

Banco de México
Documentos de Investigación

Banco de México
Working Papers

N° 2009-09

Análisis de la Dinámica de la Inflación en México
Usando Wavelets

Carla Ysusi
Banco de México

Septiembre 2009

La serie de Documentos de Investigación del Banco de México divulga resultados preliminares de trabajos de investigación económica realizados en el Banco de México con la finalidad de propiciar el intercambio y debate de ideas. El contenido de los Documentos de Investigación, así como las conclusiones que de ellos se derivan, son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente las del Banco de México.

The Working Papers series of Banco de México disseminates preliminary results of economic research conducted at Banco de México in order to promote the exchange and debate of ideas. The views and conclusions presented in the Working Papers are exclusively the responsibility of the authors and do not necessarily reflect those of Banco de México.

Análisis de la Dinámica de la Inflación en México Usando Wavelets*

Carla Ysusi[†]
Banco de México

Resumen

Este trabajo estudia la dinámica de la inflación en México usando el análisis de multiresolución con wavelets para 16 índices del Índice Nacional de Precios al Consumidor. Con ello es posible estimar la tendencia de largo plazo, la estacionalidad y los choques temporales de las series de inflación, aun cuando éstas no sean estacionarias. La distribución de la energía de los componentes de alta frecuencia, estacionalidad y tendencia, así como su evolución en el tiempo, son comparadas para las series. En particular la inflación general y subyacente muestran comportamientos estables en todas las escalas desde 2001. También se detecta un aumento en la proporción de varianza explicada por las variaciones de corto plazo en las series de inflación. En términos relativos, cabe destacar que el corto plazo se ha vuelto tan importante como el mediano y largo plazo para la inflación general y más importante para la inflación no subyacente. Estos resultados son congruentes con estudios previos sobre la reducción de persistencia de la inflación en México.

Palabras Clave: Dinámica inflacionaria, wavelets, análisis de multiresolución, distribución de energía.

Abstract

This paper studies the dynamics of Mexican inflation by using a wavelet multiresolution analysis on 16 indexes of the Mexican Consumer Price Index. This enables us to estimate the long-term trend, seasonality, and local shocks of the inflation series, even when the series are non-stationary. The energy distribution between the high frequency, seasonal, and trend components, as well as its evolution through time, are compared. In particular, headline and core inflations show a more stable behavior in all the scales since 2001. Also, an increase in the proportion of variance explained by short-term variations is detected in the inflation series. In relative terms, the short run is becoming as important for headline inflation as the medium and long run, and more important for non-core inflation. These results are in line with previous studies documenting the reduction in the Mexican inflation persistence.

Keywords: Inflation dynamics, wavelets, multiresolution analysis, energy decomposition.

JEL Classification: C19, C49, E31.

*Las opiniones en este documento son responsabilidad del autor y no reflejan la opinión del Banco de México. Deseo agradecer a Carlos Capistrán, Josué Cortés, José Antonio Murillo y Eduardo Torres Torija por sus útiles comentarios. Jesús Castañeda proporcionó una excelente ayuda técnica.

[†] Dirección General de Investigación Económica. Email: cysusi@banxico.org.mx.

1. Introducción

En las últimas décadas, en el caso de diferentes países, los bajos niveles de inflación podrían haber estado relacionados con los cambios en el proceso de inflación, posiblemente debido a políticas monetarias y expectativas estables (Taylor (2000) y Sargent (1999)). Por lo tanto, se han hecho esfuerzos para caracterizar esta dinámica en algunos países.¹ En México la dinámica de la inflación se ha estudiado recientemente en Ramos Francia y Torres (2008), Capistrán y Ramos Francia (2009) y Chiquiar et al. (2009). En este trabajo, aunque también se estudiará la dinámica de la inflación, vamos a tomar un enfoque completamente diferente y complementario mediante el uso de *wavelets*.

Las *wavelets* no se han utilizado ampliamente en la economía,² aunque su aplicación ha generado resultados interesantes en otras disciplinas. Aquí aprovechamos la flexibilidad de las *wavelets* para estudiar la dinámica de la inflación en México desde 1969 hasta 2009³ y para identificar los cambios fundamentales en sus características. Mediante el uso de *wavelets* podremos identificar la tendencia a largo plazo y los choques locales, incluso cuando las series sean no estacionarias, para estudiar la importancia relativa de los componentes de alta frecuencia, estacionales y de tendencia, y cómo ésta ha ido cambiando a través del tiempo. Analizaremos la dinámica de los 16 índices del Índice Nacional de Precios al Consumidor en México. Hasta donde el autor sabe, ésta es la primera vez que la dinámica de la inflación se estudia utilizando *wavelets*.

Durante el periodo estudiado, se han producido episodios de alta y baja inflación en México. Algunas crisis, generadas por las devaluaciones, la crisis financiera o los aumentos de los precios internacionales de productos básicos han afectado el nivel de los precios internos durante todo el periodo. Durante la primera mitad de los años setenta, la inflación fue relativamente baja; en cambio, los últimos años de la década de 1970 y la mayor parte de los años ochenta, caracterizados por un problema de dominancia fiscal, mostraron niveles de inflación muy altos. A finales de los años ochenta y principios de los noventa, después de la restricción del gasto público y la renegociación de la deuda pública externa, la inflación disminuyó paulatinamente. Sin embargo, volvió a niveles altos durante la crisis financiera de 1995. Después, en un periodo de tiempo relativamente corto, la economía se estabilizó gracias a medidas que contribuyeron a la restauración de la credibilidad en el sistema financiero y la

¹ Véanse, por ejemplo, Batini (2002), Castillo et al. (2007), Cecchetti y Debelle (2006), Levin y Moessner (2005), Pincheira (2008), Pivetta y Reis (2006).

² Ha habido algunas aplicaciones económicas que utilizan *wavelets*, sobre todo relacionadas con la no estacionariedad, fenómenos locales y la descomposición de la escala de tiempo. Algunos ejemplos son los siguientes: Aussem et al. (1998), Davison et al. (1998), Jensen (1999, 2000), Ramsey et al. (1995), Ramsey y Lampart (1998a, 1998b), Ramsey y Zhang (1996, 1997).

³ Se utilizaron todos los datos mensuales que están disponibles en el sitio web del Banco de México: www.banxico.org.mx. Los datos de la inflación general empleados corresponden al periodo que inicia en febrero de 1969; los índices de alimentos, de otras mercancías, de la vivienda y de otros servicios, al que inicia en enero de 1994; y los del índice subyacente, el no subyacente y los demás índices, se toman a partir de enero de 1982.

política monetaria. Las reglas fiscales y monetarias⁴ redujeron de forma importante los niveles de inflación a partir de entonces (para consultar una discusión exhaustiva de dichas medidas, véase Ramos Francia y Torres (2005)). En 2002, el Banco de México implementó plenamente las metas de inflación, aunque algunas características de este régimen se habían introducido desde 1999, lo que llevó a un periodo de desinflación. Chiquiar et al. (2009) documentaron el hecho de que hubo un cambio en la persistencia de la inflación general en México, que se hizo estacionaria a partir de finales del año 2000, y en la persistencia de la inflación subyacente en abril de 2001.

Todos estos episodios se identificarán claramente mediante el análisis de las *wavelets*. Lo que es más importante, nuestros resultados principales muestran que desde 2001, las series correspondientes a la inflación general y la inflación subyacente muestran un comportamiento más estable en todas las escalas. En términos relativos, el corto plazo es tan importante para la inflación general como el mediano y el largo plazo, y es más importante todavía para la inflación no subyacente. Lo que realmente está capturando la inflación no subyacente son las variaciones de precios de corta duración, mientras que la inflación subyacente aún refleja las presiones del mediano y largo plazo. Estos hallazgos son consistentes con la reducción de la persistencia correspondiente a las series de la inflación general y la inflación subyacente mencionadas anteriormente.

Nuestro análisis se basará en técnicas de *wavelets*, que generalmente han sido ignoradas por la econometría, donde el análisis de Fourier es más común cuando se trabaja en el dominio de la frecuencia. La transformada de Fourier es una técnica bien establecida para el análisis de series de tiempo estacionarias; se basa en sumas de senos y cosenos para representar una función en el dominio de la frecuencia. Sin embargo, supone que el contenido de frecuencia de la función es estacionario en el tiempo; las series de Fourier tienen una energía infinita que no se desvanece y un poder finito que no puede cambiar con el tiempo.⁵ Con el análisis de Fourier, una sola perturbación afecta todas las frecuencias en toda la longitud de la serie; los cambios en algunas observaciones afectan todos los componentes de la expansión. Las funciones de base en el análisis de Fourier son no locales, ya que se extienden hasta el infinito. Además, en vista de que los datos se resumen en función de la frecuencia, no conserva la información en el dominio del tiempo.

⁴ En 1995, el Banco de México definió una meta para las cuentas corrientes de los bancos comerciales que se utilizó para señalar una política monetaria restrictiva de 1998 en adelante. En 2000, el Banco Central publicó los informes trimestrales de la inflación para fortalecer la transparencia, además de que se introdujo el concepto de inflación subyacente. La implementación formal de las metas de inflación en 2002 se anunció en 2001. En 2003 se definieron fechas preestablecidas para los anuncios de política monetaria. En 2004, además de la meta para las cuentas corrientes de los bancos comerciales, el Banco de México anunció niveles específicos de las tasas de interés (tasa de fondeo bancario a un día). A partir de enero de 2008, la meta de las cuentas corrientes de la banca comercial se sustituye con una meta para la tasa de fondeo bancario (véase Banco de México (2007)).

⁵ Aquí la energía se puede entender como el área que se encuentra bajo la señal o función cuadradas, y el poder, como la energía por unidad de tiempo (véase la Sección 3).

Por el contrario, las *wavelets* se localizan en el tiempo y la escala. Esta característica hace que sean adecuadas para la representación de señales de longitud finita o aquellas que muestran diferentes comportamientos a través del tiempo. Las *wavelets* no son homogéneas en el tiempo (tienen energía finita) y tienen un soporte compacto (duran un periodo de tiempo breve), por lo tanto, se indizan en el dominio del tiempo. Las *wavelets* nos permiten observar la señal en un número de escalas diferentes: podemos observar características generales a distancia inicialmente y poco a poco acercar la mirada para revelar los detalles más concretos. Como afirma Schleicher (2002): “las *wavelets* se pueden comparar con una lente de gran angular que permite tomar retratos de paisajes amplios, así como capturar detalles microscópicos que normalmente el ojo humano no percibe”; y, como afirma Graps (1995): “las *wavelets* nos permiten ver tanto el bosque como los árboles”. A diferencia de las series de Fourier, cuando hay perturbaciones en algunas observaciones, sólo se verán afectadas las funciones de base cuyo soporte incluye la región del comportamiento diferente.

Las *wavelets* pueden generar información nueva para el análisis de datos económicos, ya que ofrecen flexibilidad para el manejo de series de datos irregulares, precisión para localizar discontinuidades y aislar los choques, y la capacidad de abordar la no estacionariedad de las innovaciones estocásticas.

En este trabajo, primero se da una breve introducción sobre las *wavelets* (Sección 2). Los datos se describirán en la Sección 3, seguidos por un análisis de *wavelets* que nos permitirá identificar las tendencias, la estacionalidad, las variaciones a corto plazo y los choques de las series. También en esta sección vamos a mostrar cómo ha ido cambiando la importancia relativa de las variaciones a corto, mediano y largo plazo, ya que esto es pertinente para el estudio en un marco de metas de inflación. Por último, se presentan las conclusiones e ideas para posibles trabajos futuros en la Sección 4.

2. ¿Qué son las *wavelets*? Un panorama general

Todas las funciones integrables cuadradas en $(-\infty, \infty)$ se pueden construir con las bases adecuadas. Una función de base $g(t)$ se puede utilizar para expresar a los datos o las funciones en la forma,

$$x(t) = \sum_{j,k} w_{j,k} g(t) \quad t = 1, 2, \dots, T$$

donde $w_{j,k}$ son ponderaciones o coeficientes.

Las *wavelets* son funciones de base con características específicas. Pueden tener formas indefinidamente distintas, pero todas comparten la misma construcción básica. Hay *wavelets* padre, ϕ , y *wavelets* madre, ψ . Las *wavelets* padre, también conocidas como la función de escala, su integral es uno y se utilizan para representar la tendencia base suave de escala larga ; las *wavelets* madre integran a cero y representan las desviaciones del componente suave. Las *wavelets* padre pueden considerarse filtros paso bajo que capturan fenómenos a largo plazo, mientras que las *wavelets* madre pueden considerarse filtros paso alto que capturan fenómenos de corta duración.

Mediante la selección de una *wavelet* padre

$$\phi_{J,k}(t) = 2^{J/2}\phi(2^J t - k)$$

y una función adecuada de *wavelet* madre

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2}\psi(2^j t - k)$$

y teniendo en cuenta la dilatación (al cambiar j) y las traducciones (al cambiar k), se pueden construir las bases ortonormales para todas las funciones integrables cuadradas en $(-\infty, \infty)$. Aquí k es el índice de dominio del tiempo y j es la escala. Estas bases descomponen una función a diferentes escalas. En escalas finas (alta frecuencia), se pueden aislar las discontinuidades de la señal a corto plazo, mientras que a escalas gruesas (baja frecuencia), se pueden capturar los fenómenos a largo plazo. Así podemos ver una serie desde una gran distancia (frecuencias bajas) y definir detalles más burdos o descubrir características más finas al hacer una observación más detallada (frecuencias más altas); esto se puede lograr al cambiar el parámetro de escala j y la ubicación k .

De esta forma, la transformación *wavelet* de una serie de tiempo $x(t)$ se da utilizando *wavelets* padre y madre, por

$$x(t) = \sum_{k=1}^{N_j} v_{J,k}\phi_{J,k}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{N_j} w_{jk}, \psi_{j,k}(t)$$

donde $v_{J,k}$ y $w_{j,k}$ son los coeficientes y N_j es el número de coeficientes de la j -ésima escala. Esta transformación, llamada la transformada *wavelet* discreta (DWT, por sus siglas en inglés), sólo permite un tamaño de muestra diádica, pero se pueden utilizar todas las traducciones de número entero, con lo que se evita esta restricción (llamada transformada *wavelet* discreta de máxima superposición, MODWT por sus siglas en inglés). La MODWT no es sensible al punto de partida de la serie, y el número de coeficientes en cada etapa de la descomposición es igual al tamaño de la muestra. La MODWT es una transformada conservadora de energía y permite la alineación de las características de la serie de tiempo

original con las del análisis de multirresolución (el análisis de multirresolución se explica brevemente más adelante en esta sección).

Existen diferentes bases de *wavelets*. Aquí vamos a utilizar los filtros *wavelet* de Daubechies, que representan un conjunto de *wavelets* (incluida la *wavelet* Haar que se puede ver como una *wavelet* de Daubechies de longitud 2)⁶ que se utilizan ampliamente (véase Daubechies (1992)).

Un análisis de multirresolución (MRA, por sus siglas en inglés) es la descomposición aditiva de una serie (Mallat (1989)). El MRA puede considerarse como el cálculo de una señal desde diferentes distancias, con la observación de la señal en una gama de escalas diferentes. Por lo tanto, si d_j es el detalle *wavelet* del j° nivel asociado con los cambios en la serie $x(t)$ a una escala determinada j , un MRA se puede definir como

$$x(t) = \sum_{j=1}^{J+1} d_{j,t}$$

De esta forma, la serie de tiempo original se descompone en $J + 1$ nuevas series de tiempo, donde cada una da información acerca de una escala determinada. Los primeros J detalles están relacionados con las *wavelets* madre, y el último $(J + 1)^{\circ}$ detalle, llamado la suavidad de la *wavelet*, con la *wavelet* padre.

Este documento no tiene como objetivo dar una explicación completa sobre las *wavelets*. Se da aquí una introducción breve y básica, en vista de que existen ya varios estudios que abordan completamente el tema. Para ver un enfoque matemático, consúltense Addison (2002), Daubechies (1992), Mallat (1998), Percival y Walden (2000), Walker (1999), Walnut (2002); para consultar un estudio sobre *wavelets* aplicadas a la economía, véanse Crowley (2005), Gencay et al. (2002), Ramsey (1999), Ramsey (2002), Schleicher (2002).

