

# La credibilidad de un banco central y sus efectos sobre la inflación y el producto: el caso de Guatemala<sup>1</sup>

Fidel Pérez Macal<sup>2</sup>  
Banco Central de Guatemala

## Resumen

La adopción de un esquema de metas explícitas de inflación por parte de un banco central representa un compromiso público que requiere de la adopción de medidas de política monetaria apropiadas para que la inflación converja a una meta predeterminada en un plazo predefinido. El cumplimiento de los objetivos inflacionarios genera credibilidad en los agentes económicos, los cuales tendrán la certeza que las acciones futuras del banco central estarán encaminadas a cumplir con su meta. Por su parte, esta credibilidad en la autoridad monetaria tiene consecuencias macroeconómicas favorables en términos de decisión de inversión, expectativas de producción y nivel de empleo. El presente documento pretende determinar el grado de credibilidad que los agentes económicos pueden inferir del compromiso del banco central para lograr su objetivo fundamental. Para tal efecto, se estima un modelo con cambio de régimen, en base a información trimestral, del cual se concluye que la tasa de crecimiento del producto interno bruto se ubica alrededor de 0.31% (1.26% anual) y 1.03% (4.13% anual) en su fase recesión y expansión, respectivamente; mientras que la inflación trimestral se ubica alrededor de 0.77% (4.08% anual) y 2.13% (8.5% anual) para un estado bajo y alto, respectivamente. Sin embargo, para el primer trimestre de 2011 la probabilidad de ocurrencia de un estado bajo para la inflación es de 0.61, lo que indica que la inflación para este período puede estar dentro del rango de la meta establecida.

Clasificación JEL: E22, E44, E52

Palabras clave: Metas explícitas de inflación, Credibilidad, Estimación con cambio de régimen, Producto

---

<sup>1</sup>La opinión expresada en este documento es enteramente del autor y no necesariamente refleja la opinión del staff ni de las autoridades del Banco Central de Guatemala.

<sup>2</sup>Email: fipm@banguat.gob.gt

# 1 Introducción

El régimen de política monetaria de metas explícitas de inflación ha venido popularizándose entre los distintos países como México, Perú, Chile, Nueva Zelanda, Canadá, entre otros, en donde para cada uno de ellos la experiencia ha sido distinta. Por ejemplo, para Chile, su larga historia inflacionaria provocó que existiera indexación en precios, salarios y en los mercados financieros, lo que incrementó la inercia inflacionaria. Sin embargo, la introducción del régimen de metas de inflación ha contribuido a controlar las expectativas de inflación permitiendo a la economía chilena la convergencia hacia bajas y sostenibles tasas de inflación (Landerrtch, Morandé y Schmidt-Hebbel, 2000). Por el contrario, Nueva Zelanda, experimentó inflaciones dentro del rango de 10-15% por casi dos décadas. Y también durante este periodo el crecimiento económico fue bajo y volátil. Por lo que después de 1984 se produjeron reformas económicas drásticas (Bollard y Karagedikli, 2006). No obstante, la característica común que estos países poseen es que tienen un sistema financiero bien desarrollado e instituciones sólidas que permitieron a los bancos centrales realizar las políticas monetarias necesarias para lograr su objetivo fundamental sin la necesidad de preocuparse de que la economía pudiera entrar en algún tipo de crisis.

Guatemala estableció el esquema de metas de inflación en el año de 2005 y, al igual de que otros países, su éxito o fracaso no solo depende de las acciones de política que la autoridad monetaria realice, sino también de su sistema financiero, y de la coordinación existente con la política fiscal para transmitir a los actores económicos el grado de compromiso que se tiene para alcanzar la meta de inflación establecida, y con ello promover el crecimiento y desarrollo del país. Por ello, el grado de credibilidad en las acciones del banco central es de vital importancia ya que permite anclar la variable principal sobre la cual se fundamenta el régimen de metas explícitas de inflación. De no existir credibilidad en las acciones de política monetaria, el costo de las decisiones del banco central en términos de inflación y producto es más elevado.

