

**BANCO DE GUATEMALA**

Documentos de Trabajo

**CENTRAL BANK OF GUATEMALA**

Working Papers

No. 122

**LA INFLACIÓN SUBYACENTE EN GUATEMALA:  
ESCEPTICISMO ACERCA DE LA ACTUAL  
MEDICIÓN Y UNA NUEVA MEDIDA BASADA EN  
UNA OPTIMIZACIÓN ESPECTRAL CON  
ALGORITMOS GENÉTICOS\***

**Junio 2012**

Autor:

Rolando Manuel Gonzales Martínez

\*Mención Honorífica, reconocimiento otorgado por el Jurado Calificador del Certamen Permanente de Investigación sobre Temas de Interés para la Banca Central Dr. Manuel Noriega Morales, Edición XXIII





## **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.

# La Inflación Subyacente en Guatemala: Escepticismo acerca de la actual medición y una nueva medida basada en una optimización espectral con algoritmos genéticos

## Resumen

Esta investigación postula que la medida de inflación subyacente que guía la política monetaria del Banco de Guatemala no posee poder predictivo respecto a la inflación general y subestima las variaciones de los precios. Este estudio propone una nueva medida de inflación subyacente, basada en una optimización espectral con algoritmos genéticos. Los resultados empíricos indican que esta nueva medida (i) actúa como un predictor insesgado de la inflación, (ii) comparte la tendencia y reduce la volatilidad de la inflación observada, y (iii) es un atractor hacia el que se revierte la inflación al disiparse los choques transitorios de precios, sin que la tendencia se vea afectada por estos shocks. La medida propuesta puede utilizarse como un indicador complementario para orientar y evaluar las decisiones de política monetaria.

*Códigos JEL: E31, C61, C02*

*Palabras clave: Inflación subyacente, algoritmos genéticos, filtros espectrales*

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Explicación Metodológica</b>	<b>4</b>
2.1. Filtro Corbae-Ouliaris . . . . .	4
2.2. Algoritmos genéticos . . . . .	6
<b>3. Hipótesis</b>	<b>8</b>
<b>4. Resultados</b>	<b>10</b>
4.1. Optimización con algoritmos genéticos . . . . .	10
4.2. Medidas de inflación subyacente . . . . .	12
4.3. Contrastes de hipótesis . . . . .	15
<b>5. Conclusiones</b>	<b>16</b>

«As forecasters, we want to know not only what (headline) inflation is today, but also, and much more importantly, where headline inflation is likely to be tomorrow (the medium term). Identifying a measure of underlying inflation gives us a good head start... Our thesis [...] is that headline inflation converges to core, that is, headline inflation tomorrow will fall towards core inflation today. Whether or not this is a valid thesis is an empirical question»

*Why use core inflation?*  
THE ECONOMIST, 30 de marzo de 2011.

«[...] when inflation is high, the central bank knows it has to lower inflation, regardless of how it is measured; but when inflation is low, different measures of inflation can suggest different monetary policy decisions, and correctly extracting the inflation signals becomes critical.»

*U.S. Core Inflation: A Wavelet Analysis*  
Kevin Dowd, John Cotter, Lixia Loh.  
Macroeconomic Dynamics, Vol. 15, 2011, pp. 513

# 1. Introducción

Las medidas de inflación subyacente permiten a las autoridades monetarias detectar a tiempo presiones inflacionarias que provocan un aumento sostenido de los precios, y evitan que los hacedores de política desaceleren la actividad económica excesivamente al reaccionar a choques transitorios de precios<sup>1</sup>. En un esquema de metas de inflación explícitas, el crecimiento bajo y estable de la inflación subyacente se convierte en un objetivo intermedio para alcanzar el objetivo inflacionario directo, y los bancos centrales requieren mediciones que excluyan apropiadamente el componente volátil de la inflación para operativizar su política monetaria.

La inflación subyacente (en adelante *iS*) es empero una variable inobservable y se han propuesto varias medidas para aproximar su dinámica<sup>2</sup>. Aunque no existe consenso sobre la mejor medida de *iS*, si existen criterios que una medida de *iS* debe cumplir idealmente<sup>3</sup>:

1. La medida de *iS* debe poseer una habilidad predictiva (*forward-looking*) de la inflación general.

---

<sup>1</sup>Bencomo et al. (2008) consideran que estos shocks transitorios pueden ser inducidos por ponderaciones espurias en el índice de precios al consumidor, cambios en los precios relativos debido a factores estacionales, cambios en los términos de intercambio, alteraciones de impuestos indirectos, modificaciones salariales, rigideces de precios relacionadas con costos de menú o cambios en los patrones de consumo regionales.

<sup>2</sup>Wiesiolek y Kosior (2010) proveen una lista exhaustiva de medidas de inflación subyacente. Estas medidas pueden dividirse en tres grandes grupos: de exclusión, estadísticas y conceptuales. Las medidas de exclusión no consideran los precios de determinados bienes y servicios en el cálculo del índice de precios, notoriamente los alimentos y la energía. Este enfoque tiene la desventaja de desperdiciar información y estar sujeto a subjetividad en la elección de los productos excluidos. Las medidas estadísticas están basados en estimadores de influencia limitada que intentan capturar la tendencia central de los precios con estadígrafos como e.g. la mediana o medias truncadas. Medidas estadísticas basadas en modelos emplean promedios móviles, modelos autoregresivos o filtros para calcular la inflación subyacente. Finalmente, las medidas conceptuales se fundamentan en la teoría monetaria y definen la inflación latente como el componente de la inflación observada que no tiene impacto sobre el producto real en el largo plazo, una noción consistente con una curva de Phillips de largo plazo vertical. En este enfoque, originado en el documento de Quah y Vahey (1995), la inflación latente se construye estableciendo restricciones a un modelo de vectores autoregresivos estructural bivalente. Aunque este enfoque es preferido por los economistas, no es una posición exenta de problemas conceptuales. En principio, el enfoque bivalente no considera los determinantes monetarios de la inflación. Además, una curva de Phillips vertical en el largo plazo implica que la inflación será neutral en sus efectos sobre el sector real, creando una paradoja acerca del accionar de las autoridades monetarias: si la medida de inflación núcleo de Quah y Vahey es la que los bancos centrales pueden controlar, entonces surge la interrogante de por qué un banco central se preocuparía de la estabilidad de precios, ya que esta medida no tiene efectos sobre el sector real de la economía y cualquier tasa de inflación sería igual de buena que otra porque no tendría implicaciones para el nivel de la actividad económica. Véase Wynne (1999).