⁶ La longitud 2 se refiere al número de momentos evanescentes. Si una base *wavelet* tiene “ m momentos evanescentes”, significa que un polinomio de orden m se pasará a través de la *wavelet* madre, la proyección se integra a cero y el componente polinomial será capturado por la *wavelet* padre.

3. La dinámica de la inflación

3.1. Datos

En este documento vamos a estudiar dieciséis índices del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC); observamos las variaciones porcentuales mensuales. Comenzamos nuestro estudio con la inflación general, seguida de la inflación subyacente y la no subyacente. El componente subyacente se puede dividir en dos índices principales: mercancías y servicios, y el componente no subyacente, en: agropecuarios y bienes y servicios administrados y concertados. Cada uno de estos índices se puede subdividir en subíndices: las mercancías, en alimentos y otras mercancías; los servicios, en vivienda, educación y otros servicios; los agropecuarios, en frutas y verduras, además de productos pecuarios; y, por último, los bienes y servicios administrados y concertados, en bienes administrados, y bienes y servicios concertados. Los datos sobre la inflación general van de febrero de 1969 a junio de 2009 (Figura 1.a, fila superior), mientras que los datos de la inflación subyacente y la no subyacente van de febrero de 1982 a junio de 2009 (Figura 3.a y Figura 5.a, fila superior, respectivamente). Todos los demás índices se estudiarán con datos de enero de 2000 a junio de 2009.⁷

En esta sección se utilizó el paquete *waveslim* en R de Brandon Whitcher para obtener las descomposiciones *wavelet* (véase Whitcher (2007)).

3.2. Tendencias, estacionalidad, varianza y choques

Aquí vamos a descomponer la serie de tiempo original en nuevas series que incorporen la información de corto, mediano o largo plazo. El objetivo general consiste en descomponer la serie de tiempo de la siguiente manera:

$$\text{Serie} = \text{varianza de alta frecuencia} + \text{estacionalidad} + \text{tendencia.}$$

Las *wavelets* ofrecen una descomposición única de las series de tiempo que revelan las propiedades de los datos mediante la desconstrucción de la misma. Con el uso de un análisis de multirresolución de una transformada *wavelet* discreta de máxima superposición, la información se puede extraer de la serie a escalas diferentes (llamadas “detalles”), que son aditivas en su efecto (la serie puede reconstruirse mediante la suma de los detalles). De esta forma, si la serie de tiempo original tiene demasiado ruido y efectos fuertes de estacionalidad, la tendencia no será clara a primera vista. Los detalles sucesivos contienen cada vez menos

⁷ Esto, como se explica más adelante, se hace para concentrar nuestro análisis aproximadamente en el tiempo en el que la inflación general cambió la persistencia y en el periodo posterior, a raíz de Chiquiar et al. (2009).

información de alta frecuencia, por lo que con la eliminación de las altas frecuencias, la tendencia general se queda en la suavidad de la *wavelet*.

En este trabajo se utilizan cinco escalas⁸, o detalles *wavelet*, correspondientes a ciclos de 2 a 4 meses, ciclos de 4 a 8 meses, ciclos de 8 a 16 meses, ciclos de 16 a 32 meses y ciclos de 32 a 64 meses. De esta forma, las escalas inferiores, incluyendo las frecuencias más altas, representan las variaciones a corto plazo de la serie. La estacionalidad se captura principalmente en la tercera escala, que corresponde a los ciclos de 8 a 16 meses. Una vez que la información de los cinco detalles se ha eliminado de la serie, nos quedamos con una aproximación de la tendencia (la suavidad de la *wavelet*), que sólo revela la información de los ciclos a largo plazo, de más de 64 meses.

Debe seleccionarse una base *wavelet* para llevar a cabo la descomposición. Aquí sólo se presentarán los resultados correspondientes a las Daubechies de nivel 8 menos asimétricas (LA(8)), aunque fueron robustas ante otras bases *wavelet* utilizadas aquí (Haar, Daubechies (4), Daubechies (8), ancho de banda mínimo (8)).

La Figura 1.a presenta la serie de tiempo original de la inflación general (fila superior) y sus respectivos cinco detalles *wavelet*, así como la suavidad de la *wavelet*. Los periodogramas suavizados de la Figura 1.b indican las frecuencias incorporadas en cada detalle *wavelet* y la suavidad de la *wavelet* de la Figura 1.a. Se puede observar que cada detalle captura ciertas periodicidades. Las escalas inferiores capturan las frecuencias más altas; y las escalas más altas, las frecuencias más bajas. La tercera escala captura la mayor parte del componente de estacionalidad.

A partir de la serie original de la Figura 1.a, se puede apreciar que la inflación comenzó en un nivel bajo al inicio del periodo de estudio, para luego aumentar progresivamente en la segunda mitad de los años setenta hasta llegar a niveles muy altos en los años ochenta. A finales de los años ochenta, los niveles de inflación cayeron, pero la crisis financiera de 1995 provocó niveles de inflación altos durante varios meses. En 1996, la inflación comenzó a disminuir hasta llegar a niveles históricamente bajos y estables hacia finales de 2000. Sin embargo, algunas presiones inflacionarias se pueden detectar alrededor del año 1998 debido a los impactos de las crisis financieras internacionales (Asia Oriental, Rusia y Brasil) y alrededor de 2007 y 2008 debido a los altos precios internacionales de los productos básicos, en primer lugar, y luego debido a la devaluación del peso mexicano.

A partir de los detalles *wavelet* y la suavidad de la *wavelet*, lo primero que hay que notar es la falta de periodicidad regular y de amplitud constante. Cada detalle cambia continuamente a través del tiempo. Sólo después de 2000, las series parecen ser más estables en todas las frecuencias. También se puede detectar la presencia de choques en todas las

⁸ Se utilizaron diferentes números de escalas para la descomposición con la obtención de resultados similares. La quinta escala ya no da información importante, por lo que no hay necesidad de aumentar el número de escalas.

escalas; están bien situados temporalmente y destacan en toda la gama de frecuencias. Observe que los altos niveles de inflación durante los años ochenta afectan todas las frecuencias. También el choque de 1995 aumentó la variabilidad a corto plazo, la amplitud de los ciclos estacionales y la tendencia. La tendencia a la baja de la suavidad de la *wavelet* se vio interrumpida temporalmente entre mediados de 1997 y principios de 1999 debido a las crisis financieras de Asia Oriental, Rusia y Brasil.

Observe también la manera en que cambia el componente estacional drásticamente a través del tiempo, lo que se revela principalmente en el tercer detalle. Esta característica puede complicar el ajuste estacional de la serie. Por último, la varianza y el nivel de la inflación parecen tener una correlación positiva: en periodos de inflación baja la variabilidad parece ser baja, en periodos de inflación alta la variabilidad parece ser alta.

En la Figura 2 de la serie original de la inflación general, se muestran los detalles *wavelet* y la suavidad de la *wavelet* correspondientes de enero de 2000 a junio de 2009. Esto nos permitirá observar de cerca la dinámica reciente de la inflación, especialmente después de que se dio un cambio en la persistencia de la inflación general, lo que la convirtió en estacionaria (Chiquiar et al. 2009). Observe cómo al principio, la tendencia cae en declive pronunciado hasta llegar a los niveles más bajos a principios de 2006 y alcanza valores mensuales de alrededor del 0.284%. Sin embargo, desde el segundo semestre de 2006 en adelante, la tendencia comienza a aumentar. La suavidad de la *wavelet* incorpora las presiones inflacionarias del aumento en los precios internacionales de productos básicos desde mediados de 2006 hasta mediados de 2008 y de la depreciación del peso mexicano a finales de 2008 y principios de 2009. Sin embargo, los niveles aún son históricamente bajos. Además, parece que la tendencia ha sido decreciente desde finales de 2008.⁹

También se puede ver en la Figura 2 que la cuarta escala (ciclo de 16 a 32 meses) es relativamente estable a partir de 2001. El tercer detalle (que representa la estacionalidad) cambia de amplitud durante el periodo, aunque la periodicidad y la amplitud parecen ser relativamente constantes desde 2003 y hasta el final de la serie. Sin embargo, parece que hay algunos problemas durante 2005; veremos esto con más detenimiento a la hora de analizar la inflación no subyacente (Figura 6). Observe un auge repentino de la actividad en la escala más baja a principios de 2002, lo que se debe también a la inflación no subyacente y que se abordará más adelante en este trabajo.

Estos resultados confirman el hecho de que se ha dado una reducción de la media y la varianza de la inflación general desde 1996, y que desde 2001 su comportamiento ha sido

⁹ La MODWT no toma submuestras del producto filtrado para relajar el requisito del tamaño de muestra diádica de la DWT. Cuando se alcanza el final del vector, se utiliza el método de reflexión para el cálculo de los coeficientes *wavelet* restantes. Esto sesgará las estimaciones en los límites (después del desplazamiento de fase), de modo que los niveles reales pueden ser más bajos.

estable. Esta estabilidad de los precios está garantizada por políticas monetarias sanas (véase Ramos Francia y Torres (2005)).

La Figura 3 muestra el análisis de multirresolución LA(8) de la transformada *wavelet* discreta de máxima superposición para la inflación subyacente (a) y su respectivo periodograma suavizado (b). Esta serie inicia en febrero de 1982. El MRA de la MODWT correspondiente a la inflación subyacente de enero de 2000 a junio de 2009 se representa en la Figura 4.

La dinámica de mediano y largo plazo de la inflación subyacente es similar a la presentada en la inflación general, que llega a niveles históricamente bajos a finales de 2005 (alrededor del 0.283% de la inflación mensual). La tendencia comenzó a aumentar en 2006, como consecuencia del alza de los precios internacionales de productos básicos en ese momento y la posterior depreciación del peso mexicano. En enero de 2009, parece haber ocurrido un cambio de la pendiente, aunque la reducción ha sido mucho más lenta que en la inflación general y la no subyacente. La amplitud del componente estacional es baja en la inflación subyacente, sobre todo después de 2001. Asimismo, los niveles de varianza de alta frecuencia son más bien pequeños, en comparación con la inflación general y la no subyacente. Por definición, es deseable que la inflación subyacente principalmente incorpore los cambios a mediano y largo plazo del índice de precios y no los cambios relativos de precios a corto plazo. La inflación subyacente parece presentar estas características incluso antes de la implementación de las metas de inflación en México, y se ha reforzado con las metas de inflación. Esto se analizará con mayor profundidad cuando se estudie la energía de la serie en la última parte de esta sección.

En la Figura 5.a se traza la serie original de la inflación no subyacente (que va desde febrero de 1982 a junio de 2009) junto con los detalles *wavelet* y la suavidad de la *wavelet* de la misma provenientes del MRA de la MODWT LA(8), mientras que en la Figura 5.b se muestran los respectivos periodogramas suavizados. El componente estacional incorporado en el tercer detalle (ciclos de 8 a 16 meses) parece ser la frecuencia dominante de la serie. Este hecho también puede apreciarse en la Figura 6, donde las series se trazan a partir de enero de 2000 para revelar características específicas durante estos últimos años.

La varianza de alta frecuencia, capturada en los detalles primero y segundo, es muy fuerte. Esta característica contrasta con la de la inflación subyacente (Figura 4). La inflación no subyacente es impulsada principalmente por la varianza de alta frecuencia y la estacionalidad, mientras que la inflación subyacente refleja la tendencia a mediano y largo plazo. Observe que una vez más todas las escalas están contaminadas durante los periodos de alta inflación de los años ochenta y la crisis de 1995.

Al examinar de cerca escala por escala la inflación no subyacente en la Figura 6, en la escala más baja (ciclos de 2 a 4 meses), se puede ver un estallido de energía a partir de

principios de 2002. Esto se debe a cambios sustanciales en los precios de frutas y verduras durante ese año (Figura 12.a). También durante 2002, se pueden detectar algunos problemas en el componente estacional (tercer detalle), como consecuencia de un aumento significativo de los precios públicos (Figura 13.a), principalmente en el suministro de electricidad y gas a hogares (véase Banco de México (2002) para más información). Los altos niveles de volatilidad en los precios de frutas y verduras a finales de 2004 y comienzos de 2005 están afectando los primeros tres detalles. La suavidad de la *wavelet* alcanza su nivel más bajo a mediados de 2006 (alrededor del 0.277% de la inflación mensual). Desde mediados de 2006, la inflación no subyacente comienza a mostrar una tendencia creciente (con una disminución repentina temporal a mediados de 2007 debido a las frutas y verduras (Figura 12.a)); esto se debe al efecto que el aumento de los precios internacionales de productos básicos tuvo sobre los precios locales. Se dispararon los precios de los alimentos, la energía y los precios públicos, lo que provocó el aumento de la inflación. También el efecto secundario de la depreciación del peso mexicano se reflejó en cierta medida en este aumento a partir de la segunda mitad de 2008. Sin embargo, se ha producido una disminución importante desde finales de 2008.

Aunque nuestro objetivo principal es estudiar la dinámica de la inflación general, la subyacente y la no subyacente, los otros 13 índices del INPC se considerarán aquí para examinar lo que está sucediendo en un nivel más subdividido (el cual explica el agregado). Estas series se analizarán desde enero de 2000 hasta junio de 2009, en vista de que el último periodo comprende los años de nuestro interés principal: el régimen de metas de inflación.

A partir de los índices del componente subyacente, la serie de la inflación correspondiente a mercancías y servicios y su MRA de la MODWT se muestran en la Figura 7, seguidos por sus subíndices en la Figura 8 (alimentos y demás mercancías), la Figura 9 (vivienda y educación) y la Figura 10 (otros servicios). Las mercancías presentan un componente estacional muy importante y estable en la tercera escala (que revela la estacionalidad anual). Sin embargo, su tendencia se ha visto afectada en gran medida tanto por los altos precios internacionales de productos básicos como por la depreciación del peso mexicano, y parece que ha empezado a disminuir ligeramente sólo a partir de abril/mayo de 2009. La estacionalidad anual se explica principalmente por el subíndice de alimentos, pero el comportamiento de la tendencia se debe a aumentos tanto en los alimentos como en las demás mercancías.

La inflación correspondiente a los servicios también tiene un componente estacional importante, pero se explica principalmente por la segunda escala (ciclos de 4 a 8 meses); esto se debe al hecho de que está muy influenciada por los cambios en los precios de la educación (que ocurren principalmente en enero, agosto y septiembre). Tenga en cuenta que los cambios en su tendencia y la tendencia de sus componentes se han visto afectados en mucho menor medida por las presiones inflacionarias recientes.

En la Figura 11 se presentan los dos índices de inflación no subyacente, de agropecuarios y de bienes y servicios administrados y concertados, así como su MRA de la MODWT. Los agropecuarios presentan niveles muy altos de varianza de las frecuencias más altas (compare las escalas del eje), intensificados a partir de mediados de 2004 y hasta finales de 2006. Esto se debió principalmente a las frutas y verduras (Figura 12.a), aunque los productos pecuarios (Figura 12.b) también registraron una explosión de actividad en sus dos primeras escalas durante 2004. La estacionalidad también es muy importante para estas series (sobre todo en frutas y verduras), y éstas se vieron sustancialmente afectadas por los precios internacionales de productos básicos y la depreciación del peso mexicano. Sin embargo, desde finales de 2008 parece haber un cambio de tendencia, ahora a la baja.

Cuando se presta atención a los bienes y servicios administrados y concertados (Figura 11.b), cabe observar cómo la estacionalidad domina la dinámica de esta serie (que se explica principalmente por los precios de la electricidad incluidos en los bienes administrados (Figura 13.a)). Los aumentos de los precios de la gasolina durante el segundo semestre de 2008 fueron absorbidos principalmente por la cuarta y quinta escalas, por lo que la tendencia a largo plazo no se vio afectada. Se puede observar un movimiento al alza de la tendencia correspondiente a los bienes concertados (Figura 13.b) desde mediados de 2006 y hasta casi el final de la muestra; sin embargo, fue relativamente pequeño y apenas si afectó la tendencia a largo plazo del índice agregado.

