En caso de implementar este régimen, se debe tener en cuenta que la incertidumbre del producto no es la menor posible entre los tres regímenes, además que el efecto de reducir la variabilidad del producto sobre la variabilidad de la inflación (tasa de sacrificio en las variabilidades) es bastante considerable. En el caso en que los efectos del *pass-through* son menores que los contemplados en la parametrización de modelo, este régimen igualmente sería el más adecuado en términos de minimizar la variabilidad de la inflación.

En el caso opuesto en que se pondera más la incertidumbre sobre el producto, ($k_1 < 0,5$) en la ecuación 26, la mejor respuesta de la autoridad monetaria sería fijar el objetivo sobre la inflación no transable (RID). La razón es que como es el mercado con rigideces, la reducción de la incertidumbre sobre el nivel de precios, tiene efectos importantes en la reducción de la incertidumbre en el sector real. Dado que esta medida estaría omitiendo la variabilidad inducida por la depreciación nominal, la volatilidad de la inflación es mayor que en los otros dos casos. Al suponer un menor efecto de *pass-through* en la inflación total, este régimen generaría una menor volatilidad en la inflación total que el régimen que responde a la inflación transable. En este caso, un régimen de RID no sería tan perjudicial pues la volatilidad inducida en la inflación total es menor.

Una función de reacción basada en la depreciación de la tasa de cambio nominal, no presenta una clara ganancia para la autoridad monetaria. Por un lado, no es la que minimiza la incertidumbre sobre la inflación pues el peso de los transables en el IPC total es bajo, y por otro lado, es la que más incertidumbre genera sobre el producto. Como se explicó anteriormente, la mayor volatilidad

de la inflación transable hace que aumente la volatilidad de la tasa de interés, cuando ésta responde a esta medida. La mayor volatilidad en la tasa de interés, genera mayor volatilidad en el sector real. Cuando el efecto del *pass-through* es menor, tanto la variabilidad de la inflación, como la del producto es mayor que en los otros dos regímenes. En este caso, la autoridad monetaria no tiene ningún motivo para implementar este régimen.

Suponiendo que la autoridad monetaria, pondera más la volatilidad de la inflación, que la volatilidad del producto, se puede ver como un régimen RIT tiende a ser más eficiente para una economía cuya principal característica es la exposición a choques externos, con un sector no transable importante y sujeto a un *pass-through* perfecto.

5. Consideraciones Finales

Empleando un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para una economía pequeña y abierta con imperfecciones y rigideces en el sector no transable, calibrado para Colombia, se estudia la conveniencia de que la autoridad monetaria fije como medida de inflación objetivo en su función de reacción la inflación total, la inflación doméstica o la inflación externa en un contexto en el cual la fuente de las fluctuaciones proviene del sector externo y de choques en la productividad en cada uno de los sectores.

Para tal efecto, se determinaron unas fronteras de variabilidad para cada uno de los regímenes. Dada la existencia de una curva de Phillips aumentada por expectativas en el sector no transable, la política monetaria implica un *trade-off* entre la incertidumbre sobre la inflación y la variabilidad del producto. Se encuentra que este *trade-off* varía de acuerdo al régimen de respuesta de la autoridad monetaria. Además, se encuentran los siguientes resultados: Una regla de tasa de interés que responde a la inflación no transable, es la más efectiva en reducir la inestabilidad agregada, al costo de tener una inflación total más volátil que en los otros dos regímenes estudiados. En el caso de tener un régimen que responde a la inflación transable (depreciación nominal) se genera más volatilidad en el producto con un nivel de volatilidad medio de la inflación. La política más efectiva para reducir la variabilidad de la inflación total, es aquella en que el banco central responde a la inflación total.

Los resultados anteriores indicarían que para una economía cuyas principales características son: la exposición a choques externos, con un sector no transable importante y sujeto a un *pass-through* perfecto, el régimen de inflación objetivo más efectivo es el que responde a la inflación total. Dadas estas características de la economía, existen dos mecanismos que se retroalimentan para amplificar y propagar los efectos de los choques sobre las variables reales. Primero, una mayor participación relativa de bienes no transables, implica que para alcanzar el equilibrio en el mercado de activos internacionales, la tasa de cambio real debe depreciarse significativamente más que cuando la economía es puramente transable. En consecuencia, la mayor parte del ajuste recae sobre la tasa de cambio nominal, haciéndola más volátil. Segundo, con precios rígidos, una mayor

volatilidad nominal implica una mayor volatilidad real. Como resultado, una RIT implícitamente tiene en cuenta los movimientos en los precios debidos a movimientos en la tasa de cambio real tal como lo encuentra Kam y Lim (2001) para el caso australiano, por lo que el régimen RIT es mucho más eficiente que el RID en términos de volatilidad del producto y de la inflación.

