



BANCO DE GUATEMALA

Documentos de Trabajo

CENTRAL BANK OF GUATEMALA

Working Papers

No. 84

**RELACIONES DE UMBRALES ENTRE EL
CRECIMIENTO ECONÓMICO, LA INFLACIÓN Y
LOS SHOCKS PETROLEROS: EVIDENCIA PARA
LA ECONOMÍA GUATEMALTECA, 1950-2002***

Año 2004

Autor:

Arturo Leonardo Vásquez Cordano

*Trabajo declarado publicable por el Jurado Calificador del Certamen
Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central, Dr.
Manuel Noriega Morales, Edición XV





BANCO DE GUATEMALA

La serie de Documentos de Trabajo del Banco de Guatemala es una publicación que divulga los trabajos de investigación económica realizados por el personal del Banco Central o por personas ajenas a la institución, bajo encargo de la misma. El propósito de esta serie de documentos es aportar investigación técnica sobre temas relevantes, tratando de presentar nuevos puntos de vista que sirvan de análisis y discusión. Los Documentos de Trabajo contienen conclusiones de carácter preliminar, las cuales están sujetas a modificación, de conformidad con el intercambio de ideas y de la retroalimentación que reciban los autores.

La publicación de Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros de la Junta Monetaria del Banco de Guatemala. Por lo tanto, la metodología, el análisis y las conclusiones que dichos documentos contengan son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente representan la opinión del Banco de Guatemala o de las autoridades de la institución.

*****©*****

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is a publication that contains economic research documents produced by the Central Bank staff or by external researchers, upon the Bank's request. The publication's purpose is to provide technical economic research about relevant topics, trying to present new points of view that can be used for analysis and discussion. Such working papers contain preliminary conclusions, which are subject to being modified according to the exchange of ideas, and to feedback provided to the authors.

The Central Bank of Guatemala Working Papers Series is not subject to previous approval by the Central Bank Board. Therefore, their methodologies, analysis and conclusions are of exclusive responsibility of their authors, and do not necessarily represent the opinion of either the Central Bank or its authorities.

Relaciones de umbrales entre el crecimiento económico, la inflación y los shocks petroleros: evidencia para la economía guatemalteca, 1950–2002*

Arturo Leonardo Vásquez Cordano**

Resumen ejecutivo

Este documento examina la cuestión sobre la existencia de relaciones de umbral entre el crecimiento económico y la inflación, así como entre la inflación y los shocks petroleros en Guatemala, utilizando para ello las técnicas econométricas propuestas por Hansen (1999) que proveen procedimientos apropiados para la estimación e inferencia de los umbrales de inflación. Estas herramientas metodológicas permiten superar los resultados de las investigaciones previas sobre la materia a nivel internacional. Los hallazgos de este estudio señalan que existe una relación no lineal entre inflación y crecimiento, así como entre la inflación y las variaciones del precio del petróleo, lo cual contrasta con diversas investigaciones en la literatura que señalan que una relación no lineal entre variables económicas sólo se observa cuando en la muestra analizada existen observaciones extremas (outliers).

De otra parte, los hallazgos de esta investigación permiten sostener que la relación entre crecimiento e inflación se produce a través de una banda definida por dos valores umbrales estimados en 1% y 13.5% siendo ambos parámetros estadísticamente significativos. En el caso de la relación entre la inflación y la variación petrolera, los umbrales han sido calculados en -35.5% y 36.5% de

variación del valor promedio de las cotizaciones del barril de petróleo. La presencia de las bandas provoca que la relación entre las variables tienda a revertirse de negativa a positiva de acuerdo al nivel de inflación observado, así como del nivel de variación del precio del petróleo respectivamente. La incertidumbre asociada a estos parámetros ha sido cuantificada mediante la construcción de intervalos de confianza, los cuales son pequeños en el caso guatemalteco por lo que se puede sostener que las estimaciones de estos parámetros son precisas. Además, se muestra que si no se tiene en cuenta el problema de la existencia de relaciones de umbrales (lo que se denomina en este documento como efecto threshold), pueden producirse distorsiones sobre las predicciones de la inflación. Estimando ecuaciones de inflación, se ha constatado que no controlar por este efecto puede provocar errores de especificación en los modelos predictivos y sesgos en las predicciones de la inflación, lo cual puede inducir a errores al momento del diseño de la política monetaria.

Las recomendaciones de política que se puede extraer de esta investigación son diversas. Una primera recomendación que puede formularse a la autoridad monetaria es la necesidad de mantener niveles inflacionarios por debajo del 1%, con el objetivo de elevar las posibilidades de alcanzar un crecimiento sostenido. Otra recomendación es que el Banco Central evalúe la posibilidad de esterilizar el efecto de los shocks petroleros sobre la inflación, si la variación de las cotizaciones del crudo es muy elevada. Finalmente, es importante destacar que resulta necesario para la realización de las predicciones de inflación en

* Trabajo recomendado como publicable a raíz de su participación en el XV Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central Doctor Manuel Noriega Morales, Edición 2003-2004.

** Economista peruano.

Guatemala controlar por el efecto threshold en los modelos predictivos que utiliza la autoridad monetaria, con el propósito de hallar predicciones no sesgadas que sean útiles para el diseño y ejecución de la política monetaria. Se espera con este documento contribuir al debate sobre las relaciones de umbral entre el crecimiento económico, la inflación y los *shocks* petroleros, así como presentar un aporte para mejorar las predicciones de la inflación en Guatemala.

1. Introducción

Alcanzar el crecimiento sostenido en concordancia con niveles bajos de inflación constituye actualmente uno de los objetivos centrales de los hacedores de política inacroeconómica alrededor del mundo. No es sorprendente que por esta razón la relación entre inflación y crecimiento haya cobrado especial interés por parte de la comunidad académica y haya generado numerosos debates desde hace treinta años; más aún si se tiene en cuenta las experiencias hiperinflacionarias de los países en desarrollo que ocasionaron graves distorsiones en sus economías al provocar severas crisis y recesiones a fines de la década de 1980 y comienzos de 1990.

En la actualidad no existe un consenso en la literatura especializada respecto a si la inflación tiene un efecto positivo, negativo o nulo sobre el crecimiento¹. Sin embargo, a partir de los años noventa comienza a surgir una nueva perspectiva sobre el tema, pues aparece una abundante literatura empírica donde se señala que la relación entre inflación y crecimiento es de carácter no lineal. En trabajos como los de Fischer (1993), Roubini y Sala-i-Martí (1992), Levine y Renelt (1992), Sarel (1995), Bruno y Easterly (1998), y Barro (1996)—en los cuales se utilizan datos de panel para diversos países desarrollados y subdesarrollados— se muestra evidencia de la existencia de una relación negativa y no lineal entre inflación y crecimiento.

Si la inflación tiene un efecto adverso sobre el producto,

entonces es coherente que los hacedores de política económica y los bancos centrales busquen mantener la inflación en niveles mínimos. Pero ¿cuán baja debería ser la inflación para garantizar el crecimiento? ¿Debería fijarse una meta de inflación de 10%, 5% ó 0%? ¿O debería más bien establecerse un rango de inflación donde esta variable pueda fluctuar sin afectar significativamente el crecimiento? Estas preguntas han sido examinadas en recientes estudios empíricos a nivel internacional, los cuales han centrado su interés en evaluar si efectivamente existe una relación no lineal entre crecimiento e inflación (o, en otras palabras, si para tasas bajas de inflación la relación es positiva o nula, mientras que para elevadas tasas la relación se revierte tornándose negativa). Si tal relación no lineal existiera entre las variables analizadas, cabría la posibilidad de poder estimar los puntos de inflexión o umbrales (*thresholds*) donde el signo de la relación entre las dos variables cambia. A nivel teórico, la posibilidad de tal relación no lineal ha sido sugerida por De Gregorio (1992) y Fischer (1983, 1993) quienes señalan la existencia de una relación positiva a bajas tasas de inflación y una negativa a tasas muy elevadas. A nivel empírico, Sarel (1996) validó la existencia de un cambio estructural en la relación entre crecimiento e inflación para una muestra de 87 países mostrando evidencia de un quiebre significativo a una tasa anual de inflación de 8%. Por encima de este umbral, la inflación presentó un efecto negativo y significativo sobre el crecimiento². Ghosh y Phillips (1998), ampliando la muestra de Sarel (1996), encuentran que el umbral de inflación es 2.5%.

Arrieta y Portilla (1999), utilizando la metodología propuesta por Sarel (1996), estiman que el umbral de inflación para el período 1950-1998 en el caso peruano asciende a 17.38%, estimador que puede estar influenciado y sesgado por el efecto de las observaciones extremas del período hiperinflacionario acaecido en el Perú entre los años 1987 y 1990. Con una muestra más grande (1920-1999) y utilizando variables de control (como la razón inversión/PIB), Chiang (2000) estima que el umbral de inflación donde se maximiza la probabilidad de crecimiento para la economía peruana alcanza el 4%.

¹ No obstante, las políticas económicas propuestas por los organismos multilaterales están dirigidas a mantener un estricto control sobre la inflación en los países subdesarrollados con el fin de garantizar la estabilidad macroeconómica y el crecimiento sostenido. En el caso de Guatemala, esta orientación es explícita dado que el Banco Central tiene como objetivo garantizar la estabilidad de los precios.

² Bruno y Easterly (1998) sostienen que la relación no lineal negativa entre inflación y crecimiento, usualmente hallada en los estudios de corte transversal, se presenta sólo en bases de datos de alta frecuencia y con observaciones extremas para la inflación. Ellos establecen que para un umbral arbitrario de 40%, la relación entre inflación y crecimiento es negativa.

Como muestra la literatura empírica, el crecimiento económico de un país puede verse comprometido en períodos de alta y persistente inflación, provocando el retraso en su desarrollo económico y afectando el bienestar de su población. Los incrementos en los niveles de precios no sólo pueden generarse por condiciones internas a la economía (mala práctica de la política monetaria, escasez relativa de algunos productos por problemas en el abastecimiento de los mercados domésticos, etcétera), sino también por fenómenos externos que se producen en los mercados internacionales.

En economías pequeñas al comercio mundial, la volatilidad de los precios internacionales de aquellos productos o insumos que las empresas domésticas importan para producir bienes finales, o que los consumidores demandan para satisfacer sus necesidades ante la carencia de aquéllos en el mercado local, pueden generar presiones inflacionarias alcistas si es que éstos participan de manera importante en la producción o satisfacción de las necesidades de los consumidores de un país.

El petróleo es uno de los insumos más importantes para los procesos productivos que mueven el aparato industrial y de transporte en todos los países del mundo y, a la vez, constituye el combustible con mayor participación en las matrices energéticas de aquéllos³. Los mercados internacionales de este insumo, como señala Adelman (1993), están sujetos a constantes *shocks* (producto de guerras, intervenciones políticas, restricciones unilaterales de la oferta por parte de los carteles que operan en la industria mundial, entre otros) que provocan alzas abruptas en las cotizaciones. De acuerdo con Goodfriend y King (1997), estos *shocks* pueden generar presiones inflacionarias en las economías domésticas que importan petróleo debido a la elevación de los costos marginales de las empresas dentro de un país.

Lo particular de este problema, al igual que en el caso de la relación entre crecimiento e inflación, es que existe evidencia de que el vínculo entre las variaciones del precio

³ Por ejemplo, en Guatemala el petróleo crudo constituye el 81% del consumo de energía primaria; la energía hidroeléctrica, el 13%; mientras que el resto de fuentes de energía (bagazo, leña, hidroenergía, energía solar, carbón mineral, entre otros) representan el 6%. Como puede notarse, el balance de energía primaria en Guatemala señala que los hidrocarburos representan más de tres cuartas partes de la energía consumida, lo cual pone en evidencia la fuerte dependencia del país respecto al oportuno abastecimiento de estos recursos, en especial, del petróleo (Energy Information Agency. <http://www.eia.doe.gov>).

del petróleo (la cual está asociada a los *shocks* de oferta internacional) y la inflación es también no lineal. Por este motivo existe la posibilidad que, por encima de determinados umbrales, una elevada variación de las cotizaciones del petróleo en los mercados mundiales provoque mayores presiones alcistas sobre la inflación doméstica.

Autores Mork (1989); Hooker (1996, 1999) y Lee, Ni y Ratti (1995) han mostrado evidencia para el caso norteamericano de que la inflación puede verse afectada de manera adversa por los *shocks* petroleros en forma no lineal o asimétrica. La relación no lineal entre la inflación doméstica y la variabilidad petrolera implica que para determinados rangos los *shocks* petroleros puedan presionar la inflación al alza, hecho que puede demandar que la autoridad monetaria nacional intervenga para esterilizar las presiones inflacionarias ocasionadas por la subida de los precios del petróleo, con el objeto de mantener niveles de inflación que sean consistentes con el crecimiento económico sostenido.

A pesar de esta situación, existen insuficientes estudios aplicados para el caso de economías emergentes con experiencias de alta inflación, lo cual se debe posiblemente a los siguientes factores. En primer lugar, si bien es cierto que se ha reconocido la existencia de relaciones no lineales entre crecimiento e inflación, así como entre la inflación y los *shocks* petroleros, las investigaciones realizadas han carecido de soporte y consistencia, puesto que determinan los umbrales de inflación y de variación petrolera de manera arbitraria o exógena al modelo de estimación. En segundo lugar, los estudios que sí estiman los umbrales no muestran resultados robustos sobre los parámetros, dado que no realizan contraste de hipótesis alguno que indique la significancia de estos coeficientes. Asimismo no cuantifican su grado de incertidumbre ya que no calculan intervalos de confianza estadísticos.

En tercer lugar, no analizan si es posible identificar más de un umbral, tanto de inflación como de variación petrolera, que determine diferentes quiebres en las relaciones analizadas dado que no efectúan pruebas de especificación funcional a los modelos utilizados. De esta manera, las investigaciones no contemplan la posibilidad que existan bandas o rangos de inflación y de volatilidad petrolera determinados por dos o más umbrales en donde se configuren diferentes regímenes para la relación entre crecimiento e inflación y para la relación entre la inflación y los *shocks* petroleros.

En cuarto lugar, si bien es cierto que los estudios remarcán la existencia de discontinuidades en la relación crecimiento–inflación y la relación inflación–*shocks* petroleros, no es posible derivar a partir de ellos métodos que permitan una mejora en la práctica de la política monetaria dado que no brindan herramientas metodológicas para la realización de predicciones de la inflación incorporando el efecto de los umbrales (*efecto threshold*) dentro de esquemas de predictivos. En particular, en el caso de Guatemala la utilización de datos anuales permitiría que el Banco Central pueda utilizar este tipo de investigaciones como base para el diseño de la política monetaria y la predicción de la inflación, hitos claves dentro de esquemas de tipo *Inflation Targeting*.

Por estas razones, el presente documento reexamina la naturaleza de la relación entre la inflación y el crecimiento así como la relación entre la inflación y los *shocks* petroleros, tomando como caso de estudio a Guatemala y, como novedad, utiliza las nuevas técnicas econométricas propuestas por Hansen (1997, 1999, 2000), las cuales proveen procedimientos apropiados para realizar ejercicios de estimación e inferencia en modelos que incorporan los efectos de umbrales. Para ello, se ha creído conveniente dividir la presente investigación en dos partes. En la primera —titulada *Umbrales de inflación y crecimiento económico en Guatemala*— se evalúa la hipótesis de que existen al menos dos umbrales de inflación asimétricos y significativos, los cuales configuran un rango o banda de inflación donde la relación entre esta variable y el crecimiento se torna positiva o negativa. Se espera que dentro de la banda, la relación entre inflación y crecimiento sea estadísticamente nula y que por encima o debajo de la banda exista un efecto negativo o positivo de la inflación sobre el crecimiento, respectivamente. El planteamiento de esta hipótesis contrasta con las investigaciones anteriores en las cuales no se pone a prueba la existencia de múltiples umbrales que puedan afectar la relación entre inflación y crecimiento, y no se evalúa si el umbral estimado es significativo para afectar la relación entre estas variables.

En la segunda parte —titulada *Los shocks petroleros como fuente de inflación en Guatemala*— se evalúa la hipótesis que la relación entre inflación y los *shocks* petroleros es de tipo no lineal, planteándose la existencia de bandas determinadas por dos o más umbrales que configuran diversos regímenes donde la relación entre la inflación y los *shocks*

petroleros puede revertirse si es que la variación de los precios aumenta o disminuye. Desde este punto de vista, *shocks* petroleros adversos (incrementos muy fuertes en las cotizaciones del barril de petróleo) pueden generar un mayor impacto sobre la inflación, mientras que *shocks* moderados podrían no tener efecto alguno sobre esta variable.

En cada uno de estos ensayos se llevará a cabo, en primer término, una breve revisión teórica para justificar el porqué es posible la existencia de relaciones no lineales entre las variables. En segundo lugar, se presentará el modelo y la metodología que hace posible estimar de manera adecuada los umbrales de inflación y de variación petrolera, verificar su significancia estadística y construir intervalos de confianza. Posteriormente, se procederá a describir la base estadística cuyos datos son de carácter anual desde 1950 hasta el 2002. En cuarto lugar, se presentarán las estimaciones y, con base en los resultados obtenidos, se mostrará la existencia de relaciones de umbrales asimétricas entre el crecimiento y la inflación, así como entre la inflación y los *shocks* petroleros en Guatemala.

Finalmente, se analizará como novedad cuál es el efecto de no tener en cuenta la presencia de umbrales para la realización de predicciones de inflación. La hipótesis a evaluar es que la no incorporación del efecto *threshold* en los modelos de predicción de la inflación en el caso guatemalteco puede constituir un severo error de especificación que puede introducir sesgos en las predicciones que realice la autoridad monetaria sobre esta variable. Para ello se estimarán modelos de inflación⁴ que incorporen el efecto *threshold* con el propósito de evaluar su capacidad predictiva, frente a modelos que no consideran este efecto. Las lecciones que pueden extraerse de este ejercicio resultan relevantes para la autoridad monetaria en la medida que pueden contribuir a mejorar la capacidad predictiva que ésta tiene sobre la inflación, hecho que tiene múltiples implicancias para la programación de la política monetaria. Se espera con este documento contribuir al debate sobre la relación entre inflación y crecimiento, así como proporcionar una manera de mejorar las predicciones de la inflación en Guatemala.

⁴ Para ello es necesario, como sugieren muchos estudios abocados a este tema, incorporar en estos modelos un estimador de la brecha del producto que se define como la discrepancia entre el producto actual y el potencial. Por esta razón, en este documento se estimará la brecha del producto mediante el filtro de Christiano y Fitzgerald (1999).

UMBRALES DE INFLACIÓN Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN GUATEMALA

2. Umbrales de inflación asimétricos y crecimiento: Breve discusión teórica

La controversia sobre si efectivamente existe una relación positiva o negativa entre inflación y crecimiento halla su origen en el viejo debate de la década de 1950 entre estructuralistas y monetaristas. Como señala Mallik y Chowdhury (2001):

The structuralists believe that inflation is essential for economic growth, whereas the monetarists see inflation as detrimental to economic progress. There are two aspects to this debate: (a) the nature of the relationship if one exists and (b) the direction of causality. Friedman [...] succinctly summarized the inconclusive nature of the relationship between inflation and economic growth as follows: "historically, all possible combinations have occurred: inflation with and without development, no inflation with and without development". (Mallik y Chowdhury, 2001: 1)

Como puede notarse, no existe consenso respecto a si la inflación afecta o no al crecimiento económico. Mucha de la literatura teórica que analiza la relación entre estas variables ha estudiado el efecto que tiene la inflación sobre el crecimiento en una situación de equilibrio estacionario (De Gregorio, 1992). Algunos autores como Stockman (1981) sugieren que la inflación reduce la acumulación de capital al elevar los costos de este factor. Otros como Friedman (1977) y Fischer (1993) señalan que una alta variabilidad de la inflación puede disminuir la eficiencia económica a través de la generación de costos asociados a las dificultades que tienen los agentes para predecir los precios relativos y efectuar proyectos de inversión de largo plazo con lo cual se afecta negativamente el crecimiento.⁵

Teniendo en cuenta estos argumentos teóricos, se han realizado muchas investigaciones con el propósito de cuantificar el impacto de la inflación sobre el crecimiento de manera lineal pero sus resultados han sido poco concluyentes. Sin embargo, a mediados de la década pasada se inició una corriente de investigación importante que buscó analizar los aspectos no lineales de la relación entre crecimiento e inflación inspirada en la evidencia empírica

que reportaba la existencia de asimetrías en la relación entre estas variables (Sarel, 1995; Bruno y Easterly, 1998).

Los resultados de estos estudios fueron relevantes porque mostraron evidencia de que el nexo entre crecimiento e inflación se da a través de umbrales los cuales determinan regímenes donde la inflación puede afectar positiva o negativamente al crecimiento. Para niveles elevados de inflación las investigaciones probaron la existencia de un fuerte efecto negativo (principalmente en los países en desarrollo) sobre el crecimiento, pero en situaciones donde los niveles inflacionarios fueron bajos, los estudios señalaron que existe una relación nula o marginalmente positiva. Las estimaciones de los umbrales de inflación varían de acuerdo al carácter y a las muestras estadísticas disponibles para los países analizados.⁶ A pesar de la importancia de estas investigaciones para el esclarecimiento de la relación analizada, éstas dejan aún algunas interrogantes.

2.1. Múltiples umbrales y bandas de inflación

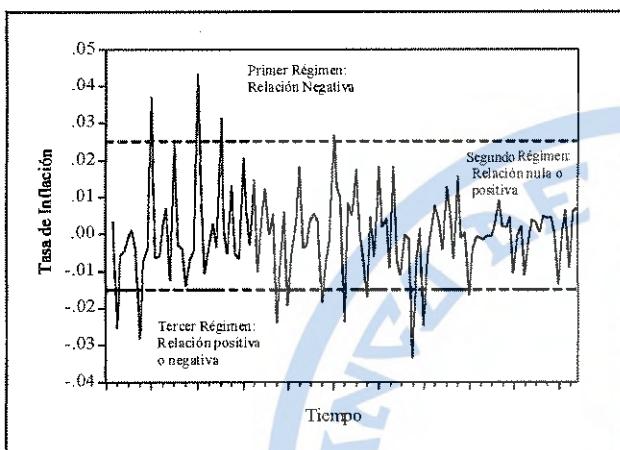
Si bien es cierto que la literatura sugiere la existencia de una relación no lineal entre inflación y crecimiento debido a la presencia de un umbral de inflación, las investigaciones no han evaluado la posibilidad que existan múltiples umbrales los cuales determinen diversos tipos de relaciones entre estas variables. Por esta razón, la presencia de diversos umbrales podría determinar la existencia de bandas o rangos de inflación en donde la relación entre las variables cambia entre regímenes. Así por ejemplo, como puede apreciarse en la Figura 1, la presencia de dos umbrales de inflación podría configurar una banda en donde si la inflación se hallara por encima del umbral superior, la relación entre crecimiento e inflación se tornaría marcadamente negativa. Por otro lado, si la inflación se encontrara dentro de la banda, la relación entre las variables

⁵ En esta situación, la inflación puede inducir a los agentes a una conducta buscadora de rentas por la cual retiran recursos de actividades productivas para destinarlos a negocios menos afectados por la inflación como aquellos desarrollados en los mercados financieros a través de modernos instrumentos con el propósito de proteger su poder adquisitivo.

⁶ Sarel (1995) por ejemplo, empleando datos para un conjunto de 87 países durante el período 1970–1990 y utilizando una metodología de búsqueda de quebradas estructurales, estima que por encima de un umbral de inflación de 8%, la relación entre crecimiento e inflación se torna significativamente negativa y que para tasas menores a este umbral la relación es positiva pero poco significativa. Ghosh y Phillips (1998) muestran que reverisiones en la relación entre inflación y crecimiento se alcanzan a tasas del 10%.

podría ser nula, y si la inflación se ubicara por debajo del umbral inferior, cabría la posibilidad de hallar una relación positiva.

Figura 1
Banda de inflación hipotética



Elaboración: Propia.

Detrás de la intuición señalada líneas arriba, existe cierto soporte teórico que da sustento a la idea de la existencia de bandas de inflación. La presencia del primer régimen (tasas de inflación superiores a un umbral máximo), en donde prima un efecto negativo de la inflación sobre el crecimiento, halla sustento en trabajos como los de Fischer (1983, 1993) y De Gregorio (1992). Altas inflaciones pueden generar distorsiones en los precios relativos de una economía por lo cual los agentes económicos no pueden interpretar correctamente la información que se transmite vía los precios. Al estar las señales de precios distorsionadas, se pierde eficiencia puesto que los agentes no asignarán de manera óptima sus recursos, sino que por la incertidumbre se dedicarán a actividades especulativas, dejando de realizar inversiones productivas lo cual genera un menor crecimiento.⁷

En este contexto, los agentes que anticipan mejor la inflación tienen ventajas sobre aquéllos que no la anticipan oportunamente.⁸ Este efecto negativo puede verse reforzado por sistemas impositivos ineficientes que no se corrigen por inflación lo cual “puede llevar a que el retorno real del capital luego de impuestos sea una función decreciente de la tasa de inflación aún si la tasa de retorno antes de impuestos es independiente de la tasa de inflación” (Fischer, 1983: 270).