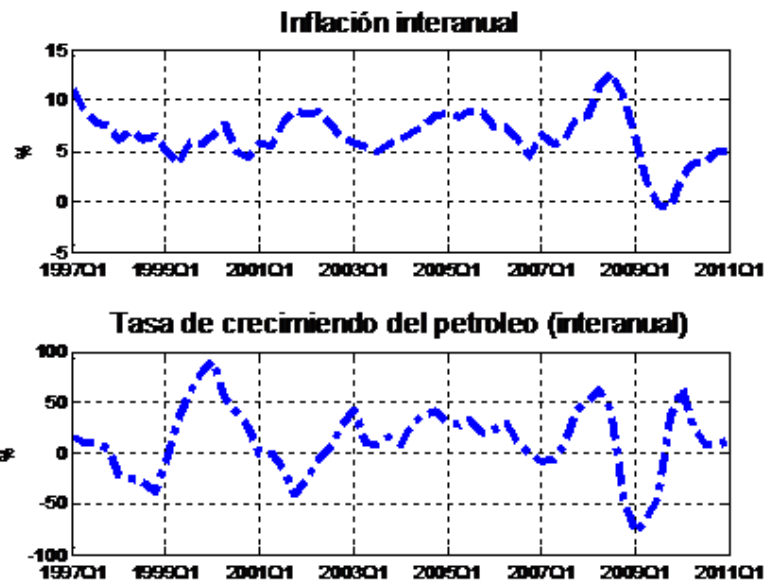
En este sentido, los agentes económicos evalúan el desempeño del banco central comparando la inflación de cada período con la meta preestablecida, lo cual influirá en sus expectativas, así como en sus decisiones de inversión, lo cual tendrá efectos sobre el producto y la inflación. Derivado de su importancia, el presente trabajo, a través de la estimación de un modelo econométrico que

permite determinar la probabilidad de un cambio de régimen, pretende determinar el grado de credibilidad de los agentes económicos, que pueden inferir en base a la información publicada por la autoridad monetaria, del compromiso fundamental del banco central de mantener la inflación en torno a su meta. Asimismo, se pretende analizar si la credibilidad tiene un efecto favorable en el producto interno bruto.

El contenido restante de este trabajo se presenta de la siguiente manera: en la sección 2, se hace una breve descripción las principales variables de la economía guatemalteca asociándolo a estudios relacionados con credibilidad de la política monetaria; en la sección 3, se presenta la metodología de estimación; en la sección 4 se presentan los resultados; y, finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones.

## **2 Antecedentes**

Guatemala, en su condición de economía pequeña, puede ser afectada por shocks externos. Muestra de ello, es que el alza del precio internacional del petróleo ha repercutido fuertemente sobre la inflación interna. Como se observa en la siguiente figura, la dinámica de la inflación está fuertemente asociada por los movimientos en los precios del petróleo. Esto se nota, principalmente, desde finales del año 2003 en adelante, teniendo el mayor impacto durante el cuarto trimestre de 2008.



Además del efecto del precio internacional del petróleo sobre los precios internos, Guatemala tiene como principal socio comercial a los Estados Unidos de América, cuyas exportaciones a dicho país promedian alrededor de 40% de las exportaciones totales; por ello, el desenvolvimiento macroeconómico de este país afecta significativamente la evolución de la actividad económica interna. Lo anterior, conjuntamente con la ocurrencia de la crisis financiera de 2008 provocó que el producto interno bruto se desacelerará fuertemente hasta alcanzar 0.28% de crecimiento en 2009 (a pesar de ello, comparado con otros países, el crecimiento, aunque bajo fue positivo). Todas estas características indican que el producto es pro cíclico al desenvolvimiento de la actividad económica de su principal socio comercial lo cual afecta también a las expectativas de inflación interna.

Teniendo en cuenta que el principal objetivo del banco central es la estabilidad de precios para así propiciar crecimiento y desarrollo, éste ha logrado mantener en promedio (2001Q1-2011Q1) una tasa de 6.5% de inflación (aunque con ciertos periodos en los que se experimentaron tanto altas como bajas tasas de inflación durante los últimos cuatro años). De conformidad con Castillo y Galindo (2010), el banco central, aunque oficializó el régimen de metas de inflación en el año de 2005, éste continúa interviniendo significativamente en el mercado cambiario por el temor a la libre flotación, lo que genera una meta implícita del tipo de

cambio, la cual propicia una transmisión imperfecta de política monetaria y evita que el banco central pueda cumplir con su objetivo de inflación.

Adicionalmente, Morán (2010) realiza un estudio retrospectivo de la tasa de interés real neutral para Guatemala, por medio de la estimación de un pequeño modelo de macroeconómico. Los resultados obtenidos indican, que para el periodo de 2004 a 2007 la política monetaria fue expansiva, congruente con el período de relativamente alta inflación para Guatemala. Sin embargo, para el período de 1998Q1-2001Q3 y del periodo de 2008Q2 hasta el 2009Q1, donde finaliza el periodo de estudio, la tasa de interés real estuvo dentro del intervalo de confianza de la tasa natural real.