Se podría ahondar más en estas series subdivididas, sin embargo, nuestro objetivo principal es analizar la dinámica de la inflación general, la subyacente y la no subyacente. Para consultar un análisis detallado de las series de la inflación en un nivel más subdividido mediante el análisis multivariante, véase Ysusi (2009).

3.3. Descomposición de la energía

Una vez que las series se han descompuesto, es pertinente estudiar la importancia relativa de la dinámica de corto, mediano y largo plazo, y la manera en que ha cambiado en el proceso de desinflación reciente. En vista de que la política monetaria se convirtió en un mecanismo exitoso para reducir la inflación, ha disminuido el grado de persistencia de las series correspondientes a la inflación general y la subyacente (véase Chiquiar et al. (2009)). Por lo tanto, se esperará una reducción en la importancia del largo plazo en esta serie; los choques se desvanecerán en el corto o mediano plazo.

Aquí vamos a utilizar la energía de cada nivel de la descomposición *wavelet* de la inflación, es decir, la energía de cada escala, para medir la importancia relativa del corto, mediano y largo plazos. La energía es análoga a la varianza de cada nivel de detalle y se dará

como el porcentaje de la energía en general. Por lo tanto, examinaremos el porcentaje de varianza que cada escala explica.

Como se describe en Percival y Walden (2000), la transformada *wavelet* discreta tiene la capacidad de descomponer la energía en una serie de tiempo a través de las escalas. Percival y Mofjeld (1997) demostraron que la MODWT es también una transformada conservadora de energía (la varianza de la serie de tiempo se conserva en la varianza de los coeficientes de la MODWT). De esta forma, una serie de tiempo $x(t)$ con coeficientes *wavelet* para la escala j , $\tilde{w}_{j,t}$ y el coeficiente de escalado $\tilde{v}_{j,t}$ de una MODWT tiene la siguiente descomposición de energía:

$$\sum_{t=1}^N x^2(t) = \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^N \tilde{w}_{j,t}^2 + \sum_{t=1}^N \tilde{v}_{j,t}^2$$

donde N es el número de observaciones utilizadas en el cálculo.¹⁰ Esto nos permite separar la contribución de la energía en la serie de tiempo gracias a los cambios a una escala determinada.

El Cuadro 1 presenta la energía de cada escala (como porcentaje de la energía general) para tres periodos diferentes de la inflación general, la subyacente y la no subyacente.¹¹ En el caso de este cuadro, no se tomaron en cuenta los coeficientes afectados por las fronteras (se descontaron 16 coeficientes de 485 para la inflación general y 329 para la inflación subyacente y la no subyacente), a fin de obtener un estimador insesgado. Tenga en cuenta que aquí sólo se utilizaron cuatro escalas (la quinta escala está incluida en la suavidad); esto se hace para descartar la menor cantidad de observaciones de la frontera como sea posible, para no perder demasiada información. Para este cuadro se utilizó la base de Haar, ya que ésta se ve menos afectada por las fronteras que las otras bases Daubechies. Sin embargo, los resultados son bastante robustos ante las diferentes bases *wavelet* utilizadas mas no reportadas.

La energía se calcula en primer lugar para la inflación general, la subyacente y la no subyacente utilizando toda la muestra. Para todas las series, el largo plazo domina todas las demás frecuencias, lo que explica la mayor parte de la varianza (el 83% para la inflación general, el 87% para la inflación subyacente y el 57% para la inflación no subyacente); las variaciones de alta frecuencia y los componentes de estacionalidad son relativamente insignificantes, salvo en el caso de la inflación no subyacente. Ahora dividimos la serie en dos partes: antes y después de que la inflación general se hiciera estacionaria de acuerdo a Chiquiar et al. (2009). De esta forma, la segunda columna del cuadro presenta los resultados

¹⁰ Se calculará un estimador insesgado de la energía con los coeficientes no afectados por la frontera, por lo que N no siempre es igual a T . N dependerá de la base y el número de escalas utilizadas.

¹¹ El Cuadro 2 hace lo mismo para las series de la inflación por mercancías, servicios, agropecuarios, y bienes y servicios administrados y concertados. Los resultados son similares a los que se explican aquí para los índices principales.

para el periodo anterior a enero de 2001 y la tercera columna presenta los resultados para el periodo estacionario de la inflación general, de enero de 2001 en adelante.

Parece que hay diferencias sustanciales entre los dos periodos. Nótese que en el caso de la inflación general, se observa una disminución considerable en la cantidad de varianza explicada por las frecuencias más bajas. En cambio, las variaciones de alta frecuencia y la estacionalidad pasaron de explicar apenas aproximadamente un 12% de la energía a explicar, más del 35% de la misma. La distribución de la energía de la inflación subyacente parece ser un poco más constante a lo largo de los diferentes periodos, aunque después de 2001, la energía que se explica por las frecuencias más altas pasó de alrededor del 4% al 11%. Notablemente, en los ciclos de más de 16 meses cuando se estudiaron las series antes de 2001 se incluyó el 62% de la varianza de la inflación no subyacente, pero esta cifra bajó drásticamente hasta casi un 20% durante el periodo más reciente.

Los resultados anteriores coinciden con los estudios sobre la persistencia de la inflación en México. En vista de que el grado de persistencia de la inflación en México ha estado cayendo durante la última década, era de esperarse que el componente de corto plazo de la inflación general explicara relativamente más varianza en comparación con las décadas anteriores.

Las diferencias entre la distribución de la energía de la inflación subyacente y la no subyacente provienen del hecho de que la inflación subyacente excluye los elementos más volátiles; intenta aislar lo que está sucediendo con los precios generales sin la distracción de los picos de precios más volátiles. La inflación subyacente es un indicador más fiable de la tendencia subyacente de la inflación, por lo que principalmente debe reflejar las presiones a mediano y largo plazo. Por lo tanto, es probable que la distribución de energía de la inflación subyacente sufra menos cambios, con la mayoría del peso en las frecuencias más bajas.¹² Mientras tanto, la inflación no subyacente está sujeta a una mayor variabilidad y refleja los choques a corto plazo. En vista de que estos choques tienden a afectar las escalas inferiores y se desvanecen, las frecuencias más altas explican más de la varianza de la inflación no subyacente.

Los resultados del Cuadro 1 dan una primera visión de la manera en que la distribución de la energía ha ido cambiando en el caso de la inflación en México. Sin embargo, cada submuestra tiene una longitud distinta y caracteriza un periodo específico. Ahora, vamos a calcular la energía relativa de las escalas en cada punto de tiempo. Con esto será posible detectar cambios a través del tiempo en la importancia relativa de las distintas frecuencias.

¹² La inflación subyacente sufrió un cambio en la persistencia durante 2001, como se documenta en Chiquiar et al. (2009). Este hecho se refleja en la serie de inflación subyacente como una disminución drástica de la varianza de la frecuencia más baja (y no en el porcentaje que explica). La tendencia a largo plazo tiene una varianza muestral estimada igual a 11.8 antes de enero de 2001 y de 0.13 después de esa misma fecha.

La Figura 14 muestra la descomposición de la energía a través del tiempo para la inflación general. El primer detalle representa la variabilidad de la frecuencia más alta, los dos siguientes detalles se suman para incorporar la información entre los ciclos de 4 y 16 meses que representan la estacionalidad, y el cuarto detalle y la suavidad de la *wavelet* se suman para mostrar los ciclos de más de 16 meses, lo que representa el plazo más largo. Muestra cómo la contribución de energía de las frecuencias más altas manifiesta un patrón en forma de U durante todo el periodo del estudio. Las variaciones a corto plazo y la estacionalidad explican una gran parte de la varianza total a principios de los años setenta y después de 2001, y poco de ésta durante los años ochenta y noventa. Por el contrario, las frecuencias más bajas explican una menor proporción de la varianza desde 2001. En 2007, los tres primeros detalles explicaban en promedio más del 45% de la energía de la inflación general; en cambio, explicaban en promedio menos del 10% en 1997 (los ciclos de más de 16 meses explicaban alrededor del 90%). Durante la mayor parte de los años ochenta, la varianza se explica principalmente por la suavidad de la *wavelet* y llega a niveles promedio anuales superiores al 95%; menos del 5% se explicó mediante las tres escalas más bajas. Esta fuerte caída en el porcentaje de la energía explicada por el mediano y largo plazo coincide con la parte más reciente del periodo de desinflación, donde la inflación se hizo estacionaria.

La descomposición de la energía a través del tiempo para la inflación subyacente (Figura 15) también presenta algunos cambios en 2001. Sin embargo, observe el aumento en la importancia de las frecuencias más altas aproximadamente en 1988 y 1995; esto se debe al hecho de que los grandes choques se han incorporado en todas las escalas. De esta forma, las frecuencias más altas durante estos años están contaminadas por los choques y realmente no indican ningún cambio en el proceso inflacionario.

El aumento de la varianza explicada de las primeras tres escalas de la inflación subyacente es relativamente pequeño en comparación con el aumento de la importancia de estas mismas frecuencias en la inflación no subyacente (Figura 16). Por ejemplo, en el caso de la inflación subyacente, en 2002 el 16% en promedio se explica mediante estas escalas inferiores, pero por encima del 50% en promedio en el caso de la inflación no subyacente. En vista de que la inflación subyacente se construye como un indicador de la tendencia y principalmente refleja las presiones a mediano y largo plazo, en cierta medida este resultado era de esperarse.

La inflación no subyacente ha experimentado grandes cambios en la distribución de energía (Figura 16). Desde 2001, los tres primeros detalles *wavelet*, es decir, el corto plazo, explican la mayor parte de la varianza de la inflación no subyacente. Las frecuencias más bajas (ciclos de más de 16 meses) han pasado de niveles anuales promedio de energía explicada de alrededor del 70% antes de 2000, hasta un 16% durante 2007. Con la exclusión de un breve periodo a principios de los años noventa, el periodo estacionario reciente es el primer episodio en el que la varianza de la inflación no subyacente se explica principalmente

por las variaciones de alta frecuencia y la estacionalidad. Observe cómo antes de 2001, la serie que representa las frecuencias más altas fue menor que la que representa las frecuencias bajas, pero este hecho se revirtió desde finales de 2000. Antes de 2001, parece que la inflación no subyacente fue impulsada por el mediano y largo plazos en lugar del corto plazo, como se esperaba. Sin embargo, en el periodo de metas de inflación, la inflación no subyacente está incorporando los elementos más volátiles y está reflejando principalmente los choques a corto plazo que se desvanecen rápidamente.

4. Conclusiones

En este trabajo aplicamos la metodología *wavelet* para estudiar la dinámica de la inflación en México. Se presta una especial atención al periodo de desinflación reciente, durante el cual las autoridades monetarias han hecho esfuerzos importantes por estabilizar los precios. El propósito de este estudio es contribuir al debate sobre la dinámica de la inflación en México en el marco de las metas de inflación. Nuestro enfoque es puramente estadístico y complementa la investigación previa, estructural y econométrica.

Como se explica en el artículo, la experiencia mexicana se caracteriza por periodos de inflación alta y baja. Las características de la dinámica de la inflación han cambiado en los últimos años debido a las medidas adoptadas por el Banco de México durante el periodo, que son coherentes con una política monetaria que busca la estabilidad de precios a largo plazo. Mediante el uso de la descomposición *wavelet*, se comprueba estadísticamente esta convergencia a largo plazo.¹³

Desde 2001, las series correspondientes a la inflación general y la inflación subyacente muestran un comportamiento más estable en todas las escalas. Un aumento en la parte de la varianza explicada por las variaciones a corto plazo puede detectarse en todas las series de la inflación general, la subyacente y la no subyacente. En términos relativos, cabe destacar que el corto plazo se está volviendo tan importante como el mediano y largo plazo para la inflación general y más importante para la inflación no subyacente. Lo que realmente está capturando la inflación no subyacente son las variaciones de precios de corta duración, mientras que la inflación subyacente refleja las presiones del mediano y largo plazo. Estos resultados coinciden con la reducción de la persistencia de la inflación documentada en Chiquiar et al. (2009).

¹³ Desde mediados de 2006 y hasta 2008, los precios internacionales de productos básicos, y más tarde la depreciación del peso mexicano, han ejercido presión al alza sobre la inflación; sin embargo, las autoridades monetarias han adoptado diversas medidas en consonancia con el marco de metas de inflación y el objetivo de la estabilidad de precios. Se puede observar una tendencia a la baja en todas las series desde finales de 2008 y principios de 2009.

Las *wavelets* no se han utilizado ampliamente en la economía, pero sus beneficios potenciales son considerables. Se puede realizar un análisis más detallado mediante el uso de *wavelets*, que pueden generar nuevos datos sobre los fenómenos económicos. Las investigaciones futuras posibles relacionadas con la inflación en México incluyen el cálculo de la persistencia de los procesos integrados fraccionalmente, una medida alternativa de la inflación subyacente y la mejora de los pronósticos mediante la extracción de información de diferentes escalas que se ocultan en el nivel agregado. Éstas son sólo algunas de las muchas oportunidades de investigación que se ofrecen mediante el uso de *wavelets* en la economía.

Bibliografía

- Addison P. (2002). The illustrated wavelet transform handbook. Institute of Physics, Bristol.
- Aussem, A., J. Campbell and F. Murtagh (1998). Wavelet-based feature extraction and decomposition strategies for financial forecasting. *Journal of Computational Intelligence in Finance*, 5-12.
- Batini, N. (2002). Euro area inflation persistence. ECB Working Paper No. 201.
- Banco de México (2002). Informe Anual 2002. México: Banco de México.
- Banco de México (2007). Informe sobre Inflación Julio-Septiembre 2007. México: Banco de México.
- Capistrán, C. and M. Ramos-Francia (2009). Inflation Dynamics in Latin America. *Contemporary Economic Policy* 27(3), 349-362.
- Castillo, P., A. Humala and V. Tuesta (2007). Monetary Policy, Regime Shifts, and Inflation Uncertainty in Peru (1949-2006). Working paper 2007-05, Banco Central del Perú.
- Cecchetti, S. and G. Debelle (2006). Has the inflation process changed? *Economic Policy* 21(46), 311-352.
- Chew, C. (2001). Money and income relationship of European countries by time scale decomposition using Wavelets. New York University: Preliminary Paper.
- Chiquiar, D., A. Noriega and M. Ramos-Francia (2009). A Time Series Approach to Test a Change in Inflation Persistence: The Mexican Experience. *Applied Economics*. Forthcoming.
- Crowley, P. (2005). An intuitive guide to wavelets for economists. Bank of Finland Research Discussion Papers 1-2005.

Daubechies, I. (1992). Ten lectures on Wavelets. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.

Davison, R., W. Labys and J. Lesourd (1998). Wavelet analysis of commodity price behavior. *Journal of Computational Economics* 11, 103-128.

Gencay, R., F. Selcuk, and B. Whitcher (2002). An introduction to Wavelets and other filtering methods in finance and economics. Academic Press: New York.

Graps, A. (1995). An introduction to wavelets. *IEEE Computational Science and Engineering* 2(2), 50-61.

Jensen, M. (1999). Using wavelets to obtain a consistent ordinary least squares estimator of the long-memory parameter. *Journal of Forecasting* 18, 17-32.

Jensen, M. (2000). An alternative maximum likelihood estimator of long-memory processes using compactly supported wavelets. *Journal of Economic Dynamics and Control* 24, 361-387.

Levin, A. and R. Moessner (2005). Inflation persistence and monetary policy design: an overview. ECB Working Paper No. 539.

Mallat, S. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: The Wavelet representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11, 674-693.

Mallat, S. (1998). A Wavelet tour of signal processing. Academic Press: San Diego.

Percival, D.B., and H.O. Mofjeld (1997). Analysis of subtidal coastal sea level fluctuations using wavelets. *Journal of the American Statistical Association* 92, 868-880.

Percival, D.B., and A.T. Walden (2000). Wavelet methods for time series analysis. Cambridge Press: Cambridge.