De otra parte, la presencia de un segundo régimen (tasas de inflación dentro de una banda de umbrales), en donde predomina un efecto nulo o marginalmente positivo de la inflación sobre el crecimiento, tiene sustento si se considera que dentro de determinados umbrales es posible que variaciones menores de la tasa de inflación no generen tanta incertidumbre sobre las expectativas de los inversionistas como sí ocurriría en el caso de tener niveles elevados de inflación. Dentro de determinado rango o banda de inflación, los inversionistas recibirían señales correctas a través de los precios relativos no percibiendo riesgo alguno sobre la rentabilidad de sus inversiones. De esta manera, en una situación donde la inflación se mantuviera dentro de determinados umbrales, los agentes económicos no se sentirían amenazados por el efecto corrosivo de la inflación, por lo cual no alterarían sus decisiones de inversión. Así, la tasa de acumulación de capital no se vería afectada por las variaciones de la inflación y por lo tanto el crecimiento se vería inalterado *ceteris paribus*.⁹

Finalmente, la existencia de un tercer régimen (tasas de inflación inferiores a un umbral mínimo), en donde prima una relación positiva de la inflación sobre el crecimiento, puede hallar sustento en trabajos como los de Haslag (1997). En un escenario con muy baja inflación, el dinero (visto como reserva de valor) puede cumplir la función de sustituto para capital por lo que un leve aumento en el nivel de precios

⁷ Si el dinero es visto por los agentes como reserva de valor y complemento del capital, una elevación de los precios disminuye el poder de compra del dinero que está siendo utilizado para financiar proyectos de inversión (al incrementarse el costo de mantener el dinero para comprar nuevos bienes de capital) por lo cual disminuye la acumulación de capital y, por tanto, se reduce el crecimiento económico. Éste es el conocido efecto Stockman. En otras palabras, como sostiene Chiang: “altas inflaciones acortan el horizonte de planeación de los agentes económicos y dado que la inversión es una actividad de mediano y largo plazo, ésta sería postergada en un contexto de incertidumbre por lo que el crecimiento de la economía se vería severamente afectado [...] la inestabilidad de la inflación afecta negativamente la tasa de acumulación de capital por la mayor incertidumbre que ésta provoca sobre el valor presente de los proyectos de inversión” (2000: 56).

⁸ Existen otros canales por los cuales la inflación afecta negativamente al crecimiento. De Gregorio (1992), mediante el planteamiento de un modelo de equilibrio general con crecimiento endógeno, demuestra que la inflación afecta el crecimiento a través de su efecto sobre el empleo puesto que la subida de precios incrementa los costos laborales reduciendo la demanda por trabajo de las empresas, lo cual ocasiona que la productividad marginal del capital decrezca generándose una disminución en la tasa de crecimiento.

iría sucedido por un incremento del ahorro con el fin de mantener la riqueza que está siendo diluida por el impuesto inflación. Esto ocasionaría una caída en las tasas de interés y aumentaría la acumulación de capital impulsando el crecimiento.¹⁰

Sin embargo, Krugman (1999) sugiere que tasas bajas de inflación no garantizan un estímulo al crecimiento pues sostiene, tomando como referencia el caso japonés, que tasas decrecientes de inflación pueden llevar al país a una especie de trampa de liquidez donde la deflación y la caída de las tasas de interés a 0% pueden ocasionar un efecto contractivo y significativo sobre el producto. Con tasas nominales de interés nulas, la política monetaria pierde todo efecto para re-activar la actividad agregada. Con una deflación sostenida pueden generarse efectos adversos sobre el crecimiento si ésta sobrepasa cierto límite dado que desincentiva la producción al reducir la rentabilidad de las inversiones (ya que el precio de los bienes tiende a ser cero), lo cual puede provocar un exceso de capacidad instalada severo y un desperdicio de recursos.

En un contexto de este tipo, los agentes tienden a dedicarse a actividades especulativas dado que no encuentran rentabilidad en la producción. Sin embargo, la excesiva especulación puede generar "burbujas" especulativas en los mercados financieros que pueden conducir a crisis financieras y bancarias donde se generan grandes pasivos para los inversionistas. De otro lado, el descenso de los precios, con una demanda agregada deprimida, al deteriorar los beneficios de las empresas, induce a que éstas respondan reduciendo salarios y/o empleo. Por otra parte, la deflación eleva los tipos de interés reales, aumentando la elevada deuda de las empresas. De esta manera, el incremento de la carga de la deuda real

⁹ En este contexto, la estabilidad de precios dentro de determinados umbrales puede determinar un escenario donde existan medios de pagos sustitutos al dinero por lo que ante un pequeño aumento en el nivel de precios se reducirían las tasas de ahorro de los agentes, hecho que induciría a que éstos economicen sus balances reales de dinero. La reducción resultante del consumo de bienes se compensaría por un aumento de servicios financieros (que conforman el producto total) puesto que el aumento de la inflación dentro de la banda puede ocasionar un traslado desde la posesión del dinero hacia un aumento de activos de capital (efecto portafolio), lo cual aumenta el precio relativo del capital instalado llevando a mayores tasas de inversión. De esta manera, los efectos tanto favorable como adverso de la inflación se cancelarían manteniéndose el crecimiento económico inalterado. Este posible efecto es conocido en la literatura como la superneutralidad de Sidrauski (Arrieta y Portilla, 1999).

para los agentes, la depresión de la producción y el consumo, la caída de los precios y las tasas de interés sumado a la ineffectividad de las políticas del Gobierno para revertir esta situación genera lo que denomina Krugman (1999) *la espiral deflacionaria de la muerte* para un país dado que se llega a una situación con deflación y depresión económica.¹¹

2.2. Hipótesis de trabajo

Recapitulando, puede decirse entonces, con base en lo discutido en la sección anterior, que hay diversos argumentos teóricos que sostienen la idea de la existencia de diversos regímenes donde la relación entre crecimiento e inflación varía de acuerdo con los niveles de esta última variable. Considerar que existe un solo umbral de inflación puede llevar a un error en la estimación de la verdadera relación entre las variables.

Por este motivo, en esta parte se plantea la hipótesis que la relación entre inflación y crecimiento se da a través de varios umbrales de inflación, es decir: se plantea la existencia de bandas determinadas por dos o más umbrales en donde se determinan diversos regímenes donde la relación entre crecimiento e inflación tienden a revertirse a medida que la inflación aumenta o disminuye. Desde este punto de vista, inflaciones o deflaciones excesivas (como se ha discutido en la sección anterior) pueden perjudicar el crecimiento, mientras que inflaciones bajas o moderadas podrían no perjudicarlo e incluso facilitarlo. Se tomará como caso de estudio el guatemalteco y, en particular, se evaluará la hipótesis que sostiene la presencia de dos umbrales de inflación que determinan tres regímenes por los cuales se presentan reversiones en las relaciones entre inflación y crecimiento.

Para probar esta hipótesis se utilizarán las técnicas econométricas propuestas por Hansen (1996, 1999, 2000) el cual desarrolla métodos para estimar modelos de umbral

¹⁰ Este efecto es conocido en la literatura como el efecto Mundt-Tobin (Arrieta y Portilla, 1999). Estudios como los de Mailil y Chowdhury (2001) muestran evidencia empírica que corrobora la existencia de un efecto positivo de la inflación sobre el crecimiento para Bangladesh, India, Pakistán y Sri-Lanka. Lo interesante del estudio es que ninguno de estos países ha sufrido una crisis hiperinflacionaria, habiendo mantenido niveles de inflación promedio entre 7% y 10% durante casi 25 años.

¹¹ Puede consultarse el artículo de Oviedo, Luis (1999): *Japón, la depresión económica y la economía mundial* (<http://www.po.org.ar/edm/edm25/japnla.htm>) para mayores detalles sobre la crisis deflacionaria japonesa.

no lineales a partir de los cuales es posible evaluar la significancia estadística de los parámetros y calcular sus intervalos de confianza.¹² No es el propósito de esta investigación mostrar cómo se origina la inflación ni demostrar si es que existe alguna relación de causalidad con el crecimiento económico. Lo que se pretende en este documento es mostrar que una vez que la inflación se produce, el efecto que esta variable tiene sobre el crecimiento varía de acuerdo con el nivel en que se halle la inflación y que la presencia de este fenómeno puede ocasionar sesgos sistemáticos en las predicciones de la inflación si se adoptan esquemas de predicción que controlen por este efecto.

En la siguiente sección se presentará una serie de herramientas econométricas que permiten solucionar el problema de la estimación e inferencia en un contexto donde existen múltiples umbrales de inflación y, a su turno, permitirán evaluar la primera hipótesis de esta investigación.

3. Un modelo con umbrales de inflación asimétricos: Estimación e inferencia

Las relaciones entre muchas variables económicas se desarrollan con diversos tipos de distorsiones y fricciones. Este hecho puede ser justificado por la presencia de costos de transacción, fallas de información y por la incertidumbre sobre el futuro comportamiento de las variables económicas, lo cual ocasiona que los efectos de una variable sobre otras no se produzcan de manera continua y simétrica.¹³ En este contexto, “asumir una relación lineal podría llevar a sobrevalorar y subvalorar la significancia de la relación estadística”. (Arrieta y Portilla, 1999: 10)

Así, los modelos que incorporan los efectos umbrales¹⁴ en el análisis de la relación entre crecimiento e inflación

¹² Hansen (2000) desarrolla una teoría asintótica la cual sirve de base para realizar inferencia sobre los umbrales en situaciones donde existen relaciones no lineales entre variables.

¹³ La existencia de los umbrales puede deberse a la presencia de costos de transacción, factores sicológicos o problemas de fallos en la información que afectan las respuestas de los agentes. De esta manera, resulta más probable que los agentes respondan a variaciones fuertes de una variable observada y no a pequeñas desviaciones de su equilibrio de largo plazo. Sin embargo, puede darse el caso que exista una relación importante cuando la variable exógena se halla estable bajo ciertos límites, pero una vez que los atraviesa, la relación podría perderse, fruto de la distorsión que provocan los desequilibrios bruscos de la variable. Pueden consultarse, por ejemplo, los trabajos de Prakash y Taylor (1997) y Baulch (1997) para hallar una discusión teórica sobre este particular.

hallan sustento en la idea que los agentes sólo responden ante cambios relevantes de alguna variable observable y esta respuesta es diferente si estas variaciones son negativas o positivas. De esta forma, en estos modelos el vínculo o nexo entre las variables, como se ha mencionado anteriormente, se dan a través de bandas que definen regímenes donde se producen reverisiones en las relaciones que existen entre las variables de acuerdo con el nivel que alcance la inflación.

3.1. Modelo con un solo umbral de inflación

Teniendo en consideración lo mencionado en el apartado anterior, la estructura matemática para analizar la relación entre crecimiento e inflación bajo la presencia de un umbral puede resumirse en esta ecuación (3.1):

$$\Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 \pi_t I(\pi_t \leq Y_1) + \beta_2 \pi_t I(\pi_t > Y_1) + \sum_{k=1}^n \phi_k X_{kt} + \varepsilon_t$$

donde Δy_t es la tasa de crecimiento del PIB real, π_t es la tasa de inflación, Y_1 es el nivel umbral de inflación, $I(\pi_t \leq Y_1)$ y $I(\pi_t > Y_1)$ son funciones índice cuyo valor es uno cuando la condición entre paréntesis es verdadera y cero si es falsa, y X_t es una matriz de datos que contiene el conjunto de variables de control que incluye la tasa de inversión como porcentaje del PIB.¹⁵ Las observaciones son divididas en dos regímenes dependiendo de si la inflación se halla por encima o por debajo del umbral Y_1 . Los dos regímenes quedan definidos por los diferentes coeficientes de regresión β_1 y β_2 . La identificación de estos parámetros requiere que X_t posea regresores fijos. El término de error ε_t se asume que está idénticamente distribuido (iid) con media cero¹⁶ y varianza finita (σ^2).

¹⁴ Los modelos de umbrales pueden entenderse como una generalización de los modelos con cambio estructural exógeno porque éstos buscan endogenizar la presencia de quiebres estructurales en la relación entre la variable dependiente y los regresores. Véase Franses y Van Dijk (2000) para mayores detalles sobre los modelos econométricos no lineales.

¹⁵ Notese que X_t contiene sólo las variables más importantes de un gran conjunto de otras variables utilizadas en los numerosos estudios empíricos sobre crecimiento puesto que éstas pasan las pruebas de robustez realizadas por Levine y Renelt (1992).

¹⁶ Si los residuos presentan autocorrelación serial, podría utilizarse la matriz de corrección de Newey-West. Véase Greene (2003).

3.1.1. Estimación

Si el umbral γ_1 fuera conocido, el modelo (3.1) podría ser estimado mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Dado que γ_1 es desconocido, éste no puede ser estimado utilizando las técnicas convencionales. El método apropiado para estimar el modelo sería el de mínimos cuadrados no lineales (MCNL) pero como γ_1 entra de manera no lineal y no diferenciable en el modelo, las técnicas convencionales de estimación mediante gradientes son inapropiadas. Por esta razón Chan (1993) y Hansen (1996) sugieren estimar este tipo de modelos a través de la técnica de mínimos cuadrados secuenciales (MCS), la cual se describe como sigue. Para cada valor posible de γ_1 dentro de determinado intervalo, el modelo (3.1) es estimado por MCO del cual puede hallarse la suma de errores al cuadrado S_1 que depende de γ_1 . El estimador de mínimos cuadrados para γ_1 se halla mediante la minimización de la serie concentrada de todas las sumas de errores al cuadrado obtenidas por el método MCS. De aquí que el estimador para γ_1 sea igual a:

$$(2) \quad \gamma_1^* = \arg \min_{\gamma} S_1(\gamma)$$

Una vez calculado el umbral óptimo γ_1^* , es posible re-estimar la ecuación (3.1) para hallar los coeficientes β_i (γ_1^*) y ϕ_i^* que dependen del umbral, la suma de errores al cuadrado $S_1(\gamma_1) = e^* e^*$ y la varianza residual:

$$(3.3) \quad \sigma_1^2 = \frac{1}{n(T-1)} S_1(\gamma_1^*)$$

Para propósitos empíricos de esta primera parte, se selecciona el intervalo de búsqueda entre tasas de inflación de $\{0\%, 0.5\%, 1\%, 1.5\% \dots 60\%\}$ puesto que el período de análisis comprende años de baja, moderada y alta inflación en Guatemala (1950–2002).

3.1.2. Inferencia

Es importante determinar si el efecto *threshold* efectivamente es estadísticamente significativo. La hipótesis de la no presencia de un umbral de inflación en la ecuación (3.1) puede ser representada mediante la siguiente restricción lineal, $H_0: \beta_1 = \beta_2$. Bajo la hipótesis nula H_0 el umbral γ_1^* no está identificado por lo que la clásica prueba de hipótesis no posee una distribución estándar tipo F-Fischer. Hansen (1996) sugiere utilizar la técnica de remuestreo *Bootstrap* de tal manera de simular la distribución asintótica de la

prueba de razón de verosimilitud. Bajo la hipótesis nula de ausencia de umbrales la ecuación queda definida como sigue:

$$(3.4) \quad \Delta y_t = \beta_0 + \sum_{k=1}^n \phi_k X_k + \varepsilon_t$$

La ecuación (3.4) puede ser estimada mediante MCO para calcular la suma de errores al cuadrado S_0 . La prueba de razón de verosimilitud para H_0 está basada en el siguiente estadístico:

$$(3.5) \quad F_1 = \frac{S_0 - S_1(\gamma_1^*)}{\sigma_1^2}$$

La distribución asintótica de F_1 no es estándar aunque tiende hacia una Chi-cuadrado con grados de libertad igual al número de regresores del modelo. Desafortunadamente como demuestra Hansen (1999), esta distribución dependerá en general de los momentos de la muestra específica por lo que los valores críticos no pueden ser tabulados. Hansen (1996) demuestra que a partir de un procedimiento de tipo *bootstrap* es posible hallar la función de distribución asintótica de primer orden para F_1 . De esta manera, los p-values construidos a partir del *bootstrap* serán asintóticamente válidos. El autor recomienda implementar el re-muestreo de la siguiente manera. Considerese que los regresores en X_t y la inflación están dados manteniendo sus valores fijos para un número determinado de re-muestreos de tipo *bootstrap*. Tómese la muestra de residuos del modelo (3.1) como la distribución empírica para usarse en el re-muestreo.

Luego, deben extraerse muestras repetidas (con reemplazo) de tamaño “n” de la distribución empírica de los errores y luego usarlas para simular la variable dependiente bajo la hipótesis nula a través de la ecuación (3.4). Utilizando la variable dependiente simulada, es necesario estimar la ecuación (3.1) bajo la hipótesis alternativa y luego calcular el estadístico *bootstrap* de razón de verosimilitud especificado en (3.5). Repitiendo este proceso un número elevado de veces se obtiene la distribución empírica de F_1 . A partir de la función F_1 es posible calcular el porcentaje de veces que los estadísticos simulados exceden al actual. Este es el estimador *bootstrap* del p-value asintótico para F_1 bajo H_0 . La hipótesis nula de ausencia de un umbral de inflación es rechazada si el p-value es menor que el valor crítico deseado (0.1, 0.05 ó 0.01).

3.1.3. Distribución asintótica del umbral de inflación y los parámetros del modelo

Cuando la presencia del efecto *threshold* no puede rechazarse ($\beta_1 = \beta_2$). Chan (1993) y Hansen (1999) han demostrado que γ_1^* es súper consistente pero su distribución asintótica no es estándar. Hansen (2000) argumenta que la mejor forma de calcular intervalos de confianza para γ_1 es construir una región de no rechazo usando el estadístico de razón de verosimilitud (LR). Para evaluar la hipótesis, $H_0: \gamma_1 = \gamma_0$ (siendo γ_0 un número arbitrario como por ejemplo cero) el estadístico LR¹⁷ necesario es:

$$(3.6) \quad LR_1(\gamma_1) = \frac{S_1(\gamma_1) - S_1(\gamma_1^*)}{\sigma_1^2}$$

Hansen (1999) demuestra que la distribución de LR_1 es:

$$(3.7) \quad P(v \leq x) = (1 - e^{(-x/2)})^2$$

donde v es una variable aleatoria. A partir de esta función de distribución es posible calcular intervalos de confianza asintóticos para γ_1 . Además, Hansen (1999) también prueba que la expresión (3.7) puede invertirse para hallar $f(\alpha) = -2 \log(1 - (1 - \alpha)^{0.5})$, a partir de la cual se pueden calcular los valores críticos para un nivel de significancia α . Por ejemplo, a un nivel del 10% se obtiene un valor crítico de 6.53, al 5% el valor crítico es 7.35% y al 1% el valor crítico es 10.59. La hipótesis $H_0: \gamma_1 = \gamma_0$ se rechaza a un nivel de significancia de α si $LR_1(\gamma_0)$ excede el valor crítico $f(\alpha)$.

Finalmente, para hallar el intervalo de confianza correspondiente al umbral de inflación, la región de no rechazo a un nivel de confianza del $(1-\alpha)$ es el conjunto de valores tal que $LR_1(\gamma_1) \leq f(\alpha)$. Es fácil encontrar el intervalo mediante la realización de un gráfico de dispersión de los valores de $LR_1(\gamma_1)$ contra el conjunto de umbrales factibles definido en (3.1.1) y donde luego se traza una línea recta en el valor $f(\alpha)$. La intersección del valor $f(\alpha)$ con la función $LR_1(\gamma_1)$ nos da el intervalo de confianza al nivel $(1-\alpha)$.

Para el caso del resto de parámetros es posible utilizar las técnicas estándar con el objeto de realizar inferencia estadística dado que Chan (1993) ha demostrado que la

¹⁷ Nótese que el estadístico en (3.6) está evaluando una hipótesis diferente a la del estadístico (3.5). LR_1 está evaluando que $H_0: \gamma_1 = \gamma_0$ (por ejemplo $\gamma_1 = 0$) mientras que F_1 evalúa $H_0: \beta_1 = \beta_2$.

distribución de estos coeficientes es asintóticamente normal y que no depende de γ_1 .

3.2. Modelo con múltiples umbrales de inflación

Dado que el modelo (3.1) presenta solamente un umbral de inflación, es necesario modificarlo para permitir la presencia de varios umbrales. En el caso particular de esta investigación, interesa reescribir la ecuación (3.1) de tal manera que se incorpore el efecto de dos umbrales de inflación, lo cual se hace a continuación.

$$(3.8) \quad \Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 \pi_t I(\pi_t \leq \gamma_1) + \beta_2 \pi_t I(\pi_t < \gamma_1 \leq \gamma_2) + \beta_3 \pi_t I(\pi_t > \gamma_2) + \sum_{i=4}^n \phi_i X_i + \varepsilon_t$$

donde los umbrales de inflación son ordenados de la siguiente manera: $\gamma_1 < \gamma_2$.

3.2.1. Número de umbrales y construcción de los intervalos de confianza

El método de estimación para el segundo umbral de inflación resulta ser una extensión general del método propuesto en (3.1.1) aunque, como sostiene Hansen (1999), el método demandaría realizar un número demasiado alto de regresiones de búsqueda (nT^2), lo cual puede ser costoso en términos de tiempo y cómputo. Para evitar esta dificultad, el autor, tomando como base el trabajo de Bai (1997), sugiere utilizar la siguiente estrategia. En una primera etapa, se debe estimar el modelo (3.1) como se ha sugerido en (3.1.1) calculando la suma de errores al cuadrado siendo γ_1^* el primer umbral que minimiza $S_1(\gamma_1)$. Dado que γ_1^* es súper consistente, puede fijarse este valor en (3.8) y luego estimar, en una segunda etapa, γ_2 mediante MCS por lo que el estimador bi-etápico de este parámetro será:

$$(3.9) \quad \hat{\gamma}_{2r}^* = \arg \min_{\gamma} S_2^r(\gamma_2)$$

donde $S_2^r(\gamma_2) = S(\gamma_2, \gamma_1^*)$. Bai (1997) ha demostrado que $\hat{\gamma}_{2r}^*$ es asintóticamente eficiente pero no γ_1^* puesto que este estimador ha sido hallado a partir de un modelo que en principio tiene un error de especificación al ignorar la presencia del segundo umbral. Para mejorar la eficiencia asintótica de γ_1^* es necesario, en una tercera etapa, estimar el modelo (3.8) mediante MCS pero ahora fijando el valor del estimador bi-etápico de γ_2 . De esta manera el estimador tri-etápico de γ_1 será:

$$(3.10) \quad \hat{\gamma}_{1r}^* = \arg \min_{\gamma} S_2^r(\gamma_1)$$

donde $S_1^r(\gamma_1) = S(\gamma_{2r}^*, \gamma_1)$. De otra parte, para evaluar si es que la presencia del segundo umbral es significativa o no, es necesario llevar a cabo otra prueba de razón de verosimilitud para poder discriminar entre un modelo con uno o dos umbrales. El estadístico para evaluar la hipótesis $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$ es el siguiente:

$$(3.11) \quad F_2 = \frac{S_1(\gamma_1^*) - S_2(\gamma_{2r}^*)}{\sigma_2^2}$$

donde σ_2^2 se calcula como en (3.3) pero reemplazando $S_1(\gamma_1^*)$ por $S_2(\gamma_{2r}^*)$. Para el caso de este estadístico es posible utilizar el método de *bootstrap* como el descrito en 3.1.2 con la salvedad de que el modelo debe utilizarse para simular la variable dependiente ahora es la ecuación (3.1) bajo la hipótesis nula $H_0: \gamma_1 = \gamma_2$.

Finalmente, ahora se pasa a detallar cómo se pueden construir los intervalos de confianza para los umbrales de inflación $\{\gamma_1, \gamma_2\}$. Dado que Bai (1997) ha demostrado que, para el caso de un modelo con múltiples umbrales, la distribución del estadístico de razón de verosimilitud se asemeja a la función (3.7), es posible generalizar la misma estrategia descrita en (3.1.3) para construir los intervalos de confianza de los umbrales de inflación. De esta manera se tiene que:

$$LR_1^r(\gamma_1) = \frac{S_1^r(\gamma_1) - S_2^r(\gamma_{1r}^*)}{\sigma_2^2} \quad \text{y} \quad LR_2^r(\gamma_2) = \frac{S_2^r(\gamma_2) - S_1^r(\gamma_{2r}^*)}{\sigma_2^2}$$

Los intervalos de confianza asintóticos a un nivel de $(1 - \alpha)\%$ para γ_1 y γ_2 son el conjunto de valores tal que $LR_1^r(\gamma_1) \leq f(\alpha)$ y $LR_2^r(\gamma_2) \leq f(\alpha)$.