Derivado de los estudios anteriores y tomando en consideración que las expectativas de inflación representan el ancla nominal del régimen de metas de inflación, es importante evaluar el grado de credibilidad que los agentes económicos internalizan con el objeto de medir si ellos consideran que el banco central, en efecto, alcanzará su objetivo fundamental. En este sentido, Pierre y Taylor (1993) evalúan el grado de credibilidad en países con alta inflación, utilizando el enfoque del filtro de Kalman para evaluar el grado de credibilidad y además, definiendo credibilidad como el residuo de la regresión de la prima por riesgo después de controlar por sus fundamentales, encuentran, que para el caso de Brasil, la credibilidad está negativamente asociada a la inercia inflacionaria.

En este mismo contexto, Hardouvelis y Barnhart (1989) utilizando también el filtro de Kalman, indican que los precios spot de *commodities* pueden mostrar la falta o presencia de credibilidad de la política monetaria ante cambios inesperados sobre el crecimiento monetario. Los autores, en su estudio para los Estados Unidos de América, encuentran que la credibilidad de la política monetaria de la Reserva Federal no fué adquirida de forma instantánea sino esta fué gradual. Utilizando también el enfoque de crecimiento monetario inesperado, Makin (1981) a través de estimaciones econométricas, encuentra que la actividad económica real es afectada negativamente por cambios inesperados en el crecimiento monetario, y positivamente por el crecimiento monetario anticipado. Así mismo, Moore y Schaller (2002), emplean un pequeño modelo macroeconómico para las firmas para demostrar que las expectativas sobre las futuras tasas de interés real pueden afectar sus decisiones de inversión.

Por último, García y Perron (1996) en su análisis de la tasa de interés real bajo cambios de régimen (utilizando la metodología de Hamilton, 1989),

encuentran que las elevadas tasas de interés real de los Estados Unidos de América en los 80's fueron producto de una política monetaria restrictiva.

En síntesis, como lo muestran los estudios anteriores, las acciones de política monetaria, a través de la credibilidad que posean los agentes económicos sobre el grado de compromiso del banco central pueden afectar las decisiones de inversión, los precios de los mercados spot, y esto también se ve reflejada en las tasas de interés real de mercado.

### 3 Metodología del estudio y datos

La metodología del presente estudio está basada en el documento de Hamilton (1989), en el cual el autor asume que una serie se puede descomponer en su componente tendencial y cíclico. Donde el proceso<sup>3</sup> a estimar queda definido de la siguiente manera:

$$\pi_t - \mu(S)_t = \varphi_0 * (\pi_{t-1} - \mu(S)_{t-2}) + \varphi_1 * \tilde{i} + \varphi_2 * \tilde{z} \quad (1)$$

Donde  $\pi$  representa una serie en tasas de crecimiento,  $\mu(S)$  representa la tasa de crecimiento de largo plazo de la serie y se asume que crece a una tasa constante pero que depende del estado en el que se crea que la economía se encuentra, y haciendo referencia al presente estudio, esta representará la tasa de crecimiento del producto y de la inflación tanto en un estado alto como bajo. Respecto a la inflación, esta se puede interpretar como la inflación promedio que los agentes internalizan que existirá. Por otro lado, el ciclo se asume que sigue un proceso autoregresivo. Por su parte, las series con superíndice  $\tilde{\cdot}$  representan la diferencia de las tasas de crecimiento entre el periodo  $t$  y  $t - 1$ .

La nomenclatura de las variables a utilizar es la siguiente:

---

<sup>3</sup>Para derivación del proceso ver anexo 1.

Variable	Símbolo	Fuente
Inflación trimestral	$\pi$	Banco de Guatemala
Producto interno bruto (real)	$g$	Banco de Guatemala
Tasa de interés de política	$i$	Banco de Guatemala
Precios del petróleo (multiplicado por tipo de cambio de Guatemala)(Quetzales)	$\pi^*$	IHSCERA y Departamento de energía de los Estados Unidos de América
Producto interno bruto de Estados Unidos	$g^*$	Bureau of Economic Analysis U.S. (National economic accounts)

Ya establecido el proceso, el algoritmo de estimación<sup>4</sup> es el siguiente.