Pincheira, P. (2008). The Dynamics of Inflation Persistence in Chile. Working paper 505, Banco Central de Chile.

Pivetta, F. and R. Reis (2007). The Persistence of Inflation in the United States. *Journal of Economic Dynamics and Control* 31-4, 1326-1358.

Ramos-Francia, M. and A. Torres (2005). Reducing Inflation Through Inflation Targeting: The Mexican Experience. In R. J. Langhammer y L. Vinhas de Souza (Eds.), *Monetary Policy and Macroeconomic Stabilization in Latin America*, 1-29. Springer-Verlag, Kiel Institute for World Economics.

- Ramos-Francia, M. and A. Torres (2008). Inflation Dynamics in Mexico: A Characterization using the New Phillips Curve. *The North American Journal of Economics and Finance* 19, no. 3, 683-713.
- Ramsey, J. (1999). The contribution of wavelets to the analysis of economic and financial data. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 357, 2593-2606.
- Ramsey, J. (2002). Wavelets in economics and finance: Past and future. *Studies in Non-linear Dynamics and Econometrics* 6(3), 1-27.
- Ramsey, J. and C. Lampart (1998a). The decomposition of economic relationships by time scale using Wavelets: Money and income. *Macroeconomic Dynamics* 2, 49-71.
- Ramsey, J. and C. Lampart (1998b). The decomposition of economic relationships by time scale using Wavelets: Expenditure and income. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 3(4), 23-42.
- Ramsey, J., D. Uskinov and G. Zaslavsky (1995). An analysis of U.S. stock price behavior using wavelets. *Fractals* 3, 377-389.
- Ramsey, J. and Z. Zhang (1996). The application of waveform dictionaries to stock market index data. In Y.A. Kravstov and J.B. Kadtko (Eds.), *Predictability of Dynamical Systems* 69, 189-205. Springer Verlag: New York.
- Ramsey, J. and Z. Zhang (1997). The analysis of foreign exchange rate using waveform dictionaries. *Journal of empirical Finance* 4, 341-372.
- Sargent, T (1999). *The Conquest of American Inflation*. Princeton University Press: Princeton.
- Schleicher, C. (2002). An introduction to wavelets for economists. Working paper 2002-3, Bank of Canada.
- Taylor, J. (2000). Low inflation, pass-through, and the pricing power of firms. *European Economic Review* 44, 1389-408.
- Walker, J. (1999). *A primer on wavelets and their scientific applications*. CRC Press: Boca Raton.
- Walnut, D. (2002). *An introduction to wavelet analysis*. Birkhauser: Boston.
- Whitcher, B. (2007). *Waveslim: Basic wavelet routines for one-, two- and three-dimensional signal processing*. R package version 1.6.1. URL: <http://cran.r-project.org/web/packages/waveslim/index.html>.

Ysusi, C. (2009). Análisis estadístico de la inflación en México a nivel de subíndices y genéricos. Working paper 2009-07, Banco de México.

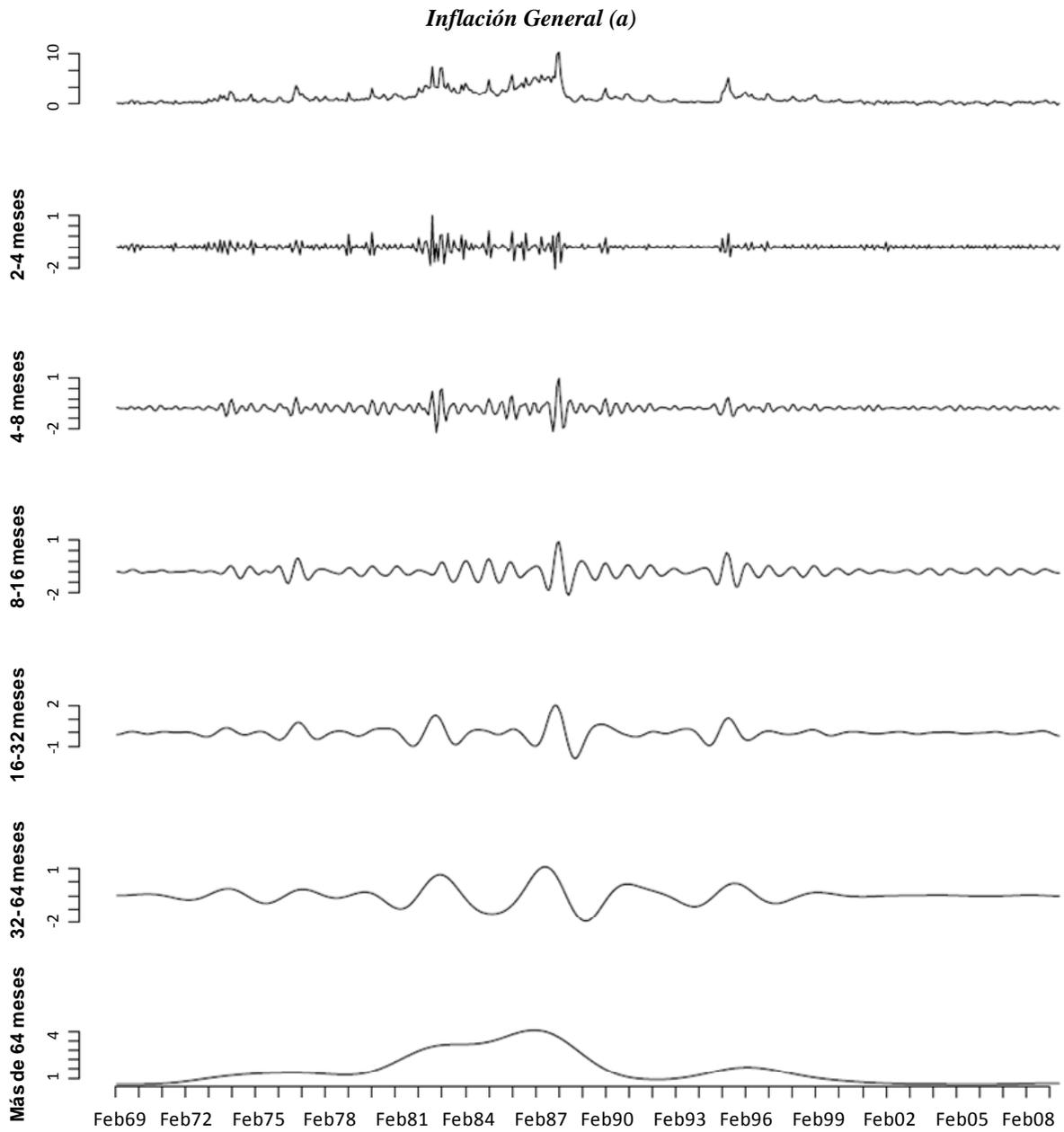


Figura 1. a) MRA de la MODWT LA(8) de la serie correspondiente a la inflación general. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior. Debajo de ella se muestran los detalles wavelet y la suavidad de la wavelet.

Periodogramas Suavizados (b)

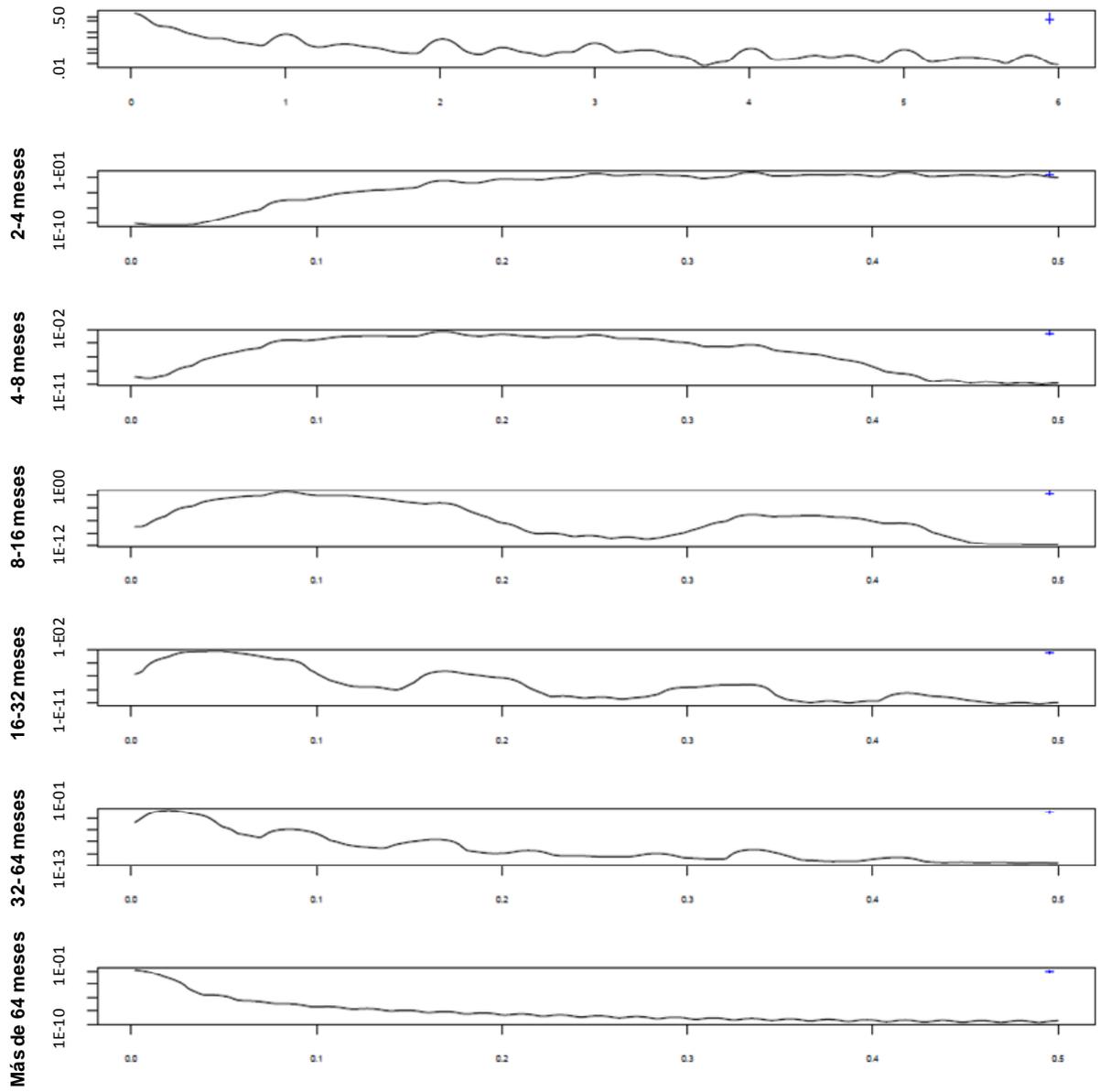


Figura 1b) Los respectivos periodogramas suavizados, que indican los componentes periódicos incluidos en cada escala. El eje X se da en ciclos.

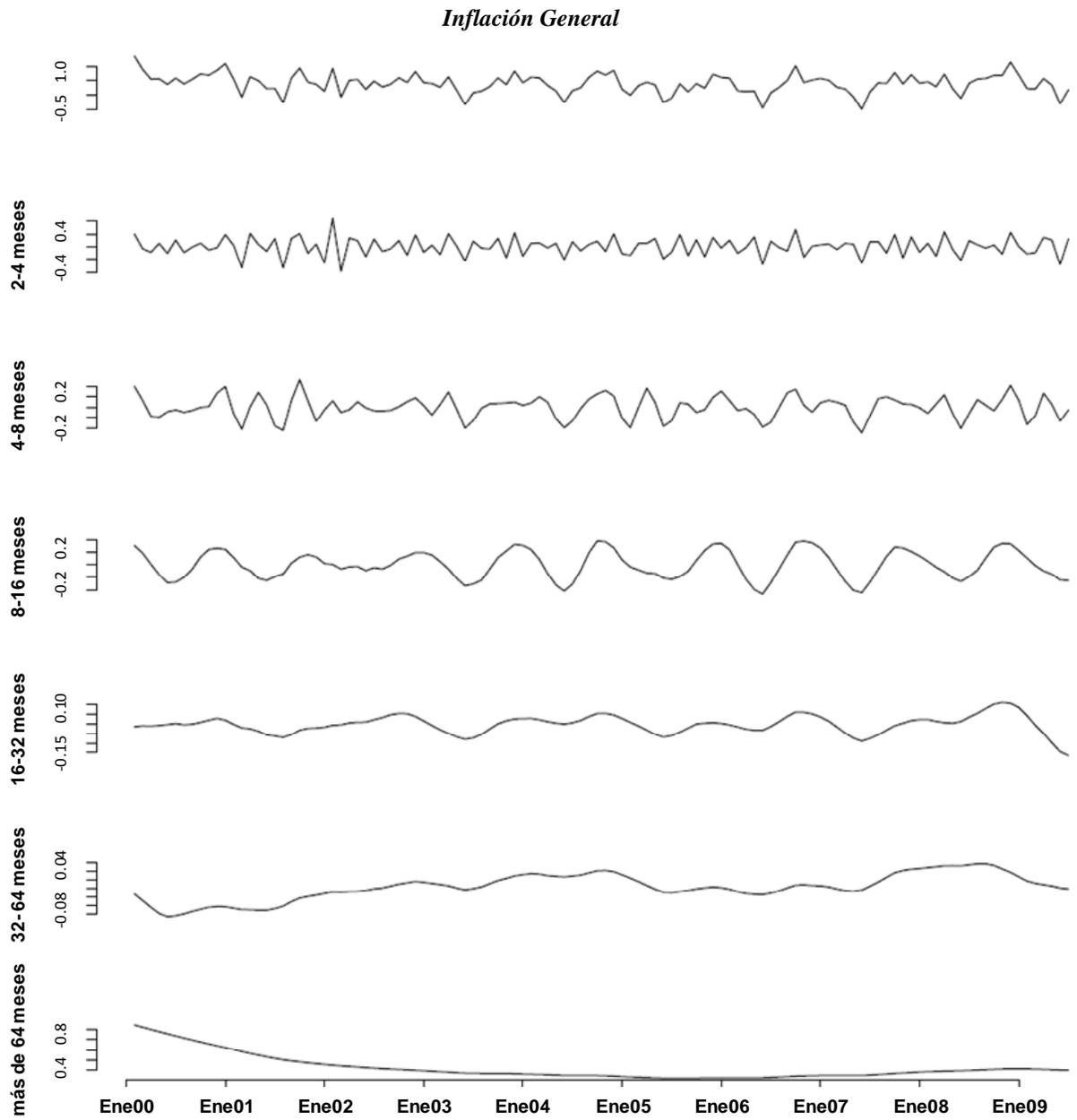


Figura 2. La MRA de la MODWT de la serie correspondiente a la inflación general de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