4. Bases de datos y metodología para la primera parte

4.1. Los datos

La base estadística comprende datos anuales para Guatemala desde 1950 hasta 2002. El interés por este espacio de tiempo en particular responde al hecho que sólo se ha podido acceder a esta muestra para el desarrollo de la investigación. De otro lado, para propósitos de esta investigación resulta interesante analizar la relación entre inflación y crecimiento en un período de moderada variabilidad de la inflación, con el objeto de evaluar si es que la evidencia empírica hallada por diversos estudios a nivel internacional sobre la existencia de una relación

marcadamente negativa entre crecimiento e inflación cuando en una economía en particular se han sucedido etapas con elevadas tasas de inflación se corrobora para el caso de Guatemala.

Los datos provienen principalmente de la página web del Banco de Guatemala (BANGUAT)¹⁸ y del Penn World Table publicada por Sumner y Heston (1991)¹⁹. Las variables seleccionadas para este estudio son: la tasa de crecimiento del PIB quetzales constantes de 1958 (Δy_t), la inflación calculada a partir de las variaciones en el índice de precios al consumidor (π) y la inversión bruta en quetzales constantes de 1958 como porcentaje del PIB (ratio).

No se utiliza el logaritmo de la inflación como sugiere Sarel (1995) porque para la muestra analizada, existen tasas de inflación negativas que provocaría que la serie recalculada tenga muchos valores omitidos lo cual puede introducir sesgos en la estimación de los umbrales. Además, como puede notarse en la Tabla A2 del Anexo A, la serie en niveles es estacionaria como se aprecia en las pruebas ADF y de Phillips & Perron lo cual señala que no se generará una correlación espuria entre la tasa de crecimiento e inflación cuando se realicen las estimaciones por la presencia de una raíz unitaria. Por estos motivos, no se considera necesario trabajar con el logaritmo de la inflación.

Los estadísticos descriptivos y las pruebas de no estacionariedad de las series se presentan en la Tablas A1 del Anexo A. Como puede notarse en la Tabla A2, todas las series son estacionarias en primeras diferencias según las pruebas estadísticas convencionales por lo cual el uso de las variables, medidas en cambios porcentuales, no distorsiona las estimaciones que se presentan más adelante. Además, aquellas variables como el logaritmo del PIB son series que son diferencia-estacionarias dado que las Pruebas de Zivot & Andrews (1992) rechazan la existencia de series estacionarias con quiebre estructural.

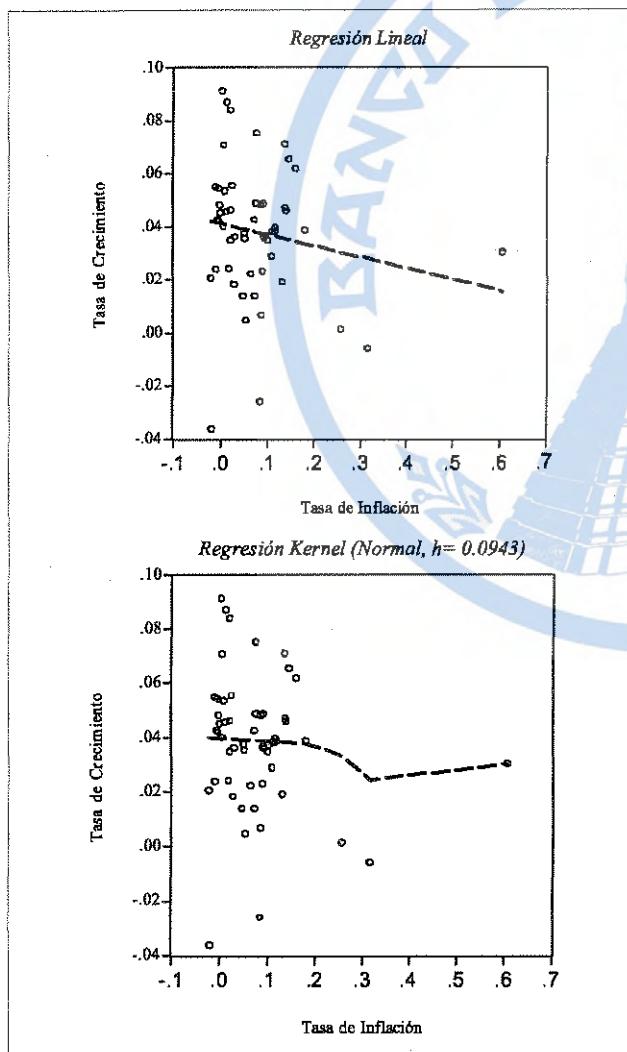
A partir de un análisis preliminar de los datos de crecimiento e inflación para el caso de Guatemala puede notarse que existe una ligera relación negativa entre ambas variables dentro del período de análisis. Si se observa la primera dispersión ajustada por una regresión lineal en la

¹⁸ <http://www.banguat.gob.gt>

¹⁹ <http://www.pwt.econ.upenn.edu>

Figura 2, se puede apreciar además que, en principio, no habría evidencia de la existencia de múltiples umbrales de inflación. Sin embargo, al utilizar una regresión de tipo *kernel gauseana* no paramétrica para aclarar la tendencia entre las variables puede notarse que existen reverisiones en la relación para distintos niveles de inflación como se muestra en el segundo gráfico de la Figura 2. Esta evidencia estaría señalando que en el caso guatemalteco existe una relación asimétrica entre la inflación y el crecimiento.

Figura 2
Relación entre la tasa de crecimiento y la inflación en Guatemala



Elaboración: Propia.

4.2. Metodología aplicable al caso de Guatemala

Básicamente, la metodología que se aplicará para la estimación e inferencia sobre los umbrales de inflación para el período 1950-2002 es la propuesta por Hansen (1996, 1999), la cual ha sido descrita en detalle en el Capítulo 3. A partir de esta metodología será posible evaluar la hipótesis que sostiene la existencia de dos umbrales de inflación en la economía guatemalteca, así como estimar estos parámetros, evaluar su significancia estadística y calcular los intervalos de confianza respectivos con el propósito de cuantificar la incertidumbre asociada a estos coeficientes.

5. Resultados

5.1. Evaluación de la existencia de múltiples umbrales de inflación

El primer paso a seguir es evaluar si existe evidencia del efecto *threshold* en la relación entre crecimiento e inflación dentro de la muestra seleccionada. Para ello es necesario utilizar los estadísticos de razón de verosimilitud F1 y F2 presentados en el Capítulo 3 con los cuales es posible determinar el número de umbrales óptimos de inflación. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1
Pruebas para evaluar la existencia de umbrales de inflación

<i>Modelo con un solo umbral</i>	
F1	57.261
Bootstrap p-value	0.000
Valores Críticos (10%, 5%, 1%)	(18.90, 25.38, 42.13)
<i>Modelo con dos umbrales</i>	
F2	50.056
Bootstrap p-value	0.004
Valores Críticos (10%, 5%, 1%)	(16.59, 24.27, 41.83)

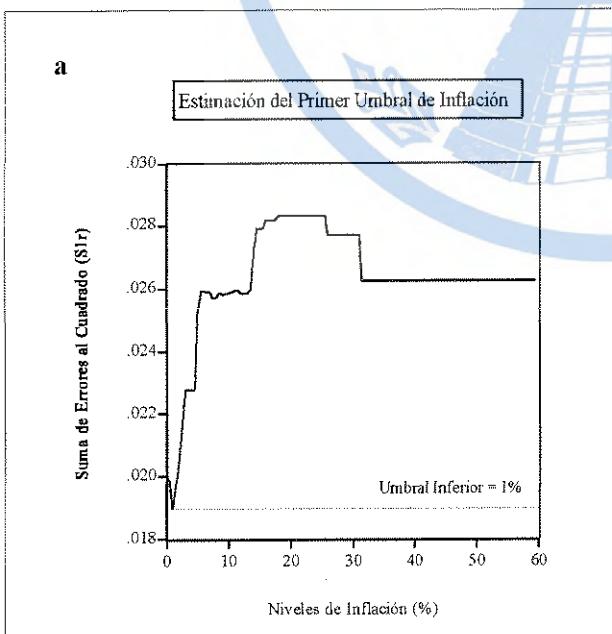
p-value asintóticos y valores críticos computados a partir de 1000 replicaciones de tipo bootstrap siguiendo el procedimiento propuesto por Hansen (1999).

Elaboración: Propia.

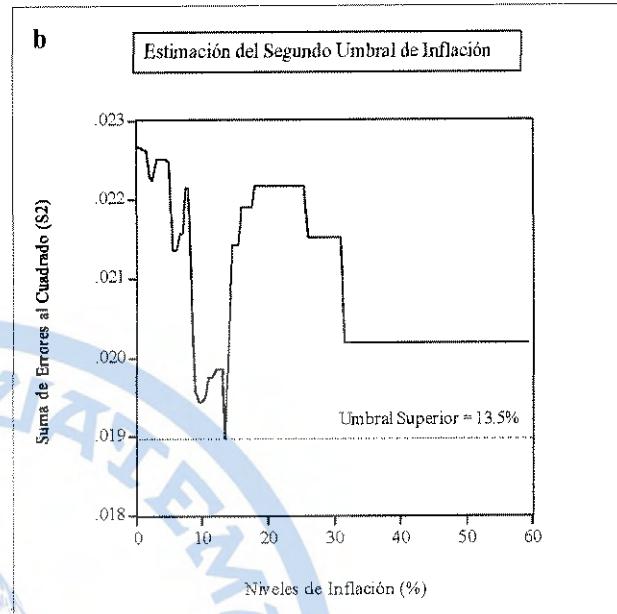
Puede notarse que la prueba F1, la cual evalúa si existe un solo umbral en la relación entre crecimiento e inflación, es altamente significativa con un p-value de 0.000. De otro lado, la prueba F2 es también significativa pues su p-value es de 0.004 por lo que la presencia de un segundo umbral de inflación es aceptada. Por lo tanto, se concluye que existe clara evidencia que sostiene la presencia de dos umbrales de inflación en la relación entre crecimiento e inflación. Existe escasa evidencia para aceptar la presencia de un tercer umbral de inflación debido a que el valor del estadístico F3 es no significativo ($F_3 = 35.764$, p-value = 0.123).

Ya que la presencia de dos umbrales en la relación entre crecimiento e inflación es válida para el caso de Guatemala, se procedió a estimar dichos parámetros mediante el método de mínimos cuadrados secuenciales. Según el criterio de minimización de la suma de errores al cuadrado, se ha estimado en tres etapas el modelo de umbrales descrito en la ecuación (3.8), calculándose que el umbral superior e inferior de inflación es 13.5% y 1%, respectivamente, como puede apreciarse en la Figura 3.

Figura 3 (a y b)
Suma de errores al cuadrado como función de los umbrales de inflación



(a y b: elaboración propia)



Ambos umbrales definen una banda donde la relación entre crecimiento e inflación tiende a revertirse según los resultados de la estimación en tres etapas del modelo que se presentan en la Tabla 2. SUP_INFLA es una variable que captura el efecto de la inflación sobre el crecimiento cuando la inflación se halla por encima del umbral superior de inflación, MED_INFLA captura el efecto de la relación entre las variables cuando la inflación se halla dentro de la banda y INF_INFLA recoge el efecto de la inflación cuando esta variable se halla por debajo del umbral inferior.

Tabla 2
Estimación del modelo con doble umbral de inflación

Variables	Parámetros	t - stat
Constante	0.0230	2.315 ***
SUP_INFLA	-0.2741	-3.823 ***
MED_INFLA	-0.0716	-2.550 ***
INF_INFLA	0.1313	3.865 ***
RATIO	0.3048	3.247 ***

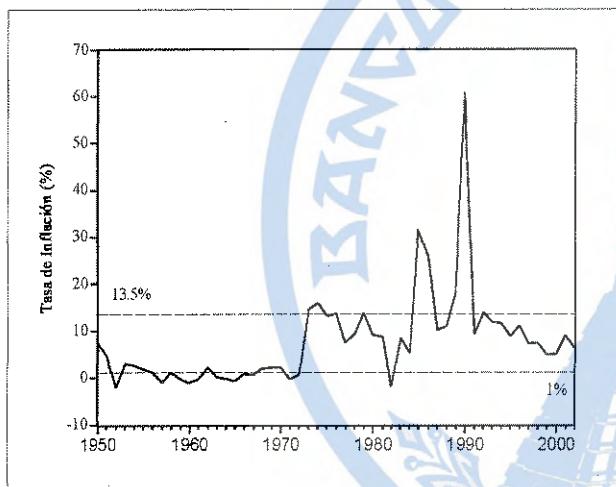
Observaciones	53
R cuadrado ajustado	0.364
Suma de errores al cuadrado	0.019
D-W	1.200
P (F-stat)	0.000

t-estadísticos en valor absoluto entre paréntesis. * significativa al 10%, ** significativa al 5%, *** significativa al 1%.

Elaboración: Propia.

Como puede apreciarse, las hipótesis planteadas en el Capítulo 2 de este documento son confirmadas puesto que, a niveles por debajo del umbral inferior, la relación entre crecimiento e inflación es positiva al 99% de confianza; para niveles de inflación, dentro de la banda de umbrales, la relación es marginalmente negativa y estadísticamente significativa; y para niveles de inflación, por encima del umbral máximo, la relación es muy negativa y significativa.²⁰ Una representación gráfica de la banda de umbrales puede apreciarse en la Figura 4.

Figura 4
Inflación y umbrales estimados,
Guatemala: 1950–2002



Elaboración: Propia.

5.2. Incertidumbre sobre los umbrales de inflación: los intervalos de confianza

El siguiente paso a realizarse es evaluar cuán precisos son los estimadores de los umbrales de inflación hallados en este documento. Para responder a esta pregunta, es necesario el cálculo de una región de confianza alrededor de los umbrales pues, mientras que la presencia del efecto *threshold* en la relación entre inflación y crecimiento es válida para el caso guatemalteco, el nivel preciso de los

umbrales de inflación puede ser aún debatible. Si los intervalos de confianza mostraran que los umbrales estimados no son estadísticamente diferentes de un gran número de otros potenciales umbrales, entonces se tendría una gran incertidumbre sobre las estimaciones puntuales de estos parámetros. En caso contrario, intervalos de confianza pequeños señalarían que las estimaciones presentadas en este documento son precisas.

Para dar respuesta a este conjunto de interrogantes y siguiendo la metodología de cálculo detallada en Capítulo 3, se realizó una prueba de razón de verosimilitud para evaluar la significancia estadística de los umbrales de inflación estimados y luego se calcularon los intervalos de confianza para estos parámetros. Los estimadores puntuales de los umbrales de inflación, las pruebas de significancia de estos parámetros y sus respectivos intervalos de confianza asintóticos al 95% son reportados en la Tabla 3.

Tabla 3
Umbrales de inflación y sus intervalos de confianza

Umbrales	Parámetros	LR	95% Intervalo Confianza
γ^{r1}	1%	12.658 ***	[0.75% 1.25%]
γ^{r2}	13.5%	50.631 ***	[13% 14%]

Valores Críticos del estadístico LR al 10%, 5% y 1% : 6.53, 7.35 y 10.59 reportados en Hansen (1999). * significativa al 10%; ** significativa al 5%.

*** significativa al 1%.

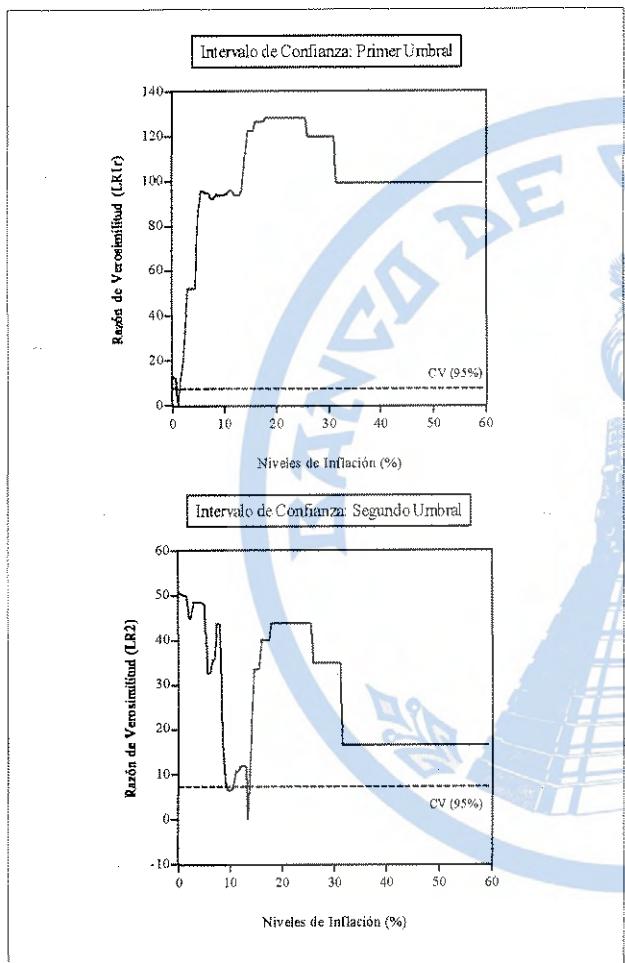
Elaboración: Propia.

Como puede notarse, los umbrales de inflación son estadísticamente significativos con unos intervalos de confianza reducidos, lo cual señala que existe poca incertidumbre sobre el valor de estos parámetros. De manera gráfica, puede observarse en la Figura 5 las funciones concentradas de razón de verosimilitud $LR^r_1(\gamma_1)$ y $LR^r_2(\gamma_2)$ (correspondientes a los estimadores asintóticamente eficientes de γ_1 y γ_2) a partir de las cuales se han calculado los intervalos de confianza para los umbrales de inflación siguiendo la metodología de Hansen (1999). Los estimadores puntuales de los umbrales de inflación son los valores de γ_1 y γ_2 donde las funciones $LR^r_1(\gamma_1)$ y $LR^r_2(\gamma_2)$ alcanzan el valor de cero en el eje de las abscisas. Los intervalos de confianza al 95% son hallados cuando el valor crítico al

²⁰ En la tasa de inversión, como proporción del PIB, muestra el signo positivo esperado y es significativa para explicar la tasa de crecimiento.

5% de confianza (7.53, véase Hansen, 1999) intercepta las funciones de razón de verosimilitud.

Figura 5
Construcción de los intervalos de confianza para el
Modelo con doble umbral de inflación



Elaboración: Propia.

6. Reflexiones sobre la Primera Parte

Los estudios a nivel internacional desarrollados en la literatura que trata el tema de la relación entre crecimiento e inflación han reportado que aquélla es de carácter no lineal, por lo cual pueden presentarse reversiones en las

relaciones entre estas variables, dependiendo del nivel que presente la inflación. En general, se ha reportado que las alzas abruptas son las que ocasionan el mayor impacto negativo sobre el crecimiento. De acuerdo con la evidencia mostrada para el caso de Guatemala en este documento, esto no es necesariamente cierto si es que se considera que la relación entre inflación y crecimiento se da a través de varios regímenes.

En este sentido, no toda elevación de la inflación generaría distorsiones sobre el crecimiento, dependiendo el efecto real de la magnitud de los incrementos en el nivel de precios en un contexto donde existen varios umbrales. En el caso guatemalteco, la banda relevante a ser tenida en cuenta está demarcada entre 1% y 13.5% anual. Sólo si la inflación se elevara por encima del umbral superior, el impacto sería fuertemente negativo sobre el crecimiento. Caso contrario, su efecto sería moderadamente negativo o positivo. En este contexto, la autoridad monetaria debería procurar entonces ejercer una política monetaria que permita monitorear el nivel de precios y mantenerlo dentro de la banda de inflación o por debajo de aquélla, con el objeto de dar las condiciones para el crecimiento.

Sin embargo, las presiones inflacionarias que producen alzas abruptas de esta variable sobre la inflación pueden no solamente generarse por condiciones internas a la economía, sino que también pueden provenir de los mercados mundiales de insumos, si es que un país depende de la importación de productos estratégicos. En el caso de Guatemala, el petróleo constituye un insumo clave para el desarrollo de la actividad industrial, el transporte y la generación de energía. Las fluctuaciones de las cotizaciones internacionales de este producto pueden ocasionar alzas en la inflación que pueden comprometer el crecimiento económico, lo cual puede ocasionar que las subidas en los precios del petróleo sean importadas a un país dependiente de este insumo. Este hecho determina que sea necesario estudiar qué relación puede existir entre las variaciones del precio internacional del crudo y la inflación en una economía doméstica que importa petróleo. Por ello y siguiendo la línea de análisis ya trazada, en la segunda parte de este documento se analiza la relación que existe entre los *shocks* petroleros y la inflación teniendo como caso de estudio la experiencia guatemalteca, la cual resulta interesante ya que esta economía es una importadora neta de petróleo y altamente dependiente de este insumo para la generación de energía y sus procesos industriales.

LOS SHOCKS PETROLEROS COMO FUENTE DE INFLACIÓN EN GUATEMALA

7. Dependencia petrolera de Guatemala

Los países centroamericanos satisfacen su demanda doméstica de energía primaria principalmente con petróleo importado y energía hidroeléctrica. El petróleo importado proviene principalmente de Venezuela y México, de acuerdo con las condiciones del Pacto de San José y el Acuerdo de Energía de Caracas. El consumo de carbón en la región es muy pequeño. Históricamente la generación hidroeléctrica ha dominado la provisión de energía en Centroamérica. Sin embargo, la apertura del sector energético a inversionistas extranjeros a mediados de la década de los 90 (siglo XX) ha promovido la generación de energía termoeléctrica.

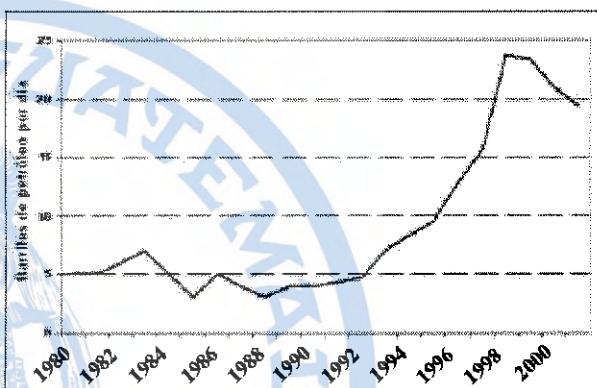
Centroamérica produce volúmenes pequeños de petróleo, la mayoría del cual se consume domésticamente. Guatemala, el productor de petróleo más grande de Centroamérica, produjo aproximadamente 19 mil barriles por día (bbl/d) en el año 2001. Pananí, el segundo productor, produjo 1,000 bbl/d en 2001 (véase Figura 6).

Se estima que existen reservas probadas por 526 millones de barriles de petróleo en Guatemala principalmente en las selvas norteras del país, asociadas con la zona de Tabasco en México. En gran parte del siglo XX, la guerra civil evitó el desarrollo de la industria de hidrocarburos de Guatemala. Desde el cese de la violencia, marcada oficialmente por la firma de un tratado de paz en 1996, el Gobierno de Guatemala ha estado promoviendo la inversión en exploración petrolera en la zona norte del país y la entrada de capitales a la industria. Como puede verse en la Figura 6, la producción ha aumentado dramáticamente desde 1980 alcanzando el máximo de 21,000 bbl/d en el año 2000. En el 2001, la producción se estabilizó en 19,000 bbl/d.

Desde que la industria petrolera en Guatemala se abrió a los inversionistas extranjeros, una misma empresa integrada verticalmente ha dominado la industria de forma consistente. A partir del 2001, la empresa europea PERENCO ha controlado la producción de petróleo en Guatemala. En septiembre del 2001, PERENCO adquirió la empresa Basic

Resources International, una subsidiaria de propiedad de Andarko Petroleum Corporation. La venta incluyó todos los campos petroleros productivos en Guatemala, un oleoducto de 275 millas, una minirrefinería con una capacidad de 2,000 bbl/d, así como las facilidades de almacenamiento y los terminales marítimos.

Figura 6
Evolución de la producción de petróleo en Guatemala



Fuente: Energy Information Agency (EIA).

Los esfuerzos de esta empresa también pasan por explorar y aprovechar las reservas posibles cerca del lago Izabal, el lago más grande del país, localizado en Guatemala oriental cerca del golfo de Honduras. En 2001, el Gobierno aprobó la exploración en dos campos localizados cerca del lago. En mayo del 2002, sin embargo, el Gobierno canceló uno de los contratos por la fuerte presión de los grupos ambientalistas.

A pesar de esta situación, la dependencia de Guatemala al consumo del crudo es considerable dado que aproximadamente el 81% de la energía primaria total demandada consiste en petróleo (véase Tabla 4). El hecho que Guatemala sea un país netamente consumidor de petróleo puede comprometer su estabilidad macroeconómica si es que existen restricciones de oferta en los mercados internacionales por problemas políticos, conflictos armados, disputas territoriales en los países productores, etc.) o por el agotamiento de las reservas. La escasez relativa de este insumo estratégico puede provocar presiones al alza de la inflación debido a su impacto adverso en la estructura de costos de las empresas domésticas que emplean el petróleo para la generación de energía. El análisis de esta problemática

resulta importante para la autoridad monetaria en el sentido que los precios internacionales del crudo pueden constituir

un canal por donde se transmita la inflación extranjera hacia el nivel de precios doméstico.