<sup>3</sup>Véase *inter alia*, Morón y Zegarra (1999), Wynne (1999), Clark (2001), Le Bihan y Sédillot (2002), Rich y Steindel (2007), y particularmente Cogley (2002) y Marques et al. (2002).



2.  $iS$  y la inflación observada deberían tener una relación de largo plazo (compartir una tendencia estocástica común).
3.  $iS$  debería comportarse como un atractor de la inflación, i.e. al desaparecer los shocks transitorios, los precios deberían revertirse a la tendencia de la inflación subyacente.
4.  $iS$  no debería verse afectada por el componente volátil de los precios.

Esta investigación arguye que la medida de inflación subyacente utilizada por el Banco de Guatemala para guiar su política monetaria no cumple a cabalidad las condiciones 1 y 2. El estudio propone una nueva medida de  $iS$  que satisface las cuatro propiedades ideales. La medida está basada en la optimización con algoritmos genéticos de la banda de frecuencias del filtro espectral Corbae-Ouliaris. Para validar las propiedades de ambas medidas de  $iS$ , se testea empíricamente las condiciones sugeridas por Cogley (2002) y Marques et al. (2002).

La sección 2 explica la metodología para calcular la  $iS$  propuesta. La sección 3 describe los procedimientos para contrastar las propiedades ideales de cualquier medida de  $iS$ . La sección 4 contiene los resultados. La sección 5 concluye.

## 2. Explicación Metodológica

Una medida de inflación subyacente puede calcularse aislando la volatilidad (el ruido transitorio) de los precios con el filtro espectral Corbae-Ouliaris. La banda de frecuencias del filtro, óptima para reducir el ruido y enfatizar la señal de  $iS$ , puede identificarse con algoritmos genéticos.

### 2.1. Filtro Corbae-Ouliaris

Sea la secuencia  $x(\tau) = \{x_t; \tau = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$  una función que mapea los precios al consumidor del conjunto de enteros  $\mathbb{Z} = \{\tau = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$  a  $\mathbb{R}^+$  y permítase al operador  $\Delta$  denotar diferencias logarítmicas. Una medida de inflación subyacente ( $\Delta x_t^c$ ) puede obtenerse dife-

renciando con  $\Delta$  la medida de precios subyacentes  $x_t^c$ ,

$$x_t^c(\lambda_s^a, \lambda_s^b) = x_t - \omega_x(\lambda_s) - \omega_{t/n}(\lambda_s)[(\omega_{t/n}(\lambda_s)' \omega_{t/n}(\lambda_s))^{-1} \omega_{t/n}(\lambda_s)' \omega_x(\lambda_s)]$$

calculada con la transformación discreta de Fourier de  $\{x_t\}_{t=1}^T$ ,  $\omega_x(\lambda_s)$ , del Lema B de Corbae, Ouliaris y Phillips (2002).

**Lema B Corbae-Ouliaris-Phillips.** *Presúmase que la secuencia  $x(\tau)$  es finita<sup>4</sup>,  $x_1, x_2, \dots, x_t$ , y que es un proceso  $I(1)$  que satisface  $\Delta x_t = v_t$  inicializado en  $t = 0$  por una variable aleatoria  $O_p(1)$ , con  $v_t$  una serie que admite una representación de Wold  $v_t = \sum_{j=0}^{\infty} c_j \xi_{t-j}$  donde  $\epsilon_t = iid(0, \sigma^2)$ , los cuatro momentos son finitos, los coeficientes satisfacen  $\sum_{j=0}^{\infty} j^{1/2} |c_j| < \infty$  y la densidad espectral está dada por  $f_{vv}(\lambda) > 0$ . Dadas estas presunciones, la transformación discreta de Fourier de  $x_t$  para  $\lambda_s \neq 0$  será,*

$$\omega_x(\lambda_s) = \frac{1}{1 - e^{i\lambda_s}} \omega_v(\lambda_s) - \frac{e^{i\lambda_s}}{1 - e^{i\lambda_s}} \frac{[x_T - x_0]}{n^{1/2}},$$

donde  $\omega_{(\cdot)}(\lambda_s)$  denota la transformación discreta de Fourier y  $\lambda_s = \frac{2\pi s}{n}$  son las frecuencias angulares  $\lambda_s \in \{\lambda_s^a, \lambda_s^b\}$ .

Corbae, Ouliaris y Phillips (2002) y Corbae y Ouliaris (2006) demostraron que cuando se tienen variables no estacionarias (como el índice precios al consumidor), cualquier estimador espectral estará distorsionado a menos que se haga un ajuste en el dominio de frecuencia mediante un estimador del segundo término de la ecuación del Lema B, obtenido con los residuos de una regresión espectral en  $\omega_{t/n}(\lambda_s)$ . Este ajuste se lleva cabo después de emplear una función indicadora para aislar las frecuencias relevantes en la banda  $\lambda_s \in \{\lambda_s^a, \lambda_s^b\}$ .

Para estimar una medida espectral de la inflación subyacente, es necesario encontrar valores óptimos de  $\lambda_s^a$  y  $\lambda_s^b$ .

<sup>4</sup>Si los enteros representan una secuencia en el tiempo a intervalos regulares, el valor en el punto en el tiempo  $\tau \in \mathbb{Z}$  se denotará  $x_t = x(\tau)$  y describirá una serie de tiempo. Véase Pollock (1999)

## 2.2. Algoritmos genéticos

Valores óptimos de  $\lambda_s^a$  y  $\lambda_s^b$  deben reducir de forma óptima el componente volátil de los precios y enfatizar la señal de la tendencia subyacente. Operativamente, esto implica maximizar el ratio señal-ruido de  $\Delta x_t^f$ , debido a que el ratio señal-ruido es una función de costo que cuantifica la relación entre la señal de la inflación subyacente y el ruido que corrompe esta señal.

**Definición: Ratio señal-ruido (Schroeder, 1999)<sup>5</sup>.** El ratio señal-ruido ( $\delta$ ) de una señal  $x$  está dado por,

$$\delta_x = \frac{\mu_x}{\sqrt{\sigma_x^2}},$$

donde  $\mu_x$  es la media y  $\sigma_x^2$  es el ruido medio cuadrático de esta señal, que mide la fluctuación estadística alrededor de  $\mu_x$ .

Optimizar la banda de frecuencias del filtro Corbae-Ouliaris  $\lambda_s \in \{\lambda_s^a, \lambda_s^b\}$ , para maximizar el ratio señal-ruido, es un problema que puede resolverse con algoritmos genéticos<sup>6,7</sup>:

1. En el génesis (generación cero,  $g = 0$ ), se crea una población inicial aleatoria a partir de una distribución uniforme discreta con tamaño  $p$ , compuesta por  $p$ -pares de pseudo-individuos (frecuencias en radianes)  $\lambda_{s,i}^{a,g}$  y  $\lambda_{s,i}^{b,g}$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$ .