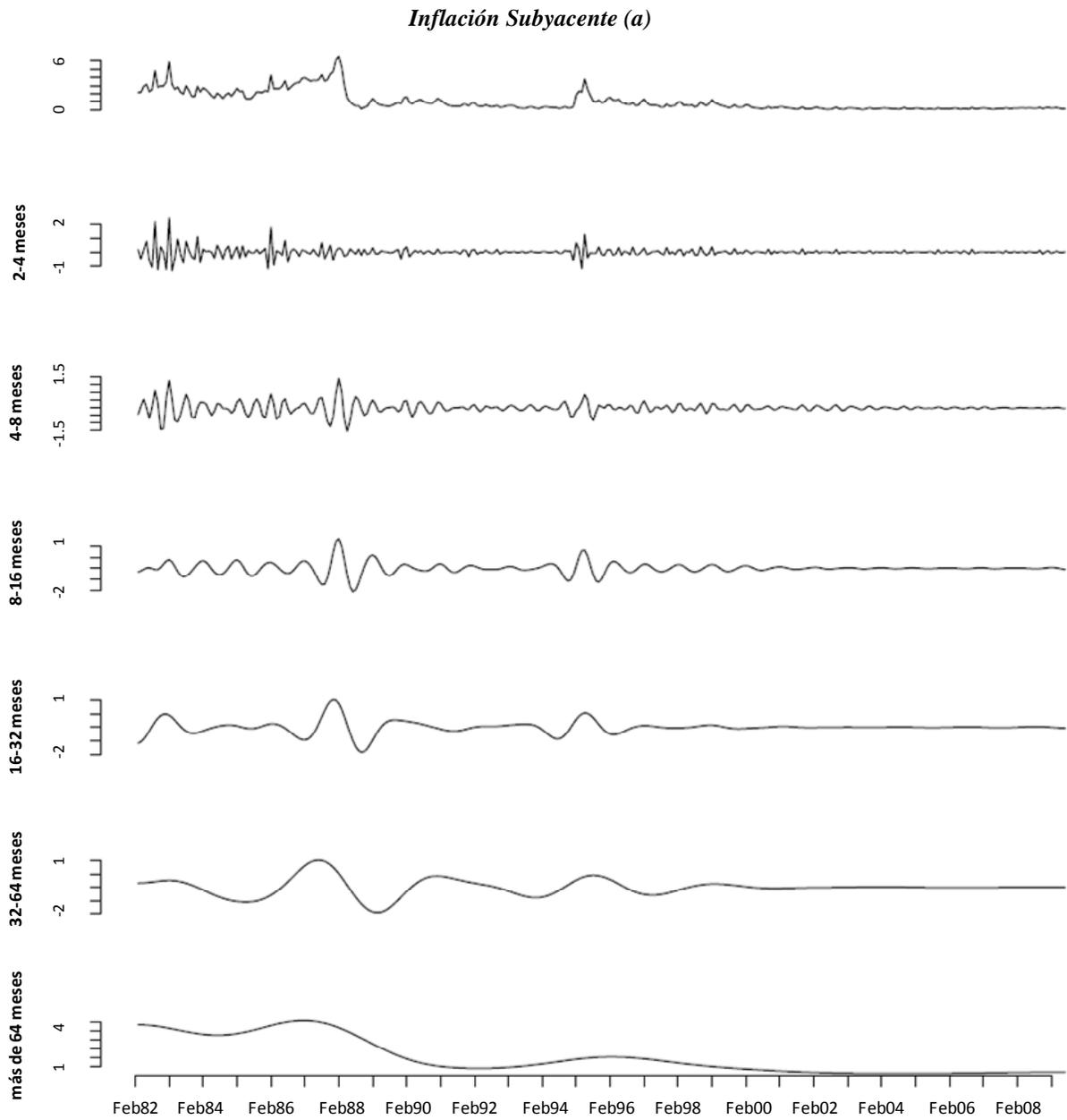


Figura 3. a) La MRA de la MODWT LA(8) de la serie correspondiente a la inflación subyacente. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior. Debajo de ella se muestran los detalles wavelet y la suavidad de la wavelet.

Periodogramas Suavizados (b)

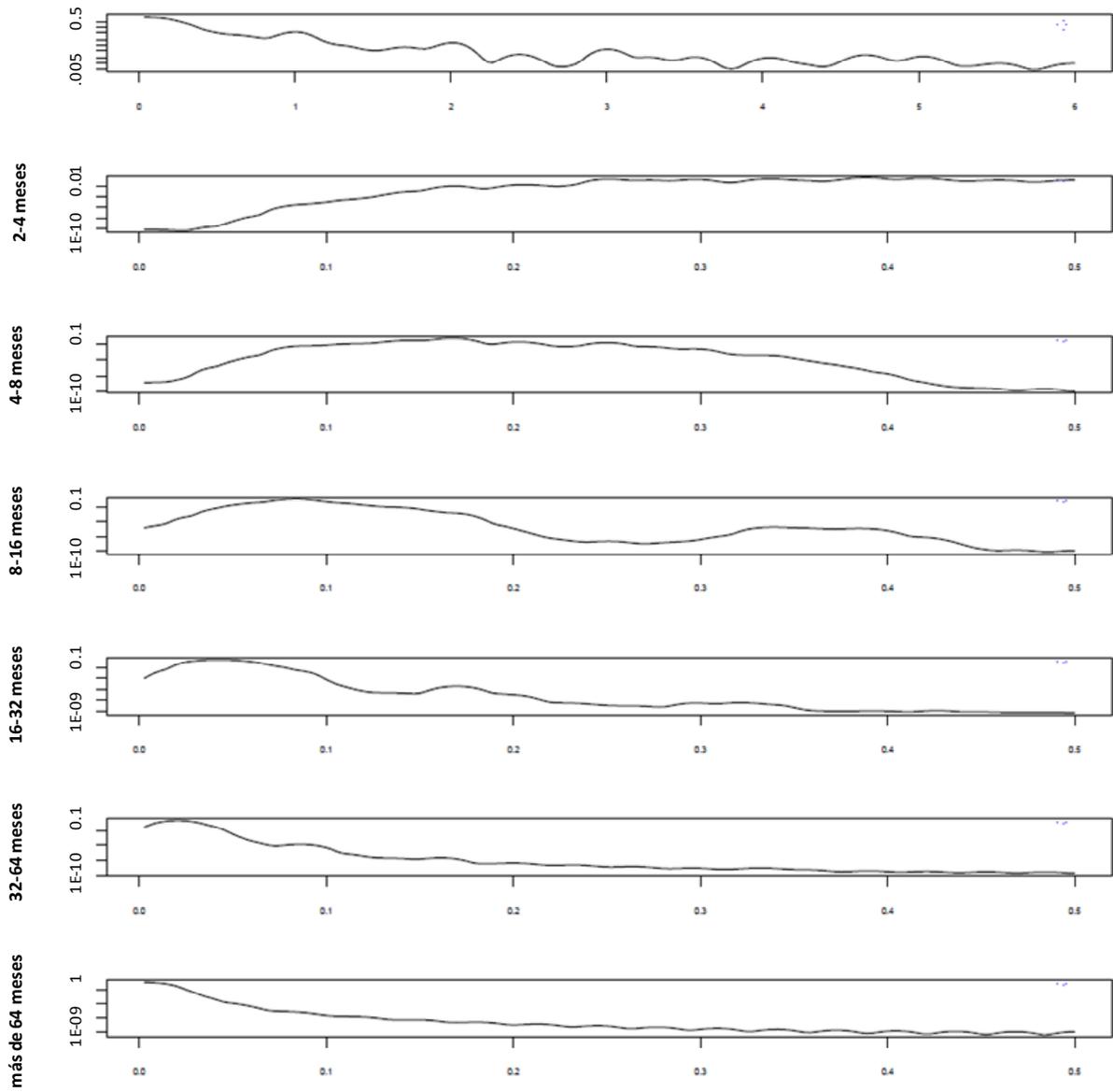


Figura 3. b) Los respectivos periodogramas suavizados, que indican los componentes periódicos incluidos en cada escala. El eje X se da en ciclos.

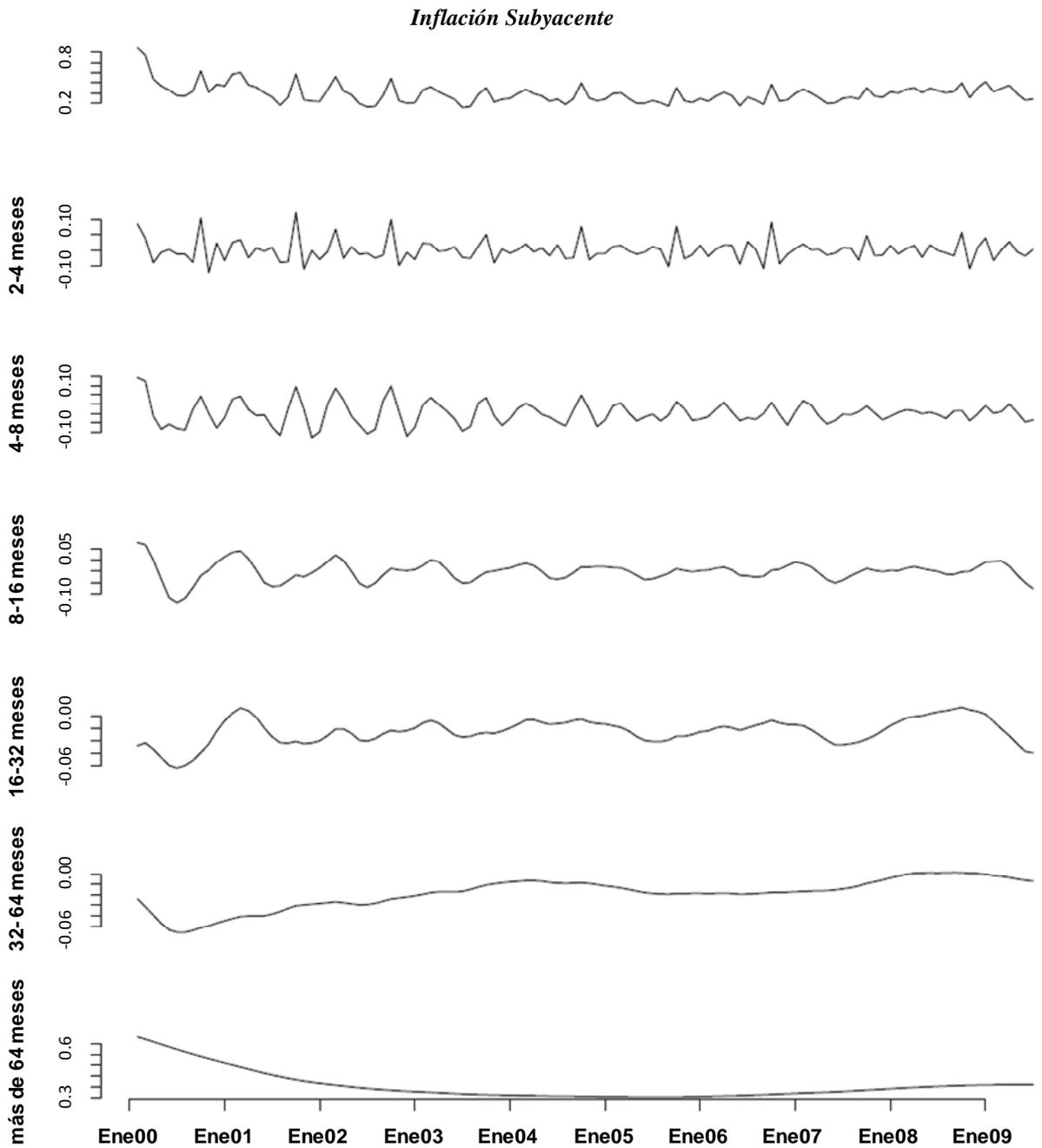


Figura 4. La MRA de la MODWT de la serie correspondiente a la inflación subyacente de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

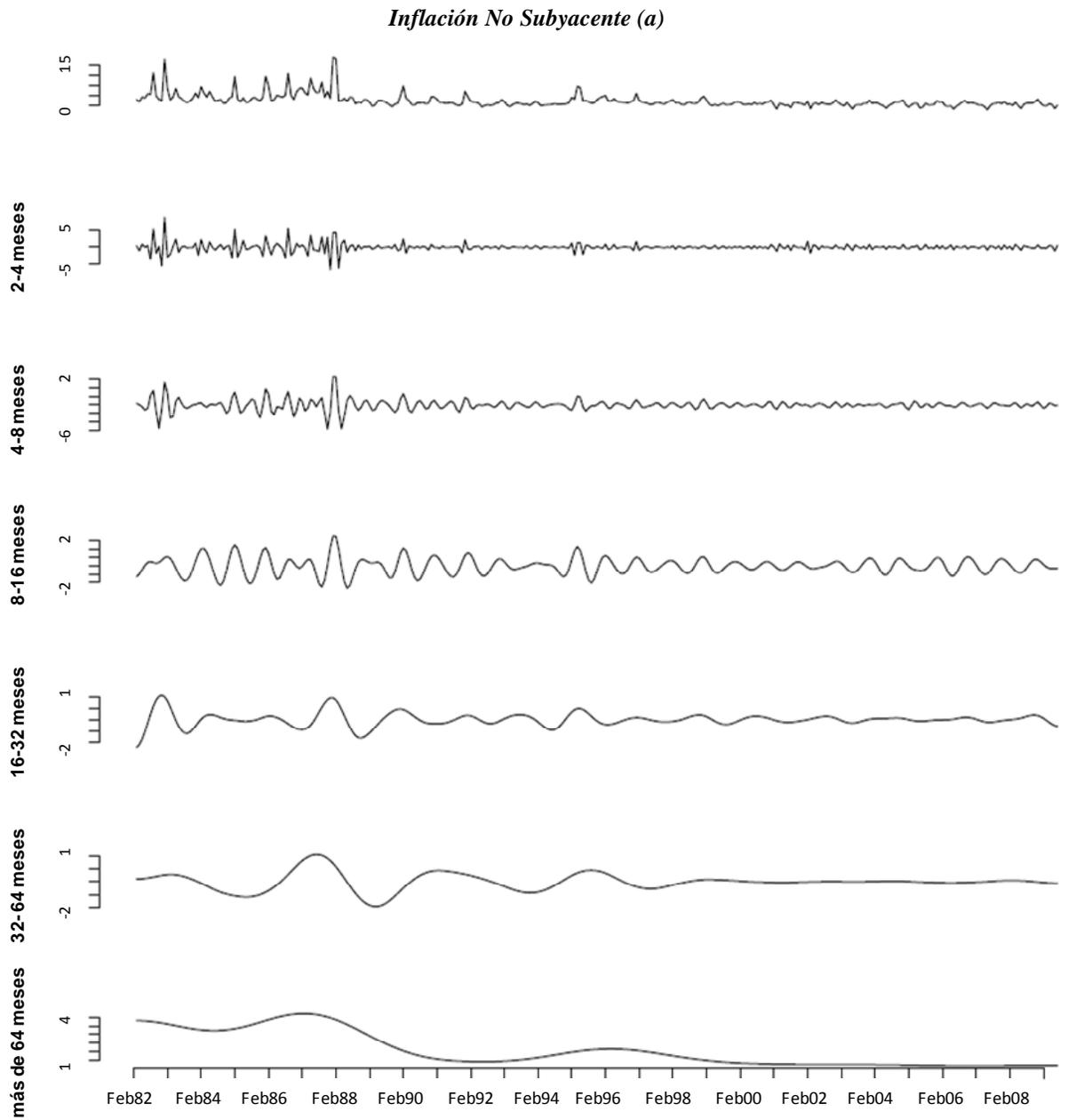


Figura 5a) La MRA de la MODWT LA(8) de la serie correspondiente a la inflación no subyacente. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior. Debajo de ella se muestran los detalles wavelet y la suavidad de la wavelet.