Tabla 4
Consumo de energía según fuente energética en Centroamérica, año 2000

Países	Consumo de Energía		Porcentajes respecto del total				
	Total (Cuadrilíones de Btu)	Bariles EQUIVALENTES DE PETRÓLEO	Petróleo	Carbón	Hidroelectricidad	Otras fuentes eléctricas	Importaciones de Electricidad Netas
BELICE	0.005	16,884,362	83%	0%	17%	0%	0%
Costa Rica	0.15	506,530,871	47%	0.01%	40%	16%	-4%
El Salvador	0.11	371,455,972	67%	0.02%	12%	15%	6%
Guatemala	0.15	506,530,871	81%	4%	18%	2%	-5%
Honduras	0.1	337,687,248	70%	3%	25%	0%	3%
Nicaragua	0.06	202,612,349	88%	0%	4%	6%	2%
Panamá	0.16	540,299,596	75%	1%	23%	0.50%	0.70%
Total	0.73	2,465,116,907	70%	1.40%	22%	7%	-0.20%

Fuente: Energy Information Agency (EIA).

Elaboración: Propia.

Con el objeto de analizar esta problemática, en el siguiente capítulo se hace una breve revisión de las investigaciones que han estudiado la relación entre los *shocks* petroleros y la inflación. Una limitación que ha podido identificarse en la literatura es que existen escasos estudios que analizan esta relación para los países en vías de desarrollo.

8. Shocks petroleros y macroeconomía: breve revisión de la literatura

8.1. Volatilidad de los precios del petróleo y sus consecuencias macroeconómicas

La literatura empírica sobre bienes *commodities* (productos estandarizados que son altamente transados en los mercados internacionales) ha mostrado evidencia de que los precios de estos bienes presentan en general una volatilidad muy pronunciada. Dicha volatilidad se refleja principalmente en la dinámica de los precios a corto plazo, en la cual aquéllos suelen estar sujetos a fuertes variaciones. Adicionalmente, dichas series se caracterizan también por

²¹ A diferencia del petróleo, los mercados de otros *commodities* suelen ser mayormente afectados por causas puramente aleatorias. Por ejemplo, en el caso de productos agrícolas, el clima es una fuente importante de *shocks* sobre el mercado, lo que implica además que no tienen efectos tan persistentes.

el hecho que algunos de los *shocks* que las afectan suelen ser altamente persistentes, por lo que sus efectos se plasman incluso en el largo plazo. Como consecuencia de estas características, las series de precios de los *commodities* son en general muy difíciles de predecir (Deaton, 1999).

Los precios internacionales del petróleo, producto calificado como un bien *commodity*, presentan en general estas mismas características. Sin embargo, un rasgo particular de los mercados donde se transa este producto es que se encuentran sujetos a frecuentes *shocks*, cuyo origen es generalmente político (guerras por el control de la oferta y la renta petrolera, la existencia de carteles internacionales como la OPEP etcétera).²¹ Las causas de este hecho radicarían en la importancia estratégica del petróleo en la economía mundial, y su relevancia geopolítica a nivel internacional.

Algunos de los *shocks* suelen ser muy persistentes y generan una volatilidad muy alta en los precios internacionales a corto plazo, aunque concentrada (*volatility clustering*) en determinados períodos. Dicha volatilidad se puede explicar por movimientos de inventarios que magnifican la variabilidad del precio spot y por la especulación en los mercados internacionales.

Las características mencionadas se aprecian también en el caso de los productos derivados (gasolinas, diésel, petróleos industriales, etcétera), debido a que el crudo es

el principal componente del costo de los mismos. Asimismo, cada producto derivado está sujeto a *shocks* particulares asociados que pueden afectar la demanda que enfrenta cada producto en las economías domésticas (Pindyck, 2001).

Sin embargo, la evidencia muestra que los precios tienden a revertir a un precio medio de largo plazo. En este sentido, estudios como los de Pindyck (1999) y Schwartz y Smith (2000) suelen modelar la serie de precios con una tendencia de largo plazo a la cual la serie tiende a revertir, a pesar de la existencia de desviaciones que pueden perdurar por períodos relativamente largos. Sin embargo, dicha tendencia fluctuaría de forma aleatoria. Estos modelos son consistentes con un mercado mundial competitivo en el largo plazo, de modo que el precio revierte siempre al costo marginal, aunque éste puede cambiar constantemente debido a las expectativas sobre el monto de las reservas o los cambios tecnológicos.

Dadas las particularidades de la evolución de los precios del petróleo y su importancia estratégica como fuente primaria de energía a nivel mundial, se ha registrado un interés creciente de diversos investigadores por los temas relacionados con el impacto que tiene la volatilidad de los precios del petróleo sobre la economía de un país, asunto que cobró importancia a raíz de la inflación y la recesión generalizada (fenómeno conocido como *estanflación*) que se observó tras el primer gran *shock* petrolero registrado a inicios de la década de los 70 (siglo XX).²² La preocupación inicial de los investigadores monetarios radicó en determinar si los *shocks* de oferta repentinamente registrados se trataba de fenómenos de carácter permanente y cómo los Gobiernos podían ajustar sus políticas (en especial la monetaria) a tales circunstancias para atenuar las consecuencias adversas derivadas de los mismos. (Jones, Leiby y Paik, 2003)

²² En 1973 se produjo lo que se conoce en la historia como el "Primer Gran Shock Petrolero" durante el cual los precios del petróleo casi se cuadruplicaron, ocasionando serios efectos sobre los distintos agentes que operaban en ese mercado. El alza de precios a comienzos de los años 70 decretada por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), dirigida a recuperar parte de la renta petrolera que hasta ese momento pasaba a las arcas de las empresas transnacionales y de los Gobiernos de los países industrializados, estremeció las estructuras productivas y económicas de la mayoría de países, especialmente en el Tercer Mundo. La guerra entre Egipto e Israel en octubre de 1973 precipitó la subida del precio internacional del crudo. Los países árabes impusieron, al comienzo de la guerra, un embargo petrolero a los Estados Unidos y a Holanda con el propósito de ejercer presión sobre los gobiernos de los países occidentales por su apoyo logístico a Israel. Véase Hannesson (1998) para ver mayores detalles.

Dado que los *shocks* petroleros comenzaron a presentarse con relativa frecuencia,²³ y por tanto los estados subsecuentes de recesión, la preocupación de los investigadores se orientó a analizar si las causas de dichos eventos se hallaban en la propia industria petrolera o en los manejos económicos y políticos de los Gobiernos. A ello se sumó el interés por identificar el verdadero origen de las recesiones posteriores a un incremento en los precios del petróleo. Es decir, se quería determinar si éste se hallaba en los *shocks* de precios del crudo o en las políticas macroeconómicas ejecutadas como respuesta a los mismos.

Investigaciones posteriores relacionadas con el tema se orientaron a estimar la magnitud del efecto de tales fenómenos, así como la relación de causalidad y la existencia de asimetrías en la relación entre un *shock* petrolero y el crecimiento de la economía.²⁴ En general, las investigaciones que han estudiado los efectos de los *shocks* petroleros coinciden en señalar que un incremento del precio internacional del petróleo se asocia con niveles más bajos de crecimiento, así como con un incremento en el nivel general de precios (Goodfriend y King, 1997). Dadas las rigideces de los precios nominales en el corto plazo, y los retrasos con que se producen los ajustes que realizan los consumidores y firmas como respuesta a cambios significativos en dichos precios, los estudios coinciden en

²³ Son cuatro los *shocks* de precios del petróleo considerados como los más importantes dentro de la historia de la industria petrolífera. Durante el primer *shock* petrolero (1973: III – 1974: III), el precio relativo del crudo, medido a precios de 1990, se duplicó, creciendo desde US\$ 10.67 por barril en 1973, hasta US\$ 21.28 en 1974. Durante el segundo *shock* (1979: I – 1980: II), el precio relativo del crudo se incrementó desde US\$ 22.35 por barril, hasta US\$ 41.82 por barril. Durante el tercero *shock* (1986) se registró más bien una depresión en los precios del crudo. Finalmente, durante el *shock* registrado a principios de los 90 (1990: II – 1990: IV) el precio del crudo se incrementó desde US\$ 16.10 por barril, hasta US\$ 30.00 por barril. Véase Adelman (1993).

²⁴ A comienzos de la década de los 80 surgieron numerosos artículos que buscaron medir los impactos de los *shocks* externos basados en los modelos de Ciclos Económicos Reales. Dichos modelos tratan de explicar las expansiones y recesiones de una economía como respuestas a *shocks* externos aleatorios. Por ejemplo, Hamilton (1983) introdujo en esta literatura los *shocks* de precios del petróleo asumiendo que eran *shocks* de oferta y no de demanda, como generalmente se hacía. Con el uso de pruebas de causalidad en el sentido de Granger, relacionó los cambios en el PNB a las fluctuaciones en los indicadores de política monetaria y fiscal, en los precios del petróleo (consideradas en equilibrio, como un factor exógeno sujeto a una correlación serial positiva), y en otras variables macroeconómicas de control derivadas de este modelo. (Jones y Leiby, 1996: 10)

señalar como otros posibles efectos la aceleración posterior de la inflación y el declive del nivel de empleo, efectos que sin embargo se producen con un mayor rezago.

Existen diversas investigaciones (Burbridge y Harrison, 1984; Gisser and Goodwin, 1986; Hamilton, 1983; Hickman et al., 1987; y Mork, 1989) que evalúan el impacto de los *shocks* petroleros registrados desde 1970 hasta 1990. Los resultados de estos estudios guardan similitudes y, en general, predicen que el incremento de un punto porcentual en el precio del petróleo provoca que la actividad económica se vea reducida en un rango aproximado de 0.04% y 0.07%.²⁵

Con el objeto de explicar esta relación negativa entre el alza en los precios del petróleo y el crecimiento de una economía, diversas hipótesis han sido esbozadas a lo largo de los últimos 22 años. Mory (1993) las reúne y clasifica en tres grupos. Un primer grupo de explicaciones (ofrecidas durante la década de los 70) se concentró en las funciones de producción y en la importancia que el crudo tenía como insumo en los procesos productivos. Un segundo conjunto de hipótesis fue presentado en el marco de la Teoría Keynesiana, dentro de un modelo IS/LM extendido que incluía la determinación de precios. En este marco, las interrupciones en la oferta de petróleo no sólo reducían las posibilidades de producción, sino también exacerbaban las presiones inflacionarias, disminuyendo la oferta real de dinero y reduciendo el nivel agregado de demanda.

El tercer tipo de explicaciones ofrecidas a la existencia de una relación negativa entre las fluctuaciones del precio del crudo y la actividad económica, tiene que ver con el desempleo originado por las alteraciones en la composición de la demanda, a causa de la poca flexibilidad que tienen los factores de capital y trabajo para ser reasignados al variar los precios relativos. Dado que se requiere un tiempo para que estos factores productivos se reacomoden a sus usos más eficientes, el impacto negativo toma lugar causando muchas veces la recesión de una economía.

Las alteraciones en la composición de la demanda tienen que ver con los cambios en el precio relativo del petróleo y con las transferencias de ingreso que se generan, tanto a nivel de los consumidores individuales como de

las empresas. En el primer caso, ante un incremento en el precio relativo del petróleo, la demanda se inclina hacia bienes y servicios que no requieren considerables montos de petróleo en su producción. Ante un decrecimiento del precio del petróleo, la composición de la demanda se dirige en la dirección contraria, pero conduciría de igual manera, a la existencia de desempleo.²⁶

Los estudios en esta línea se siguieron desarrollando, cobrando mayor interés entre los investigadores al observarse que tras el *shock* de 1986 (durante el cual se registró una gran depresión del precio del petróleo) no se produjo una etapa de estabilidad o crecimiento de las economías, tal como se esperaba. Por este motivo se comenzó a considerar la hipótesis que el impacto de los *shocks* petroleros sobre una economía era asimétrico. Siguiendo el trabajo iniciado por Mork (1989), diversos estudios como el de Mory (1993), comenzaron a evaluar —de manera separada— los impactos de las fluctuaciones del precio del crudo para la economía norteamericana.

Bajo esta metodología, el autor observó que efectivamente los efectos sobre la economía eran de tipo no lineal, es decir, que la subida de precios del petróleo afectaba negativamente y de manera significativa a la economía (tanto al producto, como a otras variables económicas como el gasto del Gobierno y la oferta del dinero), mientras que la caída de precios del petróleo no guardaba una vinculación importante con la actividad económica. Ante este resultado, el autor señala que lo recomendable sería tratar de suavizar o estabilizar, mediante el uso de instrumentos de política económica, las variaciones del precio del petróleo.

Otro tipo de enfoques surgió al evaluar la inexistencia de expansiones económicas a raíz de una caída de precios como la registrada en el año 1986. Tal es el caso del trabajo realizado por Lee, Ni y Ratti (1995) quienes observaron —al realizar estimaciones con datos trimestrales correspondientes al período 1949-1986 para el caso de la economía norteamericana— que el impacto del precio del

²⁵ A este tipo coeficiente se le conoce "PNB/ Elasticidad Precio del Petróleo" o "Multiplicador Precio-Ingreso".

²⁶ Jones, Leiby y Paik (2003) hacen un recuento y síntesis de las principales consecuencias macroeconómicas de los *shocks* petroleros. Mencionan, con base en la recopilación de una serie de estudios empíricos que la reasignación intersectorial de recursos en respuesta de *shocks* externos puede generar una relación asimétrica entre las variaciones del precio internacional del crudo y las variables macroeconómicas.

petróleo sobre la tasa de crecimiento del PIB era significativo.²⁷ Sin embargo, cuando se amplió la muestra más allá de 1986 (1949-1992), los resultados fueron no significativos.

Las variaciones de los precios internacionales pueden también tener efectos agregados sobre la economía, a través de su impacto en los costos de producción de las firmas y en la demanda agregada, a través de su efecto sobre los precios al consumidor. Un *shock* negativo fuerte del precio del petróleo puede ser potencialmente el origen de un ciclo recesivo en una economía doméstica.²⁸

En particular, existe una amplia evidencia de una correlación negativa entre los precios del petróleo y las medidas agregadas de producción y empleo.²⁹ Teóricamente, el mecanismo de transmisión a través del cual el precio internacional del crudo afectaría a la economía doméstica, se da a través de su influencia sobre la oferta y/o demanda agregadas. En primer lugar, el precio del petróleo afectaría la oferta debido a que simplemente hace más cara la producción de bienes. Por otro lado, un *shock* petrolero, al afectar el nivel agregado de precios y debido a la rigidez de los salarios a la baja, crearía desempleo y afectaría de este modo también a la demanda agregada.

No obstante, Hamilton (2000) argumenta que la importancia de los *shocks* petroleros sobre el desempeño

económico de corto plazo radica en que su ocurrencia paraliza temporalmente las compras de bienes durables de los consumidores y la inversión de las firmas. Esta paralización ocurre debido a que el *shock* crea incertidumbre sobre las perspectivas de corto plazo de las variables económicas de interés, por lo que se generan incentivos para que tanto los consumidores como las firmas pospongan sus decisiones de compra o inversión en activos durables. Este comportamiento puede ocasionar que la relación entre el precio internacional del crudo y el nivel de actividad económica doméstica sea no lineal: cuando los precios suben se pueden originar recesiones, mientras que cuando los precios bajan no necesariamente se originan expansiones. El autor encuentra que la relación entre el crecimiento del PIB estadounidense y los precios internacionales del petróleo sigue este patrón, de modo que la evidencia apuntaría a que el mecanismo descrito anteriormente es importante en la transmisión de los efectos de las variaciones de precios petroleros internacionales sobre el nivel de actividad económica doméstica.

8.2. Los *shocks* petroleros y su relación con la inflación

Como ha podido notarse en la sección anterior, las investigaciones relacionadas con el análisis de los impactos de los *shocks* petroleros sobre la economía se han concentrado principalmente en evaluar los efectos que éstos tienen sobre el crecimiento económico, principalmente en los países desarrollados. Sin embargo, el efecto de los *shocks* petroleros sobre el nivel de inflación de una economía no ha sido abordado de manera significativa. El análisis se ha llevado a cabo de forma indirecta como parte de la evaluación de los efectos de un *shock* sobre un conjunto de variables macroeconómicas, entre los que se encontraba el indicador de inflación. Recientemente se han desarrollado estudios destinados a averiguar si el rol de la política monetaria y el control de precios han sido determinantes para apaciguar o exacerbar los efectos de los *shocks* petroleros.

Los estudios de Tatom (1988), (1993) evalúan el impacto porcentual de los incrementos del precio del crudo durante los *shocks* de 1973-74, 1980-81 y 1990-91, respectivamente, sobre un grupo de indicadores, entre los que se encuentra el deflactor del PIB en el caso de la economía norteamericana. Dichas estimaciones sugieren que el nivel de inflación suele incrementarse en el trimestre posterior tras el incremento inicial de los precios del crudo. Asimismo, el estudio muestra el nivel promedio de la magnitud del impacto producido por los distintos *shocks* sobre la inflación y el tiempo que tarda

²⁷ Los autores analizan el impacto de un shock normalizado del precio del petróleo sobre el crecimiento del PIB real, la inflación medida a través de los cambios en el deflactor del PIB, la tasa de interés de los bonos del tesoro norteamericano, el ratio de desempleo y la inflación de los salarios.

²⁸ La variabilidad de los precios del petróleo afecta el bienestar de los consumidores (familias y empresas) debido principalmente a que los combustibles líquidos no son fácilmente sustituibles por fuentes de energía alternativa (depende del consumo de otros bienes durables –autos– o de la tecnología de producción en el caso de las empresas). Por este motivo, consumidores adversos al riesgo ven afectado su bienestar al enfrentar precios sujetos a una alta variabilidad que afectan directamente su consumo (Turmovsky, Shalit y Schmitz, 1980). Las empresas por su parte ven afectados sus costos de producción (existen también costos de ajuste debido a que se debe variar las cantidades producidas o consumidas; véase Federico, Daniel y Bingham, 2001). De otro lado, existen otros efectos macroeconómicos importantes: inciden sobre la inflación (efecto que se discutirá más adelante), al afectar el consumo pueden generar recesiones, afectan la balanza de pagos, pueden tener efectos sobre la política monetaria, entre otros.

²⁹ Algunos estudios que reportan estos resultados, son los de Hamilton (1983), Gisser y Goodwin (1986), y Rotemberg y Woodford (1996). Análisis con datos microeconómicos, a nivel industrias y firmas, se presentan en Davis y Haltiwanger (1997).

en diluirse el efecto en cada caso, demostrando que no existe un patrón estándar en este aspecto del análisis (en el caso del primer *shock*, el efecto tarda tres trimestres en diluirse; en el caso del segundo, más de cuatro; y en el caso del tercero, el incremento del nivel de inflación sólo se presenta por un trimestre, tras una previa caída en el mismo).

Tatom (1993) demuestra que, a diferencia de lo que muchos autores pensaban, el efecto del *shock* ocurrido en 1990, a raíz de la invasión de Irak a Kuwait, tuvo impactos sobre la economía estadounidense bastante comparables con aquéllos producidos por los *shocks* anteriores. El autor señala que la política monetaria desarrollada con el fin de suavizar los efectos de los *shocks* petroleros puede ser de poca utilidad si es que la autoridad monetaria no da señales de persistir en su objetivo en el largo plazo y no logra cambiar las expectativas de los agentes económicos de manera rápida.³⁰

En este sentido, a pesar que la duración del *shock* pueda ser corta (en el caso del *shock* del 90, el incremento de los precios sólo se registró por tres meses), la política monetaria no sería capaz de compensar en el corto plazo sus efectos, dada la magnitud de aquéllos. Por ejemplo, dado que un incremento importante en el precio del crudo puede implicar un aumento importante en la inflación doméstica (a través de alguno de los mecanismos descritos líneas arriba), la autoridad monetaria podría responder con un endurecimiento de la política monetaria, lo cual puede reducir la actividad económica. Un estudio en esta línea es el de Bernanke, Gertler y Watson (1997), el cual sugiere que la respuesta de la política monetaria habría amplificado sustancialmente los efectos de los *shocks* monetarios (en algunos casos los efectos se explicarían casi en su totalidad por la respuesta de la política monetaria, según los autores).

³⁰ Cabe resaltar que Tatom (1993) hace hincapié en la diferencia que existe en el grado de incidencia de un *shock* petrolero sobre la inflación, según la forma en que esta última haya sido medida: a través del deflactor del PIB o del Índice de Precios al Consumidor (IPC). Señala que tras un *shock* en el precio del crudo, el nivel general de precios al consumidor se incrementa de manera más inmediata (con menor rezago), y la magnitud del efecto sobre éste es mayor, dado que la participación del costo de la energía en los gastos del consumidor es mayor al registrado en el deflactor a nivel general. Este resultado sugeriría las bondades de la realización de un análisis acerca del impacto de un *shock* de precios del crudo sobre la inflación, midiendo a ésta última a través del IPC, puesto que tal medida determinaría una mayor precisión de los resultados.

Asimismo, Hunt, Isard y Laxton (2001) analizan el impacto de los *shocks* de precios internacionales del petróleo sobre algunas economías industrializadas, para diferentes tipos de reacción de las autoridades monetarias. En este estudio se concluye que los *shocks* petroleros tienen un efecto importante sobre la inflación doméstica (un incremento de 50% en el precio internacional del crudo, lleva a un incremento de la inflación de 0.6% a 1.3%), y al mismo tiempo que, nuevamente, la reacción de las autoridades monetarias es sumamente importante para determinar el efecto total de los *shocks* petroleros sobre la marcha de la economía doméstica.

Otro trabajo importante relacionado con el tema de la relación entre inflación y los *shocks* petroleros es el de Hooker (1999), en donde se trata de evaluar la participación de los *shocks* petroleros en la explicación de la evolución de la inflación de Estados Unidos. Dicha evaluación es realizada en el marco teórico de la Curva de Phillips.³¹ El autor inicia el desarrollo de su trabajo destacando la frecuencia con que se ha considerado que los bajos niveles de inflación registrados en distintos momentos de la economía de Estados Unidos, se explican por los bajos niveles de precios de las importaciones, siendo el petróleo crudo uno de los principales productos importados por este país.

Sin embargo, Hooker (1999) pone en tela de juicio esta idea al demostrar que desde 1980, aproximadamente, los cambios en los precios del petróleo afectan aparentemente a la inflación sólo a través de su participación directa en los indicadores de precios, teniendo un reducido papel en la explicación de la inflación subyacente. En contraste, encuentra que antes de 1980, los *shocks* de los precios del crudo contribuyeron sustancialmente a la explicación de la inflación subyacente.

El autor sugiere que este quiebre estructural observado en el seguimiento de la evolución de la inflación, se explicaría en gran parte gracias a los cambios registrados en la reacción de la política monetaria norteamericana ante eventos como los *shocks* petroleros. En este sentido, se considera que aquélla se esforzó por transmitir las señales adecuadas para que existan menores expectativas de alta inflación y, a la vez, que fue menos complaciente ante los *shocks* de precios del petróleo en los últimos años, quizás

³¹ Durante varias décadas la Curva de Phillips ha sido la herramienta más utilizada por los economistas para la explicación de la inflación. Véase al respecto López y Misas (1999).

lo suficiente como para prevenir que las fluctuaciones en el precio del crudo afecten directamente a la inflación.

En síntesis, los estudios empíricos presentan evidencia respecto al impacto adverso sobre la inflación que tienen las variaciones de los precios del petróleo en los mercados internacionales. Sin embargo, la relación entre estas variables podría ser no lineal como han sugerido diversos autores. En la siguiente sección se presenta una discusión respecto a este particular

8.3. Relaciones no lineales entre la inflación y los shocks petroleros

Un gran número de estudios en la literatura sugieren que existe un efecto significativo de los *shocks* de oferta de energía sobre la actividad económica. Una clara correlación negativa entre los precios de la energía y los indicadores de actividad económica ha sido mostrada por Daniel (1997), entre otros. No obstante, ha permanecido en controversia el tema que los *shocks* petroleros afecten directamente a la actividad económica generando recesiones, en parte por la escasa evidencia respecto a este hecho estilizado a partir de 1985 (Hooker, 1996). Algunos autores han señalado que la inestabilidad en las relaciones empíricas entre los *shocks* petroleros y los indicadores macroeconómicos se debe a una mala especificación de la forma funcional. Autores como Lee, Ni y Ratti (1995) han sugerido que la relación entre los precios del petróleo y el nivel de actividad es no lineal, por lo cual las aproximaciones lineales a las relaciones resultan inestables en los estudios.