<sup>5</sup>Schroeder (1999) proporciona esta definición en el contexto del número de fotones detectados en un pixel  $n_s$ , asumiendo que después de grabar la señal un gran número de veces, la media  $\langle n_s \rangle$  posee una fluctuación estadística en el número de fotones detectados como consecuencia de la tasa de arribo aleatoria de los fotones al detector y la elección aleatoria de los que son detectados. Dada la desviación estándar del ruido  $\langle \sqrt{n_s} \rangle$  para un detector ideal, que sólo tome en cuenta la luz incidente, la señal ruido en presencia de ruido de fotones será  $\langle n_s \rangle / \langle \sqrt{n_s} \rangle$ . Véase D. J. Schroeder (1999). *Astronomical optics* (2nd ed.). Academic Press. pp. 433.

<sup>6</sup>Los algoritmos genéticos son métodos de optimización basados en la teoría de evolución biológica de Darwin-Lamarck-Wallace y en la síntesis moderna de la biología evolutiva, complementada con ideas de la genética mendeliana. Véase *inter alia* Darwin (1876), Lamarck (1914). Dilão (2009) describe la analogía entre la evolución biológica y la evolución de organismos artificiales que conlleva los algoritmos genéticos.

<sup>7</sup>Nótese que el algoritmo descrito en este documento difiere notoriamente de las síntesis moderna de las teorías evolucionistas porque implica una ortogénesis en su construcción: al existir un diseño inteligente y un fin último –la maximización de la señal-ruido– en el proceso de evolución de los organismos artificiales, se diferencian de la teoría darwiniana, que considera que la evolución no tiene un objetivo intrínseco y sucede al azar, sin presuponer el diseño inteligente de un creador para su funcionamiento o concepción. La construcción del algoritmo en este estudio refleja parcialmente tanto las ideas de evolucionismo de Darwin como las del evolucionismo de Lamarck: al igual que en la teoría lamarckiana, la población inicial aparece por generación espontánea (en la teoría darwiniana, la evolución se produce a partir una única forma de vida ancestral) y aunque las mejoras en la optimización de la señal ruido se transmiten a la siguiente generación en un proceso hereditario, la selección del par de radianes obedece al mecanismo de selección natural Darwin-Wallace en lugar de al transformismo lamarckiano.



2. Se utiliza cada  $i$ -par de frecuencias angulares  $\lambda_{s,i}^{a,g}$  y  $\lambda_{s,i}^{b,g}$  para obtener  $i$ -estimaciones de la inflación subyacente  $x_{t,i}^c$  mediante el filtro Corbae-Ouliaris.
3. Se calcula  $i$ -ratios señal-ruido  $\delta_{x_{t,i}^c}$  para cada  $x_{t,i}^c$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$ .
4. En un proceso análogo a la selección natural, dada una tasa de mortalidad  $m$ , se selecciona un fracción  $1 - m$  de  $p$  compuesta por los pares  $\lambda_{s,i}^{a,g}$  y  $\lambda_{s,i}^{b,g}$  con el mayor ratio señal-ruido y se descarta el resto (imitando la supervivencia de los más aptos<sup>8</sup>).
5. Se permite la evolución mediante la reproducción y la mutación de los supervivientes para crear una nueva  $g$ -generación de pares  $\lambda_{s,i}^{a,g+1}$  y  $\lambda_{s,i}^{b,g+1}$  mediante la combinación convexa estocástica (asumiendo diploidismo en los genomas):

$$\lambda_{s,i}^{a,g+1} = \theta \lambda_{s,i}^{a,g} + (1 - \theta) \lambda_{s,i}^{b,g-1} + \omega m_i,$$

$$\lambda_{s,i}^{b,g+1} = \theta \lambda_{s,i}^{b,g} + (1 - \theta) \lambda_{s,i}^{a,g-1} + \omega m_i.$$

Estas ecuaciones emulan el aporte de cada cromosoma a la nueva generación mediante  $\theta \sim \mathcal{B}(\cdot, \cdot)$  (con  $\mathcal{B}(\cdot)$  una función de distribución beta), permitiendo que  $\omega \in [0, 1]$  defina el grado mutación de la nueva generación, dado por la variable aleatoria  $m_i \sim \mathcal{N}(0, 1)$ . La reproducción de los más aptos permite crear una nueva generación con valores similares a los óptimos de la generación previa, y la mutación permite introducir ciertas modificaciones en estos valores, para evitar óptimos locales y permitir al algoritmo encontrar un óptimo global.

6. Con la nueva generación de tamaño  $(1 - m)p$ , se obtiene nuevas estimaciones de la inflación subyacente.
7. Se repiten los pasos 3 a 6 durante  $g = 0, 1, \dots, j$ -generaciones.

Los organismos artificiales que representan la banda de frecuencia angular imitan organismos biológicos semélparos (una generación que da paso a otra muere después de la reproducción): después de  $j$ -generaciones sólo quedará un par de valores de frecuencia

<sup>8</sup>Véase Darwin (1876), Capítulo IV.

angular,  $\lambda_{s,i}^{a,j}$  y  $\lambda_{s,i}^{b,j}$ , supervivientes elegidos por selección natural que maximizan el ratio señal-ruido de la inflación subyacente<sup>9</sup>.

### 3. Hipótesis

Este estudio postula que la medida de inflación subyacente empleada por el Banco de Guatemala no cumple todas las propiedades ideales de una medida de iS. Esta hipótesis puede testearse contrastando las condiciones de Cogley (2002) y Marques et al. (2002).