Primero, se define la matriz de transición, donde  $p_{ij}$  representa la probabilidad de ocurrencia del estado  $j$  dado el estado  $i$ . Luego, se calcula la función de densidad conjunta de los posibles estados la cual es igual a la probabilidad de ocurrencia del estado  $j$  dado el estado  $i$  multiplicado por la función de densidad conjunta de los posibles estados condicional en toda la información disponible. Entonces, se encuentra la densidad conjunta de la variable observada y de los posibles estados, dada la información disponible al periodo  $t-1$  (que esta en función de los parámetros deseados). Para así calcular la función de densidad de la variable observada en el periodo  $t$ , condicional a toda la información disponible. Finalmente, se actualiza la función de densidad conjunta de los posibles estados condicional en toda la información disponible. Este algoritmo maximiza la función de verosimilitud que es definida en paso 3 para los parámetros de interés.

<sup>4</sup>Ver anexo 2 para visualizar el diagrama del algoritmo según Hamilton (1989).

## 4 Resultados

A continuación se presenta tanto la especificación estimada como los resultados para el producto.

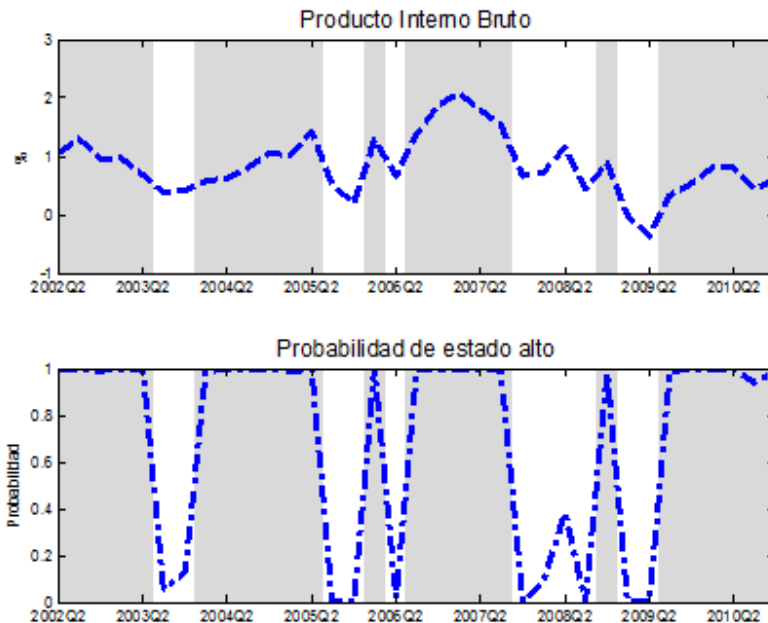
$$g_t - \mu(S) = \varphi_0 * (g_{t-1} - \mu(S)) + \varphi_1 * i_{t-5} + \varphi_2 * g_{t+1}^* + e_t \quad (2)$$

Muestra	2002Q2-2010Q4		
Variable	Coefficiente	Desviación Estandar	P-value
$\mu(S = alto)$	1.0331	0.1296	0
$\mu(S = bajo)$	0.3144	0.1428	0.0364
$\varphi_0$	0.7176	0.0914	0
$\varphi_1$	-0.1955	0.0756	0.0154
$\varphi_2$	0.24	0.083	0.0075
$\sigma$	0.2101	0.0283	0
$p_{11}$	0.7315	–	–
$p_{22}$	0.3487	–	–
Normalidad	0.587		
Auto Correlación (O=1)	0.073		
Auto Correlación (O=2)	0.197		

Como se observa en la tabla anterior, todos los coeficientes son significativos y tienen los signos esperados. El coeficiente del producto rezagado indica una elevada inercia (0.71), mientras que el coeficiente correspondiente a la tasa de interés es negativo y con un valor de -0.2, aproximadamente, y esta definido como la diferencia entre la tasa del período respecto a la tasa del período anterior, lo cual significa que no es el la tasa de interés perse la que afecta negativamente a la tasa del producto, sino que es la agresividad o relajación de la reacción de la política monetaria la que afecta a esta. A su vez, el coeficiente de 0.24 del producto de los Estados Unidos indica que es la velocidad de demanda externa la que afecta positivamente al producto nacional. Además, dado que esta tiene un adelanto, muestra que los agentes económicos preveen cómo se desenvolverá el principal socio comercial para determinar la producción para el período presente.