Un argumento que da cuenta del problema es que existe un universo no acotado de especificaciones no lineales. Hamilton (2000) propone la utilización de pruebas estadísticas que contrastan la hipótesis nula de linealidad contra la alternativa de no linealidad, y el uso de formas funcionales flexibles de carácter semiparamétricas. Asimismo sugiere la utilización de modelos con variables instrumentales que presumen que el precio del petróleo tiene un impacto lineal sobre el nivel de actividad y donde los quiebres estructurales exógenos en el mercado mundial del crudo son utilizados como instrumentos.

Respecto al caso del análisis de la inflación, la literatura empírica sobre este particular se ha centrado mayormente en la estimación de la Curva de Phillips bajo los supuestos de linealidad de la especificación funcional y la invariabilidad de los parámetros. Sin embargo, investigaciones recientes

han criticado este enfoque de estimación. Como comentan Clements y Hendry (1999), la omisión de cambios estructurales y/o algún otro tipo de no linealidad en alguna de las variables (como los indicadores de *shocks* petroleros) pueden conducir a que los modelos estadísticos de inflación presenten pobres resultados en términos de predicción. Por otro lado, Fillion y Leonard (1997) consideraron el tema de la no linealidad como una potencial fuente de cambios estructurales al introducir dentro de la Curva de Phillips *shocks* estructurales exógenos obtenidos de modelos autorregresivos de cambios a la Markov (*Markov-switching autoregressive model*). Khalaf y Kichian (2003) analizaron la naturaleza de la inestabilidad de la Curva de Phillips en el caso canadiense empleando métodos de contraste de no linealidad y modelos con parámetros cambiantes (*time-varying models*), mostrando que existe evidencia a favor de la presencia de quiebres estructurales en las relaciones.

De otro lado, Demers (2003) ha analizado la posibilidad de la presencia de no linealidades y asimetrías en la Curva de Phillips para el caso canadiense (en la línea de Fillion y Leonard: 1997), centrándose en la relación brecha del producto-inflación y permitiendo la existencia de varios quiebres en la relación de carácter endógeno mediante la utilización de modelos autorregresivos de Markov sujetos a umbrales. Los resultados muestran clara evidencia de inestabilidad y relaciones de umbrales entre las variables. De acuerdo con el autor, el alto grado de persistencia comúnmente encontrado en las estimaciones de las Curvas de Phillips parecería ser consecuencia de un número finito de cambios discretos en la media de la inflación sugiriendo, en la línea de Khalaf y Kichian (2003), que la inflación presenta un comportamiento estacionario sujeto a quiebres.

La literatura sobre los efectos de las variaciones de los precios del petróleo sobre la inflación, de la cual se ha hecho referencia en la sección anterior, sugiere que la relación entre estas variables también sería una de carácter no lineal bajo el marco de la Curva de Phillips. Existen diversas opiniones contrapuestas sobre la caracterización de la relación (Mork, 1989; Lee, Ni y Ratti, 1995) pero el consenso al que se llega es que la relación resulta ser asimétrica, siendo más relevantes los altos niveles de volatilidad antes que los muy bajos.

Existen diversas explicaciones a este fenómeno. En primer lugar, los precios del petróleo raramente presentan

una tendencia decreciente por un lapso prolongado (debido en gran parte a las regulaciones de precios, las cuotas de importación, etc.) y sus movimientos tienden a elevaciones abruptas, lo cual puede provocar la presencia de quiebres estructurales respecto a la inflación. En segundo lugar, hay una falta de consenso sobre los canales de transmisión de los *shocks* petroleros sobre la inflación.

Hooker (1999) menciona que los *shocks* petroleros pueden afectar la economía mediante su efecto sobre los términos de intercambio (efecto *precio importado*); a través de su impacto sobre los costos marginales de las empresas o por el incremento de la incertidumbre que evita la realización de inversiones (efecto *precio de insumos*); por medio de su efecto sobre el nivel agregado de precios que reduce los saldos reales de dinero; y mediante el impacto sobre los precios relativos, generando que la reasignación de recursos entre sectores sea más costosa. Finalmente, señala que la posibilidad de que la política monetaria responda sistemáticamente a los movimientos de los precios del petróleo hace difícil identificar cuál es el causal de transmisión de los efectos de los *shocks* sobre el crecimiento y la inflación.

8.4. Hipótesis de trabajo

Resumiendo, es posible decir con base en lo discutido en las secciones anteriores que hay diversos argumentos teóricos que sostienen la idea de la existencia de diversos regímenes donde la relación entre la inflación y los *shocks* petroleros varía de acuerdo con la evolución de esta última variable. Considerar que existe una relación lineal puede llevar a un error en la estimación de la verdadera relación entre estas variables.

Debido a este hecho, en este documento se plantea la hipótesis que la relación entre la inflación y la volatilidad de los precios del petróleo se da a través de varios umbrales, es decir: se plantea la posibilidad de la existencia de bandas definidas por dos o más umbrales, los cuales determinan diversos regímenes donde la relación entre la inflación y los *shocks* petroleros puede revertirse si es que la volatilidad de los precios aumenta o disminuye. Desde este punto de vista, *shocks* petroleros adversos (incrementos muy fuertes

en la volatilidad) pueden generar un mayor impacto sobre la inflación, mientras que *shocks* moderados podrían no tener efecto alguno sobre esta variable. Se tomará como caso de estudio el guatemalteco y, en particular, se evaluará la hipótesis que sostiene la presencia de dos umbrales de volatilidad que determinan tres regímenes por los cuales se presentan reverisiones en la relación entre los *shocks* petroleros y la inflación.

Se plantea en este documento un modelo que sigue la tradición de la Nueva Curva de Phillips³² y que tiene como marco conceptual la Nueva Síntesis Neoclásica (Goodfriend y King, 1997), el cual tiene por objeto discernir la relación entre los *shocks* petroleros y la inflación. La resolución de este modelo permite obtener una sencilla forma reducida que, bajo determinados supuestos, es posible de reexpresar en una versión econométrica que da cuenta de la relación no lineal entre la inflación y los *shocks* petroleros planteada en la literatura.

A partir de este modelo y puesto que puede resultar relevante para la autoridad monetaria incorporar en los esquemas de predicción de la inflación (necesarias para una adecuada programación monetaria consistente con un esquema *Inflation Targeting*) el efecto que genera la presencia de los umbrales, en este documento se evaluará la hipótesis de que las predicciones de la inflación pueden mejorar al incorporar el efecto de los umbrales en los modelos predictivos, una vez controladas todas aquellas fuentes de explicación de la variabilidad de la inflación.

No es el objeto del estudio mostrar cómo se originan los *shocks* petroleros ni demostrar si es que existe alguna relación de causalidad con la inflación. Lo que se pretende en este documento es mostrar que, una vez que el *shock* se produce, el efecto que esta variable tiene sobre la inflación varía de acuerdo al nivel en que se halle las variaciones de los precios del crudo y que la presencia de este fenómeno puede ocasionar sesgos sistemáticos en las predicciones de la inflación si no se adoptan esquemas de predicción que controlen por este efecto.

En el siguiente capítulo se lleva a cabo la derivación de la Nueva Curva de Phillips que incorpora los efectos de los *shocks* petroleros sobre el nivel de inflación y se plantea el modelo econométrico a evaluar.

³² Véase para mayores detalles Gali (1999).

9. Marco analítico para entender la relación entre los *shocks* petroleros y la inflación

9.1. La Nueva Síntesis Neoclásica y el análisis de los *shocks* petroleros

La Nueva Síntesis Neoclásica es una corriente de pensamiento esbozada desde principios de los años 70, con el objetivo de responder a los diversos cuestionamientos y controversias que hasta ese momento se habían formulado alrededor de las corrientes ideológicas ya existentes. Goodfriend y King (1997) describen las características clave de la Nueva Síntesis Neoclásica (NSN), y sus implicancias para el rol de la política monetaria, bajo la consideración de que ésta ofrece conclusiones más sólidas acerca del mismo. Para hacer más explícita la contribución de esta corriente, toman como ejemplo el caso de un *shock* de precios del petróleo y examinan la efectividad en este caso de una práctica de política monetaria tan utilizada como el *Inflation Targeting*.³³

Tal como señalan los autores, la NSN es una corriente de pensamiento que combina elementos clásicos y keynesianos,³⁴ que surgió con el fin de abordar tres objetivos aparentemente conflictivos entre sí: i) el objetivo de proveer recomendaciones prácticas de política macroeconómica, ii) consolidar la creencia de que la inestabilidad de precios en el corto plazo eran la base de las fluctuaciones de la economía, y iii) el compromiso de modelar el comportamiento macroeconómico usando el principio de optimización comúnmente empleado en la microeconomía. De esta manera, el modelo de la NSN derivó en una herramienta de comprensión respecto a la teoría y práctica de la política monetaria, con una ventaja definida por la

³³ Según los autores, la optimización del ajuste de precios que realiza la Nueva Síntesis Neoclásica permite incorporar los posibles efectos que puede generar la presencia de *shocks* externos en la modelación dinámica del comportamiento de los precios; tarea que no había sido bien lograda antes del surgimiento de esta corriente de pensamiento.

³⁴ La Nueva Teoría Keynesiana evolucionó por un lado, en respuesta a la controversia monetarista y a las preguntas fundamentales surgidas a raíz de la crítica de Lucas y, por otro, tras el objetivo de constituir una alternativa al marco de la competencia de precios flexibles del análisis del modelo de Ciclos Económicos Reales. La Nueva Teoría Keynesiana considera que la política monetaria afecta a la economía a través de la demanda agregada real y ha desarrollado en los últimos años los fundamentos microeconómicos que la sustentan, con lo cual ha logrado destacar el rol de la competencia monopolística en el ajuste de precios y los altos costos que implica dicho ajuste.

complementariedad de dos elementos centrales: el análisis de los Ciclos Económicos Reales (con lo cual incorpora la optimización intertemporal y las expectativas racionales en los modelos macroeconómicos dinámicos); y el análisis de la Nueva Teoría Keynesiana (con lo cual incorpora la competencia imperfecta y el costo de ajuste de precios); ambos compatibles entre sí porque descansan sobre fundamentos microeconómicos.

Respecto al rol de la política monetaria en la economía de un país, la NSN sugiere tres hechos relevantes: i) que las decisiones de política monetaria pueden tener un efecto importante sobre la actividad económica real, la cual puede persistir a través de los años debido al gradual ajuste de los precios individuales y del nivel general de precios; ii) que a pesar de los costos que implica el ajuste de precios, existe un reducido *trade-off* en el largo plazo, entre la inflación y la actividad real; iii) que se generan importantes ganancias al eliminar la inflación, en la medida en que se reactiva el crecimiento de la eficiencia en las transacciones y se reduce las distorsiones en los precios; y iv) que la credibilidad juega un importante rol en el entendimiento de los efectos de la política monetaria.

En este marco, la NSN establece que para el logro de una política monetaria neutral es necesaria la estabilización del “*mark up* promedio” (ratio del promedio de los precios de las empresas, sobre el costo marginal de producción).³⁵ Según esta corriente ideológica, la transmisión de la política monetaria hacia la actividad real radica en su influencia sobre este indicador. Así, una política monetaria que impulse a la demanda agregada provocará un incremento de los costos marginales que a la vez determinará la reducción del *mark up* promedio, hecho que finalmente tenderá a sostener el incremento en la producción y en el empleo, ya que éste actúa como un *shock* de productividad o impuesto contractivo similar al que se presenta en un ajuste de precios bajo un modelo de Ciclos Económicos Reales (ante una disminución del *mark up*, la empresa tiene que pagar más sobre sus factores de producción, hecho que afecta los retornos marginales de los mismos).

³⁵ Tal como lo señalara Taylor (1980), citado en este estudio, la firma y sus trabajadores estiman un salario ajustado para un “contrato a lo largo de sus vidas” (este autor fue el primero, dentro de la corriente de la Nueva Teoría Keynesiana, que incluyó el tema de las expectativas racionales en los modelos macroeconómicos). De esta manera, el nivel de precios de una economía es un simple promedio de salarios, los cuales representan los costos marginales constantes que enfrenta un monopolista que escoge un *mark up* ajustado.

De esta manera, la NSN provee dos vías complementarias de transmisión de las acciones de política monetaria: la demanda agregada (vía clásica según la cual, cambios en la cantidad de dinero producen alteraciones en la demanda agregada) y la aproximación del *mark up*. Bajo este contexto, Goodfriend y King (1997) abordan el caso particular de la respuesta de la política monetaria ante *shocks* de precios del petróleo, con el fin de brindar guías prácticas sobre los diversos cuestionamientos que enfrenta la práctica del denominado *Inflation Targeting* (política monetaria aplicada en diversos países que tiene como primer objetivo la estabilidad de precios).

Los autores señalan dos puntos importantes dentro de la aplicación de la política monetaria en un contexto de *shocks* petroleros. El primer punto es que en una situación como ésta, la producción es gobernada por la demanda agregada en el corto plazo, debido a que el nivel de precios es bastante volátil. Así, ante un *shock* de precios del crudo,³⁶ la política monetaria por lo general se orienta a modelar el comportamiento de la demanda agregada para saber cómo el sistema hará frente a este *shock*.

En segundo término señalan que, de acuerdo a la NSN, una condición necesaria para una respuesta eficiente al *shock* es el mantenimiento de un *mark up* constante. En este sentido, la recomendación de esta corriente es que la política monetaria se dirija a estabilizar el *mark up* en contra del *shock* petrolero para impedir, de esta forma, cualquier incremento en la inflación por el alza de precios del crudo.

En general, cuando se produce un *shock* petrolero, el incremento en el precio del petróleo conduce a un incremento de los costos marginales nominales y por ello se reduce el *mark up* promedio. Para restablecer este indicador a su nivel inicial, la política monetaria debe deprimir la demanda agregada, a través del recorte del empleo, hecho que, desde un punto de vista Keynesiano, sería contraproducente. Sin embargo, según la modelación del ajuste de precios bajo la Teoría de los Ciclos Económicos Reales, en una situación en la que se produce un incremento temporal de los costos marginales de producción, la economía debe producir menos y, por ello, el recorte laboral es admisible. Este razonamiento sugiere que el recorte del empleo depende de las expectativas acerca de la prolongación del *shock*.

Un *shock* de petróleo que se espera sea persistente, actuará, sin embargo, como un *shock* negativo en la productividad. La reducción del empleo en este caso será menor; sin embargo, la necesidad de reducir el consumo será mucho mayor, por el hecho de la poca disponibilidad de petróleo; lo cual ejercerá una presión sobre las tasas de

interés que finalmente se elevarán con el fin de sostener una política monetaria neutral.

A pesar de estas condiciones, Goodfriend y King (1997) hacen hincapié en que la NSN no recomienda incrementar el *mark up* en un sector de precios volátiles como el petrolero para estabilizar el nivel general de precios. En primer lugar, porque a pesar de que la política monetaria pueda escoger cómo el *mark up* se mueve a través del tiempo, poco puede hacer para afectar la estabilidad del nivel del mismo, ya que la NSN incorpora también el ajuste de precios a través de la práctica *forward-looking*. En segundo lugar, porque la política debe ser contemplativa con este tipo de *shocks* de precios directos, especialmente si los efectos sobre la inflación son temporales. Finalmente, porque los bancos centrales no deberían permitir un incremento agudo de las tasas de interés, especialmente cuando los costos de un *shock* petrolero se encuentran debilitando a la economía.

En síntesis, puede decirse que la NSN es un marco conceptual a partir del cual es posible dar cuenta de la relación entre los *shocks* petroleros y la inflación a través del impacto que tienen las variaciones de los precios internacionales del crudo sobre los costos marginales reales en una economía. En este sentido, las elevaciones en las cotizaciones internacionales del petróleo pueden trasladarse a las economías domésticas provocando presiones inflacionarias de carácter asimétrico (dependiendo del tamaño de los *shocks*), lo cual puede generar problemas a la autoridad monetaria de un país en el control de la inflación bajo un esquema de *Inflation Targeting*. Para hacer explícita la relación, y teniendo como marco la NSN, se procederá en la siguiente sección a derivar el modelo de la Nueva Curva de Phillips,³⁷ con el objeto de obtener una forma reducida que nos permita evaluar si es que la volatilidad de los precios del petróleo guarda una relación de umbrales con la inflación, a través de su impacto en los costos marginales de una economía.

³⁶ Los *shocks* petroleros ejercen influencia sobre el nivel general de precios de una economía a través de los costos marginales, representando un difícil problema para la política monetaria en la medida que pueden generar inflación y desempleo a la vez. Dado que dentro de la industria del petróleo las empresas son monopolísticamente competitivas, el producto tiene un nivel de demanda ya determinado. Además, la firma escoge el óptimo uso de los factores, tomando el precio de los factores como dado. (Goodfriend y King, 1997: 41)

³⁷ La modelación de la Curva de Phillips ha sido un tema de investigación ampliamente tratado en función al objetivo de explicar la naturaleza de la dinámica de la inflación, uno de los temas centrales de la macroeconomía. Sin embargo, el debate desenvuelto alrededor de este tema, no ha llegado a un consenso que permita ofrecer respuestas definitivas para el mejor diseño de una política monetaria. Por consiguiente, se siguen presentando hasta la actualidad, importantes hallazgos al respecto. Véase Gali (1999).

9.2. Modelo Teórico

Siguiendo la tradición de la NSN, se supone que las empresas en una economía pequeña y abierta al comercio internacional buscan maximizar sus beneficios a través del tiempo compitiendo de manera monopolística. El problema de optimización para la empresa representativa es maximizar el valor presente neto esperado del flujo de caja de beneficios a lo largo de un horizonte de tiempo que tiende hacia infinito:

$$(9.1) \ Max E_t \sum_{t=0}^{\infty} W_t \left[P_t Q_t - C(Q_t, e_t f(P_t^*)) - P_t Q_t \frac{\phi}{2} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right)^2 \right]$$

$$(9.2) \ s.a. Q_t = Q_t \left(\frac{P_t}{P_i} \right)^{-\varepsilon} \quad (\text{restricción de demanda})$$

donde $C(Q_t, e_t f(P_t^*))$ es una función de costos nominales que cumple las siguientes condiciones: $C_Q(\cdot) > 0$, $C_{QQ}(\cdot) > 0$ (convexa en la producción). Además, e_t es el tipo de cambio nominal y P_t^* es el precio internacional del petróleo. $f(P_t^*)$ es una función no lineal que vincula los impactos de los shocks petroleros con los costos de las empresas (siendo el petróleo un insumo intermedio importado que se requiere para la producción de los bienes finales). e_t y P_t^* son variables exógenas al proceso de decisión de las empresas. Así, las empresas son tomadoras de precios del mercado internacional de crudo. En este contexto, las variaciones del precio del petróleo generan incertidumbre sobre los costos de los insumos importados a las empresas. Por otra parte, definase:

$$P_t Q_t \frac{\phi}{2} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right)^2$$

como el término que representa el costo nominal de ajustar los precios, lo cual indica la existencia de rigidez nominal de precios en esta economía. Estos costos tendrían que ser asumidos por las empresas si es que se diera una externalidad adversa de demanda (los efectos de las externalidades de demanda son recogidos en la variable Q_t , ya sea que se trate de shocks nominales o reales).³⁸

³⁸ ϕ es una constante que mide el grado de rigidez nominal que tendrá esta economía. En los costos marginales de las firmas se pueden reflejar los impactos de los shocks nominales dado que estos incluyen los costos de ajustar los precios. Si este parámetro tiende a infinito, quiere decir que los shocks nominales tendrán poco o ningún efecto sobre el nivel de inflación. De este modo, la inflación no se verá influida por los shocks nominales. En contraste, si el parámetro tiende a cero, los shocks nominales tendrán gran efecto sobre el nivel de inflación.

Supóngase que en el equilibrio simétrico el factor de descuento intertemporal es:

$$W_{t,t+1} = \beta \frac{Q_t}{Q_{t+1}} \frac{P_t}{P_{t+1}}$$

Las firmas toman todas las variables agregadas (sin índices) como dadas. Para resolver el problema se hace necesario reescribirlo en términos de un modelo de dos períodos, a través de la Ecuación de Bellman e introduciendo la restricción (9.2) en el problema:

$$(9.3) V(P_{t+1}) = \max \left\{ P_t Q_t \left(\frac{P_t}{P_i} \right)^{-\varepsilon} - C \left[Q_t \left(\frac{P_t}{P_i} \right)^{-\varepsilon} ; e_t f(P_t^*) \right] - P_t Q_t \frac{\phi}{2} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right)^2 + E_t \left[\beta \frac{Q_t}{Q_{t+1}} \frac{P_t}{P_{t+1}} V(P_{t+1}) \right] \right\}$$

La condición de primer orden del modelo es:

$$0 = (1-\varepsilon) \left(\frac{P_t}{P_i} \right)^{-\varepsilon} Q_t + \frac{\varepsilon C'(.) Q_t P_t^{-\varepsilon-1}}{P_t^*} - 2P_t Q_t \frac{\phi}{2} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \left(\frac{1}{P_{t-1}} \right) + E_t \left[\beta \frac{Q_t}{Q_{t+1}} \frac{P_t}{P_{t+1}} V'(P_{t+1}) \right]$$

En el equilibrio simétrico $P_{tt} = P_t$. Ya que interesa analizar la dinámica de la inflación en el equilibrio simétrico, se puede obviar el subíndice (i), pues todas las firmas tendrán el mismo precio.

$$(9.4) 0 = (1-\varepsilon) + \frac{\varepsilon C'(\cdot)}{P_t} - \phi P_t \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \left(\frac{1}{P_{t-1}} \right) + E_t \left[\beta \frac{P_t}{Q_{t+1}} \frac{P_t}{P_{t+1}} V'(P_t) \right]$$

Aplicando el Teorema de la Envoltura obtenemos la Ecuación de Benveniste-Scheinkman para resolver la expresión $V'(P_t)$:

$$(9.5) \frac{\partial V}{\partial P_{t-1}} = 2P_t Q_t \frac{\phi}{2} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \left(\frac{P_t}{P_{t-1}^2} \right)$$

Adelantando un período se obtiene que

$$(9.6) V'(P_t) = 2P_{t+1} Q_{t+1} \frac{\phi}{2} \left(\frac{P_{t+1}}{P_t} - 1 \right) \left(\frac{P_{t+1}}{P_t^2} \right)$$

Reemplazando (9.6) en (9.4) y eliminando el subíndice "t" se obtiene que:

$$(9.7) 0 = (1-\varepsilon) + \frac{\varepsilon C'(\cdot)}{P_t} - \phi P_t \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \left(\frac{1}{P_{t-1}} \right) + E_t \left[\frac{2\beta}{Q_{t+1} P_{t+1}} P_{t+1} Q_{t+1} \frac{\phi}{2} \left(\frac{P_{t+1}}{P_t} - 1 \right) \left(\frac{P_{t+1}}{P_t^2} \right) \right]$$

Simplificando:

$$(9.8) 0 = \frac{\varepsilon}{\phi} \left[\frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} + \frac{C'(\cdot)}{P_t} \right] - \frac{P_t}{P_{t-1}} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) + \beta E_t \left[\frac{P_{t+1}}{P_t} \left(\frac{P_{t+1}}{P_t} - 1 \right) \right]$$

Puesto que se considera una situación de equilibrio donde los precios son iguales (equilibrio simétrico), la

ecuación (9.8) se puede simplificar de la siguiente manera:

$$0 = \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} + \frac{C'(s)}{P_t} \Rightarrow \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} = \frac{C'(s)}{P_t}$$

El Costo Marginal Real cmg_t es igual a $\frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon}$ (*mark up* del monopolista que enfrenta una demanda de pendiente negativa) en el equilibrio simétrico. La desviación del equilibrio será:

$$(9.9) \widehat{cmg}_t = \frac{C'(s)}{P_t} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} = cmg_t + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \Rightarrow \widehat{cmg}_t = cmg_t - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}$$

Reemplazando (9.9) en (9.8), se obtiene la siguiente expresión

$$(9.10) 0 = \frac{\varepsilon}{\phi} \widehat{cmg}_t - \frac{P_t}{P_{t-1}} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) + \beta E_t \left[\frac{P_{t+1}}{P_t} \left(\frac{P_{t+1}}{P_t} - 1 \right) \right]$$

Se sabe que:

$$\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \pi_t; \frac{P_t}{P_{t-1}} = (1 + \pi_t); \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t} = \pi_{t+1}; \frac{P_{t+1}}{P_t} = (1 + \pi_{t+1}) \text{ donde } \pi_t$$

es el nivel de inflación. Reemplazando estos resultados en (9.10) se obtiene que:

$$0 = \frac{\varepsilon}{\phi} \widehat{cmg}_t - \pi_t (1 + \pi_t) + \beta E_t [\pi_{t+1} (1 + \pi_{t+1})]$$

$$(9.11) 0 = \frac{\varepsilon}{\phi} \widehat{cmg}_t - \pi_t^2 + \pi_t + \beta E_t \{\pi_{t+1}^2 + \pi_{t+1}\}$$

Linealizando en torno al nivel de inflación cero, vía la aproximación de McLaurin:

$$\begin{aligned} \pi_t^2 + \pi_t &\approx (\pi_t^2 + \pi_t) /_0 + (2\pi_t + 1) /_0 (\pi_t - 0) \\ &\Rightarrow \pi_t^2 + \pi_t \approx \pi_t \end{aligned}$$

Reemplazando estos resultados en (9.11) se obtiene la *Nueva Curva de Phillips*:

$$0 = \frac{\varepsilon}{\phi} \widehat{cmg}_t - \pi_t + \beta E_t \{\pi_{t+1}\}$$

$$(9.12) \pi_t = \beta E_t \{\pi_{t+1}\} + \frac{\varepsilon}{\phi} \widehat{cmg}_t$$

La inflación depende de la predicción descontada de la misma variable en el período siguiente y de los desvíos de los costos marginales reales. Como se ha mencionado anteriormente, los *shocks* petroleros afectan los costos

marginales de las empresas en la economía por ser el petróleo un insumo importado esencial (que carece de sustitutos cercanos), el cual se requiere para la producción de los bienes finales. Las variaciones del precio del crudo pueden afectar de manera no lineal la evolución de los costos marginales generando incertidumbre a las empresas en sus procesos de decisión y provocando presiones sobre la inflación. La magnitud del efecto de los *shocks* sobre la inflación en un contexto de no linealidad dependerá de si éstos son muy grandes (alta volatilidad) o pequeños (baja volatilidad).