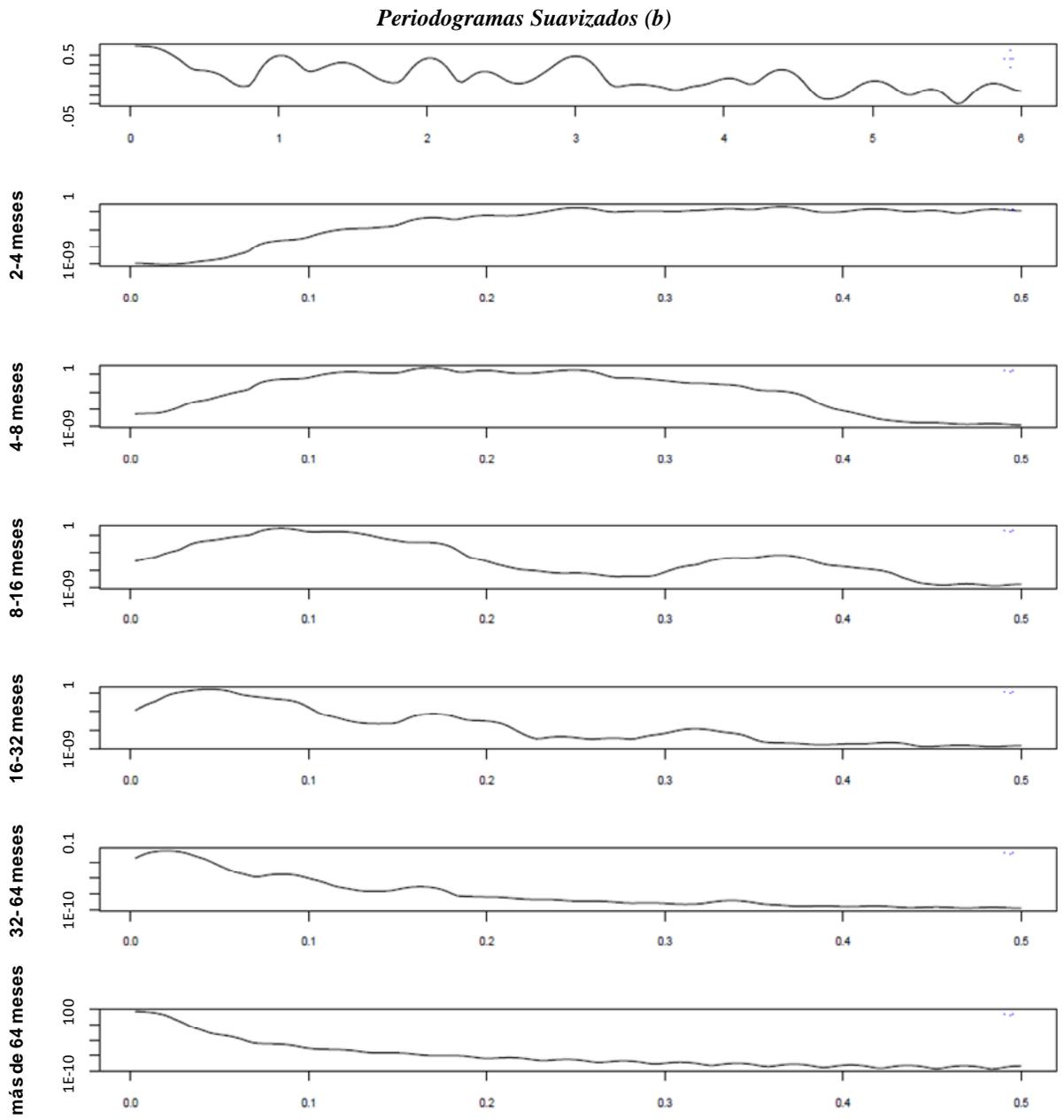


Figura 5b) Los respectivos periodogramas suavizados, que indican los componentes periódicos incluidos en cada escala.

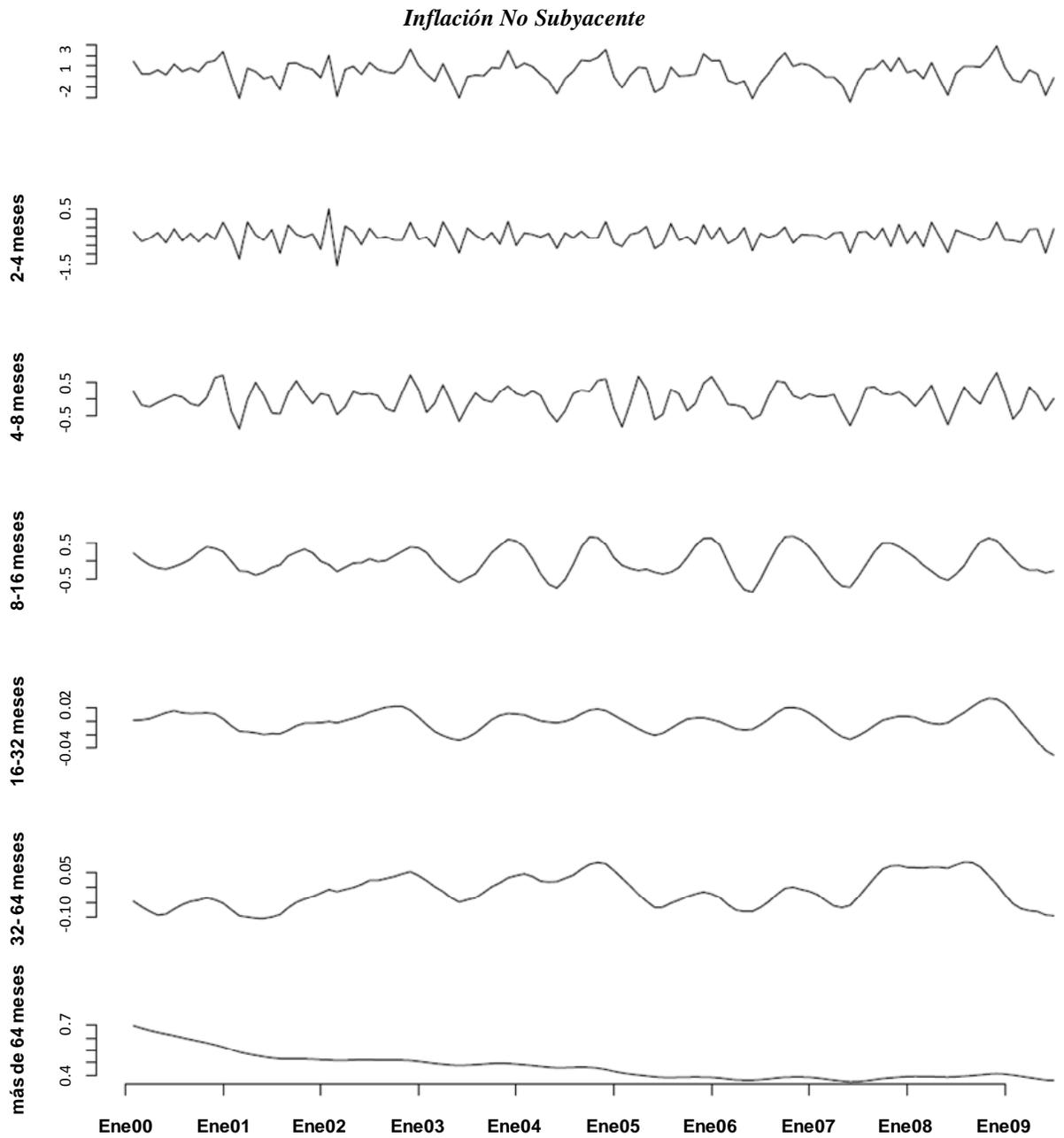


Figura 6. La MRA de la MODWT de la serie correspondiente a la inflación no subyacente de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

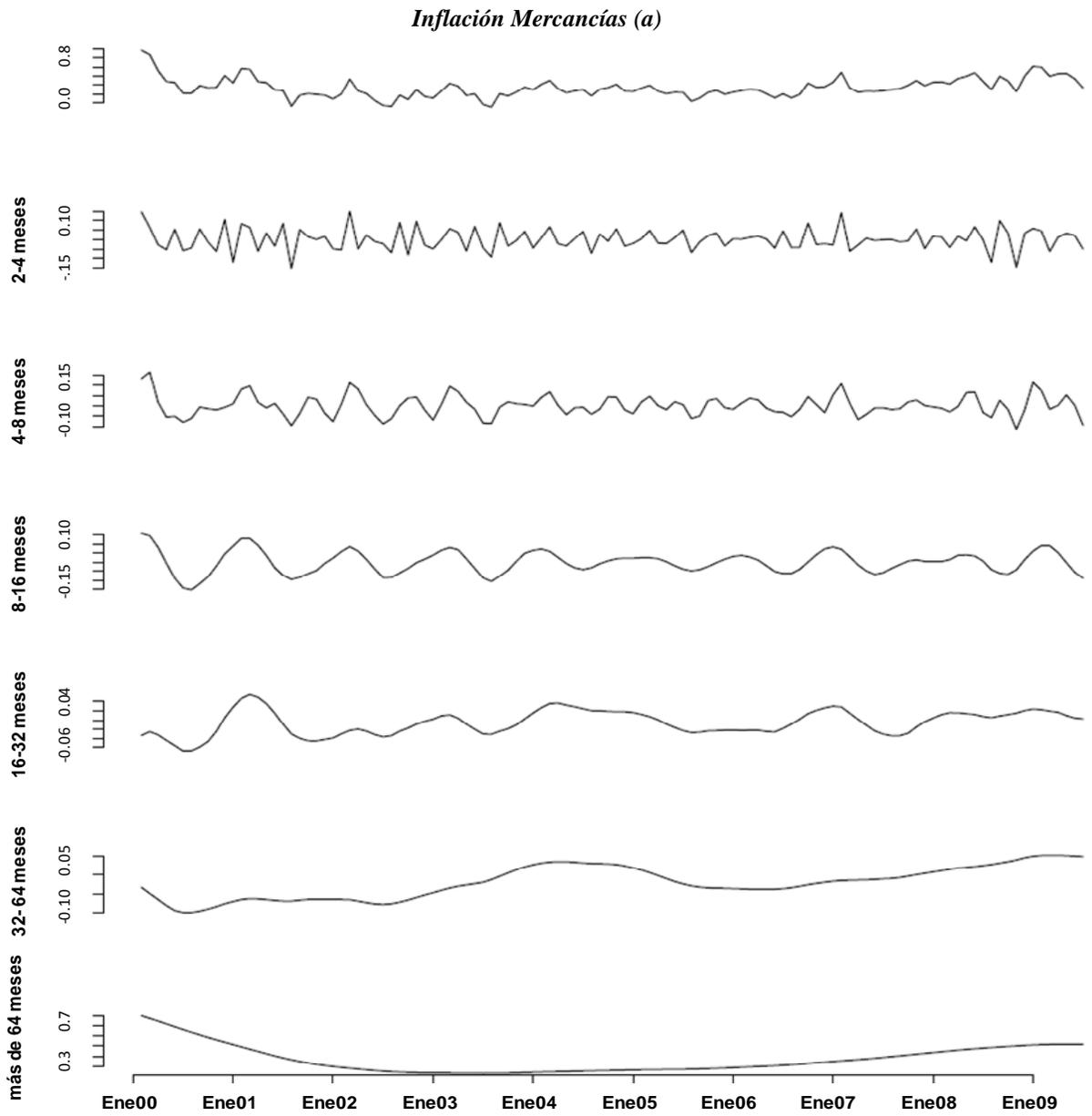


Figura 7(a). La MRA de la MODWT LA(8) de los índices de la inflación correspondiente a mercancías, de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

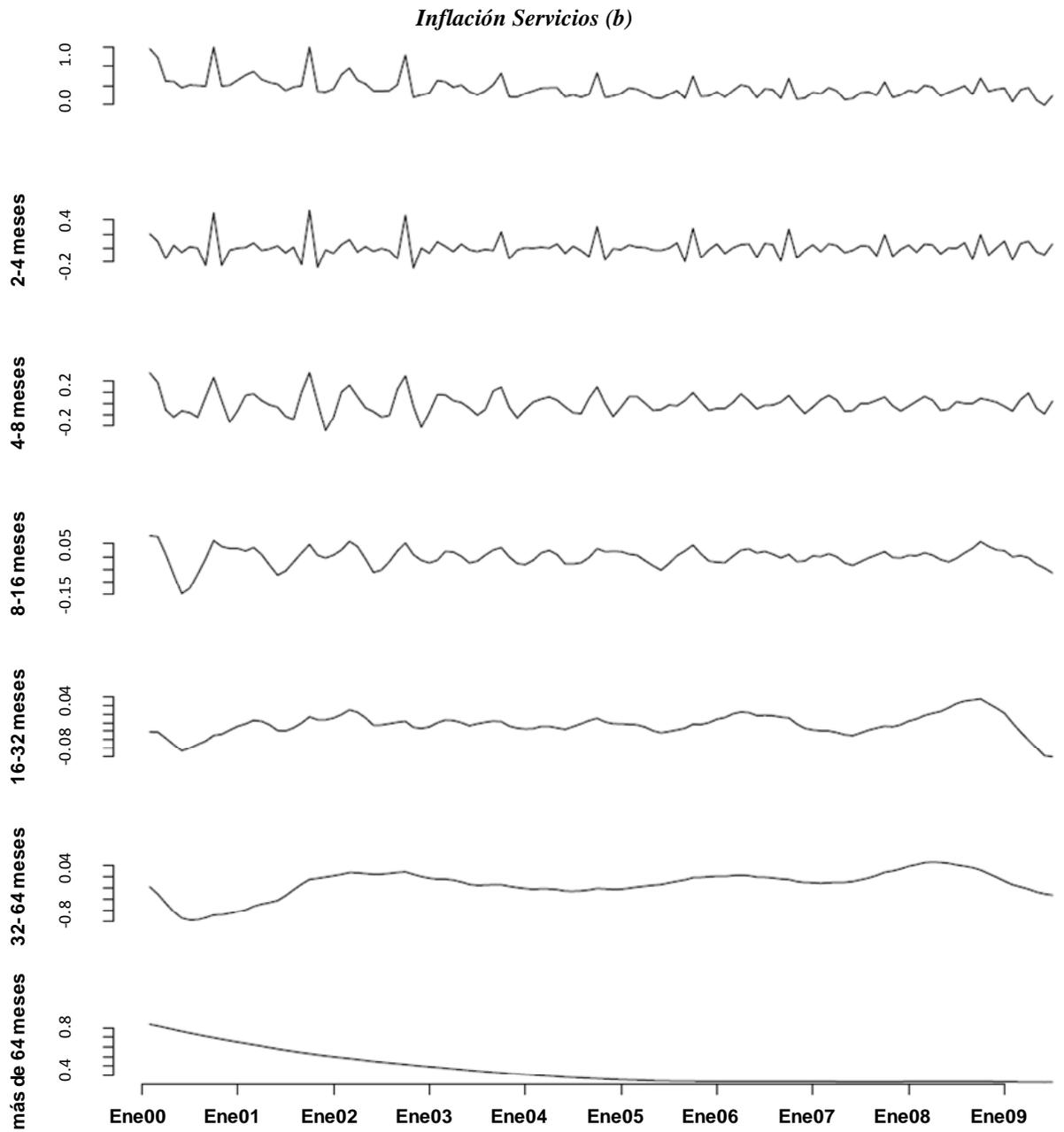


Figura 7(b). La MRA de la MODWT LA(8) de los índices de la inflación correspondiente a servicios de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

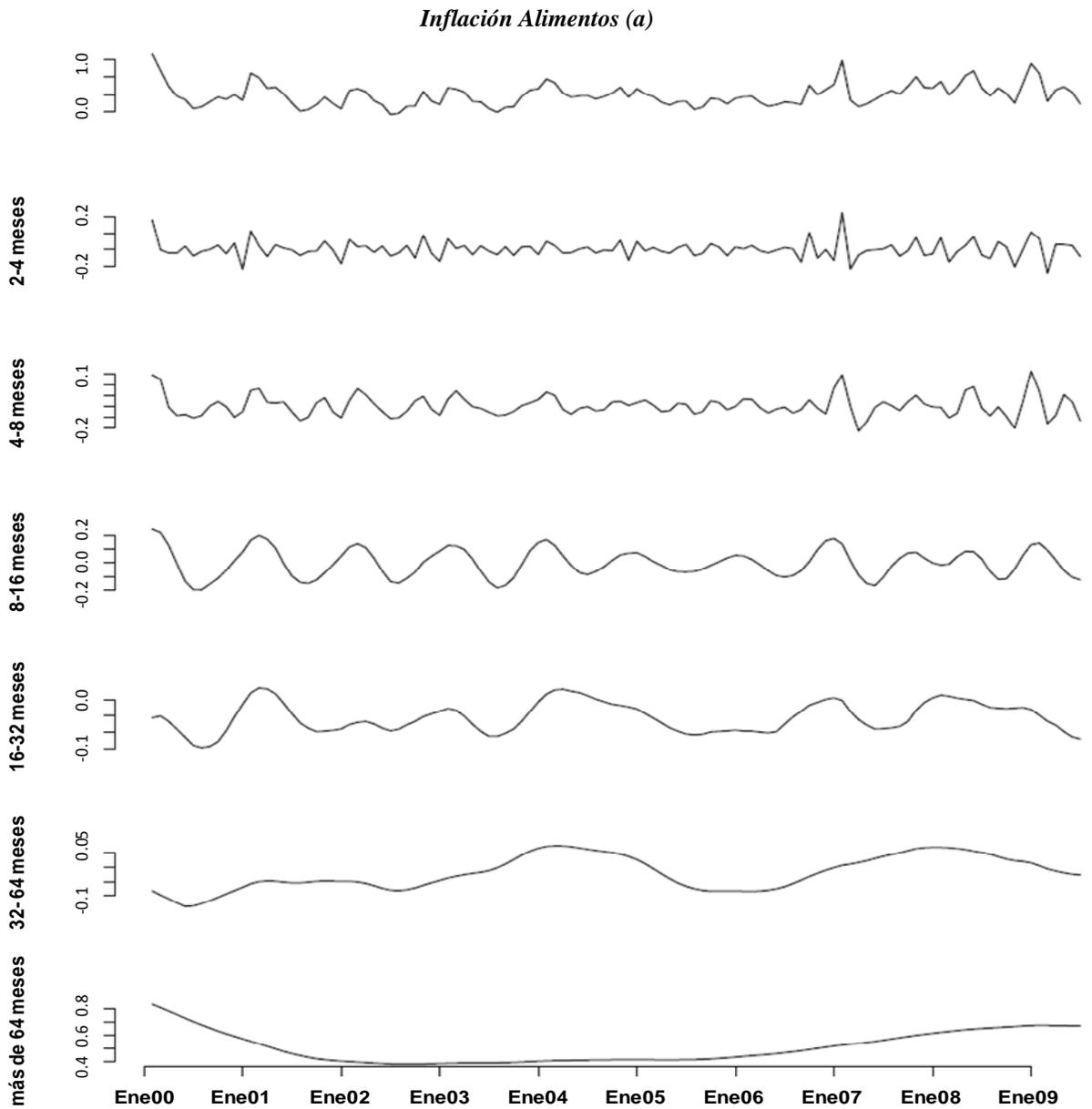


Figura 8(a). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a otros alimentos de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