**Condición de Cogley (2002).** *La condición de Cogley implica,*

$$\Delta x_t^c = \mathbb{E}[\Delta x_{t+h} | \Theta_t],$$

*y se refiere a la capacidad que debe poseer la iS de predecir la inflación general, para  $\Theta_t$  un conjunto de información de cambios de precios en el momento  $t$  y  $\mathbb{E}$  el operador de esperanza<sup>10</sup>.*

Cogley (2002) propuso evaluar esta propiedad estimando la regresión,

$$\Delta x_{t+h} - \Delta x_t = \alpha_h + \beta_h(\Delta x_t - \Delta x_t^c) + \varepsilon_{t+h},$$

para diferentes horizontes temporales  $h$  y contrastar la restricción conjunta,

$$\mathbb{H}_0^{(0)} : \alpha_h = 0, \beta_h = -1$$

<sup>9</sup>Este proceso de extinción es similar al de una especie semépara ampliamente conocida: el cefalópodo *Octopus mimus*. Días antes del desove, las hembras de esta especie dejan de alimentarse y su metabolismo se sustenta con la energía almacenada en el cuerpo, muriendo después del nacimiento de las paralarvas. Zamora y Olivares (2004), mediante un estudio histológico y bioquímico, constataron cambios en el tejido muscular, la glándula digestiva y del ovario, asociados al único evento reproductivo de la hembra de esta especie, que ocasionan que después del desove el ovario no posea células germinales que permitan el desarrollo de un nuevo ciclo reproductivo, además de presentarse la atrofia celular en la glándula digestiva y el músculo, que decrecen en el período comprendido entre la puesta y la eclosión de los huevos, mostrando un gran incremento del tejido conectivo de las fibras colágenas, las proteínas, glúcidos y lípidos. Las drásticas alteraciones bioquímicas y el deterioro estructural irreversible del músculo y glándula digestiva, disminuyen las expectativas de vida de esta especie e inducen cambios degenerativos después de la reproducción. Véase también Cardoso et al. (2004).

<sup>10</sup>Esta condición se cumple si se adopta la definición de inflación subyacente de Bryan y Cecchetti (1993), quienes consideran que la iS es el componente de los cambios precios que se espera va a persistir en un horizonte de mediano-plazo (varios años).

con un estadígrafo de Wald<sup>11</sup>. El valor estimado de  $\beta_h$  muestra si las desviaciones respecto a  $\Delta x_t^c$  indican apropiadamente la magnitud de los movimientos transitorios de los precios:

- Si  $|\beta_h| > 1$ , entonces las desviaciones respecto a  $\Delta x_t^c$  subestiman los movimientos subsiguientes en la inflación, y por tanto subestiman los movimientos transitorios en los precios.
- Si  $|\beta_h| < 1$ , las desviaciones respecto a  $\Delta x_t^c$  sobre-estiman los movimientos subsiguientes en la inflación, y por tanto sobre-estiman los movimientos transitorios en los precios.

Marques et al. (2002) introdujeron tres condiciones necesarias para evaluar el desempeño de una medida de iS:

**Condiciones de Marques et al. (2002).** (1)  $\Delta x_t^c$  es  $I(0)$  y  $\Delta x_t$  y  $\Delta x_t^c$  tienen un vector de cointegración con coeficiente unitario, (2) Dada la anterior condición, por el teorema de representación de Granger (Engle y Granger, 1987), existe un mecanismo de corrección de error para  $\Delta \Delta x_t$  dado por  $q_{t-1} = (\Delta x_{t-1} - \Delta x_{t-1}^c)$ , (3)  $\Delta x_t^c$  es fuertemente exógena.

Estas condiciones pueden contrastarse corriendo regresiones auxiliares:

1. La hipótesis conjunta:

$$\mathbb{H}_0^{(I)} : \delta_0 = 0, \delta_1 = 1,$$

se contrasta después de estimar la regresión estática:

$$\Delta x_t = \delta_0 + \delta_1 \Delta x_t^c + \varepsilon_t,$$

de manera que si  $\mathbb{H}_0^{(I)}$  no puede rechazarse entonces  $\Delta x_t$  and  $\Delta x_t^c$  están cointegradas con un coeficiente unitario y tienen una relación de largo plazo.

2. La hipótesis,

$$\mathbb{H}_0^{(II)} : \gamma = 0,$$

<sup>11</sup>Wald, A. (1943). Tests of statistical hypotheses concerning several parameters when the number of observations is large. *Transactions of the American Mathematical Society*, 54, 426–82.

se evalúa con una prueba  $t$  simple después de estimar la ecuación de corrección de error,

$$\Delta\Delta x_t = \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta\Delta x_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j \Delta\Delta x_{t-j}^c - \gamma(\Delta x_{t-1} - \Delta x_{t-1}^c) + \varepsilon_t,$$

La nula  $\mathbb{H}_0^{(II)}$  debería rechazarse si  $\Delta x_t^c$  se comporta como un atractor de  $\Delta x_t$ .

3. Finalmente, la hipótesis,

$$\mathbb{H}_0^{(III)} : \phi = 0,$$

se evalúa con un estadígrafo  $t$  después de estimar,

$$\Delta\Delta x_t^c = \sum_{i=1}^m \lambda_i \Delta\Delta x_{t-i} + \sum_{j=1}^n \kappa_j \Delta\Delta x_{t-j}^c - \phi(\Delta x_{t-1}^c - \Delta x_{t-1}) + \varepsilon_t.$$

Si  $\phi = 0$  (i.e. si  $\mathbb{H}_0^{(III)}$  no se rechaza) entonces,

$$\Delta\Delta x_t^c = \sum_{j=1}^n \kappa_j \Delta\Delta x_{t-j}^c + \varepsilon_t,$$

y la inflación no Granger-cause la inflación subyacente, por lo que la medida de iS no es afectada por los movimientos volátiles de los precios.

La hipótesis de que una medida de la inflación subyacente cumple las propiedades ideales descritas en la sección 1 puede evaluarse contrastando empíricamente  $\mathbb{H}_0^{(0)}$ ,  $\mathbb{H}_0^{(I)}$ ,  $\mathbb{H}_0^{(II)}$  y  $\mathbb{H}_0^{(III)}$ .

## 4. Resultados

### 4.1. Optimización con algoritmos genéticos

Una población inicial de 2000 individuos –1000 cromosomas X y 1000 cromosomas Y, que representan los pares de radianes de la banda espectral del filtro Corbae-Ouliaris.  $\lambda_{s,i}^{a,j}$