9.3. Modelo Econométrico

Tomando como punto de partida la ecuación (9.12), se supone que:

$$(9.13) \beta E_t \{\pi_{t+1}\} = c_1 + \sum_{i=1}^p \gamma_i \pi_{t-i} + \xi_{1t}$$

De esta manera, la predicción de la inflación se forma bajo un contexto donde los agentes hacen un uso eficiente de toda la información disponible. De otro lado, la formación de la expectativa sobre la evolución de la inflación en el futuro se forma en base a la información de la inflación pasada (expectativas adaptativas). Por último, la predicción de la inflación presenta un componente aleatorio estacionario ξ_{1t} que representa los errores en la formación de expectativas que los agentes pueden tener periodo tras periodo. Por otro lado, se asume que:

$$(9.14) \widehat{cmg}_t = A\lambda + \alpha_1 \sigma_t^x I(\sigma_t^x \leq \delta_1) + \alpha_2 \sigma_t^x I(\delta_1 < \sigma_t^x \leq \delta_2) + \alpha_3 \sigma_t^x I(\sigma_t^x > \delta_2) + \xi_{2t}$$

$$(9.15) A\lambda = c_2 + \sum_{h=1}^R \kappa_h GAP_{t-h} + \theta \Delta e,$$

La desviación de los costos marginales se encuentra relacionada, como usualmente se supone en este tipo de modelos, con la brecha del producto (GAP).³⁹

³⁹ Bajo un contexto de precios rígidos sin la variable capital (véase Gali y Gertler, 1997) hay una relación proporcional aproximada entre los costos marginales y el producto. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, existe una relación log-lineal aproximada entre las dos variables. Sea y_t el logaritmo del PBI, y_t^* el logaritmo del nivel natural de producto (el nivel de producto que podría alcanzarse si los precios fueran flexibles); y $GAP_t = y_t - y_t^*$ la brecha del producto. En este documento se asume que el GAP se encuentra relacionado con los desvíos de los costos marginales de manera lineal.

Tradicionalmente, los trabajos empíricos sobre la Curva de Phillips han utilizado alguna medida de la brecha del producto como un indicador relevante de la actividad económica real,⁴⁰ en oposición al uso de medidas de los costos marginales. Esto se explica porque en varios países no se dispone de información sobre esta variable o si existe alguna información, ésta es deficitaria. Surge en este contexto también el problema de la agregación de los costos, la cual puede llegar a ser arbitraria.

En segundo lugar, los costos marginales también se ven afectados por las variaciones del tipo de cambio debido al componente importado de insumos que las empresas necesitan para producir los bienes finales. Así, una alta variabilidad del precio de la moneda de la divisa de referencia para las importaciones de petróleo podría generar presiones al alza de la inflación.

Finalmente, se supone que los costos marginales de las empresas en una economía se ven afectados de manera no lineal por las variaciones del precio del petróleo σ_t^p , bajo un esquema similar al utilizado en la Primera Parte de este documento para analizar la relación entre crecimiento e inflación. $I(\sigma_t^p \leq \delta_1)$, $I(\delta_1 < \sigma_t^p \leq \delta_2)$ y $I(\sigma_t^p > \delta_2)$

⁴⁰ "La utilización de la brecha de producto como indicador de presiones inflacionarias se basa en la teoría de los ciclos económicos, la cual predice que los cambios en los precios y salarios de la economía a lo largo del ciclo están influenciados por el nivel relativo del producto real, es decir, por la relación entre la oferta y la demanda agregada. Entonces, si [se asume] una situación en donde la brecha de producto es cero, la aparición de un shock nominal positivo sobre la demanda agregada producirá una aceleración de ésta por encima de la oferta agregada. Esta situación ocasionará que se tienda a incrementar el nivel de producción real para satisfacer dicho exceso de demanda, lo cual a su vez implicará cierta escasez relativa de algunos factores de producción. Será necesario entonces que el precio de dichos factores (en especial de la mano de obra) se incremente para que aquellos que se mantienen al margen de la actividad económica se incorporen al proceso productivo. Simultáneamente, en el mercado de bienes y servicios, el exceso de demanda será neutralizado progresivamente mediante el incremento de precios, hasta desaparecer de manera definitiva. Ambos efectos descritos, el incremento del precio de los factores, y de los bienes y servicios, son los que ocasionarán presiones inflacionarias. De esta manera, si la autoridad monetaria se encuentra comprometida a la estabilidad de precios, como objetivo último de política monetaria, buscará contrarrestar dichas expansiones del producto efectivo que ocasionan presiones inflacionarias, mediante la política monetaria. Más aún, la autoridad monetaria tendrá especial interés en encontrar variables que le permitan realizar predicciones precisas y confiables de los niveles inflacionarios futuros, de modo que pueda guiar con antelación su política hacia su objetivo de inflación". (Caro y Chávez, 2001: 6)

son funciones índice cuyo valor es uno cuando la condición entre paréntesis es verdadera y cero si es falsa. "X" es la matriz de datos que contiene el conjunto de variables de control que incluye los rezagos de la brecha del producto, las variaciones del tipo de cambio y los rezagos de la inflación.

Las observaciones son divididas en tres regímenes dependiendo de si la volatilidad del precio del petróleo se halla por encima del umbral δ_2 , dentro de la banda formada por los umbrales δ_2 y δ_1 , o por debajo del umbral δ_1 . Los tres regímenes quedan definidos por los diferentes coeficientes de regresión α_1 , α_2 y α_3 . Los umbrales de volatilidad petrolera son ordenados de la siguiente manera: $\delta_2 > \delta_1$. Reemplazando (9.13) y (9.14) en (9.12), se tiene que:

(9.16)

$$\pi_t = c + \alpha_1 \sigma_t^p I(\sigma_t^p \leq \delta_1) + \alpha_2 \sigma_t^p I(\delta_1 < \sigma_t^p \leq \delta_2) + \alpha_3 \sigma_t^p I(\sigma_t^p > \delta_2) + X\phi + \xi$$

$$\text{donde: } X\phi = \sum_{i=1}^p \gamma_i \pi_{t-i} + A\lambda$$

Se tiene además que $c_1 + c_2 = c$, δ_1 es el umbral inferior y δ_2 es el umbral superior. Para cerrar el modelo se supone que $\xi_t \sim iid(0)$ y $\xi_{2t} \sim iid(0) \Rightarrow \xi_t + \xi_{2t} = \xi_t$, el cual es un término de error estacionario. El modelo de inflación con umbrales de volatilidad petrolera puede ser reexpresado como sigue:

$$(9.17) \pi_t = \begin{cases} c + \alpha_1 \sigma_t^p + X\phi + \xi_t & \text{si } \sigma_t^p \leq \delta_1 \\ c + \alpha_2 \sigma_t^p + X\phi + \xi_t & \text{si } \delta_1 < \sigma_t^p \leq \delta_2 \\ c + \alpha_3 \sigma_t^p + X\phi + \xi_t & \text{si } \sigma_t^p > \delta_2 \end{cases}$$

Como puede notarse en la ecuación (9.17), la inflación está sujeta a tres regímenes,⁴¹ cuya ocurrencia dependerá de si el nivel de variación petrolera se encuentra o no dentro de la banda configurada por los umbrales δ_2 y δ_1 . Así, la volatilidad de los precios del petróleo puede tener un impacto asimétrico sobre la inflación en el corto plazo (a través de su efecto sobre los costos marginales en una economía). El efecto dependerá del nivel de variación

⁴¹ Puede revisarse Prakash y Taylor (1997), así como Lo y Zivot (1999) para una descripción de los modelos de múltiples regímenes en el contexto del análisis de la ley de un solo precio.

⁴² Existen varios mercados referenciales donde se transan diversas clases de crudo. Los más importantes son el de la costa este de los Estados Unidos, cuyo marcador más relevante es el West Texas Index (WTI), y el mercado europeo, cuyo índice de referencia es el marcador Brent.

observada en los mercados internacionales del petróleo⁴² que son de referencia para la economía en estudio. De acuerdo a la revisión de la literatura realizada en el Capítulo 8, se esperaría que una elevada variación del precio del crudo transmita la presión alcista de los precios de los insumos internacionales que usan las empresas hacia el nivel de precios de la economía doméstica, ocasionando de esta manera incrementos en la inflación. Dada la evidencia empírica sobre el efecto asimétrico de los *shocks* petroleros, se esperaría que las variaciones del precio del petróleo tengan un menor efecto o un nulo impacto sobre la inflación si es que su nivel es bajo.

Una vez presentado el esquema econométrico que permite evaluar la existencia de relaciones de umbrales entre la inflación y los *shocks* petroleros, en el siguiente capítulo se pasa a describir la metodología y la base de datos que son necesarias para evaluar las hipótesis propuestas en este documento en el caso de Guatemala.

10. Bases de datos y metodología para la Segunda Parte

10.1. Los datos

Con el objeto de mantener la consistencia estadística entre las bases de datos utilizadas en las estimaciones que se requieren en este documento, se ha optado por mantener el mismo período de análisis en esta Segunda Parte. En este sentido, la base estadística comprende datos anuales para Guatemala desde 1950 hasta el 2002. De esta manera, es posible evaluar si es que el hecho de no tener en cuenta los umbrales de variación petrolera en las predicciones de la inflación genera sesgos sistemáticos que pueden inducir a errores de predicción a la autoridad monetaria.

Los datos provienen principalmente de la página web del Banco de Guatemala (BANGUAT) y del Penn World Table publicada por Summers y Heston (1991). Las variables seleccionadas para este estudio son: la inflación calculada a partir de las variaciones en el índice de precios al consumidor (π), el PIB en quetzales constantes 1958 (y_t), la variación del tipo de cambio real anual (ΔTC), y las variaciones anuales del precio internacional del petróleo ($\sigma_{petróleo}$) calculada a partir de las cotizaciones del barril de petróleo en el mercado de referencia West Texas

Intermediate, Brent y Dubai que son publicadas por la Energy Information Agency de los Estados Unidos.⁴³

Los estadísticos descriptivos y las pruebas de no estacionariedad de las series se presentan en la Tablas A1 y A2 del Anexo A. Como puede notarse, en la Tabla A2, todas las series son estacionarias en primeras diferencias según las pruebas estadísticas convencionales, por lo cual el uso de las variables medidas en cambios porcentuales no distorsiona las estimaciones que se presentan más adelante. Adicionalmente, el logaritmo del PIB es diferencia - estacionaria dado que las Pruebas de Zivot & Andrews (1992) rechazan la existencia de una serie estacionaria con quiebre estructural.

En base a un análisis preliminar de los datos de inflación y de las variaciones del precio del petróleo para el caso de Guatemala, puede notarse que existe una relación positiva entre ambas variables dentro del periodo de análisis. Si se observa la primera dispersión ajustada por una regresión lineal en la Figura 7, se puede apreciar además que, en principio, no habría evidencia de la existencia de múltiples umbrales de variación petrolera.

Sin embargo, al utilizar una regresión de tipo *kernel gauseana* no paramétrica para aclarar la tendencia entre las variables puede notarse que existen reverisiones en la relación para distintos niveles de variación petrolera como se muestra en el segundo gráfico de la Figura 7. Esta evidencia estaría señalando que en el caso guatemalteco existiría una relación asimétrica entre la inflación y las variaciones del precio del petróleo.

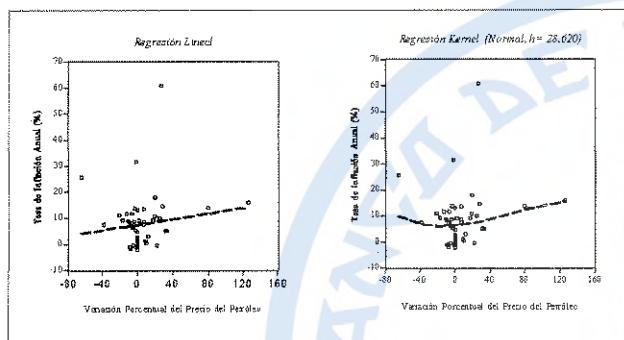
10.2. Metodología

La metodología que se aplicará para la estimación e inferencia durante el periodo 1950-2002 de la ecuación de inflación (9.16) que incorpora los umbrales de variación petrolera será similar a aquella presentada en el Capítulo 3 de este documento y está basada en Hansen (1996, 1999). Con esta metodología es posible evaluar la hipótesis que

⁴³ La utilización de estos marcadores es conveniente en el caso de Guatemala debido a que estos indicadores son tomados como precios referenciales para la determinación de los precios de paridad de importación de petróleo en Guatemala y es en base a éste que los contratos de explotación petrolera en el país son indexados.

sostiene la existencia de dos umbrales de variación petrolera en la economía guatealteca, así como estimar dichos parámetros, contrastar su significancia estadística y calcular los intervalos de confianza respectivos con el propósito de cuantificar su incertidumbre asociada.

Figura 7
Relación entre la inflación y la variación de los precios del petróleo en Guatemala



Elaboración: Propia.

Como se ha mencionado anteriormente, las ecuaciones de predicción a utilizarse en este trabajo se derivan de la abundante literatura sobre el tratamiento teórico y empírico de la Curva de Phillips. En particular, se tomará el esquema propuesto por López y Misas (1999) para las predicciones de la inflación, el cual consiste en estimar una ecuación donde la variable dependiente es la inflación y los regresores son los retardos de la inflación; la brecha del producto, las variaciones del precio del petróleo (que es incorporada de manera no lineal) y la variación del tipo de cambio anual, para controlar por la volatilidad del precio de la moneda en dólares.

⁴⁴ El producto potencial puede entenderse como el componente permanente del producto o el nivel de producción que se alcanzaría si se diera una utilización normal de los factores productivos. Debe entenderse por normal aquel nivel que no excede a la tasa natural de desempleo de los factores, ni al nivel medio de productividad del capital. Bajo esta definición es perfectamente factible que la producción efectiva sobrepase su nivel potencial (o sea, que se produzca una brecha del producto positiva) si las condiciones de mercado cambian de tal forma que los factores que permanecían desempleados entran al mercado, provocando que el producto se eleve por encima de su nivel potencial. Otra manera de entender el producto potencial es como aquel nivel máximo de producción que no genera presiones inflacionarias o, de manera más precisa, el punto de balance entre mayor producción y estabilidad de precios.

La estimación de la brecha del producto, definida como la discrepancia entre el producto observado y el potencial,⁴⁴ se llevará a cabo utilizando el filtro de Christiano y Fitzgerald (1999) el cual se halla basado en el trabajo de Baxter y King (1999). La necesidad de incorporar la brecha del producto en la estimación de la ecuación de inflación radica en los recientes desarrollos sobre la Curva de Phillips, los cuales consideran a este indicador como una de los componentes para predecir la dinámica inflacionaria.⁴⁵ A continuación, se procederá a discutir los resultados de la aplicación de esta metodología al caso de Guatemala.

11. Resultados

11.1. Evaluación de la existencia de los múltiples umbrales de volatilidad petrolera

En primer lugar, es necesario evaluar si existe evidencia de la presencia de umbrales de volatilidad en la relación entre la inflación y los *shocks* petroleros dentro de la muestra seleccionada. Para ello es necesario utilizar los estadísticos de razón de verosimilitud F_1 y F_2 presentados en el Capítulo 3, con los cuales es factible determinar el número de umbrales de volatilidad petrolera. Los resultados del contraste de hipótesis pueden apreciarse en la Tabla 5.

Como puede observarse, la prueba F_1 que evalúa si existe un sólo umbral de variación entre la inflación y los *shocks* petroleros es significativa al 92%. En contraste, la prueba F_2 es más significativa pues su p-value es de 0.043 por lo que la presencia de un segundo umbral puede aceptarse con un nivel de confianza del 97%. Por lo tanto, se concluye que existe evidencia sobre la existencia de dos umbrales de variación en la relación entre inflación y los *shocks* petroleros. De otro lado, existe poca evidencia de la presencia de un tercer umbral de variación petrolera dada la poca significancia del estadístico F_3 (p-value = 0.132).

Ya que la presencia de dos umbrales en la relación entre la inflación y los *shocks* petroleros es válida para el caso de Guatemala, se procedió a estimar dichos parámetros mediante el método de mínimos cuadrados secuenciales que se presentó en el Capítulo 3. Según el criterio de minimización de la suma de errores al cuadrado, se ha

⁴⁵ En el Anexo B se detalla brevemente cuáles son las razones que sostienen esta afirmación y se detalla el método para calcular la brecha del producto bajo el esquema propuesto por Christiano y Fitzgerald (1999).

estimado en tres etapas el modelo de umbrales descrito en la ecuación (9.16) calculándose que el umbral superior e inferior de volatilidad petrolera es 36.5% y -35.5% de variación porcentual respectivamente como puede apreciarse en la Figura 8. Ambos coeficientes definen una banda donde la relación entre la inflación y los shocks tiende a revertirse según los resultados de la estimación en tres etapas del modelo que se presentan en la Tabla 6.

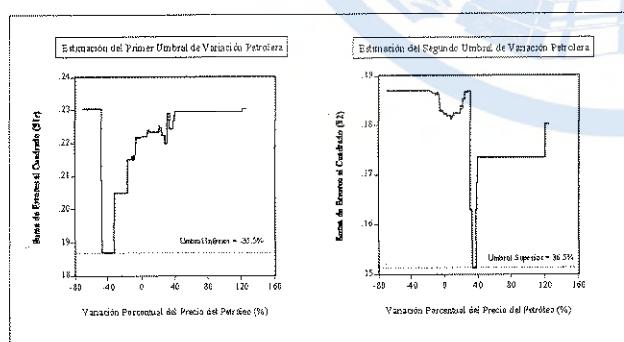
Tabla 5
Pruebas para evaluar la existencia de umbrales de inflación

<i>Modelo con un solo umbral</i>	
F1	171.241
Bootstrap p-value	0.084
Valores Críticos (10%, 5%)	(149.98, 218.76)
<i>Modelo con dos umbrales</i>	
F2	147.045
Bootstrap p-value	0.043
Valores Críticos (10%, 5%)	(92.33, 132.86)

p-values asintóticos y valores críticos computados a partir de 1000 repeticiones de tipo bootstrap siguiendo el procedimiento propuesto por Hansen (1999)

Elaboración: Propia

Figura 8
Suma de errores al cuadrado como función de los umbrales de variación petrolera



Elaboración: Propia

En la Tabla 6, $\sigma(\text{petróleo})_{\text{SUP}}$ es una variable que captura el efecto de la variación petrolera sobre la inflación cuando el nivel de variación se halla por encima del umbral superior, $\sigma(\text{petróleo})_{\text{MED}}$ captura el efecto de la relación entre las variables cuando las variaciones se hallan dentro

de la banda y $\sigma(\text{petróleo})_{\text{INF}}$ recoge el efecto sobre la inflación cuando el nivel de la variación se halla por debajo del umbral inferior.

Con estos resultados, las hipótesis formuladas en la Sección 8.4 son confirmadas puesto que para niveles por debajo del umbral inferior, la relación entre la volatilidad petrolera e inflación es negativa y significativa; para niveles de inflación dentro de la banda de umbrales la relación entre las variables es significativa mostrando el signo positivo esperado; mientras que para niveles de volatilidad por encima del umbral máximo la relación es fuertemente significativa y positiva. Una representación gráfica de la banda de umbrales puede apreciarse en la Figura 9.

Tabla 6
Estimación del modelo con doble umbral de variación petrolera

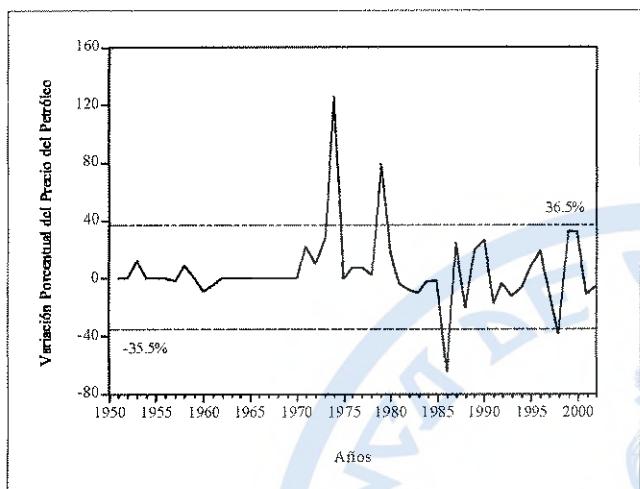
Variables	Parámetros	Desvio Estándar	T - est
Constante	0.0056	0.006	0.987
GAP (t-1)	0.4602	0.577	0.797
GAP (t-2)	0.9329	0.481	1.938 *
GAP (t-3)	0.8886	0.735	1.209
GAP (t-4)	0.1029	0.592	0.174
π (t-1)	0.1370	0.045	3.068 ***
π (t-2)	0.1243	0.032	3.905 ***
π (t-3)	0.1165	0.043	2.701 ***
π (t-4)	0.2407	0.068	3.517 ***
ΔTC	0.2217	0.052	4.291 ***
$\sigma(\text{petróleo})_{\text{SUP}}$	0.4841	0.060	8.009 ***
$\sigma(\text{petróleo})_{\text{MED}}$	0.0458	0.009	5.219 ***
$\sigma(\text{petróleo})_{\text{INF}}$	-0.2920	0.114	2.570 ***
Observaciones			53
R2 ajustado			0.6119
Suma de Errores al Cuadrado			0.1513
P (F-stat)			0.0000

El Modelo ha sido estimado mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios utilizando la matriz de varianza-covarianza de Newey-West para controlar el problema de autocorrelación, una vez que los umbrales han sido hallados.

* significativa al 10%, ** significativa al 5%, *** significativa al 1%.

Elaboración: Propia.

Figura 9
Variación de los precios del petróleo y umbrales estimados, Guatemala: 1950-2002



Elaboración: Propia

En síntesis, puede sostenerse con base en la evidencia mostrada que la relación entre la inflación y los *shocks* petroleros internacionales es no lineal y asimétrica en el caso de Guatemala, lo cual señala que son los períodos de elevada volatilidad los que generan mayor presión inflacionaria sobre el nivel de precios agregado de la economía. Los *shocks* de oferta moderados que provengan de los mercados internacionales del petróleo tendrán un menor impacto sobre la inflación, mientras que en los estadios de baja variación se reducirán las presiones sobre el nivel de precios. Estos resultados pueden abrir un espacio para que la autoridad monetaria ejecute políticas de estabilización de la inflación como consecuencia de las fluctuaciones de los precios internacionales del petróleo, sólo en aquellas situaciones donde las variaciones en el precio del crudo sean muy elevadas (en el caso de Guatemala si es que superan en aproximadamente 36.5% su nivel promedio en un año).

11.2. Estimación de los intervalos de confianza de los umbrales de variación petrolera

El siguiente paso a llevarse a cabo es evaluar cuán precisos son los estimadores de los umbrales de variación petrolera hallados en este documento. Para ello es necesario el cálculo de una región de confianza alrededor de los umbrales según sugiere Hansen (1999), dado que el nivel preciso de los umbrales de inflación aún es debatible. Si

los intervalos de confianza mostraran que los umbrales estimados no son estadísticamente diferentes de un gran número de otros potenciales umbrales, entonces se tendrá una gran incertidumbre sobre las estimaciones puntuales de estos parámetros. En caso contrario, intervalos de confianza pequeños señalarían que las estimaciones presentadas en este documento son efectivamente precisas.

Con este propósito, y siguiendo la metodología de cálculo detallada en el Capítulo 3, se realizó una prueba de razón de verosimilitud para evaluar la significancia estadística de los umbrales de inflación estimados y luego se calcularon los intervalos de confianza para estos parámetros. Los estimadores puntuales de los umbrales de inflación, las pruebas de significancia de estos parámetros y sus respectivos intervalos de confianza asintóticos al 95% son reportados en la Tabla 7.