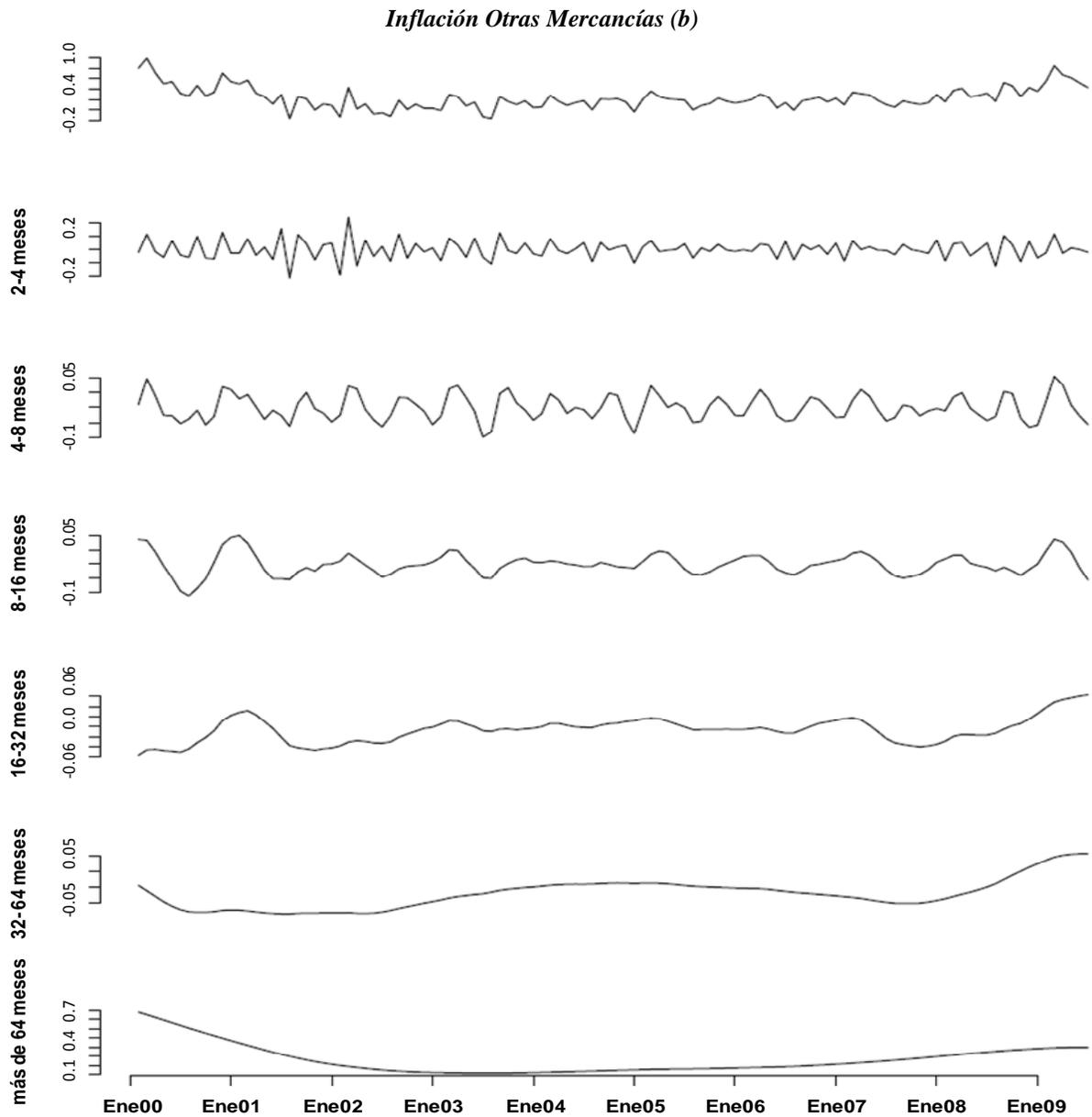


Figura 8(b). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a otras mercancías de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

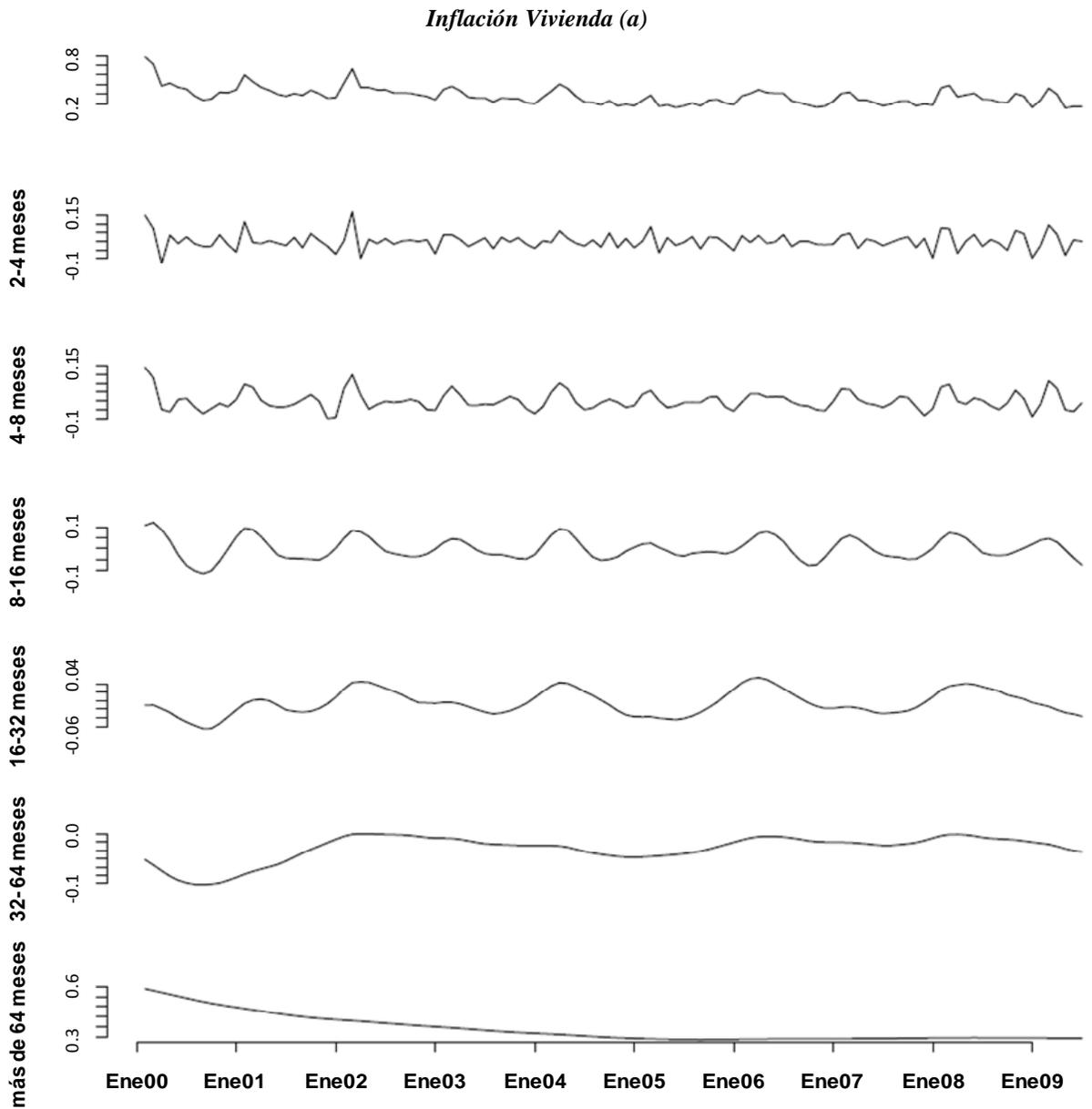


Figura 9(a). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a la vivienda de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

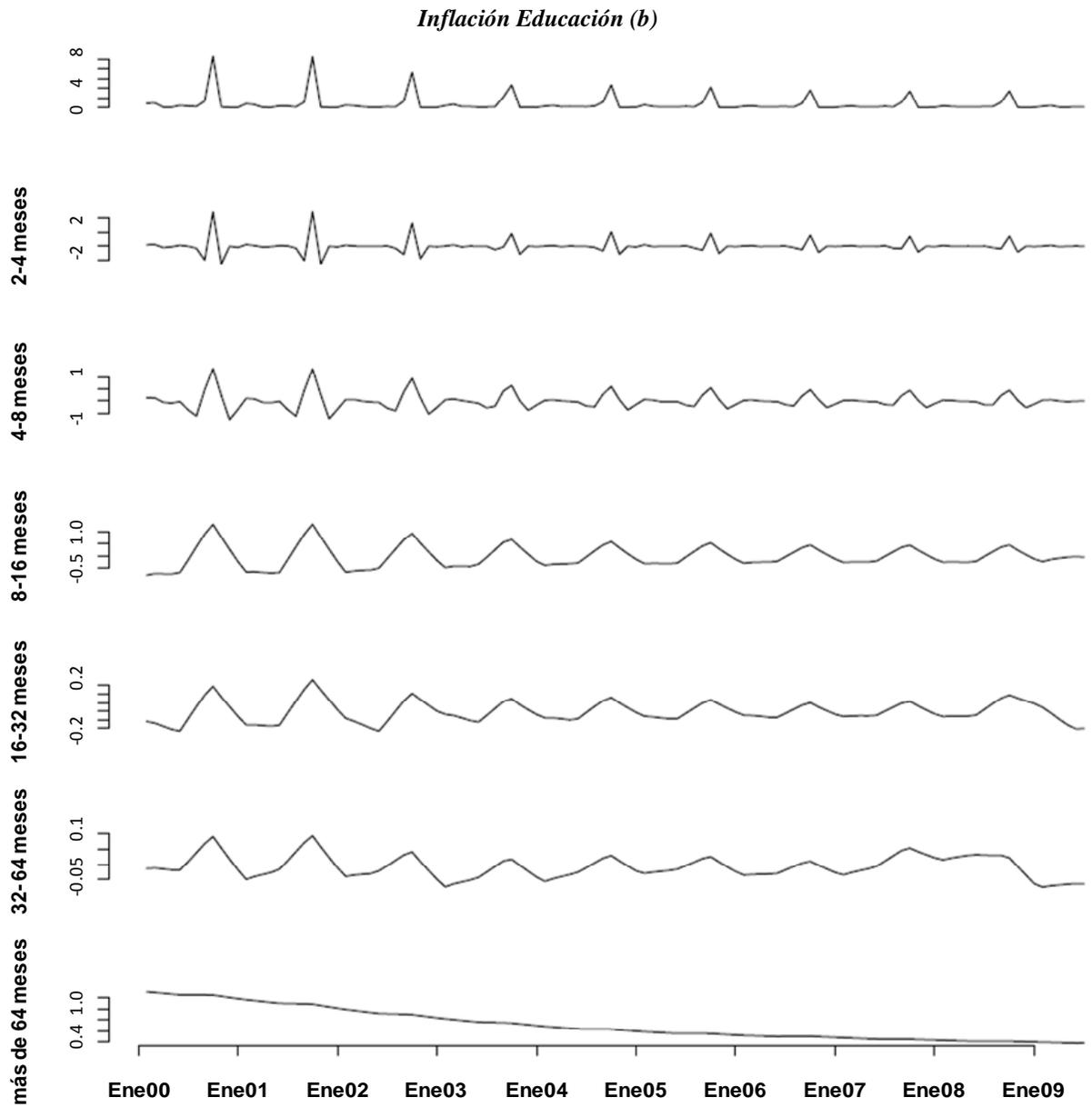


Figura 9(b). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a la educación de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

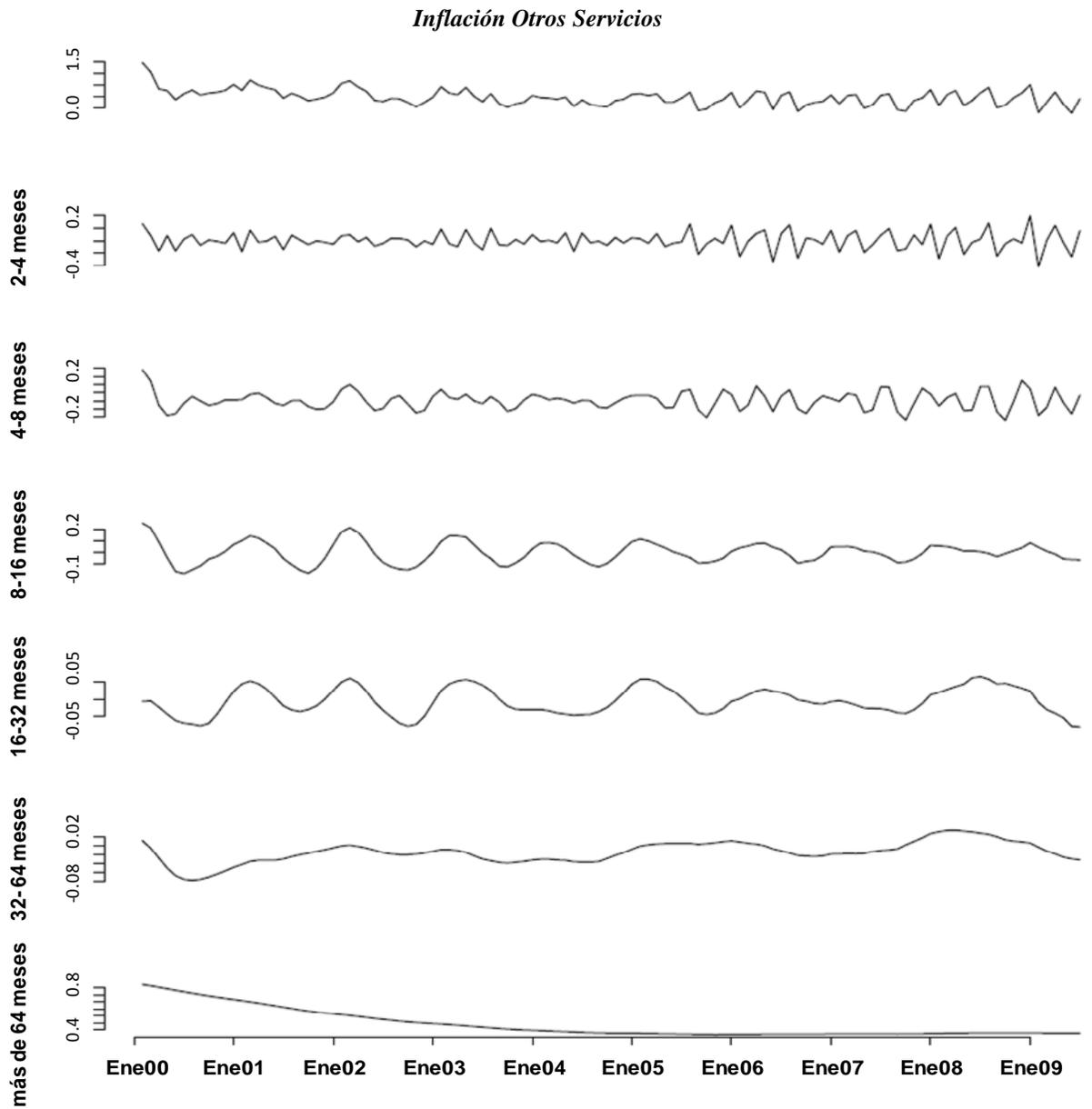


Figura 10. La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a otros servicios de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