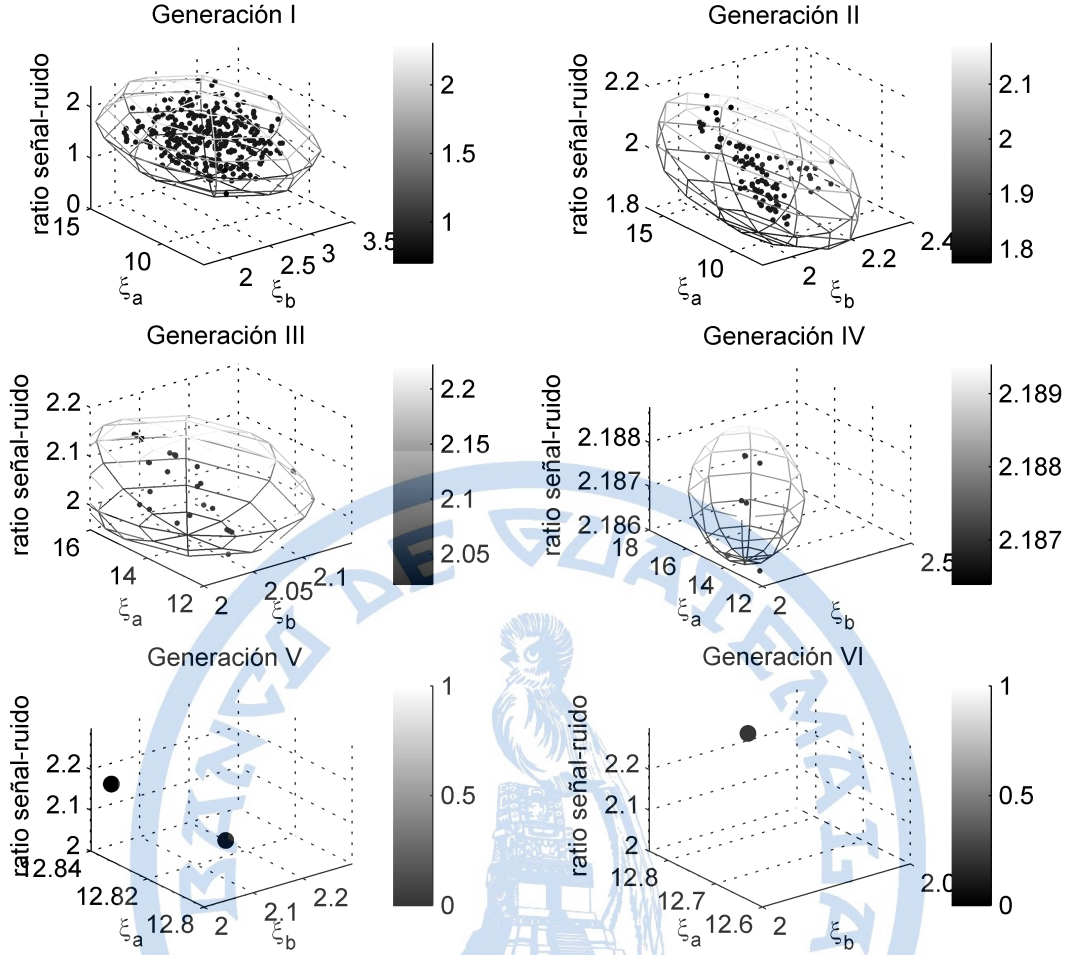


Figura 1: Función de costo y banda de frecuencia (expresada en meses) para las 6 generaciones de organismos artificiales. De una población inicial compuesta por 1000 pares de gametos, el proceso de extinción llevó a un único triplete óptimo  $(\xi_a, \xi_b, \delta_x)$ ,  $\xi_b = 2/0.9812 \approx 2$ ,  $\xi_a = 2/0.155 \approx 13$ , y una señal ruido maximizada igual a  $\delta_x = 2.188$

y  $\lambda_{s,i}^{b,j}$  – se emplearon para la optimización con algoritmos genéticos. Se utilizó un valor de  $\theta \sim \mathcal{B}(2 \times 10^2, 1)$  para asegurar que la recombinación genética de los cromosomas produzcan un gameto XX y un gameto XY, i.e. uno de los genes será dominante en cada descendencia heterocigótica, asegurando que en la progenie siempre existan dos gametos diferentes, para garantizar la convergencia del algoritmo hacia un par de individuos XX y XY diferenciados (una amplitud de frecuencia angular mayor a cero).

Se empleó un grado de mutación de  $\omega = - - 1 \times 10^{-1}$  (el signo de la anomalía cromosómica corresponde a una delección) y una tasa de mortalidad de  $m = 7 \times 10^{-1}$ , por lo que la población de organismos artificiales semélparos se extingue en 6 generaciones.

Cuadro 1: Resultados de la optimización

Generación	$\lambda_{s,i}^{a,g}$	$\lambda_{s,i}^{b,g}$	$\check{\delta}_{x_t^c}$
I	.19824	.65768	1.3667
II	.14050	.89286	1.8203
III	.13720	.96432	1.9976
IV	.14480	1	2.1863
V	.15585	1	2.1888
VI	.15540	.98121	2.1888

El Cuadro 1 muestra los resultados de la optimización para estas 6 generaciones. Se observa una maximización del ratio señal-ruido a 2.1888 al llegar a la quinta generación, según el valor de  $\lambda_{s,i}^{a,g}$  se aproxima a .155 radianes y el valor de  $\lambda_{s,i}^{b,g}$  a un radian. Esta banda de frecuencias óptimas expresada en periodos ( $\xi$ -meses) con  $\xi = 2^{-1} \lambda_{s,j}$  muestra que el componente volátil de la inflación en Guatemala se encuentra entre  $\xi_b = 2/0.98 \approx 2$  y  $\xi_a = 2/0.155 \approx 13$  meses, un resultado congruente con lo que se esperaría para movimientos de alta frecuencia de una serie mensual (ruido, shocks transitorios y componentes estacionales). Los resultados gráficos del proceso de extinción que lleva a la maximización progresiva del ratio señal-ruido, se observan en la figura 1, en la que la banda de frecuencias está expresada en meses para facilitar la interpretación.

## 4.2. Medidas de inflación subyacente

La figura 2 muestra el comportamiento histórico observado de la inflación en Guatemala<sup>12</sup>, junto con la actual medida de inflación subyacente utilizada por el Banco de Guatemala como un indicador para guiar y evaluar sus acciones de política monetaria. (Véase

<sup>12</sup>La inflación se calculó como la diferencia porcentual del Índice de Precios al Consumidor base 2010 (diciembre igual a 100). El cambio de año base de este índice se deriva de los cambios en los patrones de consumo de la economía guatemalteca, relacionados con las modificaciones de las condiciones de mercado, la aparición de nuevos bienes y servicios y las mejoras en el ingreso. El nuevo índice modifica las estructuras de participación de las ocho regiones en que se divide el país y amplía los gastos de consumo de nueve a doce divisiones. Ya que la mayoría de los productos que cotizaban en la anterior base continúan cotizándose en la nueva base, la nueva información no debería afectar la tendencia de la inflación. Véase el Informe de Política Monetaria abril 2011 del Banco de Guatemala (recuadro 8).