Respecto a los dos primeros coeficientes estimados, los cuales representan el crecimiento de largo plazo del producto, ambos son significativos y tienen signo positivo. El primer coeficiente, el cual está asociado con un estado de la economía creciente, tiene un valor de 1.03. Lo cual indica que, anualmente, el producto crecerá a una tasa del 4.13% en su fase de expansión. Mientras que para la fase de recesión la tasa de crecimiento esperada trimestral es del 0.31% (1.26% anual). Teniendo en cuenta lo anterior, la siguiente figura muestra la evolución de la probabilidad de encontrarse ya sea en un estado de expansión o recesión.



Como se muestra en la figura anterior, para la cual el área sombreada representa una probabilidad mayor al 0.85 de la ocurrencia del estado alto, los períodos de 2004 y hasta mediados de año de 2005, de 2006Q3 hasta 2007Q1 y 2009Q3 en adelante, se espera que la economía crezca a una tasa del 4.13% anual. Es conveniente resaltar que a partir del 2007Q1 (2.09%) en adelante, la tasa trimestral del crecimiento del producto empezó a decrecer; sin embargo, la expectativa de crecer en un estado alto perduró hasta 2007Q3. De ahí en adelante, los agentes internalizan un estado de recesión (excepto para el cuarto trimestre de 2008) el cual perdura hasta el segundo trimestre de 2009. No

obstante, la expectativa cambia el siguiente trimestre y se cree que el producto crecerá nuevamente a su tasa de expansión.

Para el caso de la inflación, la especificación y estimación correspondiente es:

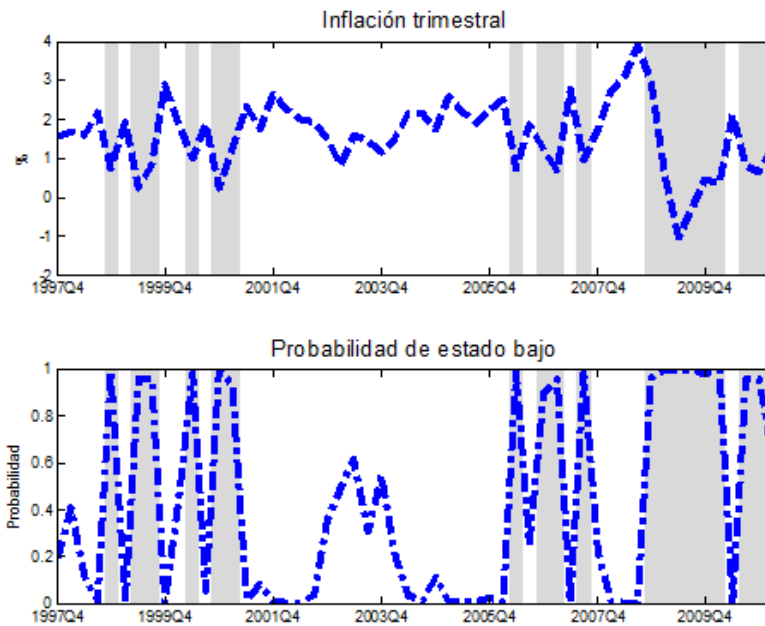
$$\pi_t - \mu(S) = \varphi_0 * (\pi_{t-1} - \mu(S)) + \varphi_1 * i_{t-5} + \varphi_2 * \pi_{t+1}^* + e_t \quad (3)$$

Muestra	2002Q2-2010Q4		
Variable	Coefficiente	Desviación Estandar	P-value
$\mu(S = alto)$	2.1294	0.1972	0
$\mu(S = bajo)$	0.7739	0.3145	0.0177
$\varphi_0$	0.5218	0.1321	0.0003
$\varphi_1$	-0.0143	0.0178	0.4244
$\varphi_2$	0.0196	0.0038	0
$\sigma$	0.4548	0.0591	0
$p_{11}$	0.7154	–	–
$p_{22}$	0.5779	–	–
Normalidad	0.497		
Auto Correlación (O=1)	0.693		
Auto Correlación (O=2)	0.062		