Inflación Productos Agropecuarios (a)

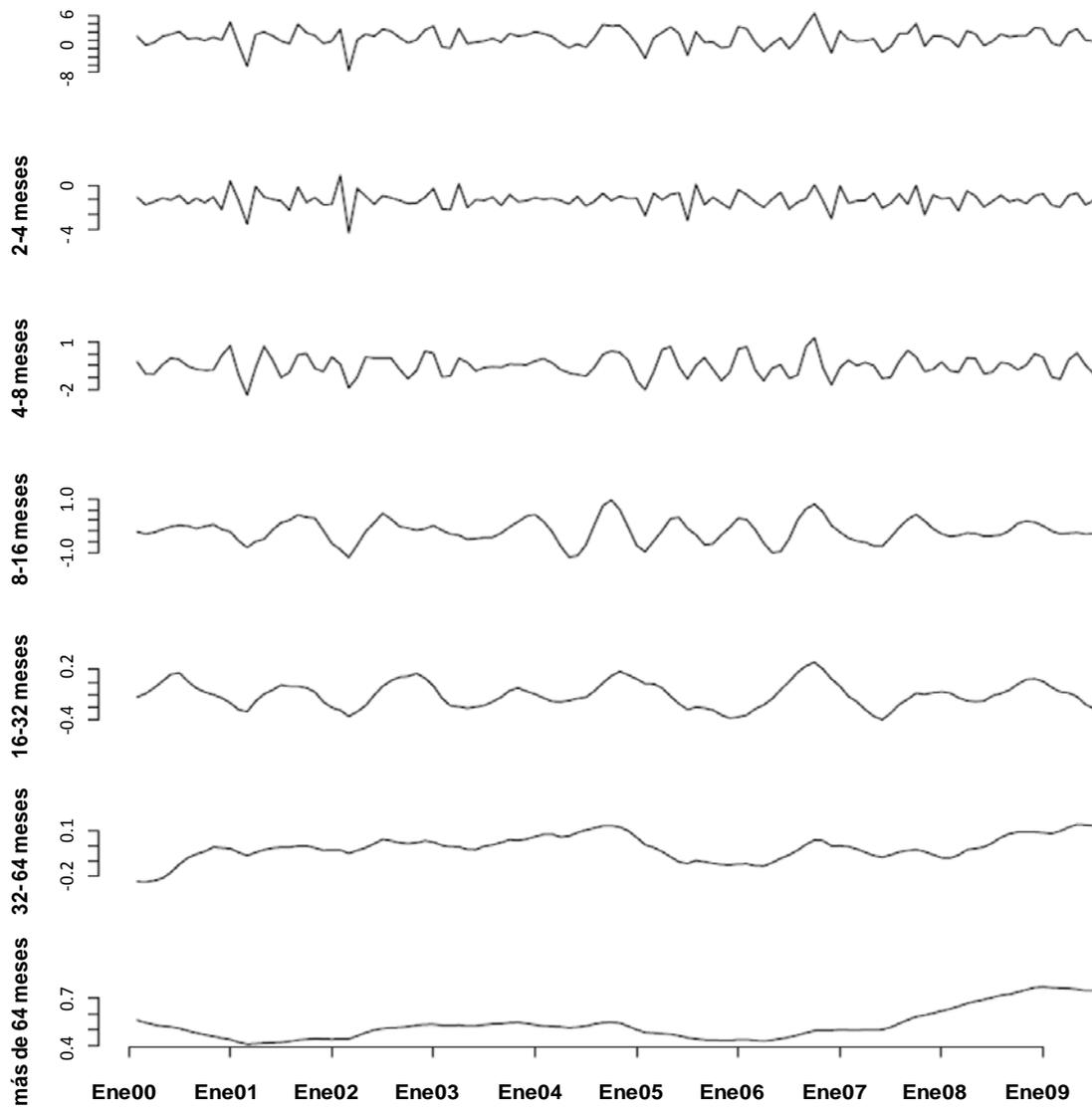


Figura 11(a). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a los productos agropecuarios de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

Inflación Bienes y Servicios Administrados y Concertados (b)

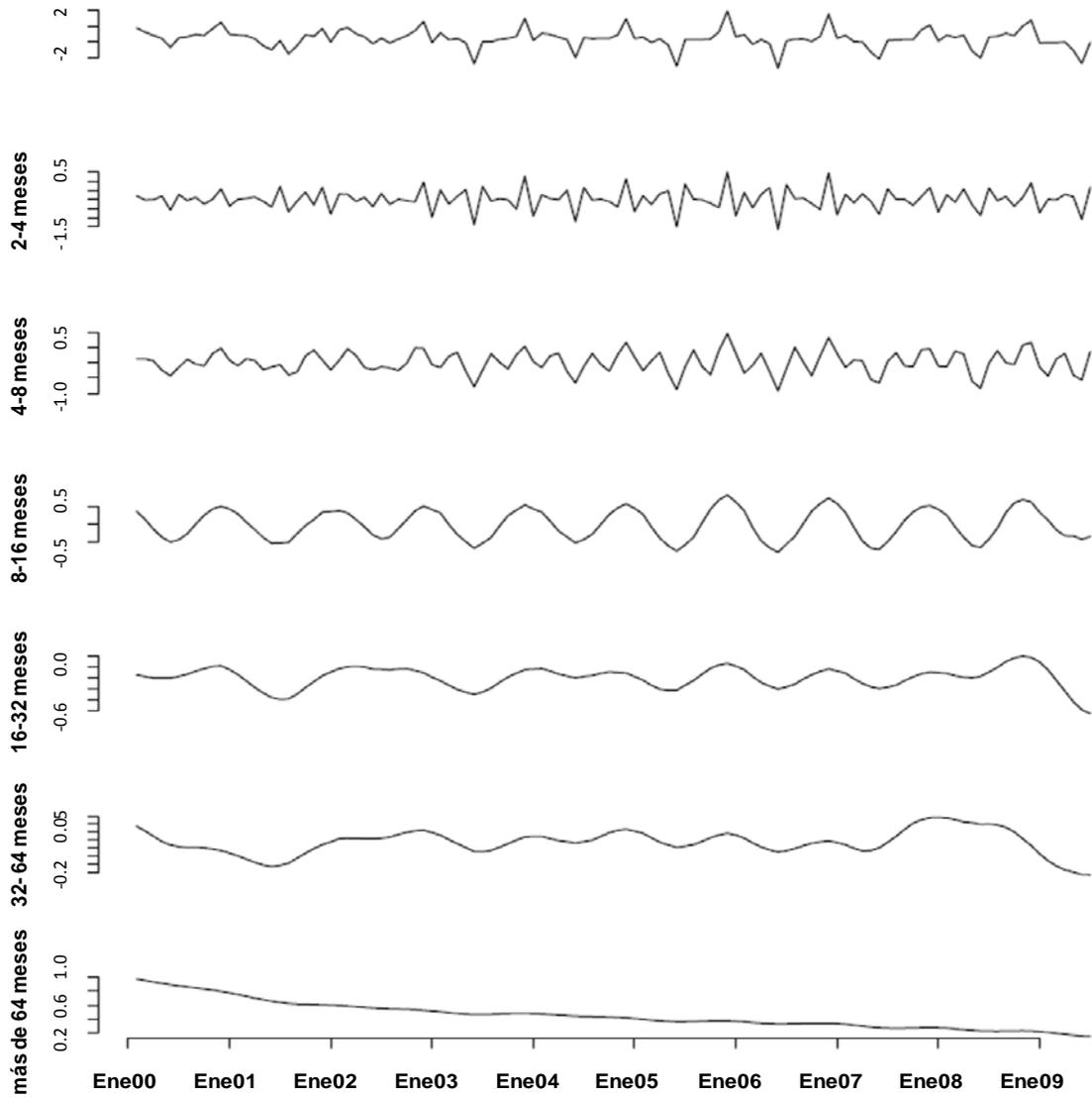


Figura 11(b). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a los bienes y servicios administrados y concertados de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

Inflación Frutas y Vegetales (a)

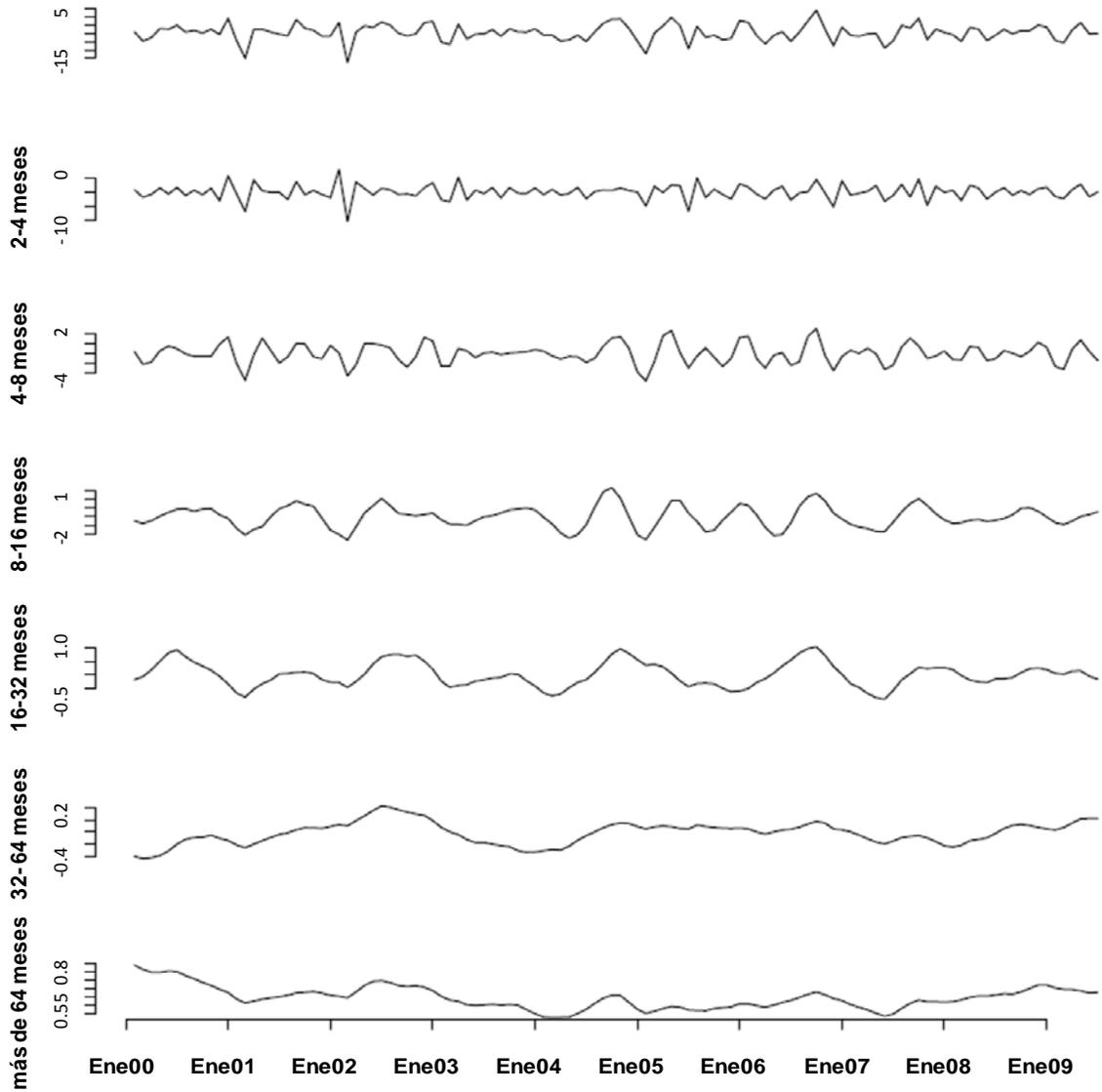


Figura 12(a). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a frutas y verduras de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.

Inflación Productos Agropecuarios (b)

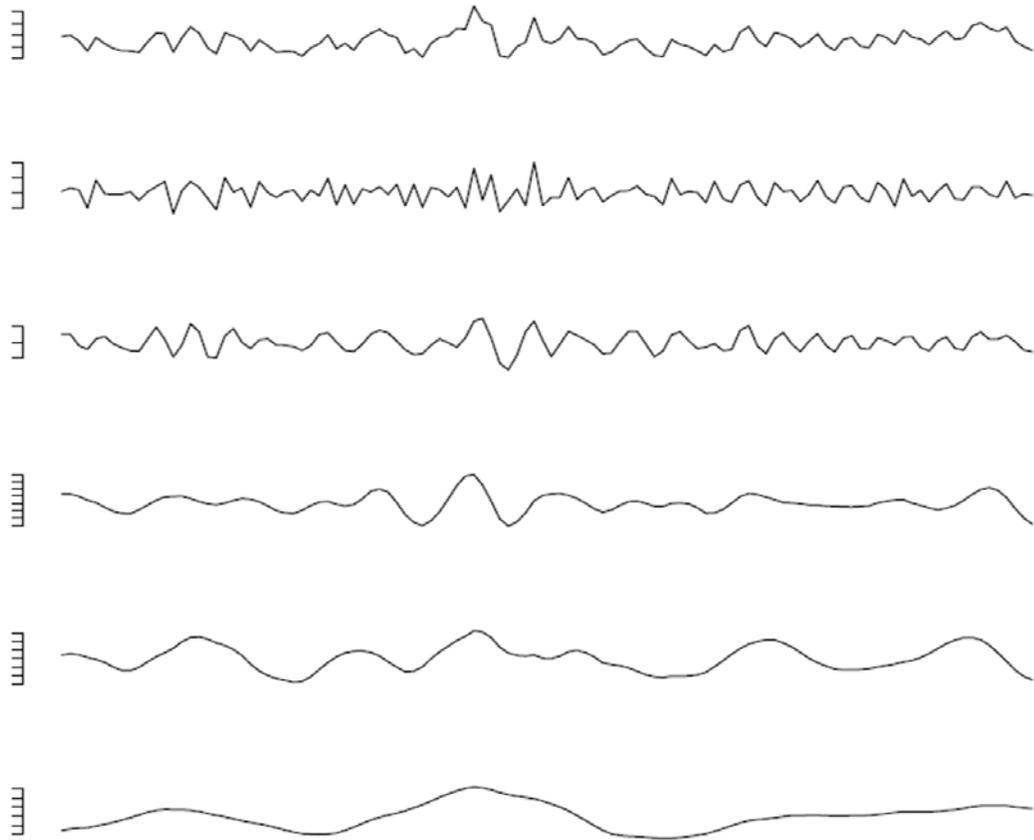


Figura 12(b). La MRA de la MODWT de los índices de la inflación correspondiente a productos agropecuarios de enero de 2000 a junio de 2009. La serie de tiempo original se encuentra en la fila superior, seguida de los detalles wavelet y la suavidad.