Tabla 7
Umbrales de Volatilidad Petrolera y sus intervalos de confianza

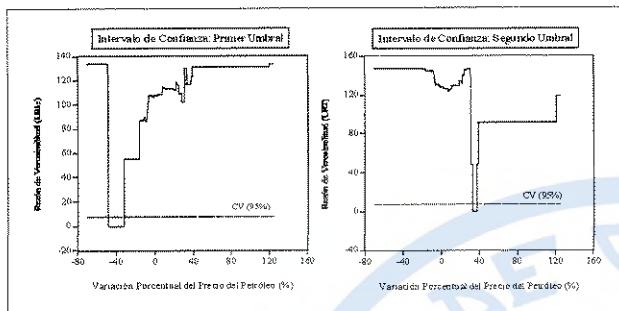
Umbrales	Parámetros	LR	95% Intervalo Confianza
δ^1	-35.5%	133.771 ***	[-41.5% -31.5%]
δ^2	36.5%	147.045 ***	[34.5% 38.5%]

Valores Críticos del estadístico LR al 10%, 5% y 1%: 6.53, 7.35 y 10.59 reportados en Hansen (1999). * significativa al 10%, ** significativa al 5%, *** significativa al 1%.

Elaboración: Propia.

De acuerdo con los resultados, los umbrales de variación petrolera son estadísticamente significativos con unos intervalos de confianza pequeños, hecho que indica la existencia de poca incertidumbre sobre el valor de estos parámetros. Gráficamente, puede observarse en la Figura 10 las funciones concentradas de razón de verosimilitud $LR_1(\delta_1)$ y $LR_2(\delta_2)$ (correspondientes a los estimadores asintóticamente eficientes de δ_1 y δ_2) a partir de las cuales se han calculado los intervalos de confianza para los umbrales de variación petrolera siguiendo la metodología de Hansen (1999).

Figura 10
Construcción de los intervalos de confianza para el modelo con doble umbral de variación petrolera



Elaboración: Propia.

Los estimadores puntuales de los umbrales son los valores de δ_1 y δ_2 , donde las funciones $LR_1^r(\delta_1)$ y $LR_2^r(\delta_2)$ alcanzan el valor de cero en el eje de las abscisas. Los intervalos de confianza al 95% son hallados cuando el valor crítico al 5% (7.35; véase Hansen, 1999) intercepta las funciones de razón de verosimilitud.

12. Relación de umbrales y su efecto sobre las predicciones de inflación

Una vez evaluada la presencia significativa de umbrales en la relación entre inflación y los *shocks* petroleros en el caso de Guatemala, es necesario evaluar si es que este hecho tiene repercusiones para la práctica de la programación monetaria a través de su efecto sobre las predicciones de inflación dado que la presencia de umbrales puede ser un factor relevante para explicar el comportamiento de la inflación. Bajo esta situación, el no considerar las reveresiones en la relación entre la inflación y las variaciones del precio del petróleo durante un determinado horizonte temporal de análisis, podría ocasionar sesgos sistemáticos en las predicciones de las tasas inflacionarias, lo que podría inducir al error a la autoridad monetaria cuando lleva a cabo medidas para evitar desequilibrios macroeconómicos.

Para este propósito, se analiza el efecto de las relaciones de umbral en las predicciones de inflación a través del Modelo de predicción de inflación representado por la ecuación (9.16) presentada líneas arriba. La ecuación lineal

básica⁴⁶ que no considera el efecto de umbrales es la siguiente:

$$(12.1) \pi_t = c + \sum_{i=1}^p \gamma_i \pi_{t-i} + \sum_{h=1}^R \kappa_h GAP_{t-h} + \theta \Delta e_t + \alpha \sigma_t^{pe} + \omega_t$$

Los regresores de esta ecuación son las variables más utilizadas en los estudios empíricos. Como se mencionó en la Sección 10.1, “ π ” es el nivel de inflación, GAP es la brecha del producto estimado a partir del Método de Christiano y Fitzgerald (1999),⁴⁷ σ_t^{pe} es la variación del precio del barril de petróleo para controlar por los *shocks* de oferta internacionales y Δe_t es la variación del tipo de cambio anual para controlar por el efecto de la devaluación del dólar. La inclusión de la brecha del producto, entendida como la discrepancia del producto observado de su nivel potencial, responde al hecho que es un buen indicador de las presiones inflacionarias como consecuencia de la interacción entre las fuerzas de la oferta y la demanda agregada (Kichian, 1999).

La estrategia para lograr evaluar si las relaciones de umbral entre la variación petrolera y la inflación influyen en las predicciones de esta última variable en el caso de Guatemala consiste en modificar la ecuación (12.1) para incorporar el efecto no lineal de la variación petrolera como se ha especificado en la ecuación (9.16). Se presenta en este documento la estimación de tres modelos de predicción de inflación para el período 1950–2002. En primer lugar, se estimó la ecuación (12.1) sin el efecto de los umbrales (Modelo 3) hallándose que presenta un nivel de ajuste aceptable y algunos parámetros significativos con los signos esperados.⁴⁸ Sin embargo, a partir del análisis de los residuos puede notarse que éstos no son bien comportados dado que, según la Prueba de autocorrelación de Lung-Box (Q_1), existe evidencia de correlación serial para varios rezagos (véase la Tabla 8). Por otro lado, la Prueba de Lung-Box para los residuos al cuadrado (Q_2) y la Prueba LM de Engle (1982) para evaluar efectos ARCH señala que hay evidencia de un proceso de heteroscedasticidad condicional autorregresiva en este modelo.

⁴⁶ Cómo se mencionó anteriormente, esta ecuación de tipo lineal es la forma reducida de la Curva de Phillips ampliada por expectativas. La forma ampliada de esta ecuación deriva de la vasta literatura sobre el particular como señalan López y Misas (1999).

⁴⁷ Véase el Anexo B para una breve presentación del método.

⁴⁸ El número de rezagos óptimo fue calculado a partir de la comparación de los Estadísticos de Schwarz para un conjunto de modelos cuyo número de rezagos comprendían valores desde veinte hasta dos.

Además, la Prueba Ramsey–Reset muestra que existe un error de especificación en este modelo pues el estadístico F es altamente significativo (14.340 con p-value de 0.000 al incluir en el modelo los valores predichos de la variable dependiente al cuadrado, al cuarto y a la cuarta). Frente a los problemas que presentó el Modelo 3, se optó por estimar un segundo modelo (Modelo 2) que es una versión ampliada de la ecuación (12.1) que incorpora el efecto de los umbrales de variación petrolera (como en el caso de la ecuación 9.16). Los resultados de esta estimación son presentados en la Tabla 9.

Tabla 8
Resultados del análisis de los residuos de los modelos predictivos de inflación propuestos

Q(1)	1.256	3.955 *	7.178 ***
Q(2)	3.256 *	4.643 **	8.242 **
Q(5)	9.560	7.039	11.803 **
Q(10)	10.545	8.646	14.679
Q ₂ (1)	0.1835	0.183	1.558
Q ₂ (2)	0.2153	0.198	1.808
Q ₂ (5)	1.9245	0.392	5.087
Q ₂ (10)	4.7558	1.011	5.905
WHITE	--	37.486 **	31.103 *
ARCH(1)	0.171	8.256 **	7.256 **
ARCH(2)	0.139	0.174	1.856
ARCH(3)	1.346	0.165	1.811
ARCH(8)	4.480	0.704	4.333
J-B	1.539	185.511	158.240

Q(i) es el estadístico Lung-Box para los residuos estandarizados para el rezago "i". Q₂(i) es el estadístico Lung-Box para los residuos estandarizados al cuadrado. ARCH(i) es el estadístico LM de Engle (1982) para evaluar la presencia de heteroscedasticidad condicional autorregresiva de orden "i". WHITE es el estadístico sugerido por White (1980) para evaluar la presencia de heteroscedasticidad. J-B es el estadístico de Jarque-Bera para evaluar la normalidad de los residuos. * significancia al 10 %, ** significancia al 5%, *** significancia al 1%.

Elaboración: Propia

El Modelo 2 presenta un mejor ajuste respecto al caso anterior, siendo las variables que controlan por el efecto no lineal de la variación petrolera $\sigma(\text{petróleo})_{\text{SUP}}$ y σ

(petróleo) MED significativas. La variable $\sigma(\text{petróleo})_{\text{INF}}$ es significativa y negativa, resultado que ya se había observado en una estimación anterior (véase la Tabla 6). Sin embargo, como puede notarse en la Tabla 8, existe cierta evidencia sobre la presencia de errores ARCH, razón por la cual se procedió a corregir este problema utilizando una especificación ARCH (1) en media (ARCH-M). ⁴⁹

Los resultados de la estimación de este modelo (Modelo 1) se presentan en la Tabla 9. Las estimaciones paramétricas arrojaron resultados similares al Modelo 2, con el detalle que el componente de la estructura ARCH para modelar la varianza condicional de la serie resultó significativo y la desviación estándar de la varianza del modelo que se incorpora a la ecuación de predicción de la inflación (ecuación de la media) resultó altamente significativa. Este hecho señala que la volatilidad condicional de la propia inflación influye en la determinación de su evolución (véase Cliang, 2001).

El efecto no lineal de la variación petrolera resultó ser relevante dado que los parámetros de las variables que controlan por el efecto no lineal de la volatilidad petrolera son significativos tanto de manera individual como conjunta.⁵⁰ La especificación del Modelo 1 se presenta a continuación:

Ecuación de la Media:

$$(12.2) \quad \pi_t = c + \alpha_1 \sigma_t^2 I(\sigma_t^2 \leq \delta_1) + \alpha_2 \sigma_t^2 I(\sigma_t^2 < \delta_2) + \alpha_3 \sigma_t^2 I(\sigma_t^2 > \delta_3) + X_t \beta + \eta_t + \varepsilon_t$$

$$\xi_t = \sqrt{\hat{h}_t^2} v_t$$

Ecuación de la Varianza ARCH(1)-M:

$$h_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \xi_{t-1}^2$$

donde se define que: $h_t^2 = \text{varianza condicional del modelo}$, $v_t \sim iid N(0,1)$.

Los resultados de la estimación del Modelo 1 (ecuación 12.2) presentados en la Tabla 9 muestran que este modelo se ajusta mejor a los datos, dado que los Criterios de Akaike

⁴⁹ Para una revisión de la familia de modelos GARCH, el lector puede consultar Bollerslev, Engle y Nelson (1994). La especificación ARCH-M, sugerida por Engle, Lilien y Robins (1987), otorgó el mejor ajuste luego de realizar múltiples pruebas de especificación a través de los criterios de Akaike y Schwarz.

⁵⁰ Chi cuadrado de 176.99 con p-value = 0.000.

y Schwarz para esta especificación presentan los menores valores respecto a los modelos previos. Los parámetros de la ecuación de la media de la inflación son significativos y muestran los signos esperados.

Tabla 9
Resultados de la estimación de los modelos de predicción de la inflación

	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3			
Variables	Parámetros	z - est	Parámetros	t - est	Parámetros	t - est
Constante	0.0021	1.123	0.0075	0.955	0.0172	1.087
GAP (t-1)	0.1110	0.974	-0.1358	-0.265	-0.7109	-0.728
GAP (t-2)	0.0275	0.156	0.6242	1.485	0.5052	0.493
GAP (t-3)	0.5732	3.145 ***	0.4400	0.621	-0.3913	-0.484
GAP (t-4)	0.3215	3.459 ***	-0.7067	-0.735	-1.2533	-1.219
π (t-1)	-0.0209	-0.280	0.1552	2.846 ***	0.2854	2.418 ***
π (t-2)	0.1444	2.991 ***	0.1230	2.749 ***	0.0586	0.484
π (t-3)	0.1759	4.095 ***	0.0789	1.558	0.0353	0.290
π (t-4)	0.2372	4.920 ***	0.2101	2.459 ***	0.1830	1.555
ΔTC	0.2891	23.243 ***	0.3944	3.344 ***	0.3905	5.201 ***
σ (petróleo)					0.0441	1.020
h(t)	0.1395	3.021 **				
σ (petróleo)_SUP	0.5466	12.505 ***	0.4414	7.908 ***		
σ (petróleo)_MED	0.0765	5.945 ***	0.0445	5.331 **		
σ (petróleo)_INF	-0.2190	-3.802 ***	-0.2461	-2.264 ***		
Ecuaciones de la Varianza						
Constante	0.0000003	0.018				
ARCH (1)	3.0432	3.733 ***				
Método	FIML	MCO	MCO			
Observaciones	49	49	49			
R-cuadrado ajustado	0.663	0.633	0.692			
AIC	-3.626	-2.467	-2.170			
SBC	-3.007	-1.966	-1.745			
Prob (F-Estadístico)	0.000	0.000	0.000			
Log-likelihood	104.825	73.451	64.166			

En el Modelo 1, los z-estadísticos son computados a partir de la matriz de varianza-covarianza consistente de Bollerslev-Wooldridge, debido a la presencia de colas anchas en la distribución de los residuos del Modelo 3, z-estadísticos y t-estadísticos en valor absoluto entre paréntesis. *** significativa al 1%, ** significativa al 5%, * significativa al 10%. FIML = Máxima Verosimilitud con información completa, MCO = Mínimos Cuadrados Ordinarios, AIC = Criterio de Akaike, SBC = Criterio bayesiano de Schwarz. La estimación del Modelo 2 y 3 ha sido realizada utilizando la matriz de corrección de Newey-West para controlar por el problema de la autocorrelación serial de los residuos.

Elaboración: Propia.

Los rezagos de la brecha del producto son positivos señalando que a mayor sea la discrepancia entre el producto observado y el potencial se generarán mayores presiones inflacionarias. De otro lado, los rezagos de las variaciones del tipo de cambio (que recoge el efecto de la volatilidad cambiaria) también provocarían presiones para el alza de los precios. Finalmente la propia volatilidad de la inflación (aproximada por el desvío estándar de la varianza condicional del modelo h_t) generaría presiones alcistas

sobre la variación de los precios. Puede decirse entonces que las presiones inflacionarias sobre el nivel de precios en Guatemala provenientes de las fluctuaciones de los precios internacionales del petróleo serían mayores si es que las variaciones son elevadas o moderadas.

Por otro lado, al analizar la ecuación de la varianza del modelo puede apreciarse que el parámetro que recoge el efecto persistencia (α_1) de los shocks es significativo corroborando que la especificación ARCH para modelar la varianza de la inflación es adecuada. Un suceso negativo que incremente la variabilidad de la inflación (como el aumento de los precios del petróleo) en un contexto donde existe no linealidad respecto a la variación de los precios del petróleo pueden tener efectos prolongados, es decir, noticias adversas sobre las predicciones de la inflación provocarán que la inflación se incremente en un primer momento para luego estabilizarse en un nivel más elevado.

12.1. Predicciones de inflación e interpretación económica

Una vez evaluado que el efecto asimétrico de las variaciones del precio del petróleo es significativo para explicar el comportamiento de la inflación, como ejercicio adicional se lleva a cabo en esta sección una evaluación de las predicciones de la inflación para el período 1993–2002 (diez años) del modelo seleccionado (Modelo 1) en comparación con las predicciones de los otros modelos presentados en este documento (modelos 2, 3).

La evaluación comparativa de las predicciones se lleva a cabo mediante el error cuadrático medio (ECM) de las predicciones y mediante el estadístico conocido como la U de Theil. Como puede apreciarse en la Tabla 10, los estadísticos anteriormente mencionados indican que el mejor modelo para predecir la inflación es el Modelo 1 que incorpora las siguientes particularidades: el impacto de la relación no lineal de la variación petrolera y el control por el efecto ARCH-M.

Adicionalmente, resulta ilustrativo analizar los gráficos comparativos que muestran la inflación observada en el caso de Guatemala para el período de predicción junto con su contraparte predicha a diez años por los modelos 1 y 3, los cuales se muestran en la Figura 11. Resulta claro que

las predicciones del modelo que no incorpora la no linealidad del impacto de los *shocks* petroleros y el control de la volatilidad de la inflación están algo sesgadas y no siguen el patrón de comportamiento de la inflación observada. Sin embargo, el modelo que sí controla por la presencia de estos componentes tiende a predecir mejor la inflación. Frente a esta evidencia, puede sostenerse entonces que la existencia de una relación no lineal de los *shocks* petroleros con la inflación tendría un efecto significativo en las predicciones de inflación. No controlar por este efecto puede ocasionar errores de especificación y predicción en la práctica de la programación monetaria.

Tabla 10
Evaluación de las predicciones de inflación fuera de muestra

Longitud de la predicción	Estadísticos	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
10 períodos en adelante	ECM	0.034 *	0.037	0.043
	U-Theil	0.181 *	0.203	0.233

ECM es el error cuadrático medio de la predicción. Valores pequeños para este estadístico indican una buena predicción. Valores del estadístico U-Theil que tienden a cero denotan una buena predicción. * denota que es el menor valor del estadístico en comparación con el resto de modelos señalando que el modelo analizado es el mejor para predecir la inflación.

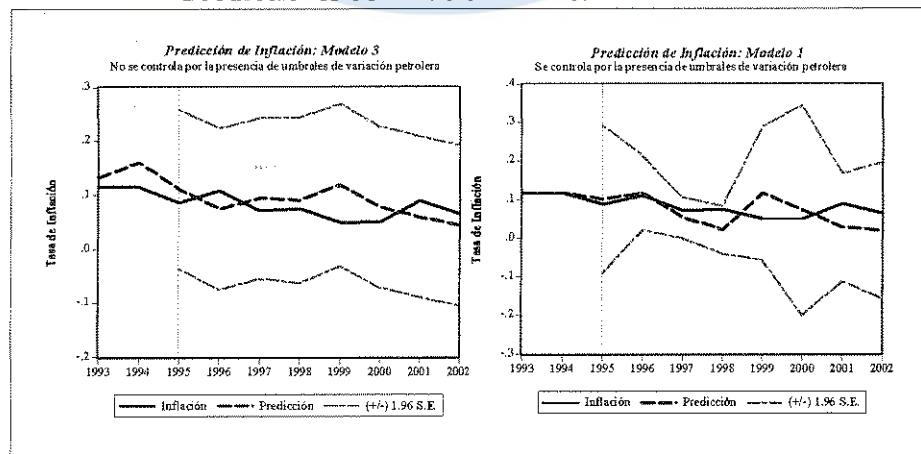
Elaboración: Propia.

13. Conclusiones

En este documento se ha examinado la cuestión sobre la existencia de relaciones de umbral entre inflación y crecimiento económico, así como entre la inflación y la variación de los precios del petróleo en Guatemala, utilizando para ello técnicas econometrísticas que proveen procedimientos apropiados para la estimación e inferencia de los umbrales de inflación, las cuales permiten superar las limitaciones de las investigaciones anteriores sobre la materia.

Los hallazgos presentados en la primera parte de esta investigación permiten sostener que la relación entre crecimiento e inflación en Guatemala es de tipo no lineal. Ésta se produce a través de una banda definida por dos valores umbrales estadísticamente significativos, lo cual determina que las relaciones entre las variables tienden a revertirse de acuerdo al nivel de inflación observado. Para tasas de inflación por encima de 13.5%, el efecto negativo de esta variable sobre el crecimiento es altamente significativo. Por otro lado, a tasas por debajo del 1%, el efecto de la inflación es positivo, mientras que para valores de la inflación dentro de la banda [1%, 13.5%] el efecto de esta variable sobre el crecimiento es marginalmente negativo. Por otra parte, se ha cuantificado la incertidumbre asociada a los umbrales calculados mediante la construcción de sus respectivos intervalos de confianza. Para el caso de Guatemala, estos intervalos son pequeños, lo cual constituye un indicador de la precisión de los umbrales estimados en este estudio.

Figura 11
Predicciones de inflación en el caso de Guatemala



Elaboración: Propia.

De otro lado, se ha mostrado en la segunda parte de este documento que la inflación doméstica y las variaciones de las cotizaciones internacionales del petróleo guardan también una relación no lineal, la cual se produce por medio de umbrales que configuran una banda que determina, dependiendo del nivel de variación petrolera, que el impacto de los *shocks* petroleros sobre la inflación sea asimétrico. Los resultados obtenidos señalan que si el precio del petróleo varía en 36.5% respecto de su valor promedio, dicho incremento puede transferirse de manera muy significativa sobre el nivel de precios de la economía guatemalteca, generándose con ello el incremento de la inflación. Por otra parte, si la volatilidad petrolera se mantiene dentro de la banda estimada (36.5% y -35.5%), el impacto de los *shocks* sobre la inflación es menor; mientras que si la volatilidad es menor en comparación a la banda, las variaciones de los precios del petróleo presionarían a la baja la inflación. También se ha evaluado en este caso la incertidumbre asociada a los umbrales de variación petrolera estimados mediante la construcción de intervalos de confianza. Aquéllos han resultado ser pequeños, lo cual señala que los estimadores puntuales de los umbrales son precisos.

De otro lado, se ha validado que la relación no lineal entre inflación y los *shocks* petroleros, lo que se ha denominado en este documento como *efecto threshold*, provoca distorsiones sobre las predicciones de la inflación. Estimando ecuaciones de predicción, se ha constatado que no controlar por este efecto puede provocar errores de especificación en los modelos predictivos y sesgos en las predicciones de la inflación, lo cual puede inducir a errores en el momento del diseño de la política monetaria.

Por otra parte, para obtener mejores predicciones de la inflación, es necesario, como se ha mostrado en este documento, modelar la volatilidad de la inflación sujeta a la presencia de umbrales mediante un esquema que controle por el efecto de la heteroscedasticidad condicional autorregresiva. En particular, se sugiere la especificación de tipo ARCH-M porque permite controlar por la existencia del fenómeno de la persistencia de la volatilidad inflacionaria.

Las recomendaciones de política que pueden extraerse de esta investigación son diversas. Una primera recomendación que puede formularse a la autoridad monetaria de Guatemala es la necesidad de mantener niveles inflacionarios alrededor del 1% y 13.5%, con el objeto de tener posibilidades para alcanzar un crecimiento sostenido.

En segundo lugar, el Banco de Guatemala debería monitorear la evolución de los precios del crudo debido a que los *shocks* petroleros en los mercados internacionales pueden ocasionar presiones sobre la inflación, dependiendo del nivel de variación de las cotizaciones. Para evitar que los *shocks* petroleros sean absorbidos en la economía a través de su efecto sobre la inflación, sería necesario que la autoridad monetaria tome medidas para esterilizar los impactos adversos de las grandes subidas de los precios del petróleo sobre el nivel de precios, con el propósito de mantener niveles de inflación que no comprometan el crecimiento económico bajo el esquema de *Inflation Targeting*, en un escenario de alta variabilidad de los precios del petróleo y de presiones inflacionarias.

Sin embargo, la suavización del impacto adverso que tiene la volatilidad de los precios del petróleo no sólo requeriría del uso de los instrumentos de política monetaria, sino también de otro tipo de mecanismos de estabilización de precios en la línea de lo que sugiere Federico, Daniel y Bingham (2001). Pero el análisis en detalle de este tipo de esquemas escapa a los propósitos de este documento. En el Anexo C se realiza una breve presentación de los principales mecanismos de estabilización de los precios del petróleo. Otra recomendación que puede derivarse de este trabajo es que resulta necesario para la realización de las predicciones de inflación en Guatemala controlar por el *efecto threshold* en los modelos predictivos que utiliza la autoridad monetaria, con el propósito de hallar predicciones no sesgadas y consistentes que sean útiles para el diseño, programación y ejecución de la política monetaria.

14. Bibliografía

- ADELMAN, M. (1993). "Modelling World Oil Supply". *Energy Journal*. 14 (special issue in memory of David O. Wood).
- ARRIETA, A. y Y. PORTILLA (1999). *Relaciones de Umbral entre Inflación y Crecimiento Económico en el Perú*. Lima: Sociedad de Econometría y Econometría Aplicada.
- BAI, J. (1997). "Estimating multiple breaks one at a time". *Econometric Theory*. 12: 315-252.
- BARRO, R. (1996). *Inflation and Economic Growth*. Working Paper Review. National Bureau of Economic Research.