Los resultados indican que todos los coeficientes tienen el signo esperado y son estadísticamente significativos, con excepción de la tasa de interés de política monetaria por lo que se puede inferir que: 1) el mecanismo de transmisión de tasa de interés a precios limita la acción de política, y, 2) que el grado de reacción ha sido débil. A este respecto, en Alvarado (2010), se evalúa el impacto que tiene la tasa de interés líder sobre las tasas de interés de mercado bancario en Guatemala y se encuentra que la duración del efecto traspaso de la tasa líder de política monetaria a las tasas de interés del sistema bancario es entre 3 a 19 meses. Y además, el efecto sobre las tasas de mercado es bajo. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, Castillo y Galindo (2010), indican que la acción de política monetaria, a través de la tasa de interés, es diluida por la intervención cambiaria que efectúa el Banco Central. Pero similarmente a este estudio, ante un shock sobre la tasa de interés, este tiene su efecto máximo, tanto

para la inflación trimestral como para la tasa de crecimiento del producto, en alrededor de 4 trimestres. En el presente estudio, sin embargo, la tasa de interés afecta negativamente a la inflación con un rezago de 5 trimestres y para la tasa de crecimiento del producto con 4 trimestres. En cuanto al coeficiente de los precios del petróleo, la estimación indica que son las expectativas de aumento en los precios del petróleo la que afectan a la inflación.

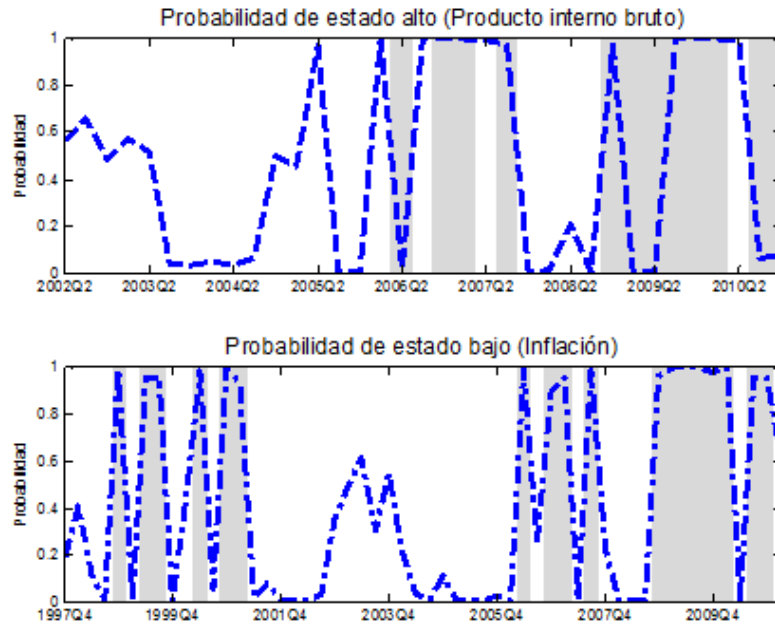
Respecto a las constantes del modelo, las cuales representan la tasa de inflación meta, estas se encuentran en torno a 2.13% trimestral (8.5% anual) para un estado de la economía inflacionario y alrededor de 0.77 % trimestral (4.08% anual) para un estado menos inflacionario, y ambas son significativas lo cual significa que, de acuerdo a los datos, las constantes del modelo estimado no representan la meta de inflación oficial establecida (5%+-1). No obstante, la meta oficial se encuentra dentro del rango de estas.



A partir de figura anterior, en la cual se muestra la probabilidad de ocurrencia del estado de poca inflación (las probabilidades mayores a 0.85 se encuentran sombreadas), se observa que desde el cuarto trimestre de 1997 hasta el primer trimestre de 2001 no se puede decir con certeza en que estado se encuentra la economía; y del trimestre siguiente hasta el primer trimestre de 2006, la

probabilidad de estar en un periodo de baja inflación es menor a 0.85. En este contexto, como se mencionó anteriormente, Morán (2010) encontró que, desde el año 1997 hasta principios de 2001, la tasa de interés real observada no fue estadísticamente distinta que la tasa natural real, lo cual se encuentra en línea con la marcada volatilidad que presenta la probabilidad de estado bajo durante dicho período. Por tanto, no se puede inferir que la política monetaria fué expansiva o restrictiva. Mientras que para el periodo del 2004 a 2007, en el mencionado estudio, se indica que se encontraba la política monetaria en una fase expansiva y lo cual se ve reflejado parcialmente en la figura anterior, ya que desde el año 2001 a 2005 aproximadamente, los datos reflejan que la economía no se encuentra en una fase de inflación baja. Por otro lado, desde el inicio de 2006 hasta finales de 2007 no se puede inferir en que fase del ciclo se encuentra la economía. Así mismo, una vez ocurrida la crisis, los datos indican que a partir del cuarto trimestre de 2008 hasta el cuatro trimestre de 2010 (excepto para el segundo trimestre de 2010) la inflación se encuentra en su estado bajo. Sin embargo, para el primer trimestre de 2011 no se puede indicar que la inflación se encuentra en un estado bajo o alto, ya que presenta una probabilidad de 0.61 de pertenecer al estado bajo. Lo cual refleja que la inflación de largo plazo posiblemente se encuentre en el rango meta.