En el caso en que los efectos del *pass-through* son menores que los contemplados en la parametrización del modelo, los principales resultados sobre la volatilidad del producto y de la inflación se mantienen. El régimen que responde a la inflación total (RIT) sigue siendo el más conveniente pues minimiza la variabilidad de la inflación total, y en el caso de la volatilidad de producto, genera una volatilidad un poco mayor que el régimen (RID).

Referencias

- [1] Kosuke Aoki. Optimal monetary policy responses to relative-price changes. *Journal of Monetary Economics*, 48(1):55–80, 2001.
- [2] Nicoletta Batini, Richard Harrison, and Stephen P. Millard. Monetary policy rules for an open economy. Bank of England, 2001.
- [3] Jesús Bejarano. Estimación estructural y análisis de la curva de phillips neo-keynesiana para colombia. Banco de la República, 2004.
- [4] B Bernanke and F Mishkin. Inflation targeting: A new framework for monetary policy? *Journal of Economic Perspectives*, 11(2), 1997.
- [5] Guillermo A. Calvo. Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3):383–398, September 1983.
- [6] Guillermo A. Calvo and Carmen M. Reinhart. Fear of floating. wp 7993, National Bureau of Economic Research, 2000.
- [7] Charles T. Carlstrom and Timothy S. Fuerst. Optimal monetary policy in a small open economy: A general equilibrium analysis. Working paper 9911, Federal Reserve Bank of Cleveland, 1999.
- [8] Subgerencia de Estudios Económicos del Banco de la República Departamento de Modelos Macroeconómicos. El modelo de mecanismos de transmisión, September 2003.
- [9] Michael B. Devereux, Philip R. Lane, and Juanyi Xu. Exchange rates and monetary policy in emerging market economies. University of British Columbia, August 2004.
- [10] Jordi Galí and Tommaso Monacelli. Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy. Working paper 8905, National Bureau of Economic Research, April 2002.
- [11] T.C.Y. Kam and G.C. Lim. Interest rate smoothing and inflation-output variability in a small open economy. University of Melbourne, September 2001.
- [12] Robert G. King, Charles I. Plosser, and Sérgio T. Rebelo. Production, growth and business cycles: Technical appendix. June 2001.
- [13] Robert Kollmann. Monetary policy rules in the open economy: Effects on welfare and business cycles. *Journal of Monetary Economics*, 49(5):989–1015, 2002.
- [14] Philip Lane. The new open macroeconomics: A survey. Trinity College Dublin, 2000.

- [15] Bennett McCallum and Edward Nelson. Monetary policy for an open economy: An alternative framework with optimizing agents and sticky prices. Working paper 8175, National Bureau of Economic Research, March 2001.
- [16] Eric Parrado. Inflation targeting and exchange rate rules in an open economy. wp 04/21, IMF, February 2004.
- [17] Sergio Rebelo and Carlos A. Vegh. Real effects of exchange rate-based stabilization: an analysis of competing theories. Working paper 5197, National Bureau of Economic Research, 1995.
- [18] Paulina Restrepo. Disinflation costs under inflation targeting in a small open economy. Banco de la República, 2005.
- [19] H. Rincon, Edgar Caicedo, and Norberto Rodriguez. Exchange rate pass-through effects: A disaggregate analysis of colombian imports of manufactured goods. Technical report, Banco de la Republica, 2005.
- [20] Stephanie Schmitt-Grohe and Martin Uribe. Closing small open economy models. Working paper 9270, National Bureau of Economic Research, 2002.
- [21] L.E.O. Svensson. Open-economy inflation targeting. *Journal of International Economics*, 50:155–183, 2000.
- [22] John B. Taylor. *Monetary Policy Rules*. The University of Chicago Press, 1999.
- [23] John Williams. Robust monetary policy with competing reference models. Working paper 10, FRBSF, 2003.
- [24] Michael Woodford. *Interest and Prices-Foundations of a Theory of Monetary Policy*. Princeton University Press, 2003.
- [25] Luis-Felipe Zanna. Taylor rules and multiple equilibria in the small open economy: The role of non-traded goods. Department of Economics, University of Pennsylvania, 2003.
- [26] Luis-Felipe Zanna. PPP rules, macroeconomic (in)stability and learning. International Finance Discussion Papers 814, Board of Governours of the Federal Reserve System, August 2004.