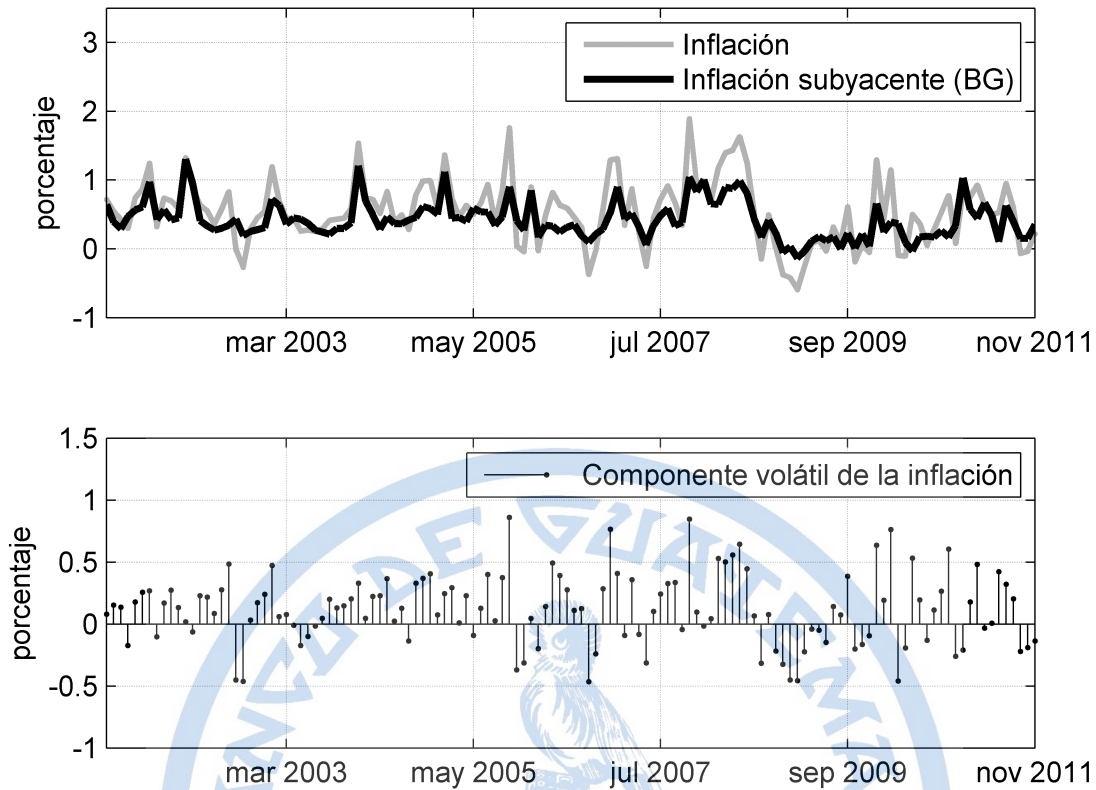


Figura 2: *Inflación subyacente utilizada por el Banco de Guatemala (BG)*

por ejemplo la Resolución de la Junta Monetaria JM-171-2011 –Diario de Centro América, Número 55, Jueves 29 de diciembre, Guatemala– que considera al ritmo de la inflación subyacente una de las variables indicativas para la toma de decisiones de política monetaria y para definir la orientación de las acciones de política hacia la consecución de la meta de inflación de mediano plazo. La inflación subyacente aparece también como una variable a la que se realiza seguimiento en la Evaluación de la Política Monetaria, Cambiaria y Crediticia a Noviembre 2011 del Banco de Guatemala.)

La figura 3 muestra la inflación subyacente calculada con la banda de frecuencia optimizada de  $\lambda_s \in \{2/13, 2/2\}$  radianes del filtro Corbae-Ouliaris. Gráficamente, esta medida se muestra como una tendencia subyacente en el núcleo de la inflación, alrededor de la que fluctúan shocks transitorios de precios. Hasta mediados del año 2007, se observa una tendencia estable del componente subyacente, indicando un control apropiado de la inflación monetaria. En agosto de 2007 existe un abrupto aumento de los precios hasta mayo de 2008. A éste le sigue una profunda deflación hasta abril de 2009. Para finales de 2011,

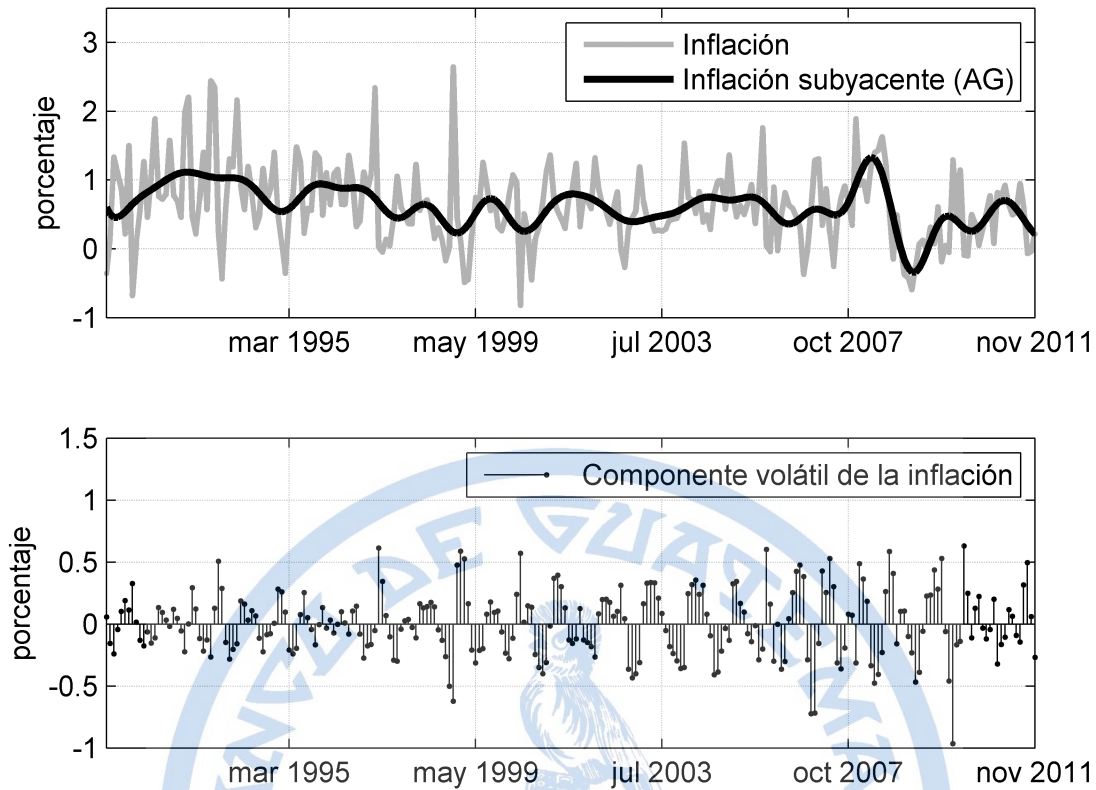


Figura 3: *Inflación subyacente de Guatemala calculada con la optimización espectral, mediante algoritmos genéticos (AG), de la banda de frecuencias del filtro Corbae-Ouliaris.*

la inflación subyacente calculada con algoritmos genéticos muestra un descenso de las presiones inflacionarias, sugiriendo que una política monetaria contractiva sería inapropiada. La medida de inflación subyacente utilizada por el Banco de Guatemala, no muestra esta tendencia negativa de los precios subyacentes.