- BAULCH, B. (1997). "Transfer Cost, Spatial Arbitrage and Testing for food market integration". *American Journal of Agricultural Economics*. 79: 477-487.
- BAXTER, M. y R. KING (1999). *Measuring Business Cycles Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series*. Working Paper No 5022. National Bureau of Economic Research.
- BERNANKE B., M. GERTLER, M. y WATSON (1997). "Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks". *Brookings Papers on Economics Activist*. 1: 91-142.
- BOLLERSLEV, T., ENGLE, R. y NELSON, D. (1994). "ARCH Models". En: Engle, R. y D. McFadden. *Handbook of Econometrics*. Vol. 4. Elsevier.
- BRUNO, M. y W. EASTERLY (1998). "Inflation crisis and log-run growth". *Journal of Monetary Economics*. 41: 3-26.
- BURBIDGE, J. y A. HARRISON (1984). "Testing for the Effects of Oil-Price Rises Using Vector Autoregression". *International Economic Review*. 25: 459-484.
- CARO, D. y J. CHAVEZ (2001). *La brecha de producto y su capacidad para predecir la inflación en el Perú: Un enfoque de componentes no observados, 1992-2001*. Tesis (Bch). Lima: Universidad del Pacífico.
- CHAN, K. (1993). "Consistency and limiting distribution of the least squares estimator of a threshold autoregressive model". *The Annals of Statistics*. 21: 520-533.
- CHIANG, G. (2000). "Estabilidad de Precios y el crecimiento económico sostenido, 1999-2000". *Concurso de Investigación para jóvenes economistas*. Lima: BCRP.
- CHRISTIANO, L. y T. FITZGERALD (1999). *The BandPass Filter*. Working Paper 9906. Federal Reserve Bank of Cleveland.
- CLEMENTS, M. P. AND D. F. HENDRY. 1999. *Forecasting Non-Stationary Time Series*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- DANIEL, B. (1997). "International Interdependence of National Growth Rates: A Structural Trends Analysis". *Journal of Monetary Economics*. 40: 73-96.
- DAVIS, S. y J. HALTIWANGER (2001). "Sectoral Job Creation and Destruction Response to Oil Price Changes". *Journal of Monetary Economics*. 48: 465-512.
- DE GREGORIO, J. (1993). "Inflation, taxation and long-run growth". *Journal of Monetary Economics*. 31: 271-298.
- DEMERS, F. (2003). *The Canadian Phillips Curve and Regime Shifting*. Working Paper 2003-32. Bank of Canada.
- ENGLE, R. (1982). "Autoregressive Conditional heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation". *Econometrica*. 50: 987-1008.
- ENGLE, R., D. LILIEN y R. ROBINS (1987). "Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure. The ARCH-M Model." *Econometrica*. 55: 391-407.
- FEDERICO G., J. DANIEL Y B. BINGHAM (2001). *Domestic Petroleum Price Smoothing in Developing and Transition Countries*. Working Paper WP/01/75. Fondo Monetario Internacional.
- FILLION, J. y A. LEONARD (1997). *The Phillips Curve of Canada: An evalution of some hypothesis*. Working Paper 1997-3. Bank of Canada.
- FISCHER, S. (1993). "The role of macroeconomic factors in growth": *Journal of Monetary Economics*. 32: 485-512.
- (1983). "Inflación y Crecimiento". *Cuadernos de Economía*, 20, 267-277.
- FRANCES, P. y D. VAN DIJK (2000). *Non Linear Time Series Model in Empirical Finance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- FRIEDMAN, M. (1977). "Nobel lecture: Inflation and Unemployment". *Journal of Political Economy*. 85: 451-472.
- GALI, J. (2000) "The Return of the Phillips Curve and Other Recent Developments in Business Cycle Theory". *Spanish Economic Review*. 2: 1-10.
- GALI, J. y M. GERTLER (1999). "Inflation dynamics: A structural econometric analysis". *Journal of Monetary Economics*. 44: 195 – 222.
- GISSER, M. Y T. GOODWIN. "Crude Oil and the Macroeconomy: Tests of Some Popular Notions". *Journal of Money, Credit, and Banking*. 18: 95-103.

- GHOSH, A. y S. PHILLIPS (1998). *Inflation, Desinflation and Growth*. Working Paper 68. Fondo Monetario Internacional
- GOODFIREND, M. y R. KING (1997). *The New Neoclassical Synthesis and the Role of Monetary Policy*. NBER Macroeconomics Annual.
- GORDON R. (1997). "The Time-Varying NAIRU and its implications for Economic Policy". *Journal of Economic Perspectives*. 11: 11-32.
- GREENE, W. (2003). *Econometrics Analysis*. 5th Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- HAMILTON, J. (2000). *What is an Oil Shock?* Working Paper 7755. National Bureau of Economic Research.
- (1994). *Times Series Analysis*. Princeton: Princeton University Press.
- (1983) "Oil and the Macroeconomy since World War II". *Journal of Political Economy*. 91: 228-248.
- HANNESSON, R. (1998). *Petroleum Economics: Issues and strategies of Oil and Natural Gas production*. London: Quorum Books.
- HANSEN, B. (2000). "Sample splitting and threshold estimation". *Econometrica*. 68: 575-603
- (1999). "Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing and inference". *Journal of Econometrics*. 93: 345-368.
- (1997). "Inference in TAR models". *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*. 2.
- HASLAG, J. (1997). "Output, Growth, Welfare and Inflation: A survey". *Federal Reserve Bank of Dallas Economic Review*. 2: 11-21.
- HICKMAN, B., HILLARD, G., HUNTINGTON, G. y J SWEENEY (1987). *Macroeconomic Impacts of Energy Shocks*. Amsterdam: North-Holland.
- HOOKER, M. (1999). "Are Oil Shocks Inflationary?" "Asymmetric and Nonlinear Specifications versus Changes in Regime". Unpublished Paper.
- (1996). *Exploring the Robustness of the Oil Price-Macroeconomy Relationship: Empirical Specifications and the Role of Monetary Policy*. Paper presented at the DOE Conference, "International Energy Security: Economic Vulnerability to Oil Price Shocks". Washington, D.C.
- HODRICK, R. J. y E. PRESCOTT (1980). *Post-war U. S. Business-Cycles: An Empirical Investigation*. Working Paper. Carnegie-Mellon University.
- HUNT B., P. ISARD y D. LAXTON (2001). *The Macroeconomics Effects of Higher Oil Prices*. Working Paper WP/01/14. Fondo Monetario Internacional.
- JONES, D., LEIBY, P. y I. PAIK (2003). *Oil Price Shocks and the Macroeconomy: What has been learned since 1996? Energy Security, Oil Shocks and the Strategic Petroleum Reserve (SPR)*. Unpublished paper.
- JONES, D. y P. LEIBY (1996). *The Macroeconomic Impacts of Oil Price Shocks: A Review of Literature and Issues*. OAK Ridge National Laboratory. Unpublished Paper.
- KHALAF, L. y M. KICHIAN (2003). *Exact Testing of the Phillips Curve*. Working Paper 2003-7. Bank of Canada.
- KICHIAN, M. (1999). *Measuring potential output within a state-space framework*. Working Paper 1999-9. Bank of Canada.
- KRUGMAN, P. (1999). *Deflationary Spirals*. ()
- LEE, K.; Ni, S. y R. RATTI (1995). "Oil Shocks and the Macroeconomy: The Role of Price Variability". *Energy Journal*. 16: 39-56.
- LEVINE, R. y D. RENELT (1992). "A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions". *American Economic Review*. 82: 942-963.
- LIN, L. (2000). "A note on the concordance correlation coefficient". *Biometrics*. 56: 324-325.
- LÓPEZ, E. y M. MISAS (1999). *Un examen empírico de la Curva de Phillips*. Santa Fe de Bogotá: Banco de la República de Colombia.
- MALLIK A. y CHOWDHURY G. (2001). "Inflation and economic growth, evidence four South – Asian Countries". *Asia – Pacific Development Journal*. 8: 1.
- MORK, K. (1989). "Oil and the Macroeconomy When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton's Results". *Journal of Political Economy*. 97: 740-744.

- MORY, J. (1993). "Oil Prices and Economic Activity: Is the Relationship Symmetric?". *Energy Journal*. 14: 151 - 161.
- PINDYCK, R. (2001), *The Dynamics of Commodity Spot and Futures Markets: A Primer*. Working Paper. CEEPR-MIT.
- (1999), "The Long Run Evolution of Energy Prices". *Energy Journal*. 20: 1-27.
- PRAKASH, G. y A. TAYLOR (1997). *Measuring Market Integration: A model of Arbitrage with an econometric application to the Gold Standard, 1879 – 1913*. Working Paper 6073. National Bureau of Economic Research.
- ROTEMBERG, J. y M. WOODFORD (1996). "Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity". *Journal of Money, Credit and Banking*. 28: 549-577.
- ROUBINI, N. y X. SALA-I-MARTIN (1996). *A Growth Model of Inflation, Tax Evasion and Financial Repression*. Working Paper 4062. National Bureau of Economic Research.
- SAREL, M. (1995). "NonLinear effects of inflation on economic growth". *IMF Staff Papers*. 43: 199-215.
- SCHWARTZ E. y J. SMITH (2000). "Short-Term variations and Long-Term Dynamics in Commodity Prices". *Management Science*. 46.
- STOCKMAN, A. (1981). "Anticipated inflation and the capital stock in a cash-in-advance economy". *Journal of Monetary Economics*. 8: 387-393.
- SUMMERS, R. y A. HESTON. (1991). "The Penn World Table (Mark 5): an expanded set of international comparisons, 1950-1988". *Quarterly Journal of Economics*. 10: 327-368.
- TATOM, J. (1993). "Are there Useful Lessons from the 1990-91 Oil Price Shock?". *Energy Journal*. 14: 129 - 150.
- (1988). "Macroeconomic Effects of the 1986 Oil Price Decline". *Contemporary Policy Issues*. 6:69-82.
- TAYLOR, J. "Aggregate dynamics and staggered contracts". *Journal of Political Economy*. 88: 1-23.
- TURNOVSKY S., H. SHALIT Y A. SCHMITZ (1980). "Consumer's Surplus, Price Instability and Consumer Welfare". *Econometrica*. 48: 135-152.
- ZIVOT, E., and D. ANDREWS (1992). "Further evidence on the great crash, the oil-Price shock and the unit-Root hypothesis". *Journal of Business and Economic Statistics*. 10: 251-270.

Anexo A: Estadísticos descriptivos y pruebas de raíz unitaria

Tabla A1
Estadísticos descriptivos de las variables utilizadas

	Log (PBI)	ΔTC	Δpetróleo	π	RATIO
Media	7.655	0.039	0.048	0.076	0.100
Mediana	7.835	0.000	0.000	0.063	0.099
Máximo	8.577	0.982	1.258	0.606	0.168
Mínimo	6.583	-0.031	-0.650	-0.022	0.030
Std. Dev.	0.617	0.149	0.259	0.101	0.030
Asimetría	-0.319	5.278	2.034	3.039	-0.034
Kurtosis	1.806	32.699	12.155	15.715	2.868
Jarque-Bera	4.043	2152.505	217.423	438.628	0.049
p-value	0.132	0.000	0.000	0.000	0.976
Observaciones	53	52	53	53	53

Fuente: Banco de Guatemala y Penn World Table.
Elaboración: Propia.

Tabla A2
Pruebas de Raíz Unitaria

Variables	Especificación	ADF				Phillip & Perron				Zivot & Andrews			
		Contendencia		Rezagos		Contendencia		Rezagos		Contendencia		Media	
		Niveles	Rezagos	Rezagos	Contendencia	Rezagos	Rezagos	Contendencia	Rezagos	Tendencia	Rezagos	Tendencia	Rezagos
Log (PBI)	Niveles	-1.472	1	-1.461	1	-1.125		-1.171		4.350		-3.609	4
	Primera diferencia	-3.769 ***	0	-3.952 ***	0	-3.772 ***		-3.879 **		--		--	--
Variación del tipo de cambio anual (ΔTC)	Niveles	-6.919 ***	0	-7.197 ***	0	-6.919 ***		-7.220 ***		--		--	--
	Primera diferencia	-7.474 ***	3	-7.398 ***	3	-26.452 ***		-26.594 ***		--		--	--
Variación Porcentual Precio del Petróleo (Δpetróleo)	Niveles	-6.589 ***	3	-6.531 ***	0	-6.587 ***		-41.763 ***		--		--	--
	Primera diferencia	-7.233 ***	3	-7.146 ***	3	-6.528 ***		-45.841 ***		--		--	--
Inflación Mensual (π)	Niveles	-4.530 ***	2	-5.328 ***	0	-4.465 ***		-5.312 ***		--		--	--
	Primera diferencia	-7.464 ***	2	-7.406 ***	2	-18.787 ***		-18.762 ***		--		--	--
Ratio (Inversión / PBI)	Niveles	-2.481	0	-2.221	0	-2.597 *		-2.349 *		--		--	--
	Primera diferencia	-7.381 ***	0	-7.479 ***	0	-7.418 ***		-7.629 ***		--		--	--

Los valores críticos y p-values para la evaluación de la significancia de las pruebas de raíz unitaria ADF y Phillip - Perron han sido tomados de Mac - Kinnon (1996). * significancia al 10%, **significancia al 5%, ***significancia al 1%. Los valores críticos para las pruebas de cambio estructural en media y tendencia sugeridas por Zivot y Andrews (1992) son - 4.8 y -4.43 respectivamente. El criterio de selección de rezagos es el de Schwartz.

Elaboración: Propia.

Anexo B: Estimación de la Brecha del Producto

B1. Métodos de Estimación

B1.1. El filtro de Hodrick-Prescott

El filtro propuesto por Hodrick y Prescott (1980) es un procedimiento de suavización para series de tiempo bastante simple que se basa en las características estadísticas de las series para descomponerla en sus componentes permanentes y transitorios. La simplicidad de su aplicación ha hecho de esta metodología una de las más empleadas para calcular el producto potencial.

El filtro aplicado al PIB lo descompone en su componente permanente (el producto potencial o tendencial, denotado por y^*) y el componente cíclico. El producto potencial es derivado mediante la minimización de la varianza del componente cíclico (cuya media es cero) sujeto a una penalidad por la variación de la segunda diferencia en el componente permanente:

$$y^* = \arg \min \left\{ \text{Min} \sum_{t=0}^T (y_t - y_t^*)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(y_{t+1}^* - y_t^*) - (y_t^* - y_{t-1}^*)]^2 \right\}$$

donde λ determina el grado de suavización de la serie y penaliza la variabilidad en el componente permanente. En la medida en que el parámetro λ tienda al infinito, el producto potencial tenderá a ser una tendencia lineal.

Uno de los problemas presentados por este tipo de procedimientos es la elección del parámetro de suavización, la cual es arbitraria. Hodrick y Prescott proponen la utilización de $\lambda = 1600$ cuando se trabaja con datos anuales con base en los resultados de sus simulaciones.

B1.2. Metodología Christiano y Fitzgerald⁵²

El filtro de Christiano y Fitzgerald (1999) pertenece a la familia de “Modelos de Dominio de Frecuencias”. Aquéllos asumen que tanto el componente cíclico como el tendencial de las series de tiempo son independientes, que la tendencia tiene su mayor poder en una banda del espectro de baja frecuencia y que una vez que ésta aumenta, el poder de la tendencia decrece rápidamente. No se restringe que la tendencia sea determinística o estocástica y permite cambios en la misma a lo largo del tiempo, mientras no sean muy frecuentes.

⁵² Una aplicación de esta metodología al análisis del comportamiento cíclico de la economía peruana es realizado por Cáceres y Sáenz (2002).

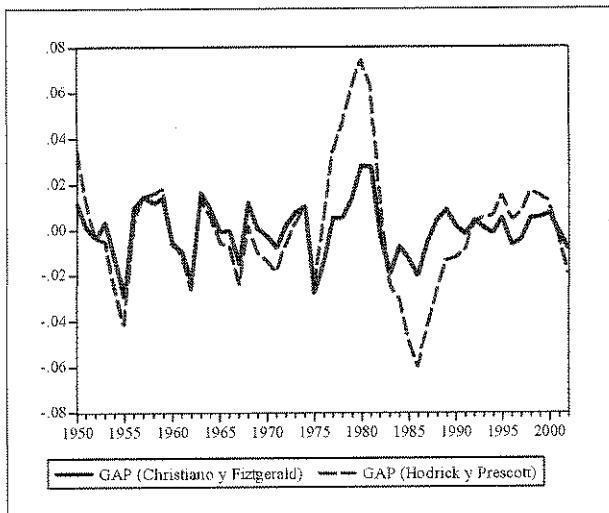
Estos filtros, al igual que todos los anteriores, solían dejar una cantidad considerable de variabilidad; es decir, movimientos de muy alta frecuencia, que no necesariamente podían ser considerados como parte de los ciclos económicos. Por esta razón, se implementó una serie de filtros dentro de esta familia que eliminan también los movimientos de muy alta frecuencia, como el de Baxter y King (1999) y el recientemente desarrollado por los autores.

Estos filtros de tipo *band pass filter* son utilizados para aislar el componente cíclico de una serie de tiempo especificando el rango de su duración. Para ello, estos filtros usualmente son definidos como lineales, los cuales están constituidos por dos componentes de medias móviles ponderadas donde los ciclos en la banda definida por los valores umbrales, que son los límites del rango de duración, son extraídos mientras que el resto de señales es filtrado. Una generalización de estos filtros es el de “muestra completa y asimétrico” en donde las ponderaciones sobre los adelantos y retardos varían (no son constantes). De esta manera, las ponderaciones son variantes en el tiempo dependiendo de la evolución de la serie de tiempo a analizar.

La mayoría de trabajos de investigación que se refieren al estudio de los ciclos económicos utilizan como filtro estándar el de Hodrick y Prescott (1980), debido a la facilidad de su aplicación. Este filtro, debido a su popularidad, permite al investigador realizar análisis comparativos de los ciclos en distintas economías. Sin embargo, dicho filtro no es necesariamente el de mayor precisión, puesto que los resultados que arroja no se ajustan a lo que comúnmente conocemos como ciclos económicos. Esto se debe a que el filtro de Hodrick y Prescott (1980) elimina tan sólo el componente tendencial, dejando componentes indeseados de muy corto plazo. Por el contrario, el filtro de Christiano y Fitzgerald (1999), como se señalara anteriormente, aísla de la serie todos aquellos movimientos de muy corto o muy largo plazo, privilegiando el ajuste a lo que el investigador defina como ciclos económicos. Por ello es preferible utilizar un filtro como el propuesto por Christiano y Fitzgerald (1999), con el objeto de que el análisis de las fluctuaciones económicas cuente con una mayor precisión.

En la Figura B1 se presenta una comparación entre la brecha del producto estimada con el filtro de Hodrick y Prescott (GAP H-P), así como aquella obtenida utilizando el filtro de Christiano y Fitzgerald (GAP C-F) de muestra completa y asimétrica.

Figura B1
Brechas del Producto



Elaboración: Propia

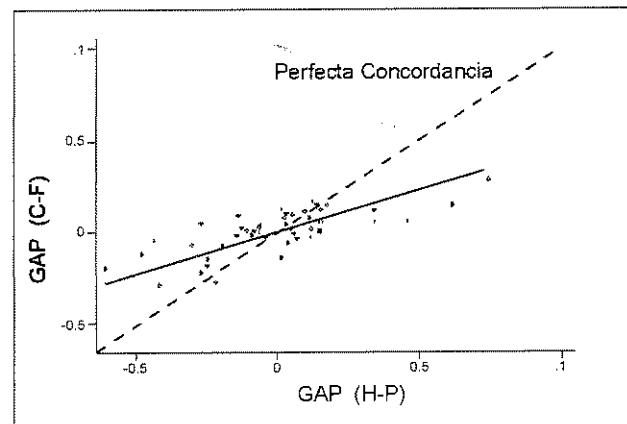
A diferencia del método de Christiano y Fitzgerald, el filtro de Hodrick y Prescott tiende a superestimar los desvíos del producto potencial en casi toda la muestra. Este resultado puede inducir a error si se desea determinar las presiones que la brecha del producto puede generar sobre la inflación.

De otro lado, un estadístico que permite comparar distintas medidas de la brecha del producto es el coeficiente de concordancia propuesto por Lin (2000), el cual mide la proporción en que dos series se encuentran en el mismo estado respecto a un umbral o valor límite. En el caso que compromete a este documento, se mide la proporción en que las brechas del producto obtenidas por las distintas metodologías coinciden en ser positivas o negativas, donde el valor límite empleado es cero. Valores del estadístico que tienden a cero (uno) denotan que las series no (si) se encuentran en el mismo estado. El coeficiente obtenido a partir de las brechas GAP (H-P) y GAP (C-F) es de 0.59 ($p\text{-value} = 0.000$), lo cual indica que las concordancias entre las medidas de la brecha del producto se encuentran alrededor del 60% (más de la mitad de las veces las brechas presentan el mismo signo), aunque difieren en 40% de las ocasiones.

En la Figura B2, puede verse el gráfico de concordancias de las brechas. Si ambas medidas fueron iguales, las desviaciones estarían localizadas en la línea de perfecta concordancia. Este resultado señala que no es equivalente usar una y otra medida de la brecha del producto indistintamente.

Por ello y frente a la evidencia presentada, se opta en este documento por emplear la brecha del producto obtenida a partir del filtro de Christiano y Fitzgerald (1999), con el objeto de utilizar un indicador que no superestime la brecha en las predicciones de inflación, y de ese modo evitar que se produzcan sesgos sistemáticos en las estimaciones que se plantean en este documento.

Figura B2
Concordancia entre las Brechas del Producto



Elaboración: Propia.

Anexo C: Mecanismos de estabilización del consumo de petróleo

De acuerdo a Federico, Daniel y Bingham (2001) existen varios mecanismos que pueden financiar sendas de consumo estables ante fuertes períodos de volatilidad en los precios del petróleo en el corto plazo, así como desviaciones persistentes pero temporales de su tendencia de largo plazo. Pueden destacarse los siguientes:

- Créditos: consiste en recurrir a un préstamo en caso de un *shock* negativo temporal al precio del petróleo, para mantener el consumo estable.

- Auto-aseguramiento: consiste en ahorrar en períodos de precios bajos y des-ahorrar en momentos de *shocks* negativos. Un fondo de estabilización de precios o el almacenamiento de reservas estratégicas se encuentran dentro de esta clasificación.
- Cobertura de riesgo en mercados de instrumentos financieros (*hedging*): consiste en adquirir contratos de futuros u opciones que permitan eliminar el riesgo de la volatilidad de corto plazo.

Estas alternativas no son factibles para muchos consumidores (familias, aunque también empresas), dado que los créditos muchas veces son racionados, especialmente en períodos de recesión o *shocks* negativos o por los elevados costos de almacenamiento y costos de transacción respectivamente que deben ser asumidos, de ser utilizados estos sistemas. En vista de lo anterior, el Estado puede fijar reglas de precios que atenúen el traspaso de la volatilidad de precios internacionales del petróleo con algún mecanismo de financiamiento. En particular, Federico, Daniel y Bingham (2001) definen las siguientes reglas para fijar precios:

- Promedios Móviles: se fija un precio igual al promedio de los precios de paridad de los últimos períodos. Suaviza todo tipo de *shocks*, sean grandes o pequeños, dado que incorpora información pasada promediada para fijar el precio actual.
- Reglas Tipo “Gatillo”: se fija un valor central y una banda alrededor del mismo, donde se interviene para mantener el precio doméstico igual al valor central de la

banda. Si el precio de paridad sale de la banda, se ajusta el valor central de la misma. Suaviza los *shocks* pequeños, mas no los grandes.

- Bandas de Precios: se fija un valor central y una banda alrededor del mismo, donde el precio doméstico puede variar. Fuera de estos límites, se interviene para ajustar el precio doméstico al límite de la banda. Este esquema suaviza sólo los *shocks* grandes. Puede existir un mecanismo para actualizar el valor central de la banda a cambios proyectados como permanentes.

Dado que los *shocks* petroleros son grandes y persistentes, es poco conveniente la aplicación de un esquema de banda con ajuste tipo gatillo debido a que esta suaviza únicamente *shocks* pequeños. Por otra parte, los promedios móviles suavizan todo tipo de *shocks* incluyendo los pequeños, que suelen ser afrontados por las empresas (por ejemplo las refinerías). Cada regla tiene diferentes propiedades para suavizar *shocks* como se muestra en la Tabla C1.

Sin embargo, existe una relación directa entre reducción en la volatilidad de precios nacionales y necesidad de financiamiento. Mientras más se atenúa la volatilidad, se requiere de más recursos, por lo que se requiere tomar una decisión sobre el nivel de volatilidad a reducir dada la restricción de recursos. En este sentido, la regla con ajuste de tipo gatillo requiere de menos recursos, mientras la de promedio móvil es aquella que demanda más recursos.

Tabla C1
Propiedades de Reglas de Transferencia de Volatilidad

Área	Propiedades de Suavizamiento		Resultados de Simulación	
	<i>Shocks</i> temporales	<i>Shocks</i> persistentes	Reducción de la Desviación	<i>Shock</i> fiscal promedio
Promedios Móviles	Suaviza todos los <i>shocks</i>	Traslado pleno con rezago	30% a 70%	0.04 a 0.3%
Gatillo	Suaviza sólo los <i>shocks</i> pequeños	Traslado pleno sólo con <i>shocks</i> grandes	2 a 8%	0.05 a 0.26%
Bandas de Precios	Suaviza sólo los <i>shocks</i> grandes	No traslado hasta que se renueve la regla	27% a 45%	0.08 a 0.17%

Fuente: Federico, Daniel y Bingham (2001)

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos (OSINERG).