De acuerdo a los resultados anteriores y teniendo en cuenta que mantener la estabilidad en precios fomenta el crecimiento y desarrollo económico. La figura siguiente permite inferir que los datos no indican que durante los periodos de inflaciones bajas (las áreas sombreadas en ambas graficas representan la probabilidad, mayor a 0.85, de un estado bajo de inflación) la economía registre un mayor crecimiento del producto de manera sistemática.



No obstante, el presente estudio únicamente mide el efecto de una mayor o menor inflación sobre el crecimiento del producto. Por tanto, una posible ampliación al mismo es considerar si la oficialización del régimen de metas de inflación para Guatemala ha disminuído la volatilidad de la misma, y en consecuencia, evaluar si ésta aumentó el crecimiento del producto. Adicionalmente, y considerando que para el primer trimestre de 2011 mostró una probabilidad de 0.61 de estar en el estado bajo, interpretar esto como un nuevo estado (regular) e incorporarlo para evaluar si este representa la meta de inflación oficial.

## 5 Conclusión

La experiencia reciente indica que países como Chile, México, Nueva Zelanda y otros que han establecido un esquema de metas explícitas de inflación como marco de política monetaria han mostrado ser exitosos en sus programas desinflacionarios. Por lo que los agentes económicos poseen una alta credibilidad hacia su política monetaria, pudiendo así tomar en consideración en sus decisiones

de inversión que la política monetaria se ejecutará con el fin último de hacer que se cumpla la meta de inflación predeterminada. Para el caso de Guatemala que estableció en el año 2005 el esquema de metas explícitas de inflación, la credibilidad de los agentes económicos en las acciones del banco central han fluctuado a través del tiempo. Además, los resultados empíricos obtenidos en el presente estudio indican que la dinámica de la inflación es influenciada principalmente por el factor inercial (con un coeficiente de 0.52) y por las expectativas de los precios del petróleo. Así mismo, los cambios de la tasa de interés de política monetaria, que si bien presentaron un efecto negativo sobre la inflación, tal como se esperaba, no resultó ser estadísticamente significativa. No obstante, las tasas de inflación de largo plazo estimadas incluyen a la meta de inflación predeterminada. Por el contrario, para el caso del producto interno bruto, cambios en la tasa de interés de política monetaria afecta negativamente y significativamente a la actividad económica interna. Adicionalmente, el número de rezagos para los coeficientes estimados del presente estudio tanto para la tasa de crecimiento del producto como para inflación muestran similitud con los encontrados en Castillo y Galindo (2011). Es decir, ante un aumento en la tasa de interés líder, la inflación y el producto se contraerán y alcanzan su mínimo de 4 a 5 periodos después. Sin embargo, no se encontró evidencia que inflaciones bajas aumenten la tasa de crecimiento del producto. Considerando los resultados obtenidos, una posible extensión al análisis efectuado podría evaluar si ha existido una disminución de la varianza de la inflación, y si en caso afirmativo, como esta ha influenciado la variabilidad de la tasa de crecimiento de la actividad económica.

## References

- [1] Alvarado, Carlos (2010). Medición del canal de política monetaria de tasa de interés en Guatemala.
- [2] Agénor, Pierre and Taylor, Mark (1993). Analysing Credibility in High-Inflation Countries: a New Approach. *The Economic Journal*, Vol 103, No. 417, pp. 329-336.
- [3] Bollard, Alan and Karagedikli, Özer (2006), Inflation Targeting: The New Zealand Experience and Some Lessons. Reserve Bank of New Zealand