Pruebas basadas en estadígrafos descriptivos simples muestran que tanto la medida de inflación subyacente utilizada por el Banco de Guatemala como la calculada con el filtro espectral reducen la varianza de la inflación general (Cuadro 2). Sin embargo, la hipótesis de igualdad de medias entre la inflación general y la iS del Banco de Guatemala se rechaza a niveles de significancia convencionales, indicando que esta iS no compartiría la tendencia central de la inflación en Guatemala. En la siguiente sección se contrasta más rigurosamente las propiedades de ambas medidas de inflación subyacente.



Cuadro 2: Estadísticos descriptivos de las medidas de inflación subyacente y la inflación observada en Guatemala<sup>a</sup>

Estadígrafo	Inflación	Medidas de inflación subyacente	
		BG <sup>b</sup>	AG <sup>c</sup>
Media	.5396	.4262	.5396
$t^d$	–	2.3794	.0000
		[0.0182 ]	[1.0000]
Varianza	.4692 <sup>2</sup>	.2729 <sup>2</sup>	.2960 <sup>2</sup>
$\frac{\sigma_{\Delta x}^e}{\sigma_{\Delta x}^c}$	–	2.9557	2.5126
		[0.0000]	[0.0000]

<sup>a</sup> Entre corchetes: valores de probabilidad alfa exactos.

<sup>b</sup> Medida empleada por el Banco de Guatemala (BG).

<sup>c</sup> Calculada en este documento mediante la optimización con algoritmos genéticos (AG) de la banda de frecuencia del filtro Corbae-Ouliaris.

<sup>d</sup> Estadígrafo  $t$  Satterhwaite para la prueba de igualdad de medias entre la inflación observada y la inflación subyacente

<sup>e</sup> Estadígrafo de ratio de varianzas para la prueba de igualdad de varianzas entre la inflación observada y la inflación subyacente

### 4.3. Contrastes de hipótesis

Los resultados de contrastar empíricamente las propiedades de las medidas de iS sugieren que la medida de inflación subyacente empleada por el Banco de Guatemala (BG) no anticiparía adecuadamente la inflación general en este país, ya que subestimaría los cambios futuros de los precios. La medida de iS propuesta en este estudio, en cambio, supera todas las pruebas de adecuabilidad de una medida de iS (cuadro 3).

En la prueba de Cogley para la iS del BG, los estimadores de  $\alpha_h$  y  $\beta_h$  para  $h = 12$  resultan  $\hat{\alpha}_h = 0.1727$  y  $\hat{\beta}_h = 1.570458$ . La hipótesis conjunta  $\alpha_h = 0, \beta_h = -1$  se rechaza con niveles de significancia menores al 1 por ciento, indicando que la medida de iS-BG no sería un buen predictor de los movimientos de la inflación general, y de hecho subestimaría los cambios futuros de los precios dado que  $|\hat{\beta}_h| > 1$ . Este hallazgo es concordante con el resultado de testear la condición 1 de Marques et al.: el estimador del parámetro  $\delta_1$  del vector de cointegración es igual a  $\hat{\delta}_1 = 1.428$ , lo que permite rechazar que la inflación y la iS-BG

compartan una tendencia estocástica con un coeficiente unitario. Sin embargo, esta medida si cumpliría las condiciones 2 y 3 de Marques et al., por lo que actuaría como un atractor de la inflación general y no se vería afectada significativamente por el componente volátil de los precios.

Para la medida de iS calculada con la optimización espectral de algoritmos genéticos (iS-AG), se obtienen resultados alentadores: (1) En la prueba de Cogley, los estimadores de  $\alpha_h$  y  $\beta_h$  para  $h = 12$  resultan  $\hat{\alpha}_h = -.002$  y  $\hat{\beta}_h = -1.036$ . La hipótesis conjunta  $\alpha_h = 0$ ,  $\beta_h = -1$  no puede rechazarse a niveles de significancia convencionales, y el valor de  $|\hat{\beta}_h| \approx 1$  sugiere que iS-AG actúa como un buen predictor de la tendencia futura de la inflación que no subestima ni sobre-estima los shocks transitorios. (2) Para la condición 1 de Marques et al., los estimadores de  $\delta_0$  y  $\delta_1$  resultan  $\hat{\delta}_0 = 2.79 \times 10^{-9}$  y  $\hat{\delta}_1 = 1$  por lo que la hipótesis  $\mathbb{H}_0^{(1)}$  no puede ser rechazada a niveles de significancia convencionales, indicando que existiría una relación de largo plazo con coeficiente unitario entre iS-AG y la inflación general en Guatemala. (3) Se obtiene un estimador  $\hat{\gamma} = -1.1301$  y se rechaza que  $\gamma = 0$  a menos del 1 por ciento, señalando que la inflación general en Guatemala se revierte a la inflación subyacente iS-AG, una vez que los shocks transitorios de precios se disipan (condición 2 de Marques et al.). (4) Finalmente, el valor del estimador de  $\phi$  es igual  $\hat{\phi} = -.00024$  y la hipótesis  $\mathbb{H}_0^{(3)} : \phi = 0$  no puede rechazarse a niveles de significancia convencionales, mostrando el cumplimiento de la condición 3 de Marques et al.: el componente volátil de los precios no influye sobre la tendencia de la inflación subyacente iS-AG.