- [4] Castillo, Carlos y Galindo, Douglas (2010). Modeling a Hybrid Inflation and Exchange Rate Targeting Regime for Guatemalan Economy.
- [5] Céspedes, Luis y Soto, Claudio (2005). CREDIBILITY AND INFLATION TARGETING IN AN EMERGING MARKET: THE CASE OF CHILE. Central Bank of Chile Working Papers, No. 312.
- [6] Garcia, René and Perron, Pierre (1996). An Analysis of the Real Interest Rate Under Regime Shifts. The Review of Economics and Statistics. Vol. 78, No. 1. pp- 111-125.
- [7] Hardouvelis, Gikas and Barnhart, Scott (1989). The Evolution of Federal Reserve Credibility: 1978-1984. The Review of Economics and Statistics, Vol. 71, No. 3, pp. 385-393.
- [8] Landerretche, Oscar; Morandé, Felipe and Schmidt-Hebbel, Klaus (2000). INFLATION TARGETS AND STABILIZATION IN CHILE. L. Mahadeva and G. Sterne (editors)
- [9] Mankin, John (1981). ANTICIPATED MONEY, INFLATION UNCERTAINTY AND REAL ECONOMIC ACTIVITY. NBER Working paper series, No. 760.
- [10] Moore, Bartholomew and Schaller, Huntley (2002). Persistent and Transitory Shocks, Learning, and Investments Dynamics. Journal of Money, Credit and Banking, Vol. 34, No. 3, Part 1, pp.650-677.
- [11] Morán, Hílcias (2010). Una Tasa de Interés Natural Variable en el Tiempo para la Economía Guatemalteca.

## **6 Anexo**

### **6.1 Derivación del proceso a estimación**

Si se asume que una variable se puede descomponer en tendencia y ciclo. Y la tendencia crece a una tasa constante  $\mu(S)$  que depende del estado en que se encuentre y el ciclo se asume que sigue un proceso autoregresivo. Entonces se tiene que:

$$x_t = T_t + c_t$$

$$T_t = \mu(S) + T_{t-1}$$

$$c_t = \varphi_0 * c_{t-1} + \dots + \varphi_p * c_{t-p} + \varphi_{p+1} * z_t$$

donde  $x_t$  es la variable en niveles y en logaritmos,  $T$  es la tendencia,  $c$  es el ciclo y  $z$  representa otra variable que explique el comportamiento de corto plazo de la variable  $x$ . Ahora, restando a  $x_t$ ,  $T_t$  y  $c_t$  sus respectivos rezagos se obtiene:

$$c_t - c_{t-1} = x_t - x_{t-1} - (T_t - T_{t-1})$$

$$T_t - T_{t-1} = \mu(S)$$

$$c_t - c_{t-1} = \varphi_0 * c_{t-1} + \dots + \varphi_p * c_{t-p} + \varphi_{p+1} * z_t - (\varphi_0 * c_{t-2} + \dots + \varphi_p * c_{t-p-1} + \varphi_{p+1} * z_{t-1})$$

substituyendo en la ecuación del ciclo las primeras 2 expresión anteriores y agrupando para  $\varphi$  se llega a:

$$\pi_t - \mu(S) = \varphi_0 * [\pi_t - \mu(S)] + \dots + \varphi_p * [\pi_{t-p} - \mu(S)] + \varphi_{p+1} * \tilde{z}_t$$

donde  $\tilde{z}_t = z_t - z_{t-1}$

## 6.2 Algoritmo de estimación de Halmilton (1989)

Paso 1: Calcular

$$P[S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}] =$$

$$P[S_t = s_t | S_{t-1} = s_{t-1}] * P[S_{t-1} = s_{t-1}, S_{t-2} = s_{t-2}, \dots,$$

$$\dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}]$$

Paso 2: Calcular la distribución conjunta condicional en y:

$$f(y_t, S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}) =$$

$$f(y_t | S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r}, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}) * P[S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}]$$

donde

$$f(y_t | S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r}, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}) =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} * \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} (y_t - \alpha_1 * s_t - \alpha_0) - \varphi_1 (y_{t-1} - \alpha_1 * s_{t-1} - \alpha_0) - \dots\right]$$



$$\dots - \varphi_r (y_{t-r} - \alpha_1 * s_{t-r} - \alpha_0)^2]$$

Paso 3: Entonces se obtiene

$$f(y_t | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}) = \sum_{s_t=0}^1 \sum_{s_{t-1}=0}^1 \dots \sum_{s_{t-r}=0}^1 f(y_t, S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1})$$

Paso 4: Así

$$P[S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}] = \frac{f(y_t, S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1})}{f(y_t | y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1})}$$

Paso 5: El resultado es obtenido de

$$P[S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r}, S_{t-r+1} = s_{t-r+1} | y_t, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}] = \sum_{s_{t-r}=0}^1 P[S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \dots, S_{t-r} = s_{t-r} | y_t, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{-r+1}]$$

donde se puede empezar el algoritmo con

$$P[S_0 = s_0, S_{-1} = s_{-1}, \dots, S_{-r+1} = s_{-r+1} | y_0, y_{-1}, y_{-2}, \dots, y_{-r+1}]$$