## 5. Conclusiones

Los resultados de esta investigación crean escepticismo acerca de la actual medida de inflación subyacente utilizada por el Banco de Guatemala. El rechazo de la condición de Cogley y la condición 1 de Marques et al. sugieren que esta medida no actuaría como un buen predictor a mediano plazo de la dinámica futura de la inflación, ya que subestimaría los cambios de precios al subestimar el efecto de los shocks transitorios. En cambio, los resultados de calcular y testear una medida de inflación subyacente obtenida mediante la optimización espectral con algoritmos genéticos, permiten concluir que esta medida cum-

Cuadro 3: Contrastes de hipótesis para evaluar las medidas de inflación subyacente<sup>a</sup>

Hipótesis	Medidas de inflación subyacente	
	BG <sup>b</sup>	AG <sup>c</sup>
$\mathbb{H}_0^{(0)}$	$F_{2,115} = 7.62$ [0.0008]	$F_{2,236} = 0.10$ [0.9066]
$\mathbb{H}_0^{(1)}$	$F_{2,127} = 25.51$ [0.0000]	$F_{2,248} = 0.00$ [1.0000]
$\mathbb{H}_0^{(2)}$	$F_{1,123} = 19.36$ [0.0000]	$F_{1,245} = 189.42$ [0.0000]
$\mathbb{H}_0^{(3)}$	$F_{1,123} = 0.15$ [0.7001]	$F_{1,245} = 0.01$ [0.9386]

<sup>a</sup> Entre corchetes: Valores de probabilidad alfa exactos asociados a cada estadígrafo F.

<sup>b</sup> Empleada por el Banco de Guatemala (BG).

<sup>c</sup> Calculada en este documento mediante la optimización con algoritmos genéticos (AG) de la banda de frecuencia del filtro Corbae-Ouliaris.

ple las propiedades ideales de (i) ser un predictor insesgado de la inflación, (ii) compartir la tendencia estocástica de la inflación pero reducir la volatilidad de los precios, (iii) actuar como un atractor hacia el que se revierte la tendencia de la inflación al disiparse los shocks transitorios de precios y (iv) no verse afectada por la volatilidad de los precios.

En un esquema de metas de inflación explícitas, errores en la medición de la iS conducen a errores de política monetaria —que provoca una desaceleración del sector real o un incremento descontrolado de precios, disminuyendo la credibilidad de los bancos centrales—, por lo que es necesario que las autoridades monetarias cuenten con una o varias medidas de inflación subyacente que cumplan propiedades estadísticas ideales para orientar las decisiones de política. Los resultados de este estudio permiten concluir que la medida de iS propuesta excluye adecuadamente la volatilidad de los precios, por lo que puede ser empleada como un indicador complementario para guiar y evaluar la política monetaria y garantizar la estabilidad de precios en Guatemala.

## Referencias

- [1] Bencomo, Juan Carlos, Hugo J. Faria, Hugo M. Montesinos, José Roberto Rondón (2008). Estimating Venezuela's latent inflation, *International Business and Economics Research Journal*, Vol. 7 (April), Number 4, pp. 91-104.
- [2] Bryan, Michael F., Stephen G. Cecchetti (1993). Measuring Core Inflation. NBER Working Paper No. W4303.
- [3] Cardoso, Franz, Piero Villega, Carlota Estrella(2004). Observations about the biology of Octopus mimus (Cephalopoda: Octopoda) in the Peruvian coast. *Rev. peru. biol.* 11(1), pp. 45-50.
- [4] Clark, Todd (2001). Comparing measures of core inflation. *Economic Review*, issue Q II, p. 5-31.
- [5] Cogley, Timothy (2002). A Simple Adaptive Measure of Core Inflation. *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 34(1), pages 94-113, February.
- [6] Corbae, Dean, Sam Ouliaris, Peter C. B. Phillips (2002). Band Spectral Regression with Trending Data. *Econometrica*, Econometric Society, vol. 70(3), pages 1067-1109, May.
- [7] Corbae, Dean, Sam Ouliaris (2006). Extracting Cycles from Nonstationary Data. In *ECONOMETRIC THEORY AND PRACTICE: FRONTIERS OF ANALYSIS AND APPLIED RESEARCH*, Edited by Dean Corbae, Steven N. Durlauf and Bruce E. Hansen. Cambridge University Press, 328 pp.
- [8] Darwin, Charles (1876). *THE ORIGIN OF SPECIES BY MEANS OF NATURAL SELECTION, OR THE PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE FOR LIFE*. Cambridge Library Collection, Cambridge University Press, 487 pp.



- [9] Dilão, Rui (2009). From Charles Darwin to Evolutionary Genetic Algorithms. *Memórias Da Academia das Ciências de Lisboa*.
- [10] Engle, Robert F., Clive W. J. Granger (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55, issue 2, p. 251-76.
- [11] Lamarck, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de (1914). *Zoological Philosophy*. Cambridge Library Collection. Cambridge University Press. 410 pp.
- [12] Pedersen, M. (2009). An Alternative Core Inflation Measure. *German Economic Review*, 10: 139–164.
- [13] Quah, Danny, Shaun P. Vahey (1995). Measuring Core Inflation. *The Economic Journal*, Vol. 105, No. 432, pp. 1130-1144.
- [14] Rich, Robert, Charles Steindel (2007). A comparison of measures of core inflation. *Economic Policy Review*, Federal Reserve Bank of New York, issue Dec, pages 19-38.
- [15] Le Bihan Hervé, Franck Sédilot (2002). Implementing and interpreting indicators of core inflation: the case of France. *Empirical Economics* 27:473-497.
- [16] Marques, Robalo Carlos, Pedro Duarte Neves, Luis Morais Sarmiento (2003). Evaluating core inflation indicators. *Economic Modelling*, vol. 20(4), pages 765-775, July.
- [17] Pollock, D.S.G. (1999), *Handbook of Time Series Analysis, Signal Processing, and Dynamics*, Elsevier Academic Press, 733 pp.
- [18] Shahiduzzaman, Md., M. Golam (2008). Should Bangladesh Monitor Core Inflation for Conducting Monetary Policy? Policy paper: 0803. Bangladesh Bank.
- [19] Schroeder (1999). *Astronomical optics*. 2nd edition. Academic Press.
- [20] Wiesiolek, Piotr, Anna Kosior (2010). To what extent can we trust core inflation measures? The experience of CEE countries. Pages 297-323 in *Measurement of inflation and*

*the Philippine monetary policy framework*, Bank for International eds. vol. 49, Bank for International Settlements.

- [21] Wynne, Mark, (1999). Core inflation: a review of some conceptual issues. Working Paper Series No. 5, European Central Bank.
- [22] Zamora C., Mauricio, Alberto Olivares (2004). Variaciones bioquímicas e histológicas asociadas al evento reproductivo de la hembra de octopus mimus (mollusca: cephalopoda). *International Journal of Morphology*, vol.22, n.3, pp. 207-216.

